

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

TESTES DE APLICABILIDADE DE SONDA DE
ELETORRESISTIVIDADE NA AVALIAÇÃO DE SALINIZAÇÃO
SECUNDÁRIA DE SOLOS

Patrícia Braga Toledo Iezzi

Orientador: Prof. Dr. Fábio Taioli

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

São Paulo

2008

Dedico este trabalho para meus pais
Armando e Denise, que estão sempre
comigo, me apoiando e amando,
incodicionalmente...

E meus avós Danilo (*in memorian*) e
Maria, sempre presentes em minha vida.

Agradecimentos

Primeiro agradeço a Deus, que está sempre comigo, cuidando e iluminando cada passo.

Ao meu orientador, prof. Dr. Fabio Taioli, pela paciência, orientação e contribuições ilimitadas para elaboração deste trabalho.

Agradeço a Nilton Santanna, pelo incentivo para iniciar, o apoio para continuar e a motivação para concluir esta dissertação. Muito obrigada!

A meus pais Armando e Denise, minha avó Maria, minhas irmãs Priscila e Paola, sempre presentes, obrigada pelo amor incondicional de vocês.

A minha irmã Elizabeth Scheffer, que esteve e está sempre comigo, pelas incontáveis horas de conversa e apoio, que me mantiveram tranqüila para desenvolver e finalizar este trabalho.

Aos amigos Alethea Ernandes Sallun, Deyna Pinho, Fernando Spinelli Pelegrini e Silvia Guimarães que me acompanharam durante a elaboração deste trabalho e me ajudaram a persistir e finalizá-lo.

Aos queridos Cássio Guimarães e Daniel da Paz Stabile, pela amizade e por me apoiarem na empresa, nos momentos em que precisei me ausentar para me dedicar ao mestrado.

A minha Paola Braga Toledo Iezzi, e aos amigos Jorge Omar Holman, e Vanessa Toledo Silva pela ajuda na elaboração dos desenhos que ilustram este trabalho. E a Raquel Viana, pela colaboração na formatação e impressão da dissertação.

A Diego Potomati Vaccaro Nascimento e Caio Guimarães, pela ajuda no desenvolvimento dos testes em laboratório e campo.

Ao laboratório Analytical Technology, especialmente à Ana Paula Ahuali, pelas análises químicas apresentadas neste trabalho.

A Fazenda Terra Viva, no município de Holambra, especialmente ao técnico Eldo, e ao Sítio Agro Plantas, especialmente ao Sr. Mario Luiz Cavallaro, por permitirem a realização dos trabalhos de campo.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo 03-08714-0) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelas bolsas de iniciação científica dos alunos Diego

Potomati Vaccaro Nascimento e Caio Guimarães, cujos projetos colaboraram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Centro de Pesquisas em Águas Subterrâneas – CEPAS-USP pela cessão da infraestrutura laboratorial.

Resumo

Os métodos geofísicos têm sido utilizados para definir a extensão em área e em profundidade de contaminações causadas por compostos orgânicos ou inorgânicos, uma vez que tais contaminações alteram as propriedades físicas do meio.

Este trabalho abrangeu o desenvolvimento de ensaios realizados em laboratório e em campo para verificar a aplicabilidade de minissonda de resistividade, que utiliza quatro eletrodos dispostos segundo o arranjo Wenner em conjunto com uma fonte de corrente e dois multímetros, o que torna possível a execução de uma medida convencional de resistividade em diferentes profundidades à medida que a sonda é cravada no solo. Uma eventual aplicação desta minissonda seria sua utilização na avaliação de salinização secundária de solos.

A agroindústria, principalmente no estado de São Paulo, vem utilizando cada vez mais estufas para a produção de frutos e flores, principalmente. Os processos de irrigação, e o microclima criados dentro das estufas, têm causado o incremento da quantidade de sais no solo, uma vez que o solo não é naturalmente lixiviado pela água da chuva. Isto pode comprometer a utilização dessas estufas para fins ligados à agricultura.

A salinidade refere-se à presença de sais dissolvidos no solo, na água superficial e subterrânea. A salinização do solo pode estar ligada a processos naturais como a pedogênese do solo ou ao clima local por exemplo, ou pode ter origem secundária, podendo estar relacionada às atividades antrópicas capazes de alterar esta propriedade do meio.

O presente trabalho visou testar a aplicabilidade da minissonda de resistividade para a avaliação da salinização secundária de solos.

O trabalho foi inicialmente desenvolvido em laboratório, onde foram efetuados experimentos em amostras de solo saturadas com soluções de NaCl em diferentes concentrações.

Os resultados obtidos nestes ensaios utilizando um meio arenoso totalmente saturado mostraram que a condutividade elétrica aumenta em função da concentração de NaCl utilizado na solução. Observou-se ainda a relação inversa entre a resistividade aparente calculada e a concentração da solução utilizada.

Os ensaios de campo foram executados em duas estufas distintas, que utilizam diferentes técnicas de cultivo, localizadas nos municípios de Holambra e Elias Fausto, e não indicaram correlação entre a condutividade elétrica calculada a partir das resistividades obtidas e a condutividade elétricas medidas em laboratório, nas amostras de solo encaminhadas para análise.

Foram analisados também os íons Al, Ba, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn, e cloretos. Nas duas estufas observa-se correlação entre as condutividades obtidas e alguns dos íons analisados.

As diferenças observadas entre as condutividades elétricas calculada e medida, podem estar relacionadas às condições de campo, uma vez que nas duas estufas observou-se porções porosas no solo, a presença de solo argiloso nas estufas, principalmente em Holambra, e à presença dos metais presentes no solo local, conforme mostram os resultados analíticos obtidos.

Adicionalmente, durante a realização dos ensaios em laboratório o meio encontra-se totalmente saturado, o que não ocorreu nos ensaios realizados em campo, uma vez que na estufa em Holambra o solo estava úmido e na estufa em Elias Fausto apresentava-se bastante seco. As diferenças de umidade também podem ter interferido nos resultados obtidos.

Os trabalhos realizados evidenciaram que a minissonda pode ser aplicada para medida de resistividade *in situ*, porém, seu uso deve se limitar à avaliação de áreas onde o solo é mais arenoso e pouco compactado.

Abstract

Geophysical methods have been used to define the extension and depth of contaminations caused by organic and inorganic compounds spills. This is because those contaminations change the physical properties of the underground materials.

This study presents the tests results performed both in laboratory and field of a small probe that allows the *in situ* measurement of the resistivity, avoiding the need of installation of monitoring wells and allowing low cost and fast measurements. It consists in a probe with four electrodes according a Wenner array, a current source and two multimeters. It makes possible to take *in situ* resistivity measurements in different depths while the probe is inserted in the soil. An eventual application for that mini probe would be for evaluation of secondary salinity of the soil.

The agro industry, mainly in the São Paulo state, has been using greenhouses to increase the production mainly of fruits and flowers. The irrigation processes used and the microclimate generated in the greenhouse have been causing an increasing salt quantity in the soil. This happens because the natural lixiviation (by the rain) does not occur. That increasing salinization may prejudice the use of such greenhouses for agricultural purposes.

Salinization refers to a build up of salts in soil, in the superficial water and groundwater. It may be due to natural process, like e.g. the pedogenesis or the local climate, or it may have a secondary origin, normally related to antropic activities that are capable to modify such property.

This study aimed at testing the applicability of the resistivity mini probe to evaluate the secondary salinization of the soil. It was performed firstly in laboratory, using soil samples saturated with NaCl solutions of different concentrations.

The results of those experiments showed that the electrical conductivity increases as function of the NaCl concentration and, naturally, the inverse relation with the apparent and calculated resistivity.

Field tests were performed in two different greenhouses where distinct techniques are used. They are located in the Holambra and Elias Fausto municipalities. These tests did

not indicate correlation between the electrical conductivity calculated from the measures resistivities and the electrical conductivities measured in the soil samples sent to the laboratory.

In those samples the ions Al, Ba, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn, and chloride were also analyzed. For both greenhouses, some ions presented correlation with the electrical conductivities.

The observed differences between the electrical conductivity calculated and measured may be related to the field conditions, since that in both greenhouses the soil was porous (avoiding the perfect coupling of the probe), the presence of clay that sticks in the probe between the electrodes, or the presence of metals in the soil, shown by the chemical analysis.

In addition, during the laboratory tests, the soil was completely saturated, what was not the case in the field. In Holambra the soil was wet and Elias Fausto it was completely dry. So, the humidity differences may have interfered in the results.

Finally, the tests results showed that the mini probe may be applied to measure the resistivity *in situ* but, its use may be limited to the evaluation of areas where the soil is more sandy and relatively loose.

ÍNDICE

<u>1 – INTRODUÇÃO</u>	<u>1</u>
1.1 – Objetivo.....	2
<u>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>3</u>
2.1 Considerações Gerais	3
2.2 Cultivo em ambientes protegidos.....	4
2.3 Salinização	5
2.3.1 – Salinidade Primária	6
2.3.2 Salinidade secundária.....	8
2.3.3. Efeitos dos sais no solo.....	10
2.3.4 Efeitos da salinidade sob as plantas	11
2.3.5 – Salinidade no tempo.....	13
2.3.6 Métodos convencionais para determinação da salinidade nos solos	14
3 – Área de Estudo	16
3.1 Geologia Regional	16
3.2 Hidrografia	20
3.3 Hidrogeologia.....	21
3.4 Geomorfologia	23
3.5 Pedologia.....	23
3.6 Clima.....	24
<u>4 – MATERIAIS E MÉTODOS</u>	<u>25</u>
4.1 Eletroresistividade	25

4.1.1 Histórico	25
4.1.2 Conceitos Fundamentais.....	26
4.1.3 Método utilizado	35
4.2 Experimento – Laboratório.....	38
4.2.1 Preparação das amostras	39
4.2.2 Ensaio para determinação da Porosidade	41
4.3 Experimento – Campo	42
<u>5 – DISCUSSÃO DO RESULTADOS</u>	45
5.1 Experimento – Laboratório.....	45
5.1.1. Cálculo da resistividade aparente (ρ_a).....	45
5.1.2 Resultados obtidos nos experimentos realizados	46
5.2 Experimento – Campo	54
5.2.1 Experimento 1 - Holambra	54
5.2.2 Experimento 2 – Elias Fausto	64
<u>6 - CONCLUSÕES.....</u>	74
<u>7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa geológico das áreas de estudo.	18
Figura 2 - Relação entre resistividade e concentração de sais em solução à temperatura de 18°C e NaCl também a 100°C (adaptado de Keller & Frischknecht, 1977).	35
Figura 3 – Sensor de resistividade com mini arranjo Wenner.	36
Figura 4 – Diagrama esquemático do circuito de fornecimento de corrente para o sensor. (1) fonte de alimentação ; (2) oscilador de onda senoidal.	37
Figura 5 – Instrumentos e recipiente graduado utilizado nos ensaios laboratoriais.	39
Figura 6– Separador de amostras utilizado para quartear a areia.	40
Figura 7 – Extrator de solo, utilizado na coleta das amostras.	43
Figura 8 – Extrator de água, com cápsula porosa na base, utilizado na estufa em Holambra.	44
Figura 9 – Relação entre a concentração das soluções utilizadas e a condutividade elétrica medida.	53
Figura 10 – Relação entre a resistividade aparente e concentração das soluções salinas utilizadas.	53
Figura 11 - Relação entre resistividade e concentração de sais em solução à temperatura de 18°C e NaCl também a 100°C (adaptado de Keller & Frischknecht, 1977), incluindo os dados obtidos neste trabalho.	54
Figura 12 – Pontos de coleta das amostras de solo na estufa em Holambra.	56
Figura 14 – Relação entre a resistividade aparente e a condutividade elétrica calculada.	58

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados obtidos no experimento realizado em Holambra	56
Tabela 2 – Concentrações Iônicas e Condutividade Elétrica obtidas nas análises do solo da estufa localizada em Holambra	59
Tabela 3 – Concentrações Iônicas obtidas nas análises de água da estufa localizada em Holambra.....	59
Tabela 4 – Resultados obtidos no experimento realizado em Elias Fausto	65
Tabela 5 – Concentrações Iônicas e Condutividades Elétricas obtidas nas análises do solo da estufa localizada em Elias Fausto	68
Tabela 6 – Concentrações Iônicas obtidas nas análises de água da estufa localizada em Elias Fausto.....	68

1 – Introdução

A avaliação de contaminações do solo e na água subterrânea tem sido uma das grandes preocupações ambientais da atualidade, exigindo constante desenvolvimento metodológico e tecnológico.

A agroindústria, principalmente no estado de São Paulo, vem utilizando cada vez mais estufas para a produção de frutos e flores, principalmente.

No estado de São Paulo, os processos de irrigação, e o microclima criados dentro das estufas, têm causado o incremento da quantidade de sais no solo, podendo comprometer sua utilização para fins ligados à agricultura.

A salinidade refere-se à presença de sais dissolvidos no solo, na água superficial e subterrânea. Vários sais ocorrem naturalmente dissolvidos no solo e na água, entretanto o Cloreto de Sódio (NaCl) é provavelmente o mais comum.

A salinização do solo pode estar ligada a processos naturais como a pedogênese do solo ou ao clima local por exemplo, ou pode ter origem secundária, neste caso relacionada às atividades antrópicas capazes de alterar esta propriedade do meio.

Uma tendência no Brasil nos últimos anos tem sido a redução do tamanho das áreas cultivadas e o aumento da eficiência das técnicas de cultivo visando maiores produtividades (Blanco, 1999).

Dentro deste contexto, o uso de estufas vem assumindo importante papel na agricultura devido à grande adaptação dessas plantas a este sistema de cultivo e ao aumento da lucratividade que proporciona (Blanco, 1999).

No estado de São Paulo, tem-se observado que as estufas têm apresentado salinização secundária de seus solos em função dos processos de irrigação e fertilização utilizados, e do microclima criado nestes locais.

Freqüentemente são utilizados métodos indiretos, particularmente os geofísicos (eletrorresistividade, e GPR principalmente) para definir a extensão em área e em profundidade de contaminações causadas por compostos orgânicos ou inorgânicos, uma vez que as áreas afetadas por estes compostos têm suas propriedades físicas modificadas. Os métodos diretos de investigação também são muito utilizados, porém seus custos são normalmente elevados, pois envolvem a perfuração e

instalação de poços de monitoramento ou sorção da água intersticial do solo, aliados a análises químicas periódicas.

O uso de técnicas indiretas depende de uma série de fatores tais como a profundidade de interesse, resolução desejada, constituição mineralógica e grau de saturação do solo, presença de interferências na área de estudo, entre outros. Desta forma, muitas vezes, sua aplicação torna-se prejudicada ou mesmo inviável. Por outro lado, muitos problemas de contaminação são bastante rasos (menos de 5 metros de profundidade) permitindo o fácil acesso à região contaminada.

Este trabalho apresenta os testes de uma pequena sonda que possibilita a medida da resistividade do solo e/ou água subterrânea *in situ*, para avaliação da presença de sais no solo e água subterrânea em estufas, sem que seja necessária a instalação de poços de monitoramento, portanto, permitindo medidas rápidas e a extremo baixo custo.

A sonda é dotada de quatro eletrodos dispostos segundo o arranjo Wenner em conjunto com uma fonte de corrente e dois multímetros, o que torna possível a execução de uma medida convencional de resistividade em diferentes profundidades à medida que a sonda é cravada no solo. Desta forma é possível realizar medidas em diferentes profundidades e obter a seção de distribuição de resistividade próxima à superfície (até cerca de 1,5 m de profundidade, dependendo do tipo de solo).

A vantagem desta técnica é o baixo custo tanto do sistema de medidas como do custo operacional, além da simplicidade na análise e interpretação dos resultados.

1.1 – Objetivo

O objetivo deste projeto é testar uma minissonda de resistividade, que utiliza o arranjo tipo Wenner, que possibilita a realização de medidas de resistividade do solo e/ou água subterrânea, realizando medidas diretas, para verificar sua aplicabilidade em estudos para investigação de salinização secundária de solos.

2 – Revisão Bibliográfica

2.1 Considerações Gerais

Durante muitos séculos a produção agrária foi considerada como fruto somente da afinidade entre condições climáticas e do solo. Por muito tempo, as práticas agrícolas procuraram melhorar esta relação buscando aumentar os frutos, pensamento este que se estendeu até o final do século XVIII. O balanço de nutrientes foi nesta época um instrumento básico para o raciocínio agrário (Galvéz & Andujar, 2001).

A obtenção de fertilizantes sintéticos e sua utilização após a Segunda Guerra Mundial é um marco na chamada *Revolução Verde*¹. Frente a este novo cenário surgiram novas preocupações relacionadas com os efeitos negativos, consequência da mineralização dos solos, e da contaminação da água causada pelo uso de agroquímicos (Galvéz & Andujar, 2001).

Atualmente, estima-se que aproximadamente 955 milhões de hectares de terra estejam afetados por sais em todo mundo. Segundo Martin & Metcalfe (1998), o continente australiano se destaca pela grande extensão de terras com problemas de salinização primária (ligada à gênese do solo). Nos Estados Unidos os maiores problemas de salinidade advém de irrigação mal conduzida (sem drenagem eficiente).

Estima-se que no Brasil a área total de solos afetados por sais seja superior a 4 milhões de hectares (Szabolcs, 1989). Para o nordeste brasileiro, Pereira *et al.* (1985) estimam em mais de 9 milhões de hectares a área total ocupada pelos solos geneticamente salinos (planossolos, solonetz, solonchack e outros). No estado de São Paulo, tem-se observado que as estufas têm apresentado salinização

¹Após a 2ª Guerra Mundial, a agricultura sofreu um incremento, uma vez que o conhecimento humano avançava nas áreas da química industrial e farmacêutica. Logo depois desta fase, com o objetivo de reconstruir países destruídos e dar base a um crescente aumento populacional, surgiram os adubos sintéticos e agrotóxicos seguidos, posteriormente, das sementes geneticamente melhoradas. A produção cresceu e houve grande euforia em todo o setor agrícola mundial, que passou a ser conhecido como *Revolução Verde*.

secundária de seus solos em função dos processos de irrigação e fertilização utilizados, e do microclima criado nestes locais.

2.2 Cultivo em ambientes protegidos

As técnicas de cultivo protegido e forçado conseguem modificar total ou parcialmente as variáveis ambientais, fazendo com que o cultivo se desenvolva independente das condições climáticas.

O cultivo em ambientes protegidos era conhecido pelos romanos, que observaram que nestes locais era possível para as plantas se desenvolverem com ou sem sol. Os pepinos que o imperador Tibério precisou comer diariamente, sob prescrição médica, “eram cultivados em vasos apoiados em mesas sobre rodas, para que fossem facilmente transportados, permanecendo no inverno sob abrigos transparentes” (Galvéz & Andujar, 2001).

Na última década, tem-se observado um aumento mundial no cultivo em ambiente protegido (estufas), notadamente nos países mediterrâneos (Gálvez *et al.*, 1993). No Brasil, pode-se verificar tal ocorrência principalmente nas regiões Sudeste e Sul.

O cultivo em ambientes protegidos pode ser uma ferramenta efetiva para o aumento da produtividade, pois promove uma proteção contra chuvas indesejáveis, granizos e geadas, além de reduzir o ataque de pragas e consumo excessivo de água de irrigação por unidade produzida, chegando a uma economia de até 50%. Constitui um importante instrumento de desenvolvimento regional, pois gera empregos e renda, novas alternativas de exploração agrícola, aumento da produtividade, além de reduzir o ataque de pragas, colaborando para viabilizar a agricultura como opção de investimento (Stanghellini, 1993).

Entretanto, o manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas doses e a inexistência de chuvas promotoras de lixiviação do excesso de sais aplicados via água de irrigação, podem trazer como consequência a salinização dos solos em estufas, prejudicando o rendimento de culturas sensíveis, além de limitar as possibilidades de utilização do solo para uso agrícola no futuro (Dias, 2004).

2.3 Salinização

A salinização dos solos pode ter origem natural (primária) ou ser induzida pelo homem (secundária). Os processos naturais associados diretamente à pedogênese são os responsáveis pela maior parte da área salinizada no mundo (Tanji, 1990). A salinidade refere-se à presença de sais dissolvidos no solo e na água (em superfície e sub-superfície). Uma vasta gama de sais pode estar naturalmente dissolvida no solo e na água, entretanto o cloreto de sódio (NaCl) é o mais comum.

Para entender os processos de salinização é necessário conhecer a geologia, o clima atual e passado, os processos de formação da paisagem, a estrutura do solo e o sistema aquífero no local.

Os sais podem se originar a partir do intemperismo de minerais e rochas, ou da deposição de sais oceânicos nos ambientes continentais, trazidos pelo vento ou pela chuva (salinização primária). A formação de sal através do intemperismo é bastante lenta e varia com os diferentes tipos rochosos e com as condições climáticas.

Artificialmente (salinização secundária) pode resultar, por exemplo, de processos de irrigação envolvendo a adição de grandes quantidades de sais no solo, entre outras atividades humanas capazes de mudar a distribuição da água e dos sais.

A quantidade de sal presente no solo e na água é expressa em termos de concentração. A partir de uma determinada quantidade de sais dissolvidos na água, a condutividade elétrica, normalmente expressa em miliSiemens por metro (mS/m), irá aumentar. A concentração total de sais da água pode ser expressa em partes por milhão (ppm) ou em relação à sua condutividade elétrica (CE). Em razão da facilidade e rapidez de determinação, a condutividade elétrica (CE) tornou-se o procedimento-padrão, a fim de expressar a concentração total de sais para classificação e diagnose das águas destinadas à irrigação (Blanco, 1999).

Os problemas de salinidade têm sido associados à qualidade da água utilizada na irrigação (Medeiros & Gheyi, 1994), à existência e ao nível de drenagem natural ou artificial do solo, da profundidade do aquífero e da concentração original de sais no perfil do solo.

Os efeitos diretos do incremento da salinidade podem ser:

- redução da habilidade das plantas em absorver água;

- efeitos tóxicos em plantas que possuem limitada tolerância a sais;
- formação de crostas de sais no solo;
- empobrecimento da qualidade da água para consumo tanto humano como de animais.

Atualmente a salinidade é mapeada utilizando-se vários métodos em conjunto. A combinação dos métodos depende dos objetivos do estudo e dos recursos disponíveis.

Segundo Martin & Metcalfe (1998), as técnicas de mapeamento indireto utilizadas atualmente incluem:

- interpretação de fotografias aéreas;
- interpretação de imagens de satélite;
- levantamento aéreo multiespectral;
- levantamentos geofísicos aeroportados que incluem métodos eletromagnéticos, magnéticos e radiométricos.

As técnicas de mapeamento direto incluem (Martin & Metcalfe, 1998):

- amostragem e análise química da água;
- medidas de salinidade no solo.

Embora os solos salinizados apresentem diversos problemas para as plantas, estes podem ser aproveitados para várias finalidades, desde que se adote um manejo adequado do sistema solo-água-plantas na área afetada (Rhoades *et al.*, 1992).

2.3.1 – Salinidade Primária

A origem dos problemas de salinidade muitas vezes se confunde com a própria formação do solo, que é um produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo. Durante a intemperização, os diversos constituintes das rochas são liberados na forma de compostos simples. A salinização do solo por este fenômeno é denominada salinização primária.

Podemos considerar a origem natural dos sais sobre três aspectos: através da dissolução ou intemperização dos minerais primários existentes nas rochas e no solo, tornando-os mais solúveis; da concentração dos sais pela ação do clima, e através do fenômeno do endorreísmo que não facilita a drenagem (Suassuna, 2007).

Walter, 1968 (*apud* Suassuna, 2007), relaciona algumas teorias que explicam, de certa forma, as origens dos sais no solo:

- Sais de rochas formadas por sedimentação marinha: Esse sal pode ser lixiviado pela água da chuva e transportado para as depressões. Nos desertos que possuem rochas sedimentares marinhas do Jurássico, Cretáceo ou da Era Terciária (por exemplo, o norte do Saara e o deserto egípcio), os solos salinos são comuns; enquanto em regiões áridas com predominância de rochas magmáticas ou arenito, dificilmente observam-se solos naturalmente salinos.

- Salinidade em áreas que, no mais recente passado geológico, eram leitos lacustres ou marinhos. São exemplos as áreas que cercam o Great Salt Lake, no Utah, em volta dos mares Cáspio e de Aral na Ásia Média, em volta do lago do Chad no centro norte da África e o Tuz Gölü, na Anatólia Central.

- Água do mar finamente vaporizada pela força da arrebentação ao longo de costas áridas. As pequenas gotas secam e formam um pó salgado que pode ser soprado continente adentro. Esse sal, então, é levado para dentro do solo pela chuva ou simplesmente nele depositado. Um processo similar acontece também nas regiões úmidas, mas em tais regiões o sal está sendo continuamente lixiviado e devolvido ao mar via rios (sal cíclico). Nas regiões áridas sem escoamento, entretanto, o sal concentra-se e, por esse meio, origina uma salinidade igual à encontrada na parte mais externa do deserto da Namíbia e nas partes áridas do oeste da Austrália.

- Água salgada vinda à tona nas nascentes, como acontece no norte das Terras Baixas Caspianas. Nesse caso, o sal origina-se em leitos marinhos que secaram em tempos geológicos anteriores e formaram grandes depósitos de sal a considerável profundidade.

Os sais liberados durante o processo de intemperização das rochas, dependendo da geomorfologia da região, podem ser carregados para horizontes inferiores mediante condições de relevo, fluxo d'água, etc. No primeiro caso, os sais são depositados

nas águas sub-superficiais podendo, por capilaridade, acumular-se na superfície do solo à medida em que a água for evaporada ou consumida pela planta; o segundo fenômeno é responsável pela deposição e acúmulo de sais em rios, mares, açudes e lagoas. Em regiões úmidas, por se tratar de zonas com precipitações elevadas, os sais são lixiviados até a zona freática ou eliminados através das águas superficiais, com maior frequência. Já em regiões de clima semi-árido, por apresentarem *déficit* hídrico na maior parte do ano e, na maioria das vezes, os solos serem rasos ou apresentarem camadas impermeáveis, a água que contém sais fica sujeita aos processos de evaporação ou evapotranspiração, podendo atingir, com o tempo, níveis comprometedores para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Dias, 2004).

A salinização primária ocorre também em solos localizados em regiões onde as chuvas são escassas e as temperaturas elevadas, como no nordeste do Brasil, fazendo com que a planta transpire muito, e o solo perca água por evapotranspiração. Nestas regiões, existem terrenos que não permitem que parte da água da chuva ou da irrigação atinja o aquífero, carregando consigo os sais aplicados na rega.

No Brasil, em quase todo o sudeste e nas regiões norte, sul e centro-oeste, os solos são muito pouco sujeitos à salinização; isto porque nessas regiões as chuvas ocorrem com maior frequência, lixiviando e dispersando os sais que porventura tenham se acumulado com a irrigação feita durante o período da seca. O mesmo, porém, não ocorre no nordeste e parte do norte de Minas Gerais, pois nestas regiões o clima favorece a salinização dos solos (Vieira, 2007).

2.3.2 Salinidade secundária

A salinização induzida pelo homem, denominada secundária, está geralmente associada ao manejo inadequado da irrigação, ocorrendo principalmente em regiões áridas ou semi-áridas. Os fatores diretamente responsáveis pela salinização dos solos são (Silva, 2002):

- o uso de água de irrigação com alta concentração de sais;

- a elevação do nível do aquífero causada pelo manejo inadequado da irrigação, pelas perdas de água por infiltração em canais e reservatórios, e por deficiência de drenagem;
- a aplicação de fertilizantes, de forma excessiva e pouco parcelada no decorrer do período, induzido stress osmótico ao sistema radicular.

De maneira geral, o processo de salinização pode ser evitado ou desacelerado caso ocorram precipitações pluviométricas concentradas em quantidades suficientes, associadas à boa permeabilidade do solo ou sistema de drenagem eficiente, promovendo assim uma lavagem natural do perfil. Todavia, sob condições de plantio em estufa a lavagem natural é impossibilitada, passando o solo a se comportar de forma semelhante aos de regiões semi-áridas (Medeiros, 1998).

De acordo com Oliveira (1997), em alguns casos a salinização secundária é responsável por perdas irreparáveis na capacidade produtiva dos solos, tornando estéreis grandes extensões de terras cultivadas. Assim, águas de qualidade duvidosa (com elevados riscos de salinidade e sodicidade), adubos com elevado índice salino (cloreto de potássio, nitrato de sódio e nitrato de amônio), drenagem ineficiente, dentre outros fatores, podem acelerar o processo de salinização secundária.

O processo de salinização secundária dos solos sob condições de ambiente protegido está relacionado diretamente ao acúmulo de sais em excesso na solução do solo. Existem duas causas que proporcionam o acúmulo de sais nos solos com maior frequência no cultivo comercial sob estufas. A primeira se deve à utilização de águas de qualidade inferior provinda de poços, com altas concentrações de cloretos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, cálcio e magnésio; estudos realizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), têm demonstrado que a qualidade da água subterrânea algumas vezes pode ser inadequada para fins de irrigação. A segunda em virtude da adição de fertilizantes de elevados índices salinos em quantidades superiores à requerida para a nutrição das plantas, sendo esta última mais frequentemente encontrada (Silva, 2002).

A irrigação praticada em estufas, entretanto, utiliza principalmente de águas superficiais captadas em rios e em córregos, águas estas que possuem baixas concentrações de sais.

A existência de sais em águas utilizadas na irrigação pode estar relacionada com as características do substrato rochoso no qual estão os corpos hídricos superficiais, tais como rios e açudes, e o aquífero. A água tem por vezes contato com rochas ricas em sal, e em função da lixiviação destas a concentração de sais na água aumenta.

Embora o uso da água por unidade de produção em estufa seja até 50% menor em relação ao cultivo em campo aberto (Stanghellini, 1993), devido à maior produtividade em ambiente protegido, e à menor demanda evapotranspirativa, o manejo racional da irrigação é de fundamental importância.

Silva (2002) atribui a fertirrigação com elevados índices salinos, aplicada em excesso para nutrição das plantas, uma das principais causas da salinização em ambientes protegidos.

O uso excessivo de fertilizantes via água de irrigação em cultivos sob condições protegidas tem elevado os níveis de salinidade do solo, chegando a ultrapassar os limites de tolerância das culturas, causando diminuição do rendimento. Desta forma, a prática da fertirrigação, embora contribua de maneira significativa para o aumento da produtividade, em determinadas situações, sobretudo em ambientes protegidos, pode resultar no acúmulo de sais no solo. O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas, além de trazer problemas como o efeito de íons tóxicos específicos sobre a fisiologia vegetal, a tal ponto de afetar seus rendimentos e a qualidade de sua produção (Dias, 2004).

2.3.3. Efeitos dos sais no solo

Os efeitos dos sais sobre o solo ocorrem basicamente pela interação eletroquímica existente entre os sais e a argila. A intensidade deste fenômeno depende da natureza da argila e do cátion presente. A característica principal deste efeito é a expansão da argila quando umedecida e a concentração quando a água é evaporada ou retirada pelas plantas. Se a expansão for exagerada pode ocorrer a fragmentação das partículas provocando a dispersão da argila. De modo generalizado, altera-se o volume ocupado pela argila, reduzindo o tamanho dos poros e modificando a estrutura do solo, afetando significativamente suas propriedades físicas, (Lima, 1997).

2.3.4 Efeitos da salinidade sob as plantas

As plantas tolerantes à salinidade são designadas como plantas halófitas e sua tolerância pode atingir até cerca de 15 g.L^{-1} de NaCl, equivalente à metade da concentração da água do mar. Essas plantas absorvem, por exemplo, o cloreto de sódio em altas taxas e o acumulam em suas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo. Este ajuste osmótico se dá com o acúmulo dos íons absorvidos nos vacúolos das células das folhas, mantendo a concentração salina no citoplasma em baixos níveis de modo que não haja interferência com os mecanismos enzimáticos e metabólicos e com a hidratação de proteínas das células. Este compartimento de sal é que permite às plantas halófitas viverem em ambiente salino (Vieira, 2007).

Determinados íons são prejudiciais para certas espécies de plantas, dependendo da concentração que atinjam na solução do solo em decorrência da qualidade da água de irrigação utilizada. Dentre estes íons, destacam-se o sódio e o boro (Ayres & Westcot, 1985; Rhoades & Loveday, 1990). A toxidez destes íons, que podem estar contidos no solo ou na água, os quais acumulados nas plantas em concentrações suficientemente altas, podem causar danos e reduzir os rendimentos das culturas sensíveis. Estes sais também propiciam a corrosão excessiva dos equipamentos, aumentando os custos de manutenção e reparos (Ayres & Westcot, 1991).

O nível de dano que estes íons causam às plantas depende da absorção e da tolerância da cultura; mesmo em concentrações relativamente baixas estes íons podem causar injúrias às plantas de espécies sensíveis à salinidade.

As culturas sensíveis à salinidade sofrem redução progressiva do crescimento e da produção à medida que a concentração salina aumenta. De acordo com Lima (1997), os efeitos do acúmulo excessivo dos sais solúveis sob as plantas, podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas.

Os efeitos indiretos da salinidade usualmente ocorrem devido à concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução, que interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas indiretamente. Em muitos casos a concentração de

sais não atinge níveis osmóticos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto, a concentração de íons pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à boa absorção de elementos essenciais e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de um processo metabólico normal (Medeiros & Gheyi, 1997).

Plantas muito sensíveis à salinidade também absorvem água do solo juntamente com os sais permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sal absorvido. Este excesso promove desbalanceamentos e danos ao citoplasma resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões acúmulo do sal transferido do solo para a planta, e obviamente intensa toxidez de sais (Vieira, 2007).

As plantas extraem a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças de retenção da água exercida pelo solo. À medida que a água é extraída do solo, as forças que retêm a água restante tornam-se maiores. Quando a água do solo é retida com força superior às forças de extração, inicia-se o estado de escassez de água na planta. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito de osmose e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta. Por exemplo, tendo-se dois solos idênticos e com a mesma quantidade de água, onde um está isento dos sais e outro não, é exatamente do primeiro que a planta extrairá e consumirá mais água. A explicação científica deste fenômeno é complexa. Em geral pode-se dizer que, devido à afinidade dos sais com a água, as plantas têm que exercer maior força de embebição para extrair do solo uma unidade de água com sais, que para extrair outra que seja isenta deles (Ayres e Westcot, 1991).

Os sais também causam redução na velocidade de infiltração da água no solo. Esta redução pode alcançar tal magnitude, que as raízes das plantas podem não receber água em quantidade suficiente entre os turnos de rega.

A utilização de água de qualidade inferior (alta salinidade) para irrigação em estufas, somada à falta de um manejo apropriado de lixiviação de sais poderá propiciar alta concentração de íons específicos na solução do solo, como o sódio, proporcionando a adsorção destes no complexo sortivo e promovendo assim uma dispersão das argilas, pela ação na expansão da dupla camada difusa, tendo como conseqüência a redução na permeabilidade do solo, com conseqüente decréscimo na taxa de

infiltração, além de prejudicar o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas (Silva, 2002).

O comportamento das plantas com relação à salinidade pode variar de acordo com o seu estágio de desenvolvimento, embora não esteja claro se isto é devido à susceptibilidade à salinidade em um determinado estágio de crescimento ou ao longo do período em que a planta ficou exposta ao substrato salino, ou ainda, à combinação destes fatores (Dias, 2004).

Mass & Hoffman (1977) *apud* Dias (2004) afirmam que, de maneira geral, a salinidade afeta negativamente as plantas em todos os estágios, sendo que em algumas culturas mais sensíveis isto pode variar dos primeiros estágios para os últimos.

O acúmulo de sais sob irrigação em regiões áridas, semi-áridas e em condições protegidas é inevitável, uma vez que os sais não participam do processo de evaporação, ou seja, a água retorna à atmosfera e os sais permanecem no solo (Santos, 1997). Deste modo, os problemas de salinidade podem evoluir com o tempo, quando não se utilizam técnicas apropriadas de manejo da água de irrigação.

2.3.5 – Salinidade no tempo

De acordo com Hoffman *et al.* (1992) *apud* Dias (2004), a distribuição dos sais no solo não é uniforme no espaço e nem ao longo do tempo.

Assim como outras propriedades químicas e físicas do solo, a salinidade é uma propriedade bastante variável no espaço e no tempo, devido à natureza dinâmica do processo e as interações causadas pelos diversos fatores edáficos (permeabilidade do solo, nível d'água do aquífero, etc), climáticos (quantidade e distribuição de chuvas, umidade relativa, temperatura, etc) e ação do homem (irrigação, práticas culturais, etc). Desta forma, na definição de estratégias de manejo e no estabelecimento de plano de recuperação de solos afetados por sais, o monitoramento espacial (e temporal) dos parâmetros que definem a salinidade constitui um aspecto de fundamental importância (Queiroz *et al.*, 1997 *apud* Dias, 2004).

2.3.6 Métodos convencionais para determinação da salinidade nos solos

A identificação dos solos afetados por sais se baseia em uma série de observações e estudos da área, incluindo a observação de características visuais de campo e realização de diversas análises, tanto por métodos de laboratório como por métodos de campo.

Dentre os métodos empregados para estimar a concentração de sais no solo, a medida dos valores de condutividade elétrica (CE) de soluções do solo é o método mais prático. A condutividade elétrica de uma solução representa a facilidade que esta tem em transportar corrente elétrica, ou seja, mede a resistência à passagem de elétrons, que é função da quantidade de solutos iônicos presentes na solução. Geralmente, a concentração de sais dissolvidos na solução do solo expressa em termos da condutividade elétrica a 25° C envolve um processo bastante simples e rápido e tem uma precisão em torno de 90% para estimar o teor de sais na solução do solo (Doneen, 1975 *apud* Silva, 2002). A CE normalmente é expressa em dS m⁻¹ ou mmho cm⁻¹ a 25°C. Além desta, outras unidades podem ser utilizadas para expressar a concentração de sais na água, como meq L⁻¹, mmol L⁻¹, ppm ou mgL⁻¹ e gL⁻¹.

A determinação da condutividade elétrica pode ser feita em soluções de solo a diversos níveis de umidade, todavia a quantificação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) é mais evidenciada na literatura e portanto tida como método padrão, ou seja, a solução extraída de uma pasta saturada por vácuo utilizando funis de *Buckner* acoplados a kitassatos. As classificações de solos salinizados fixam valores limites em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação. Dentre estas classificações destacam-se a classificação do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, a qual estabelece o valor de 4 dS m⁻¹ como limite entre solo salino e não salino (Richards, 1954 *apud* Silva, 2002) e a do Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo, que fixa o valor limite em 2 dS m⁻¹ (Bohn *et al.*, 1985 *apud* Silva, 2002). Todavia, a determinação da CEes exige um bom treinamento técnico, além de certas precauções em relação à textura do solo. Rhoades (1994) afirma que podem ser cometidos erros quanto à identificação do ponto em que o solo já se encontra ou não saturado. Outra desvantagem deste método refere-se ao fato do mesmo configurar-se como

trabalhoso e lento, devido à exigência de um repouso de 12 horas. Acrescenta-se ainda a necessidade encontrada em alguns solos argilosos e ou sódicos de tempo de extração superior a 24 horas.

Normalmente, o método de determinação da condutividade elétrica no extrato saturado tem se revelado excessivamente trabalhoso para um controle rotineiro na esfera das propriedades rurais.

As técnicas de mapeamento indireto utilizadas atualmente incluem: interpretação de fotografias aéreas, interpretação de imagens de satélite, levantamento aéreo multiespectral, levantamentos geofísicos aeroportados que incluem métodos eletromagnéticos, magnéticos e radiométricos.

Em campo, vários métodos são disponíveis para determinar a condutividade elétrica e avaliar a salinidade do solo, tais como técnica de indução eletromagnética (p.e. utilizando o equipamento portátil *Geonics EM-38* ou *GSSI GEM300*, Taioli *et al.*, 2004) entretanto, esses são de custo elevado para aquisição dos produtores, em comparação com o uso de extratores de solução. Outra desvantagem dos métodos eletromagnéticos indutivos é o fato de sofrerem grande influência de artefatos metálicos que porventura existam em superfície ou em subsuperfície.

3 – Área de Estudo

Os trabalhos de campo desenvolveram-se nos municípios de Elias Fausto e Holambra, ambos localizados no interior do estado de São Paulo, dentro de uma região que concentra grande quantidade de estufas produtoras de hortaliças, flores e frutos.

3.1 Geologia Regional

A área de estudo está localizada na Bacia do Paraná, uma vasta bacia intracratônica sul-americana, desenvolvida completamente sobre crosta continental, e preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas, cujas idades variam entre o Siluriano e Cretáceo. Abrange uma área de cerca de 1.400.000 km², estendendo-se pelo Brasil (100.000 km²), Paraguai (100.000 km²), Uruguai (100.000 km²), e Argentina (100.000 km²) (Zalán *et al*, 1990).

A Bacia do Paraná ocupa a parte meridional do Brasil, a metade oriental do Paraguai, parte da Argentina e a metade ocidental do Uruguai. Dois terços da porção brasileira (734.000 km²) são cobertos por derrames de lava basáltica, que podem atingir até 1.700 m de espessura. A espessura máxima de rochas sedimentares e vulcânicas gira em torno de 8.000 m, no centro geométrico da bacia. Um terço da superfície da bacia é representada por um cinturão de afloramentos em torno da capa de lavas, onde podem ser observados diversos pacotes sedimentares que preenchem a bacia. O seu nome deriva do Rio Paraná, que ocorre paralelo ao seu eixo maior, numa direção NE-SW, por cerca de 1.500 km, até defletir numa direção E-W, cruzando o Arco de Assunção e formando a fronteira entre o Paraguai e a Argentina (Zalán *et al*, 1990).

A atual configuração da bacia em forma de um anzol, com eixo maior de direção aproximadamente NNE, é consequência de eventos epirogênicos, que resultaram em arqueamentos e depressões, ativos em diferentes épocas e áreas. Estes movimentos comandaram a evolução tectônica e colaboraram na formação de

características peculiares de sedimentação de suas diversas unidades (Hachiro, 1991).

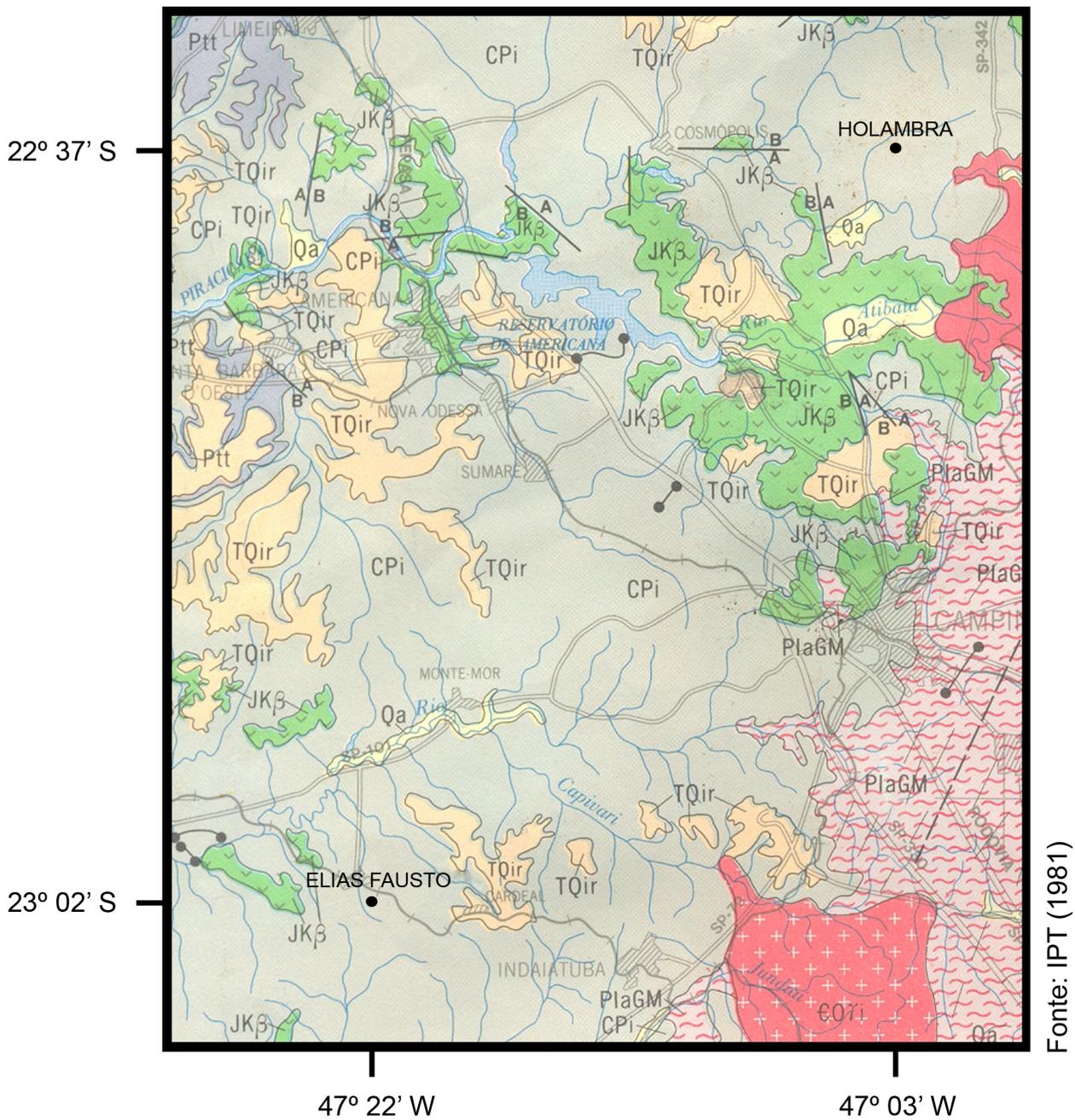
No município de Elias Fausto (Figura 1) observa-se principalmente a ocorrência dos sedimentos do Grupo Tubarão, que é representado na área de estudo pelo Subgrupo Itararé.

O Subgrupo Itararé é constituído predominantemente de arenitos. Corpos arenosos de diferentes dimensões e formas estão diretamente associados a diamictitos ou ocorrem independentemente. Suas espessuras variam de poucos centímetros a 50 metros. As cores geralmente são claras, cinzento-amareladas ou cinzento-claras, ou esbranquiçados quando frescos. Localmente pode haver predomínio de tonalidades avermelhadas. A granulometria é muito variada, desde arenitos muito finos a conglomeráticos, havendo rápida variação granulométrica na lateral. O grau de seleção também é variado. Arcósios e arenitos feldspáticos predominam, com variadas estruturas sedimentares primárias e secundárias; os arenitos podem ser maciços ou estratificados. Há freqüentes estratificações cruzadas de vários tipos. Marcas onduladas também são comuns, especialmente em arenitos com acamamento fino. Nesses leitos ocorre amiúde laminação cruzada por migração de marcas onduladas. Estruturas gradacionais ocorrem, às vezes, associadas com marcas de sola e estruturas de sobrecarga. Arenitos, intercalados ou não com diamictitos, podem exibir deformações atectônicas com leitos contorcidos, rompidos, e estruturas de escorregamento. Ritmitos são comuns, embora com menor freqüência que os arenitos (Petri & Fúlfaro, 1988).

Os ambientes que presidiram a deposição dos sedimentos do Subgrupo Itararé foram muito complexos, interagindo ambientes glaciais, flúvio e lacustre-glaciais, deltaicos e marinhos. Associados aos depósitos glaciais ocorrem depósitos eólicos (Martin *et al.*, 1960; Bjornberg *et al.*, 1965 *apud* Petri & Fúlfaro, 1988).

Na área de estudo em Holambra observa-se a ocorrência do solo de alteração de basalto (Formação Serra Geral).

A passagem das condições marinhas para continentais que caracterizou a mudança na bacia durante o Jurássico foi acompanhada por importantes movimentos de soerguimento que foram particularmente ativos imediatamente antes do começo da atividade vulcânica (Melfi *et al.* 1988).



Legenda

Escala Gráfica



Sedimentos Aluvionares



Coberturas Indiferencidas Correlatas a Formação Rio Claro



Formação Serra Geral



Formação Tatui



Formação Itararé



Suítes Graníticas pós-Tectônicas - Fácies Itu



Suítes Graníticas Indiferencidas



Complexo Amparo

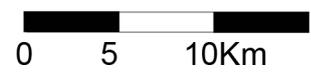


Figura 1 - Mapa geológico da área de estudo

A Formação Serra Geral é representada por um conjunto de derrames de basaltos toleíticos, que atingem espessuras de até 1.700m associados a corpos intrusivos de mesma composição (diques e soleiras) (White 1908, *apud* Almeida *et al.* 1981) e idade em torno de $132,4 \pm 1,1$ Ma, com extravasamento de $1,6 \times 10^6$ km² em um intervalo de um milhão de anos.

A Formação Serra Geral é recoberta em discordância angular pelas formações que compõem a Bacia Bauru e depósitos cenozóicos.

O Subgrupo Itararé é intrudido, principalmente da região de Campinas para norte, por *sills* e diques de diabásio (Almeida *et al.* 1981) cogenéticos e contemporâneos aos derrames da Formação Serra Geral. Os *sills* existem em grande quantidade em meio às rochas paleozóicas da Depressão Periférica (Almeida & Melo 1981).

As eruptivas da Serra Geral (White, 1908 *apud* IPT, 1981), compreenderam um conjunto de derrames de basaltos toleíticos (JKsg) entre os quais se intercalam arenitos com as mesmas características dos pertencentes à Formação Botucatu. Associam-se corpos intrusivos de mesma composição, constituindo sobretudo diques e *sills* (JKβ).

Afloram os derrames em São Paulo, na parte superior das escarpas cuestras basálticas e de morros testemunhos delas isolados pela erosão. Nos planaltos de rebordo dessas cuestras podem cobrir grandes extensões, como no nordeste do estado. Penetram pelos vales que drenam o Planalto Ocidental, expondo-se principalmente nos dos rios Paranapanema, Tietê, Moji-Guaçu e Grande. Os corpos intrusivos tabulares concordantes são muito freqüentes na Depressão Periférica, na região nordeste do estado, onde chegam a suportar cuestras locais. Diques de diabásio existem por toda parte, penetrando nas rochas sedimentares da bacia ou nas cristalinas pré-cambrianas, alcançando a região litorânea (IPT, 1981).

Os derrames são formados por rochas de cor cinza escura a negra, afaníticas. Têm espessura individual variável, desde poucos metros a 50 metros ou mesmo 100 metros (Leinz, 1949 *apud* IPT, 1981).

A uniformidade dos derrames, a vasta extensão que cobrem, a associação a diques contemporâneos, a preservação local de morfologia das dunas e a raridade de produtos piroclásticos, indicam que os basaltos da Formação Serra Geral se originaram do extravasamento rápido de lava muito fluida através de geoclasses e

menores falhas. Produtos de erosão dos basaltos não são conhecidos no interior da formação, parecendo indicar não ter havido hiatos significativos durante o processo vulcânico. A persistência das condições desérticas durante o vulcanismo é comprovada pela existência das intercalações eólicas.

No município de Holambra observa-se ainda a ocorrência de sedimentos do Subgrupo Itararé, descrito anteriormente.

3.2 Hidrografia

Os municípios de Elias Fausto e Holambra, localizam-se na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, de acordo com a Lei 9034-94-SP.

A bacia do rio Piracicaba está localizada entre os paralelos 22°00' e 23°30' de latitude sul e os meridianos 46°00' e 48°30' de longitude oeste. Ocupa uma extensão de 12.400 km² e é constituída de 61 municípios, localizados nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Cerri, *et al.*, 1998).

A bacia conjunta dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, os últimos afluentes do médio Tietê, estende-se por 14.042,64 km², em território paulista, sendo 11.313,31 km² correspondentes à Bacia do Rio Piracicaba, 1.611,68 km² correspondentes à Bacia do Rio Capivari e 1.117,65 km² correspondentes à Bacia do Rio Jundiaí (<http://www.sigrh.sp.gov.br>). As três bacias desenvolvem-se paralelamente no sentido leste/oeste.

A bacia do Rio Piracicaba apresenta um desnível topográfico de cerca de 1.400 metros em uma extensão da ordem de 370 km, desde suas cabeceiras na serra da Mantiqueira, no Estado de Minas Gerais, até sua foz no Rio Tietê.

O desnível topográfico da bacia no Rio Capivari é pequeno, não ultrapassando 250 metros em um percurso de 180 km, desde suas nascentes na serra do Jardim, em altitude de 750 metros.

O Rio Jundiaí, com suas nascentes a 1.000m de altitude na serra da Pedra Vermelha, município de Mairiporã, apresenta desnível topográfico total em 500 m, em uma extensão aproximada de 100 km.

Os principais formadores do rio Piracicaba são os rios Atibaia e Jaguari, este com a contribuição dos rios Camaducaia e Corumbataí e nasce da junção dos rios Atibaia e Jaguari no município de Americana. Após atravessar a cidade de Piracicaba, recebe

as águas de seu principal afluente, o rio Corumbataí. O rio Piracicaba percorre mais de 100 km de sua formação até a sua foz no rio Tietê entre os municípios de Santa Maria da Serra e Barra Bonita. Os principais contribuintes do Rio Capivari são o córrego São Vicente e o rio Capivari-Mirim. Do rio Jundiaí, o principal tributário é o rio Jundiaí-Mirim (<http://www.sigrh.sp.gov.br>).

3.3 Hidrogeologia

Na área de estudo predominam os aquíferos Cristalino, Diabásio e Tubarão (Itararé). O aquífero Cristalino ocorre na faixa oriental da região, numa extensão aproximada de 5.200 km², totalizando 43% da área. O aquífero Tubarão ocupa a faixa central da bacia perfazendo cerca de 2.100 km² (17% da área). Em diversos pontos há intrusões de diabásio que interrompem sua continuidade (<http://www.sigrh.sp.gov.br>).

O Sistema Aquífero Tubarão está representado na área de estudo pelo Aquífero Itararé, constituído pelos sedimentos do Subgrupo Itararé, de idade permocarbonífera.

O Aquífero Tubarão tem extensão regional, granular, livre a semi-confinado, heterogêneo, descontínuo e anisotrópico, devido às intercalações e/ou interdigitações de camadas de diferentes granulometrias, que na área de estudo é representado pelo Aquífero Itararé (IG, 1995).

O aquífero Cristalino ocorre na faixa oriental da região, numa extensão aproximada de 5.200 km², totalizando 43% da área. O aquífero Tubarão ocupa a faixa central da bacia perfazendo cerca de 2.100 km² (17% da área). Em diversos pontos há intrusões de diabásio que interrompem sua continuidade. (<http://www.sigrh.sp.gov.br>).

O Sistema Aquífero Cristalino é uma unidade com extensão regional, heterogênea e anisotrópica, onde a água subterrânea ocorre no manto de alteração e/ou nas descontinuidades rúpteis. No manto de alteração, o sistema assume comportamento semelhante a um aquífero granular livre, devido a ação resultante do intemperismo. Nas descontinuidades rúpteis do Sistema Aquífero Cristalino, a água circula apenas nas fendas e fissuras abertas, geradas principalmente por atividades tectônicas. É

portanto, a parte do aquífero com porosidade por fraturamento, que fornece ao mesmo o caráter de aquífero eventual.

O Aquífero Diabásio é constituído por rochas intrusivas básicas de idade juro-cretácica que encontram-se irregularmente distribuídas na área de estudo, tanto em superfície como em subsuperfície (IG, 1995).

As rochas diabásicas aflorantes ocorrem tanto sobre as rochas cristalinas como sobre as rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Nestes casos, a camada superficial, correspondente ao manto de alteração físico-química dessas rochas, oferece condições para o aparecimento de um aquífero superficial, de porosidade granular e relativamente permeável.

Em sub-superfície, os diabásios constituem corpos lenticulares irregulares alojados preferencialmente na interface entre o embasamento cristalino e a base dos sedimentos do Subgrupo Itararé, atingindo espessuras que podem superar 300 metros. Associa-se a esses corpos um complexo sistema de diques, sills, lacólitos ou corpos irregulares, menos espessos que o corpo principal que lhes deu origem (IG, 1995).

O Aquífero Diabásio é representado pelas rochas intrusivas básicas (diabásios) correlacionáveis cronologicamente aos derrames basálticos da Formação Serra Geral. Sua ocorrência é bastante irregular, descontínua e disseminada por toda a área, com corpos de tamanho e forma variadas tanto em superfície como em profundidade (IG, 1995).

A região de Indaiatuba, onde está localizado o município de Elias Fausto tem apresentado crescente crescimento da demanda de água subterrânea, dos aquíferos Tubarão e Cristalino, que não é mais considerada com fonte alternativa de abastecimento, decorrente do crescimento populacional, da expansão industrial constatada pela instalação de novas unidades, e da ampliação do mercado imobiliário com seus inúmeros loteamentos e chácaras de lazer. Alia-se a isso, o fato de corpos d'água considerados mananciais de abastecimento público encontrarem-se em situação de degradação, com registros de perda de qualidade e conseqüente diminuição do potencial de aproveitamento. Elias Fausto é atualmente totalmente dependente da água subterrânea, em especial do aquífero Tubarão (Oda, *et al.* 2006).

No município de Holambra observa-se o aquífero Itararé (integrante do Sistema Aquífero Tubarão), e o aquífero Diabásio.

Os principais usos da água subterrânea destinam-se a agricultura (32,5% dos poços), pecuária (36,3%) e agropecuária (23,4%).

No município, o consumo de água subterrânea é maior que a disponibilidade total explorável, afetando sobremaneira a reserva ativa de água subterrânea. Há possibilidade de contaminação da água subterrânea por atividades agropecuárias (contaminação por nitrato, pesticidas, fertilizantes e agentes microbiológicos) devido à deficiência tanto no projeto do sistema de proteção sanitária dos poços tubulares profundos quanto na forma de aplicação e armazenamento no solo (IG, 1995).

3.4 Geomorfologia

A Bacia do rio Piracicaba pode ser dividida praticamente em duas grandes zonas em função das características geomorfológicas. A primeira estende-se desde as cabeceiras até a porção média da bacia, apresentando relevo montanhoso com declividade média a alta, acima de 15%, drenagem de alta densidade e cotas variando desde 2.000 metros, nas cabeceiras, até 600 metros. A segunda zona corresponde aos terrenos sedimentares que formam a depressão periférica. O relevo é do tipo colinoso, predominando as baixas declividades, cotas variando desde os 700 metros até pouco abaixo de 500 metros, e drenagem de média a baixa densidade. O limite oeste da bacia é constituído por relevo característico de transição com as cuestas ou escarpas festonadas de alta declividade acima de 30%, produto da erosão regressiva que atua sobre a seqüência de basaltos e sedimentos sotopostos, formando anfiteatros separados por espigões com vertentes de perfis retilíneos (www.sirgh.sp.gov.br).

3.5 Pedologia

Na bacia do rio Piracicaba predominam dois grandes grupos de solos: os podzólicos vermelho-amarelos e os latossolos vermelho-amarelos. As maiores restrições à agricultura decorrem das características do relevo e das propriedades químicas, nem sempre favoráveis dos solos, apresentando, contudo, características físicas como textura, estrutura, drenagem e profundidade, normalmente propícias ao crescimento

das raízes. Assim, existem áreas extensas na bacia, com boas condições para uso agrícola, uma vez que as deficiências químicas podem ser corrigidas por meio de fertilizantes e corretivos. De fato, boa parte da região é intensamente cultivada com cana-de-açúcar, citros, diversas culturas anuais, hortaliças e frutas (www.sirgh.sp.gov.br).

3.6 Clima

A precipitação média anual é de 1400mm, com regime climático caracterizado por duas estações bem distintas: seca no inverno (meses de abril e setembro) e chuvosa no verão (outubro a março) (Cerri, *et al.*, 1998).

Quase a totalidade da área da bacia do rio Piracicaba é de clima subtropical C, com temperaturas médias anuais entre 18° C e 22 ° C. Apenas 2% possuem clima temperado D, com temperaturas médias anuais entre 12 ° C e 18 ° C (www.sirgh.sp.gov.br).

4 – Materiais e Métodos

4.1 Eletroresistividade

Dentre os principais métodos de prospecção geofísica, para o estudo das estruturas geológicas da parte superior da crosta terrestre, destacam-se os métodos geoeletricos, os quais se fundamentam nos campos elétricos e eletromagnéticos. As rochas, em função de suas composições mineralógicas, texturas e disposições, assim como o conteúdo de soluções em seus poros, apresentam propriedades elétricas características, tais como resistividade, permeabilidade magnética, constante dielétrica, etc. Em função disto, uma seção geológica pode ser considerada como um meio, cujos materiais existentes apresentam diferentes propriedades elétricas.

Pertencente ao grupo dos métodos geoeletricos este trabalho destaca a aplicação do método da eletrresistividade.

Este método é artificial, ou seja: o campo físico a ser estudado é criado por meio de equipamentos apropriados, que introduzem uma corrente elétrica em subsuperfície através de eletrodos pontuais ou linhas de contato. O procedimento consiste em medir o potencial elétrico em outros eletrodos na vizinhança do fluxo de corrente. Como a corrente também é medida, é possível determinar a resistividade efetiva ou aparente em subsuperfície. Neste ponto a aplicação da resistividade é superior aos outros métodos elétricos, ao menos teoricamente, porque os resultados quantitativos são obtidos utilizando uma fonte controlada com dimensões específicas.

4.1.1 Histórico

Os métodos geoeletricos possuem sua origem no século XVIII com a descoberta sobre a resistividade das rochas de Gray & Wheeler (1720 *apud* Orellana, 1972) e sobre a condutividade do solo por Watson, em 1746 (*apud* Orellana, *op. cit.*).

Os primeiros trabalhos de aplicação deste método em prospecção mineral, onde a geofísica é largamente utilizada, datam do início do século XX. Dentre os diversos

pesquisadores que contribuíram para o desenvolvimento do método da eletrorresistividade destacam-se Conrad Schullumberger, da “Escola Francesa” e Frank Wenner, da “Escola Americana”. Eles foram responsáveis pela introdução do arranjo de quatro eletrodos para medidas de resistividade de superfície.

Diversos autores discutem os princípios teóricos e práticos da eletrorresistividade. Entre eles destacam-se os trabalhos de Parasnis (1986), Orellana (*op. cit.*) e Telford *et al* (1990).

4.1.2 Conceitos Fundamentais

4.1.2.1 – Resistividade Elétrica

A resistividade baseia-se na Lei de Ohm, que define uma relação empírica entre a corrente fluindo através de um condutor e o potencial de voltagem requerido para conduzir esta corrente (Braga, 2005).

Esta lei conclui que a corrente (I) é proporcional à voltagem (V) para uma grande classe de materiais ($V = R.I$).

A constante de proporcionalidade é chamada de resistência (R) do material e tem como unidades, voltagem (volts) sobre corrente (ampéres), ou ohms (Ω).

Se aumentarmos o comprimento do condutor, o valor da resistência aumenta. Se o diâmetro do condutor diminui, o valor da resistência também aumenta.

Entretanto é necessário definir uma propriedade que descreva a habilidade dos materiais em transmitir corrente elétrica independentemente da geometria do arranjo do eletrodo utilizado. A resistividade é a “quantidade” independente que é usada, sendo indicada por ρ . Esta magnitude ρ é um coeficiente que depende da natureza e do estado físico do corpo considerado (Braga, 2005). Deste modo pode-se definir a resistividade como sendo:

$$V = R.I$$

$$R = \frac{\rho.L}{S}$$

$$\rho = \frac{R.S}{L}$$

onde:

S – área do condutor

L – comprimento do condutor.

Portanto, a dimensão da resistividade é o produto de uma resistência elétrica por uma área e dividida por uma distância; em função disto, a unidade da resistividade no sistema SI será Ohm.m (Braga, 2005).

A partir da Lei de Ohm, temos que a voltagem de um condutor pode ser definida como:

$$V = \frac{\rho \cdot L}{S} \cdot I \quad \text{ou} \quad V = \rho \cdot I \cdot \frac{L}{S}$$

Considerando o espaço inteiro (para o caso de utilização de sonda que será cravada no solo), temos que:

$$R = \frac{\rho \cdot r}{4\pi r^2} = \frac{\rho}{4\pi r}$$

Sendo, portanto, a variação de voltagem, desde um único eletrodo de corrente, para alguns pontos deste meio, representando o subsolo, dada pela expressão:

$$V = \frac{\rho \cdot I}{4\pi r}$$

A partir disto, temos que a resistividade é dada por:

$$\rho = 4\pi r \frac{V}{I}$$

onde:

V - potencial;

I - corrente;

ρ - resistividade;

r - distância entre o eletrodo de corrente e o ponto no qual o potencial é medido.

Conectando-se um cabo condutor da bateria, ao eletrodo de corrente pode-se medir o valor da intensidade de corrente (I); ao mesmo tempo, conectando-se um voltímetro a dois eletrodos, um localizado próximo ao de corrente e outro mais afastado (distância r), pode-se medir a diferença de potencial (ΔV), entre estes dois locais; utilizando a equação abaixo, pode-se calcular a resistividade do meio:

$$\rho = 4\pi r \left(\frac{V}{I} \right)$$

.O uso do método da eletrorresistividade no campo é limitado à capacidade do equipamento em introduzir uma corrente elétrica no subsolo.

Em geral, os arranjos de campo dos métodos geoeletricos principais constam de quatro eletrodos cravados na superfície do terreno. Um par de eletrodos serve para introduzir a corrente elétrica no subsolo, enquanto que, o outro par é para medir a diferença de potencial que se estabelece entre eles, como resultado da passagem desta corrente.

A determinação deste potencial resultante do campo elétrico criado pode ser demonstrado da seguinte maneira: a corrente elétrica de intensidade I é introduzida no subsolo por meio dos eletrodos A e B, e a diferença de potencial ΔV gerada é medida por meio dos eletrodos M e N. Ao supor que o meio investigado é homogêneo e isotrópico, tem-se que o potencial no eletrodo M, será dado por:

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right)$$

e o potencial em N:

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right)$$

Portanto, a diferença de potencial medida no equipamento para determinada posição dos eletrodos M e N, será:

$$\Delta V_{MN} = V_M - V_N$$

assim:

$$\Delta V_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

A resistividade de uma rocha decresce com o aumento de seu conteúdo de água e também com o volume dissolvido de cloretos, sulfatos (sais em geral), e presença de outros minerais. Em rochas totalmente saturadas o conteúdo de água pode ser calculado pela sua porosidade. Em rochas parcialmente saturadas o efeito de dessaturação sobre a resistividade precisa ser considerado. A textura da rocha também tem efeito sobre a resistividade (Taioli *et al.*, 2006).

Para haver boa condução elétrica os poros precisam estar interligados e preenchidos com água. O volume total dos poros é constituído de duas partes: poros de armazenamento e poros de conexão. Uma rocha com elevada razão entre poros de armazenamento e poros de conexão apresentará uma resistividade maior do que uma rocha com idêntica porosidade, mas com menor taxa armazenamento/conexão entre poros (Taioli *et al.*, 2006).

No caso de argilas, os poros não estão interligados (baixa permeabilidade), mas as mesmas costumam apresentar baixas resistividades, desde que contenham água, porém isto deve-se a fenômenos de troca iônica (Gallas, 2000).

Foi observado que a resistividade varia aproximadamente com o inverso do quadrado da porosidade, quando a rocha está saturada. Isto levou ao uso difundido de uma relação empírica de resistividade e porosidade, conhecida como Lei de Archie (Archie, 1942 *apud* Telford *et al.*, 1990), representada pela seguinte equação:

$$\rho = a\rho_w\phi^{-m}$$

onde:

ρ - resistividade

ρ_w - resistividade da água nos poros

ϕ - porosidade expressa como uma fração por unidade de volume

$a \rightarrow$ relativo à porosidade da rocha, sendo ligeiramente menor que 1 para rochas com porosidade intergranular e ligeiramente maior que 1 para rochas com “porosidade” de juntas.

$m \rightarrow$ é o parâmetro de cimentação, sendo um pouco maior que 2 para rochas cimentadas e bem classificadas e um pouco menor que 2 para rochas mal classificadas e mal cimentadas.

Os valores para **a** e **m** referidos acima são os adotados por Keller & Frischknecht (1977).

A Lei de Archie (*op. cit.*) supõe que os poros das rochas estejam completamente saturados por água e que o volume de água contido reflita a porosidade. Isto nem sempre é verdadeiro, uma vez que os poros podem conter ar, gás ou mesmo petróleo. Desse modo, torna-se necessário introduzir o *índice de resistividade*, que é a relação entre a resistividade da rocha com o grau de saturação considerado e com os poros efetivamente preenchidos com água. Define-se como *grau de saturação S* a fração de volume ocupada por água em relação ao volume total dos poros. Assim, a resistividade da rocha será dada por:

$$\rho = ab\phi^{-m} S^{-n} \rho_w$$

sendo $n \cong 2$ (Telford *et al.*, 1990) e

$b = 0,6$ e $n = 2,25$ para arenitos e calcários arenosos de porosidade $< 40\%$.

$b = 0,4$ e $n = 2,1$ para rochas carbonáticas de porosidade $< 25\%$ (Orellana, 1972).

É importante ressaltar a diferença entre a resistência e a resistividade. A resistência é uma característica da corrente elétrica e a resistividade é uma propriedade física do meio.

4.1.2.2 – RESISTIVIDADE APARENTE

Ao se utilizar o mesmo arranjo de eletrodos para efetuar medições sobre um meio heterogêneo, a diferença de potencial observada ΔV será diferente da registrada sobre um meio homogêneo, pois o campo elétrico deverá sofrer modificações em função desta heterogeneidade do meio.

Como na prática o subsolo não pode ser considerado um meio homogêneo, a quantia medida representa uma média ponderada de todas as resistividades verdadeiras em um volume de material em subsuperfície relativamente grande, portanto, ao se efetuar os cálculos pertinentes obtém-se uma resistividade aparente (ρ_a).

Pode-se então, calcular o valor da resistividade ρ_a do meio investigado, mediante a seguinte equação:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

onde K é chamado de fator geométrico, sendo representado pela seguinte equação:

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)^{-1}$$

Esta ρ_a é a variável que expressa os resultados das medições na maioria dos métodos geoeletricos, e é a que se toma como base para a interpretação final. As dimensões da resistividade aparente, em virtude de sua definição, são as mesmas para a resistividade, e sua unidade também é Ωm .

4.1.2.3 – Resistividade dos Materiais Geológicos

Os materiais geológicos apresentam como uma de suas propriedades fundamentais o parâmetro físico resistividade elétrica, o qual reflete algumas de suas características servindo para caracterizar seus estados, em termos de alteração, fraturamento, saturação, etc e eventualmente identificá-los litologicamente, sem a necessidade de investigações diretas (Gallas & Taioli, 2003).

Segundo Braga (2005) uma rocha condutora de corrente elétrica pode ser considerada como sendo um agregado com estrutura de minerais sólidos, líquidos e gases, na qual sua resistividade é influenciada pelos seguintes fatores:

- resistividade dos materiais que formam a parte sólida da rocha;
- resistividade dos líquidos e gases que preenchem seus poros;
- umidade da rocha;
- porosidade da rocha;
- textura da rocha e forma de distribuição de seus poros; e
- processos que ocorrem no contato dos líquidos contidos nos poros e a estrutura mineral, tais como: processo de adsorção de íons na superfície do esqueleto mineral, diminuindo a resistividade total destas rochas.

Na Terra ou em qualquer outro corpo tridimensional, a corrente elétrica não flui por um único caminho. Considerando uma bateria conectada ao solo, através de cabos e eletrodos, por dois pontos distantes um do outro, a Terra, que não é um isolante perfeito, conduz a corrente elétrica gerada pela bateria. Neste estágio assume-se que a resistividade do solo é uniforme (Braga, 2005).

Os mecanismos de propagação das correntes elétricas podem ser do tipo condutividade eletrônica ou iônica.

A condutividade eletrônica, típica de metais e semi-condutores, ocorre devido ao transporte de elétrons na matriz da rocha, sendo sua resistividade governada pelo modo de agregação dos minerais e o grau de impurezas.

A condutividade iônica, típica de eletrólitos sólidos –dielétricos e eletrólitos líquidos, deve-se ao deslocamento de íons existentes nas águas contidas nos poros de uma

massa de solo, sedimentos inconsolidados ou fissuras das rochas. Este tipo de mecanismo é o que mais interessa nos estudos aplicados à hidrogeologia (Gallas & Taioli, 2003).

A resistividade das rochas que possuem condutividade iônica é função decrescente da quantidade da água, da natureza dos sais dissolvidos e da porosidade total comunicante. Praticamente todas as rochas possuem poros em proporção maior ou menor, os quais podem estar ocupados, total ou parcialmente, por eletrólitos, sendo que, elas se comportam como condutores iônicos, de resistividades muito variáveis.

Em rochas saturadas, o conteúdo de água pode ser calculado pela sua porosidade.

As rochas podem ser reunidas em três grupos, de acordo com a porosidade (Gallas & Taioli, 2003):

- porosidade intergranular: rochas sedimentares consolidadas e acamamento de cinzas vulcânicas – consiste em espaço granular;
- porosidade de juntas: rochas ígneas – porosidade primária e
- porosidade vulgular: rochas vulcânicas – espaços vazios dentro da rocha, formados durante o resfriamento. Rochas calcárias também podem apresentar cavidades, formadas pela dissolução da rocha por meio de reações químicas.

Uma vez que a grande maioria das rochas e solos são maus condutores, suas resistividades deveriam ser extremamente altas, não fosse pelo fato que usualmente elas apresentam interstícios que estão preenchidos por fluidos, principalmente água (Gallas, *et. al.* 2005).

Em vista disto, efetivamente as rochas (e o subsolo em geral) assumem um comportamento de condutores eletrolíticos (Telford *et al.*, 1990) e a propagação da corrente processa-se por condução iônica, através de moléculas que tenham excesso ou deficiência de elétrons.

As resistividades também variam com a mobilidade, concentração e grau de dissolução dos íons, sendo que o grau de dissociação depende da constante dielétrica da solução. Comparativamente à condução ôhmica (eletrônica), a condução iônica não é tão somente mais lenta, mas representa também um transporte de material

Assim, na grande maioria das litologias encontradas na natureza a condução será eletrolítica, sendo o meio condutor uma solução de água e sais comuns distribuídos de maneira complexa na estrutura dos poros da rocha. A resistividade dependerá da quantidade de água presente, da salinidade da mesma e a maneira como a água distribui-se na rocha.

Segundo (Taioli *et al.*, 2007) a expressão *salinidade equivalente* é quase sempre utilizada quando se trata de resistividade da água. Como normalmente a água contém uma grande variedade de sais em solução, é bastante difícil obter-se a resistividade de uma água a partir de uma análise química. Objetivando facilitar a tarefa, a salinidade equivalente de uma solução é definida como a salinidade de uma solução de NaCl que teria a mesma resistividade de uma solução para a qual a salinidade equivalente está sendo expressa (Keller & Frischknecht, 1977). A salinidade equivalente pode ser considerada como verdadeira, uma vez que as mobilidades dos íons presentes na grande maioria das soluções não variam significativamente.

A utilização do conceito de salinidade equivalente traz a vantagem de simplificar o processo para se calcular a resistividade de uma solução. A Figura 2 ilustra o comportamento da resistividade em função da concentração de alguns sais e do NaCl em particular nas temperaturas de 18°C e 100°C.

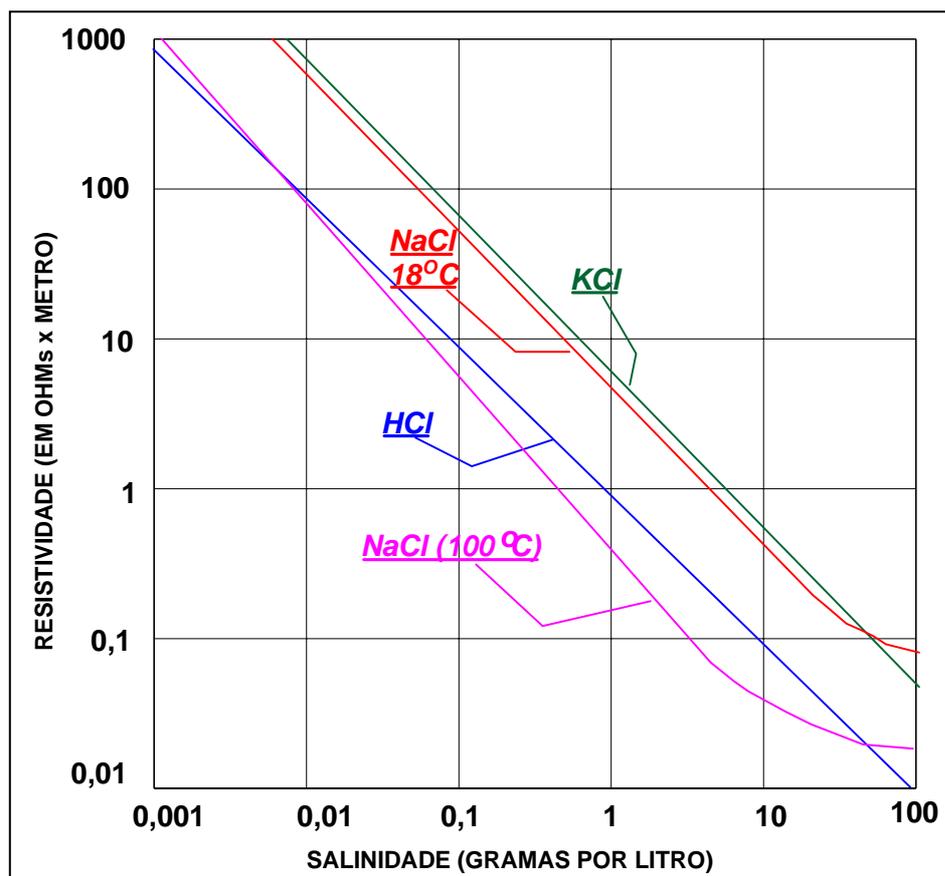


Figura 2 - Relação entre resistividade e concentração de sais em solução à temperatura de 18°C e NaCl também a 100°C (adaptado de Keller & Frischknecht, 1977).

Como pode ser observado na Figura 2, o comportamento da resistividade em função da concentração de diferentes sais é praticamente linear até a concentração de 100g/L. A figura também permite observar, através das duas curvas referentes ao NaCl nas temperaturas de 18°C e 100°C, o comportamento decrescente da resistividade com o aumento da temperatura.

4.1.3 Método utilizado

O trabalho foi desenvolvido utilizando uma minisonda de eletroresistividade, construída por Taioli (2004) e, baseada em conceito de Stieglitz (2003), que possui em sua ponteira os eletrodos de corrente e de potencial, utilizando o arranjo tipo Wenner (comumente utilizado em levantamentos geoeletricos de superfície), como mostra a Figura 3. A sonda, montada sobre uma base de PVC, consiste em quatro

anéis de fio de cobre com 1 mm de diâmetro e espaçados entre si por 0,01m. É montada na ponta de um tubo de aço galvanizado que é gradualmente inserido no solo por percussão, até cerca de 1,5 m, se o solo permitir.



Figura 3 – Sensor de resistividade com mini arranjo Wenner.

Através de cabos elétricos instalados internamente tanto no tubo como na sonda, a corrente é fornecida aos anéis externos (AB) e a tomada da diferença de potencial é efetuada entre os anéis centrais (MN). Para o fornecimento de corrente foi desenvolvido um pequeno circuito eletrônico (Figura 4) e as leituras de corrente e tensão são efetuadas em dois multímetros digitais comumente encontrados no mercado.

A concepção da mini-sonda Wenner para as medidas *in situ* baseia-se nas medidas de resistividade no eletrólito que constitui o subsolo e seu conteúdo iônico. A condução da corrente elétrica através de íons (condução iônica ou eletrolítica) é, sem dúvida, o processo de condução de maior importância e interesse na prospecção por eletrorresistividade.

O sistema (Taioli *et al.*, 2006) é apresentado na Figura 4 e é composto de uma fonte de alimentação (circuito 1) e de um oscilador de onda senoidal (circuito 2).

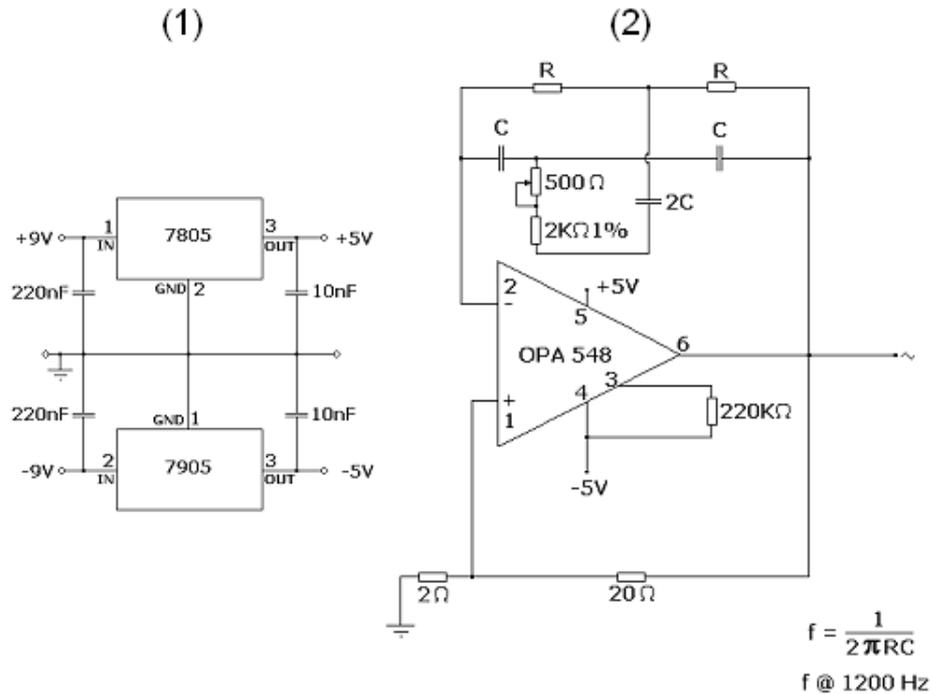


Figura 4 – Diagrama esquemático do circuito de fornecimento de corrente para o sensor. (1) fonte de alimentação ; (2) oscilador de onda senoidal.

O objetivo do circuito 1 (fonte de alimentação) é o de gerar as tensões positivas (+5V) e negativas (-5V), para alimentar o circuito oscilador de onda senoidal. Constitui-se basicamente de um regulador de tensão positivo, que gera os +5 V a partir da tensão de entrada que pode variar de 8 a 35V e um regulador de tensão negativa, que gera os(-5V) a partir da tensão de entrada que também pode variar de -8 a -35V.

O objetivo do circuito 2 (oscilador de onda senoidal) é o de gerar o sinal senoidal, que será injetado nos eletrodos A e B da sonda Wenner. Trata-se um oscilador de onda senoidal, chamado de duplo-T, cuja freqüência de oscilação é dada por:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

onde: f é a freqüência de oscilação (Hz),

R é o valor do resistor (Ω), e

C o valor do capacitor (F).

Este circuito é composto por um único elemento ativo, um amplificador operacional OPA 548, que foi escolhido por permitir uma grande variação da impedância de carga, além de permitir um ajuste simples da corrente máxima de saída.

Esta corrente pode ser ajustada, de zero a 5A, através de um resistor ou potenciômetro conectado entre os pinos 3 e 4 do OPA 548. Difere de outros amplificadores operacionais que normalmente utilizam um resistor em série com a corrente de saída para efetuar este controle. Esta solução foi adotada visando minimizar o consumo de baterias.

Os resistores $2k\Omega$ e 500Ω devem ser ajustados de modo que o circuito entre em oscilação.

O sistema desenvolvido para este trabalho teve seus resistores e capacitores calculados para uma frequência nominal de 1200 Hz, frequência esta que se encontra na faixa operacional de todos multímetros convencionais.

Para alimentação do sistema foram utilizadas duas baterias de 9V montadas como fonte simétrica.

4.2 Experimento – Laboratório

O trabalho foi inicialmente desenvolvido em laboratório, onde foram efetuados experimentos em amostras de solo saturadas com soluções de NaCl em diferentes concentrações.

Num recipiente graduado com areia homogênea, bem selecionada e previamente quarteada (modelo), foram adicionadas inicialmente água destilada, deionizada e água da rede pública, em quantidade suficiente para saturar o meio.

A minisonda foi então cravada em três profundidades distintas (Figura 5), as medidas obtidas foram anotadas, e calculou-se então o valor de resistividade aparente.

Para calibrar a sonda, a seqüência do experimento consistiu na adição de concentrações salinas conhecidas, previamente calculadas na água utilizada para saturação da areia contida no recipiente. Novamente foram realizadas medidas em três profundidades distintas, objetivando verificar a ocorrência de variações longitudinais da resistividade no meio.

O sal adicionado na água foi o NaCl puro, utilizado como padrão em laboratórios de química.



Figura 5 – Instrumentos e recipiente graduado utilizado nos ensaios laboratoriais.

4.2.1 Preparação das amostras

A preparação das amostras envolveu o quarteamento da areia, utilizando o separador de amostras mostrado na Figura 6, e a elaboração das soluções salinas utilizadas.

Para os ensaios de bancada utilizou-se areia padrão, normalmente usada em pré-filtros de poços tubulares, que foram quarteadas, uma vez que a areia foi adquirida em sacos de 50 kg, nos quais existe a tendência das partículas mais finas acumularem na base do saco, até se chegar a porções com volume aproximado de 16 litros.

O quarteamento é um processo utilizado para homogeneizar a amostra e consiste em colocar a amostra tal qual no separador distribuindo-a uniformemente de ponta a ponta. A velocidade na qual a amostra é introduzida deve ser tal que permita a areia passar livremente através das calhas para os recipientes colocados abaixo delas. Deve-se reintroduzir no separador, a porção da amostra de um dos recipientes,

tantas vezes quantas forem necessárias, para reduzir à amostra a quantidade adequada ao ensaio pretendido (DNER, 1996).

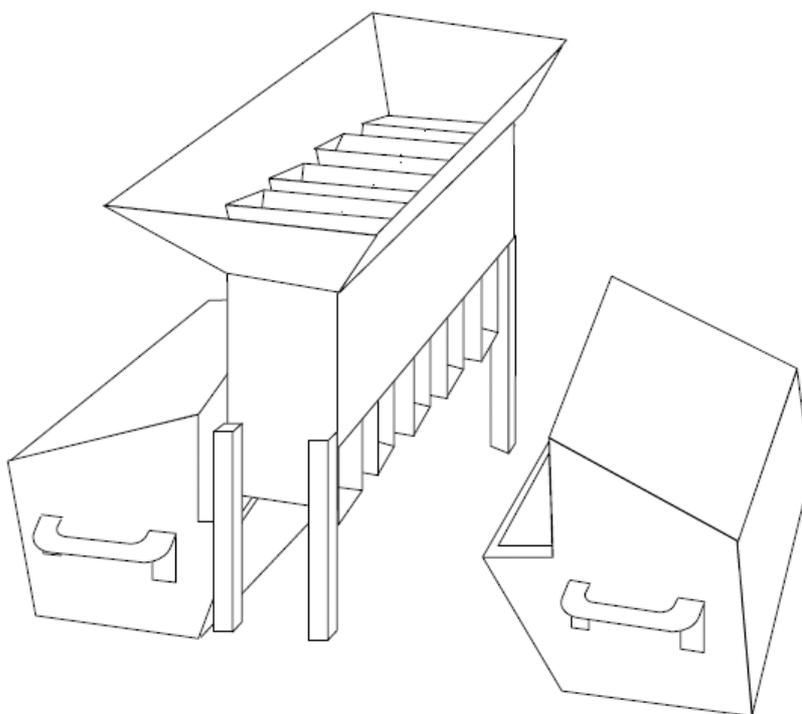


Figura 6– Separador de amostras utilizado para quartear a areia.

Para preparação do eletrólito, foram selecionadas doze diferentes concentrações de solução de NaCl. Inicialmente foi selecionada a concentração média da água do mar, 30 g/L, porém após a realização do primeiro experimento realizado utilizando a décima parte da concentração citada (3g/L), foi verificado para concentrações mais altas que essa resistividade era muito baixa o que exigiria demasiada corrente da fonte de corrente. Desta forma, optou-se por utilizar como a máxima concentração 3g/l, fracionado esta em dez partes, e fracionar a última parte (0,3 g/L) em duas partes, assim as concentrações utilizadas foram:

3,0g/L; 2,7g/L; 2,4g/L; 2,1g/L; 1,8g/L; 1,5g/L; 1,2g/L; 0,9g/L; 0,6g/L; 0,3g/L; 0,15g/L e 0,07g/L.

Para preparação da solução, o NaCl puro foi lentamente adicionado ao béquer, com auxílio de uma espátula, em uma balança analítica previamente calibrada, até que se atingir a massa desejada.

O NaCl foi então dissolvido na água destilada, em balões de 2L e 1L. São necessários 7 L de solução para saturar completamente a areia contida no recipiente.

Antes de adicionar o eletrólito no recipiente graduado, foi medida a condutividade elétrica de cada solução, utilizando um condutivímetro modelo *Multiline P3 pH/LF-SET*. A condutividade elétrica é um parâmetro largamente utilizado para analisar/atestar a ocorrência de salinização no solo, e utilizando a Lei de Archie, pode ser diretamente correlacionada com a resistividade aparente.

O eletrólito foi lentamente adicionado à areia, preenchendo os poros existentes até a completa saturação da areia contida no recipiente.

4.2.2 Ensaio para determinação da Porosidade

O ensaio para determinação da porosidade da amostra foi realizado no Laboratório de Sedimentologia da Universidade de São Paulo. A porosidade da amostra foi calculada através da determinação da densidade do material (ρ_m - massa do material/volume de água deslocado em uma proveta), determinação da densidade da amostra (ρ_a - massa/volume) e finalmente cálculo da porosidade (ϕ) utilizando a equação:

$$\phi = \frac{\rho_m - \rho_a}{\rho_m - \rho_{ar}}$$

onde:

ρ_m é a densidade da amostra

ρ_a é a densidade total

ρ_{ar} é a densidade do ar

O valor de porosidade obtido para a amostra utilizada foi de **0,409**.

4.3 Experimento – Campo

Os trabalhos de campo foram realizados em duas estufas localizadas nos municípios de Elias Fausto e Holambra. As técnicas agrícolas empregadas e os produtos cultivados são diferentes em cada uma delas, e serão apresentadas juntamente com a discussão dos resultados, de forma a facilitar o entendimento.

As medidas de eletrorresistividade foram efetuadas cravando-se a minissonda até a profundidade aproximada de 10 cm, a fim de garantir o contato de todos os eletrodos com o solo. Após a cravação da minissonda, foi fornecida corrente e, por meio dos multímetros, foram medidos o ΔV e o I , e, utilizando-se a constante geométrica $K=0,12566$, calculada a resistividade.

Em cada ponto em que foi executada a medida de resistividade foi coletada uma amostra de solo, para análise de metais (Al, Ba, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn), e cloretos, além da Condutividade Elétrica e pH. As análises dos íons foram realizadas utilizando a metodologia *USEPA – SW 846 – Test Methods for Evaluation of Solid Waste Physical/Chemical Methods*. A Condutividade Elétrica foi obtida utilizando a metodologia *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th 2º Ed.*

As amostras de solo foram coletadas utilizando-se um extrator de solo, mostrado na Figura 7, e foi acondicionada em frascos de vidro com boca larga e tampa com teflon, cedidos pelo laboratório onde as amostras foram analisadas.

Foram coletadas ainda amostras da água utilizada na irrigação, nas duas estufas, para análise dos parâmetros supracitados.

Nenhuma das estufas possui poço de monitoramento para amostragem da qualidade da água subterrânea, que desta forma, não pôde ser avaliada neste estudo.



Figura 7 – Extrator de solo, utilizado na coleta das amostras.

Na estufa localizada em Holambra, há um extrator de água, que permanece fixo (Figura 8), em sua extremidade inferior uma cápsula de porcelana, porosa, permitindo a entrada da água. São extraídos por dia no máximo 80mL de água. Uma vez que para analisar os parâmetros supracitados é necessário o volume total de 1L de água não foi possível analisar esta água para tais compostos.



Figura 8 – Extrator de água, com cápsula porosa na base, utilizado na estufa em Holambra.

As amostras de água foram coletadas nos pontos utilizados para irrigação das plantas, e acondicionadas em frascos de plástico, também cedidos e preparados pelo laboratório, com capacidade para 500mL. Foram coletados 2 frascos em cada em cada ponto, sendo que apenas o frasco para análise de metais continha preservante (HCl).

Após a coleta as amostras foram mantidas refrigeradas até sua entrega no laboratório no dia 27 de julho de 2007. As cadeias de custódia são mostradas no Anexo A.

5 – Discussão do Resultados

5.1 Experimento – Laboratório

O experimento realizado em laboratório abrangeu a execução de doze experimentos, sendo dois experimentos extras executados utilizando a metade e um quarto da última concentração ensaiada, (0,3 g/L) para confirmar o comportamento do gráfico de Resistividade aparente X Concentração da solução. Os itens que seguem mostram os resultados obtidos.

5.1.1. Cálculo da resistividade aparente (ρ_a)

A resistividade aparente foi calculada através da equação:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

Os valores de V e I utilizados em cada experimento foram obtidos diretamente nos 2 multímetros digitais, modelos *Minipa ET-2042* e *Metex 3800*, respectivamente, conectados a uma fonte DC/AC e ao dipolo MN (interno) da sonda (Figura 4).

O valor da constante K foi previamente calculado para o arranjo Wenner, utilizado nesta sonda, onde o valor de a, ou seja, a distância entre cada eletrodo tem um centímetro.

$$K = 4\pi \left(\frac{1}{0,01} - \frac{1}{0,02} - \frac{1}{0,02} + \frac{1}{0,01} \right)^{-1} = 0,125664$$

5.1.2 Resultados obtidos nos experimentos realizados

Experimento 1 – 3g/L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,560 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
34,0	362	5	1,338
36,7	355	10	1,216
35,9	359	15	1,257
ρ_a média			1,270 Ωm

Tempo 2 (15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
36,5	367	15	1,264
38,7	367	10	1,192
37,5	363	5	1,216
ρ_a média			1,224Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
37,4	371	5	1,247
37,5	366	10	1,226
38,0	371	15	1,227
ρ_a média			1,233Ωm

Experimento 2 – 2,7 g/L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,530 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
27,2	357	5	1,649
28,0	334	10	1,499
29,7	355	15	1,502
ρ_a média			1,550 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
29,8	355	15	1,497
32,3	358	10	1,393
30,6	335	5	1,376
ρ_a média			1,422Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
32,7	394	5	1,514
35,1	387	10	1,386
35,2	392	15	1,399
ρ_a média			1,433Ωm

Experimento 3 – 2,4 g/L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,478 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
23,2	370	5	2,004
23,5	370	10	1,979
25,3	370	15	1,838
ρ_a média			1,940 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
23,6	370	5	1,970
24,4	360	10	1,854
24,8	350	15	1,773
ρ_a média			1,865Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
24,8	350	5	1,773
26,3	370	10	1,768
25,7	370	15	1,809
ρ_a média			1,783Ωm

Experimento 4 – 2,1 g/L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,408 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
21,8	370	5	2,133
22,6	380	10	2,113
21,9	370	15	2,123
ρ_a média			2,123 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
21,8	360	5	2,075
22,4	370	10	2,076
22,1	380	15	2,161
ρ_a média			2,104Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
22,0	360	5	2,056
23,1	350	10	1,904
21,3	370	15	2,183
ρ_a média			2,047Ωm

Experimento 5 – 12,6g/7L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,356 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
12,5	280	5	2,815
16,3	340	10	2,621
17,0	350	15	2,587
ρ_a média			2,674 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
19,3	370	5	2,196
20,0	360	10	2,204
19,6	390	15	2,450
ρ_a média			2,283Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
20,6	360	5	2,196
21,1	370	10	2,204
20,0	390	15	2,450
ρ_a média			2,283Ωm

Experimento 6 – 10,5g/7L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,272 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
11,1	330	5	3,739
13,9	340	10	3,074
17,6	350	15	2,812
ρ_a média			3,207 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
17,2	360	5	2,630
19,0	380	10	2,513
19,2	370	15	2,422
ρ_a média			2,521Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
16,8	380	5	2,842
18,4	380	10	2,595
20,0	380	15	2,388
ρ_a média			2,608Ωm

Experimento 7 – 8,4g/7L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,207 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
9,0	310	5	4,328
8,0	260	10	4,084
8,1	260	15	4,034
ρ_a média			4,149 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
11,0	340	5	3,884
8,4	260	10	3,890
8,2	260	15	3,984
ρ_a média			3,919Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
8,7	250	5	3,611
8,7	250	10	3,611
8,8	250	15	3,570
ρ_a média			3,597Ωm

Experimento 8 – 6,3g/7L NaCl

Condutividade Elétrica da Solução: 0,162 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
5,9	320	5	6,816
6,9	340	10	6,192
8,0	380	15	5,969
ρ_a média			6,326 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
7,9	360	5	5,726
8,6	370	10	5,406
8,8	370	15	5,284
ρ_a média			5,472 Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
10,19	369	5	4,551
10,65	357	10	4,212
10,38	381	15	4,613
ρ_a média			4,458 Ωm

Experimento 9 – 4,2g/7L NaCl

Conductividade Elétrica da Solução: 0,117 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
5,31	311	5	7,360
5,28	324	10	7,711
5,77	349	15	7,601
ρ_a média			7,557 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
5,62	329	5	7,356
5,81	323	10	6,986
6,20	345	15	6,993
ρ_a média			7,111 Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
6,17	331	5	6,741
6,16	334	10	6,814
6,38	354	15	6,973
ρ_a média			6,842 Ωm

Experimento 10 – 2,1g/7L NaCl

Conductividade Elétrica da Solução: 0,060 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
3,25	343	5	13,262
3,30	346	10	13,176
3,41	348	15	12,824
ρ_a média			13,087 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
3,66	366	5	12,566
3,64	350	10	12,083
3,56	357	15	12,602
ρ_a média			12,417 Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
3,57	368	5	12,954
3,47	358	10	12,965
3,56	353	15	12,824
ρ_a média			12,914 Ωm

Experimento 11 – 1,05g/7L NaCl

Conductividade Elétrica da Solução: 0,031 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
1,50	348	5	29,154
1,58	359	10	28,553
1,66	360	15	27,252
ρ_a média			28,320 Ωm

Tempo 2 (após 15 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
1,74	382	5	27,588
1,75	379	10	27,252
1,76	378	15	26,989
ρ_a média			27,276 Ωm

Tempo 3 (após 45 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
1,85	398	5	27,035
1,82	381	10	26,307
1,85	380	15	25,812
ρ_a média			26,384 Ωm

Experimento 12 – 0,525 g/7L NaCl

Conductividade Elétrica da Solução: 0,015 S/m

Tempo 1 (0 minutos)

I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
0,85	352	5	52,040
0,96	367	10	48,040
1,01	363	15	45,164
ρ_a média			48,415 Ωm
Tempo 2 (após 15 minutos)			
I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
1,06	402	5	47,657
1,04	396	10	47,849
1,09	390	15	44,762
ρ_a média			46,756 Ωm
Tempo 3 (após 45 minutos)			
I (mA)	V (mV)	Profundidade (cm)	ρ_a (Ωm)
1,12	406	5	45,553
1,10	390	10	44,555
1,20	400	15	41,888
ρ_a média			43,998 Ωm

Os dados obtidos nas diferentes medidas com cada concentração salina mostram, de maneira geral, que à medida que o tempo passava a resistividade diminuía. Isto pode ser devido à utilização de areia comercial, normalmente utilizada para filtros em poços, sem nenhum tipo de pré-tratamento ou lavagem. Desta forma, é de se esperar que o material impregnado nos grãos de areia se incorporem na solução colocada, fazendo com que o conteúdo iônico aumente e, conseqüentemente, a resistividade decresça.

A Figura 9, mostra a relação entre a concentração das soluções utilizadas, e a condutividade elétrica da solução medida antes da mesma ser adicionada ao recipiente utilizado nos testes. A reta obtida mostra que a condutividade, como esperado, aumenta proporcionalmente em função do acréscimo da concentração de NaCl na solução utilizada.

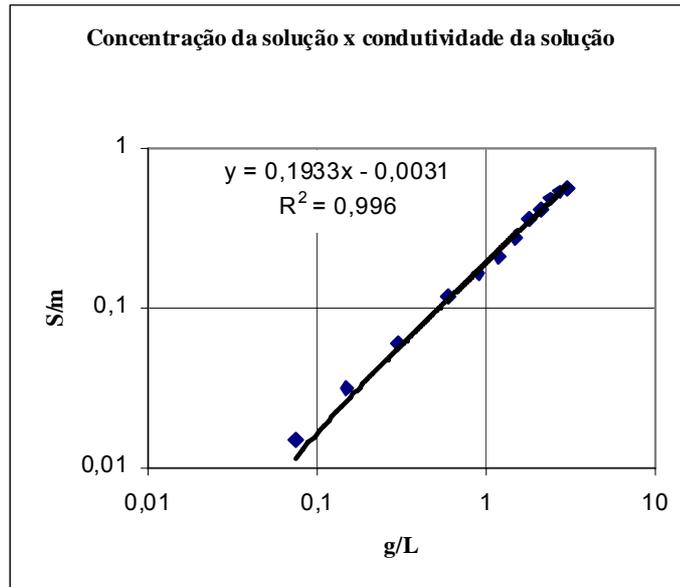


Figura 9 – Relação entre a concentração das soluções utilizadas e a condutividade elétrica medida.

A Figura 10, mostra a relação entre as resistividades aparentes calculada e a concentração das soluções salinas nos testes de laboratório. Os resultados indicam a relação inversa entre estes parâmetros, ou seja, a resistividade aparente diminui com o aumento da concentração de NaCl.

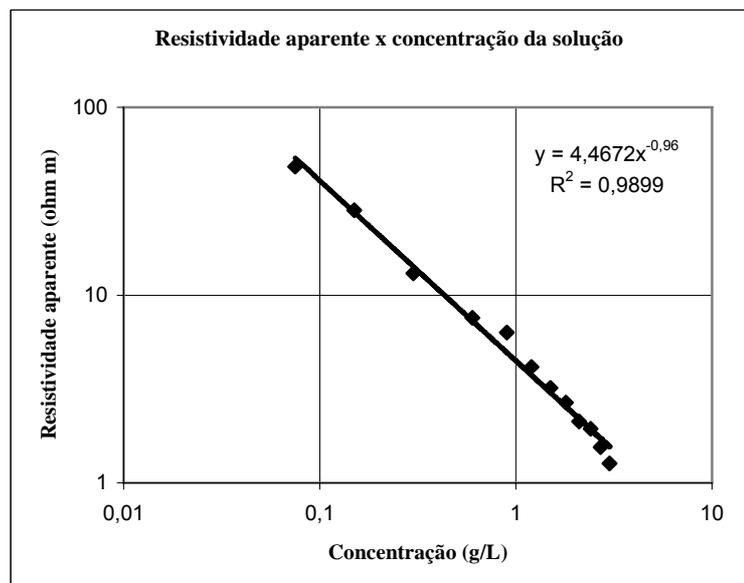


Figura 10 – Relação entre a resistividade aparente e concentração das soluções salinas utilizadas.

A Figura 11 ilustra o comportamento da resistividade em função da concentração de alguns sais, e destaca os resultados obtidos neste trabalho, onde foram utilizadas soluções salinas com concentrações de NaCl conhecidas. Os trabalhos foram desenvolvidos em temperatura ambiente, e os resultados obtidos mostram que a curva resultante acompanha a tendência do comportamento do NaCl nas temperaturas de 18 e 100°C.

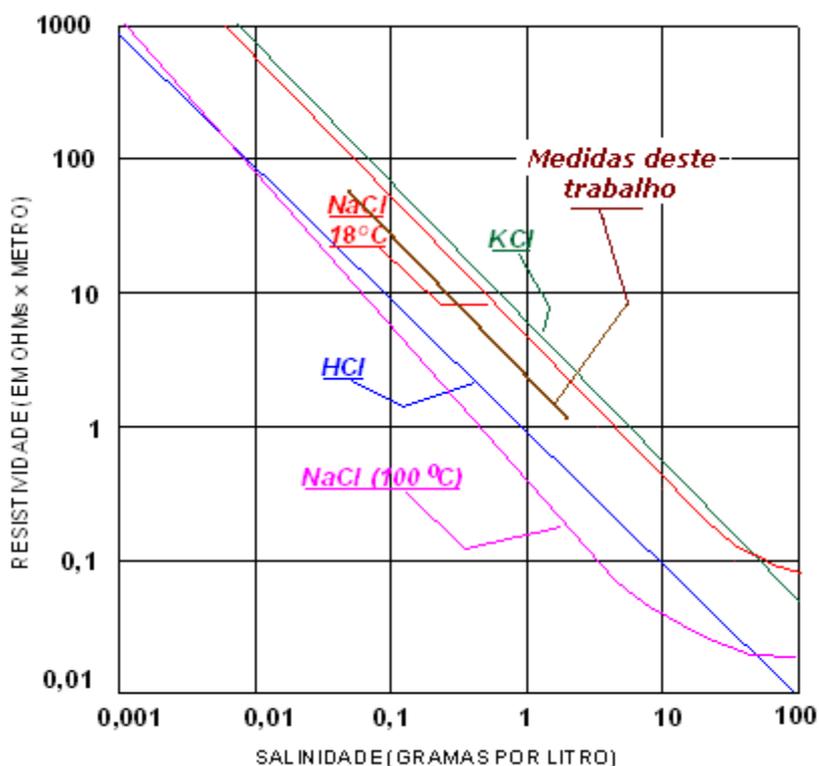


Figura 11 - Relação entre resistividade e concentração de sais em solução à temperatura de 18°C e NaCl também a 100°C (adaptado de Keller & Frischknecht, 1977), incluindo os dados obtidos neste trabalho.

5.2 Experimento – Campo

5.2.1 Experimento 1 - Holambra

A primeira estufa localiza-se no município de Holambra, na Fazenda Terra Viva, onde são produzidas diversas flores e plantas ornamentais, tais como tulipas,

amarílis, crisântemos, lírios. A estufa utilizada neste trabalho cultiva gérberas, e possui área total de 10.000m²; parte das flores é cultivada em vasos e parte está plantada diretamente no solo, onde foram concentrados os trabalhos. A estufa é irrigada diariamente, de forma automatizada, 8 vezes por dia. Normalmente a água de irrigação contém, também, o fertilizante.

A equipe de técnicos da Fazenda Terra Viva verifica a condutividade elétrica do solo diariamente, de forma expedita e aproximada, pois a condutividade elétrica ideal para desenvolvimento destas flores deve variar entre 600 e 1.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Quando a condutividade elétrica ultrapassa o valor do limite superior, as flores são irrigadas apenas com água, sem adição de fertilizantes ou adubos, até que a condutividade volte ao intervalo ideal. Trimestralmente são coletadas em média 10 amostras de solo, em locais distribuídos aleatoriamente, permitindo assim a avaliação das condições gerais do solo no local. As amostras coletadas são misturadas, homogeneizadas e a amostra resultante é enviada para análise química laboratorial, quando são quantificados os micronutrientes, entre eles Fe, Bo, Mn, molibdato de Na, Cu e Zn, e ainda N, O, K, Mg.

O trabalho de campo vinculado a esta pesquisa foi agendado de forma a coincidir com a amostragem trimestral, que foi realizada na estufa, na porção dedicada ao plantio das gérberas diretamente no solo, pela equipe da Fazenda Terra Viva em 10 pontos distintos.

Nos mesmos locais, apresentados na Figura 12, foram efetuadas medidas de resistividade utilizando-se a minissonda, cujos resultados são discriminados na Tabela 1, e foram coletadas amostras do solo para análise química.

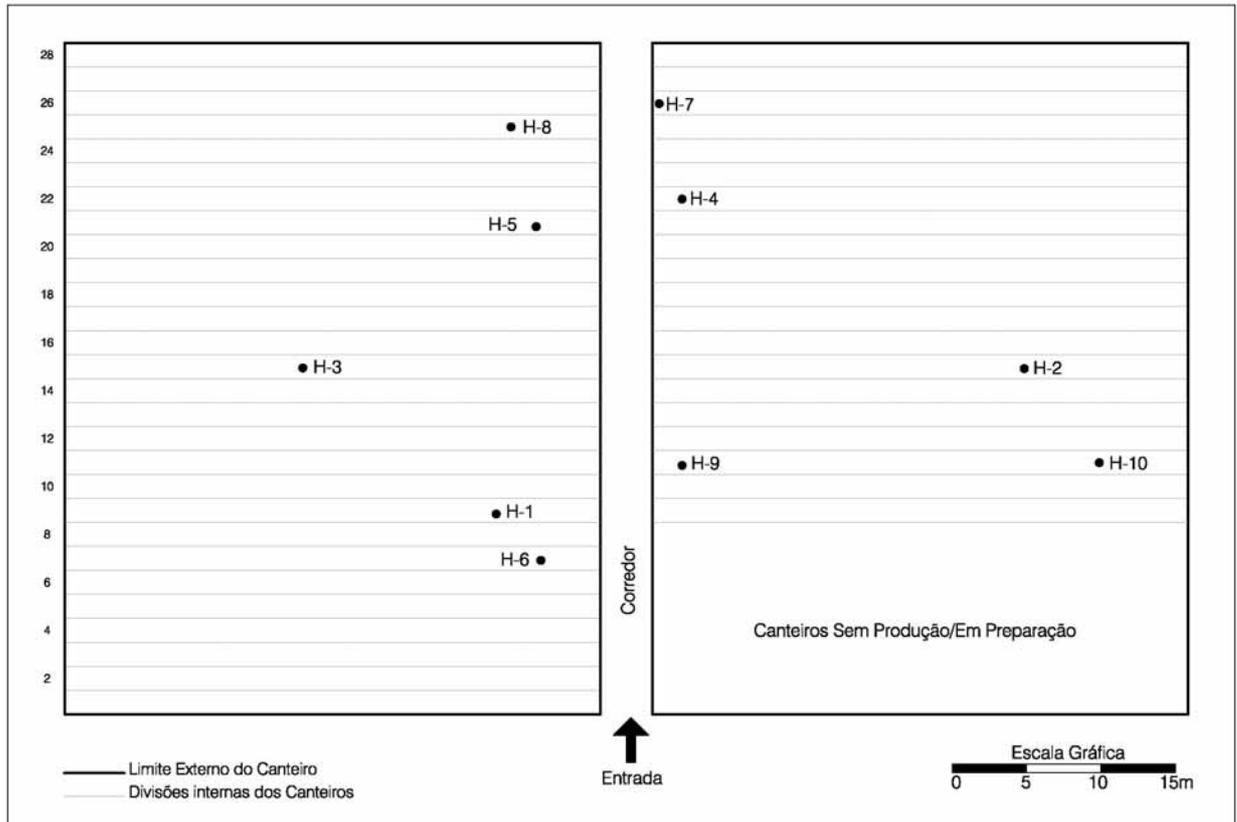


Figura 12 – Pontos de coleta das amostras de solo na estufa em Holambra.

Tabela 1 – Resultados obtidos no experimento realizado em Holambra

Ponto	I (mA)	ΔV (mV)	ρ_a (Ωm)	Condutividade Elétrica Calculada ($\mu S/cm$)	Condutividade Elétrica Calculada (S/m)
H-1	0,198	104	66,00	152	0,015151
H-2	0,169	108	80,30	125	0,012453
H-3	0,121	165	171,35	58	0,005836
H-4	1,4	200	17,95	557	0,055706
H-5	1,7	330	25,90	386	0,049017
H-6	1,08	167	19,43	515	0,051465
H-7	0,921	313	42,70	234	0,023416
H-8	1,8	400	27,92	358	0,045619
H-9	1,5	216	18,09	553	0,055264
H-10	0,88	331	47,26	212	0,021157

A Figura 13, mostra a distribuição em planta das condutividades elétricas medida e calculada e as resistividades obtidas.

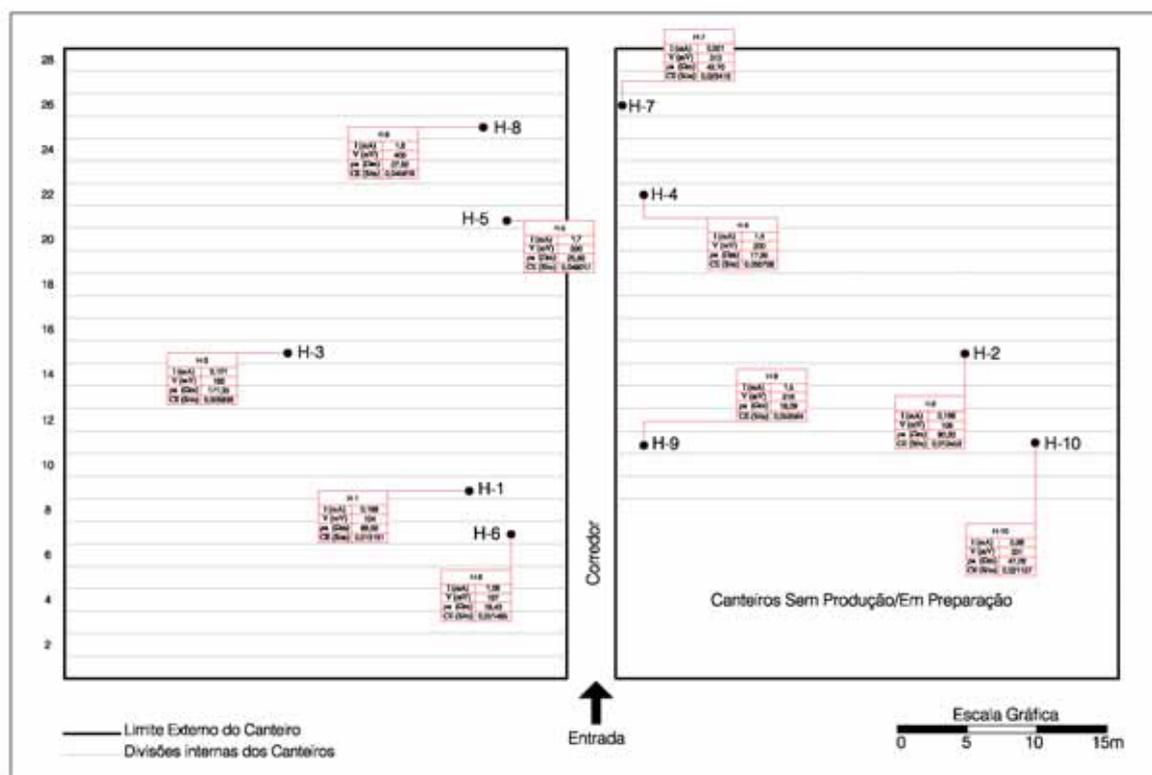


Figura 13 – Distribuição em planta das condutividades elétricas e resistividades obtidas- Holambra.

A Figura 14, mostra a relação entre as resistividades aparentes obtidas nos ensaios realizados em campo e a condutividade elétrica calculada a partir desta.

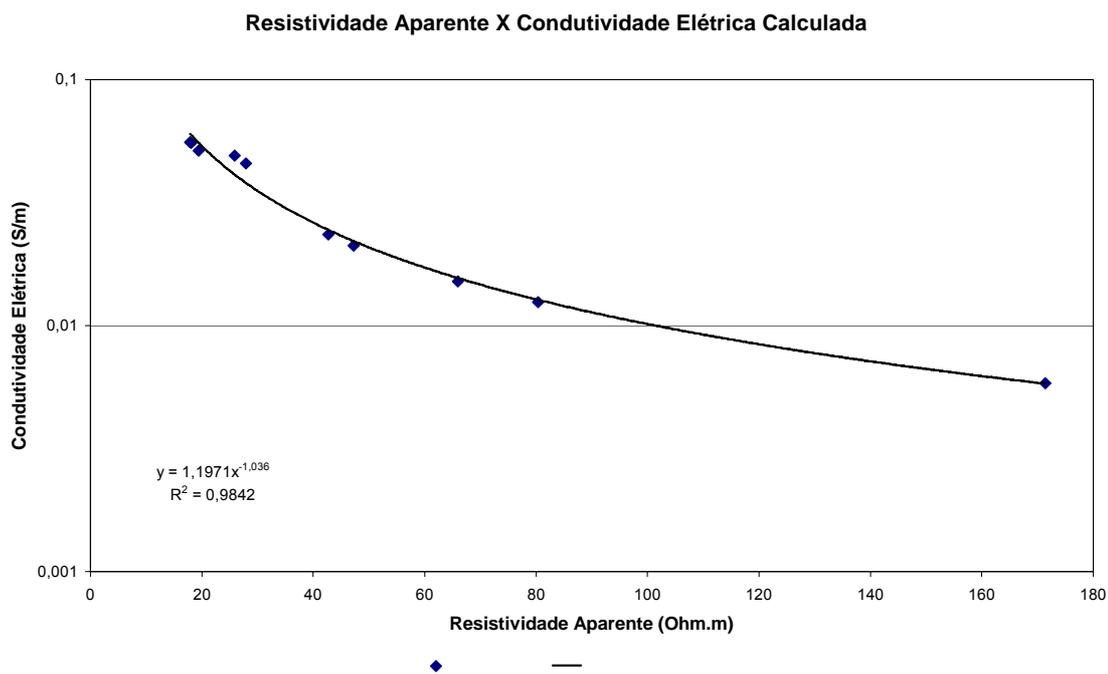


Figura 14 – Relação entre a resistividade aparente e a condutividade elétrica calculada.

As Tabelas 2 e 3 mostram as concentrações iônicas e condutividade elétrica obtidas na análise laboratorial.

Tabela 2 – Concentrações Iônicas e Condutividade Elétrica obtidas nas análises do solo da estufa localizada em Holambra

Ponto Amostrado	Al	Ba	Ca	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	K	Na	Zn	Condutividade Elétrica
	mg/kg	S/m													
H-1	26930	25,32	2161	2,12	0,574	22,83	22,22	8782	780,8	90,84	5,03	867	982,4	50,78	0,1365
H-2	29100	27,27	2330	2,47	0,483	22,06	21,65	8358	788,5	83,82	4,24	700,3	1073	43,11	0,0848
H-3	28540	17,91	1803	3,14	0,58	18	26,85	8684	676,3	80,11	5,02	738,6	776,9	42,16	0,0695
H-4	32990	24,17	1587	2,2	0,777	18,21	32,72	10170	1206	77,42	8,83	442,2	519	42,65	0,00761
H-5	32050	23,19	1847	2,53	0,648	17,66	26,67	8759	820,5	88,59	6,27	387,7	331,3	39,02	0,0929
H-6	22260	23,86	2233	3,14	0,583	25,95	21,82	6995	776,3	99,16	5,16	364,2	320,5	44,41	0,1853
H-7	29910	22,43	1590	3,1	0,442	18,33	20,35	8947	439,7	75,48	3,89	489,1	334,5	37,56	0,0782
H-8	72320	22,52	1514	0	0,514	20,75	22,38	10410	433,6	80,29	4,04	545,5	338,5	36,77	0,0719
H-9	25750	24,24	3247	3,81	0,427	19,66	17,4	7539	752,3	106,1	2,92	646,2	492,7	42,95	0,1153
H-10	25470	27,58	2675	2,44	0,55	23,57	21,83	13110	570,5	94,48	3,554	655,3	393	50,53	0,1089

Tabela 3 – Concentrações Iônicas obtidas nas análises de água da estufa localizada em Holambra

Ponto Amostrado	Al	Ba	Ca	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	K	Na	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	4,62	0,204	86,76	0,076	ND	0,351	0,034	10,40	16,11	0,394	ND	141,5	9,24	0,0449

A comparação dos íons detectados no solo e na água da estufa indica que muitos estão naturalmente presentes no solo do local, uma vez que ocorrem de forma expressiva no solo e não são observados na água, ou ocorrem em concentrações baixas.

A Figura 15, mostra a relação entre as resistividades aparentes obtidas nos ensaios realizados em campo e a condutividade elétrica medida em laboratório.

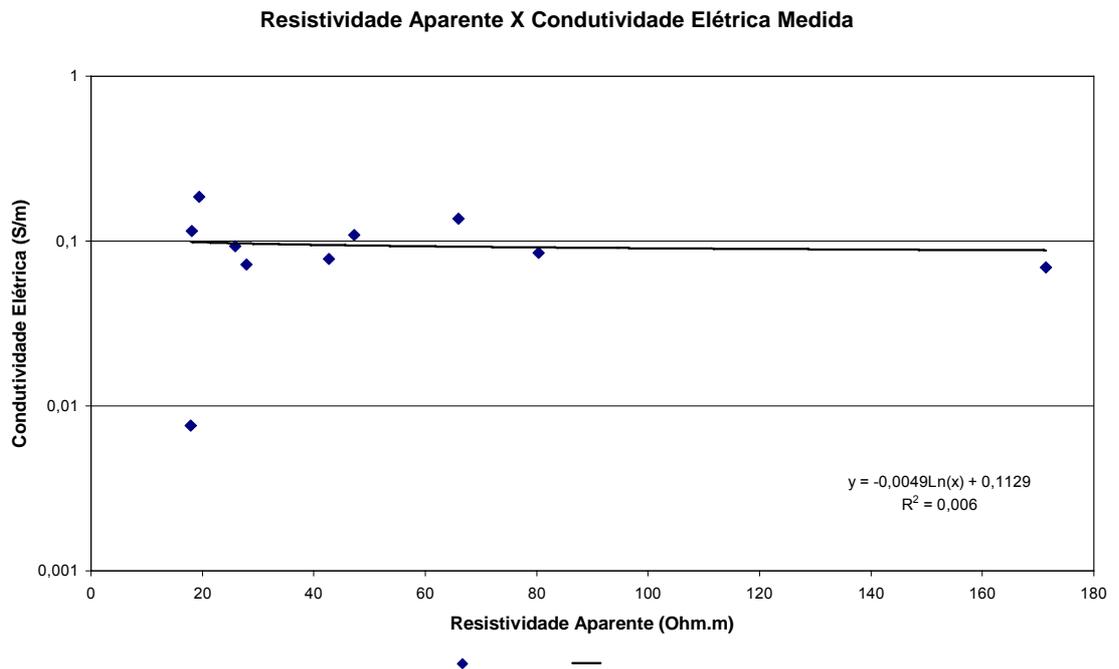


Figura 15 – Relação entre a resistividade aparente e a condutividade elétrica medida em laboratório.

Observando o gráfico verifica-se que não há correlação entre os resultados das medidas de resistividade aparente e da condutividade elétrica medida em laboratório, ao contrário da tendência mostrada na Figura 14, mostrado anteriormente.

A Figura 16, mostra a relação entre as resistividades aparentes obtidas nos ensaios realizados em campo e a condutividade elétrica calculada e a medida em laboratório.

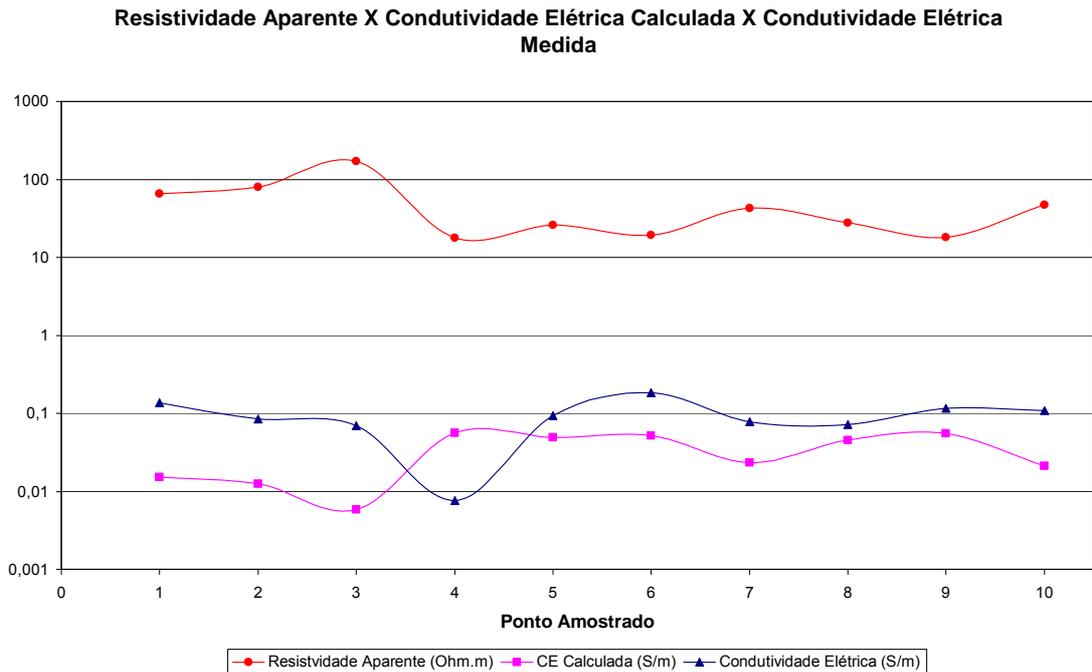


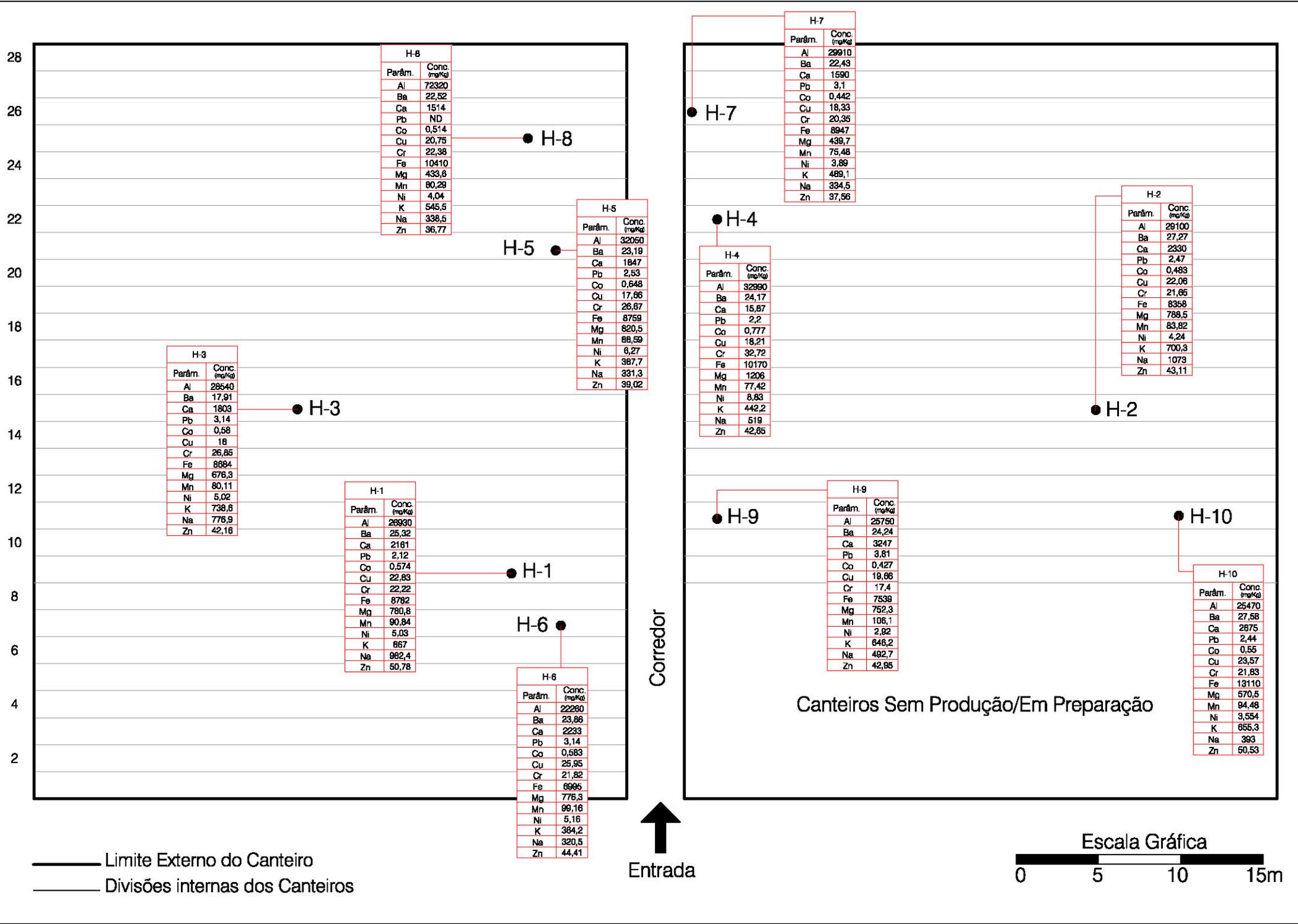
Figura 16 – Relação entre a resistividade aparente, a condutividade elétrica calculada e a medida em laboratório.

As curvas de condutividade elétrica calculada e medida em laboratório, mostram de forma geral, a mesma tendência nas curvas obtidas, exceto no ponto H-4.

Comparando-se as curvas de condutividade elétrica calculada e medida verifica-se que no ponto H-8 os valores são os mais próximos e no ponto H-3 observa-se a maior variação, aproximadamente 10 vezes.

Comparando as curvas de condutividade com a curva da resistividade aparente, verifica-se de forma geral a tendência oposta, conforme esperado, e discutido anteriormente e demonstrado nos ensaios realizados em laboratório, uma vez que a condutividade elétrica é o inverso da resistividade aparente.

A Figura 17, mostra em planta os resultados obtidos na estufa em Holambra.



H-8	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	72320
Ba	22,52
Ca	1514
Pb	ND
Co	0,514
Cu	20,75
Cr	22,38
Fe	10410
Mg	433,6
Mn	60,29
Ni	4,04
K	545,5
Na	338,6
Zn	36,77

H-5	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	32050
Ba	23,19
Ca	1847
Pb	2,53
Co	0,648
Cu	17,66
Cr	26,67
Fe	8759
Mg	820,5
Mn	88,59
Ni	6,27
K	387,7
Na	331,3
Zn	39,02

H-3	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	28540
Ba	17,91
Ca	1803
Pb	3,14
Co	0,58
Cu	18
Cr	26,85
Fe	8884
Mg	676,3
Mn	80,11
Ni	5,02
K	738,6
Na	776,9
Zn	42,16

H-1	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	26930
Ba	25,32
Ca	2181
Pb	2,12
Co	0,574
Cu	22,83
Cr	22,22
Fe	8782
Mg	780,8
Mn	90,84
Ni	5,03
K	867
Na	982,4
Zn	50,78

H-6	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	22280
Ba	23,86
Ca	2233
Pb	3,14
Co	0,583
Cu	25,95
Cr	21,82
Fe	6995
Mg	775,3
Mn	99,18
Ni	5,16
K	364,2
Na	320,5
Zn	44,41

H-7	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	29910
Ba	22,43
Ca	1590
Pb	3,1
Co	0,442
Cu	18,33
Cr	20,35
Fe	8947
Mg	439,7
Mn	75,48
Ni	3,89
K	489,1
Na	334,5
Zn	37,56

H-4	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	32990
Ba	24,17
Ca	15,87
Pb	2,2
Co	0,777
Cu	18,21
Cr	32,72
Fe	10170
Mg	1206
Mn	77,42
Ni	8,83
K	442,2
Na	519
Zn	42,85

H-2	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	29100
Ba	27,27
Ca	2330
Pb	2,47
Co	0,483
Cu	22,08
Cr	21,65
Fe	8358
Mg	788,5
Mn	83,82
Ni	4,24
K	700,3
Na	1073
Zn	43,11

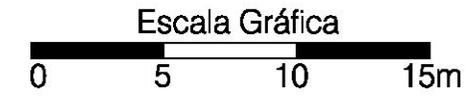
H-9	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	25750
Ba	24,24
Ca	3247
Pb	3,81
Co	0,427
Cu	19,66
Cr	17,4
Fe	7539
Mg	752,3
Mn	105,1
Ni	2,82
K	646,2
Na	482,7
Zn	42,95

H-10	
Parâm.	Conc. (mg/Kg)
Al	25470
Ba	27,58
Ca	2875
Pb	2,44
Co	0,55
Cu	23,57
Cr	21,83
Fe	13110
Mg	670,5
Mn	94,48
Ni	3,554
K	655,3
Na	393
Zn	50,53

— Limite Externo do Canteiro
 — Divisões internas dos Canteiros

Corredor
 ↑
 Entrada

Canteiros Sem Produção/Em Preparação



frasco, sendo compactadas neste processo. A compactação das amostras pode ter modificado a estrutura do solo, alterando suas propriedades, tais como a estrutura e porosidade, desta forma, este procedimento pode ter contribuído para as diferenças entre as condutividades elétricas calculada e medida obtidas.

5.2.2 Experimento 2 – Elias Fausto

A segunda estufa estudada está localizada no município de Elias Fausto, no sítio Agro Plantas, e possui 320 m². No local é realizado o cultivo de tomate, pimentão, berinjela, hortaliças e cítricos. As sementes são plantadas, germinadas e, após se desenvolverem, são encaminhadas para o plantio. O cultivo é realizado em bandejas, que são diariamente irrigadas até a completa saturação, sendo que todo excesso escorre diretamente ao solo, que atualmente não é utilizado para o plantio, razão pela qual não é monitorado, seja pela realização de análises químicas como por medidas da condutividade elétrica.

A concentração de sais presente na água utilizada na irrigação tem sua condutividade elétrica controlada, e varia em função do estágio de desenvolvimento da planta.

A coleta das amostras de solo foi executada em uma estufa onde já foi cultivado tomate, pimentão e berinjela, e realizada em 5 pontos distintos, mostrados na Figura 19, distribuídos na estufa, nas porções localizadas nas extremidades laterais da mesma. A parte central da estufa (antigo corredor), e as partes que ficavam sob as bancadas apresentavam solo muito compacto, impossibilitando a cravação da minissonda. Nos pontos onde foram realizadas as medições de resistividade e posteriormente a coleta de solo, observa-se a presença de indícios de gotejamento, proveniente da fertirrigação realizada no local. Cabe ressaltar que a utilização desta estufa foi interrompida uma semana antes do experimento, para ser desmontada, pois será futuramente substituída. As amostras de solo foram enviadas ao laboratório para análise química. Os resultados obtidos a partir das medidas de eletrorresistividade são mostrados na Tabela 4.

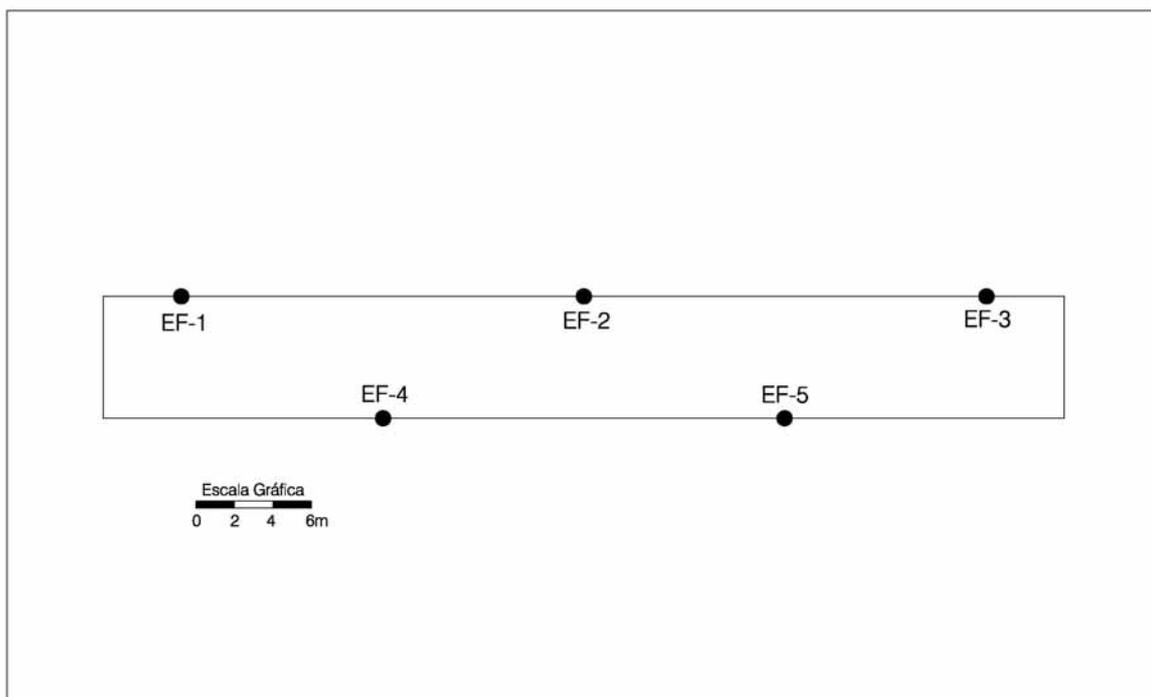


Figura 19 – Pontos de coleta das amostras de solo na estufa em Elias Fausto.

Tabela 4 – Resultados obtidos no experimento realizado em Elias Fausto

Ponto	I (mA)	ΔV (mV)	ρ_a ($\Omega.m$)	Condutividade Elétrica Calculada ($\mu S/cm$)	Condutividade Elétrica Calculada (S/m)
EF-1	1,2	345	36,12	27,7	0,0277
EF-2	0,706	430	76,53	13,1	0,0131
EF-3	0,470	180	48,12	20,8	0,0208
EF-4	1,27	298	29,48	33,9	0,0339
EF-5	1,8	306	21,36	46,81	0,0468

A Figura 20, mostra as condutividades elétricas medida e calculada e as resistividades obtidas.

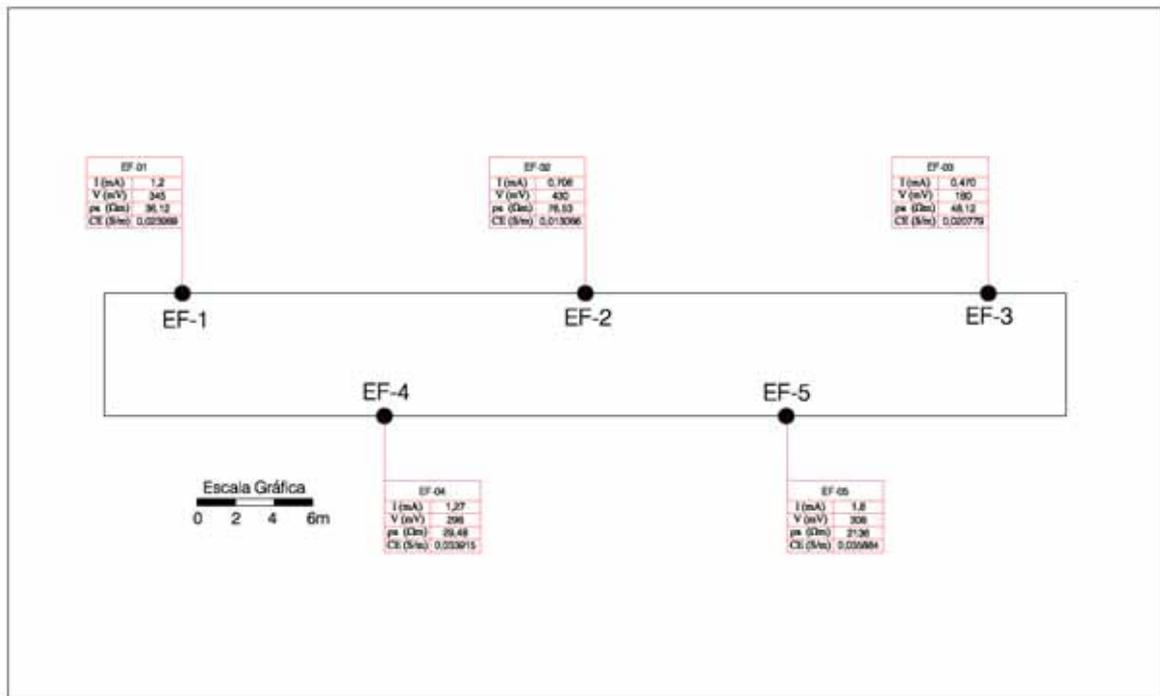


Figura 20 – Distribuição em planta das condutividades elétricas e resistividades obtidas- Elias Fausto.

A Figura 21, mostra a relação entre as resistividades aparentes obtidas nos ensaios realizados em campo e a condutividade elétrica calculada a partir desta.

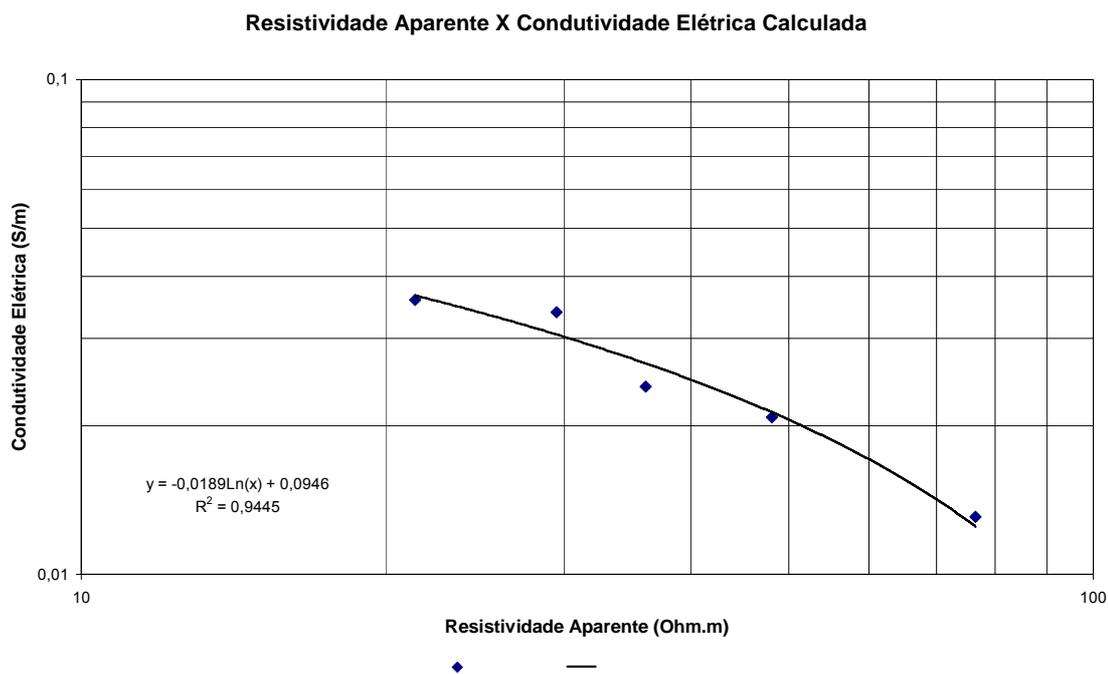


Figura 21 - Relação entre a resistividade aparente e a condutividade elétrica calculada.

O gráfico mostra a relação inversa entre os parâmetros correlacionados, conforme esperado.

As Tabelas 5 e 6 mostram as concentrações iônicas e condutividade elétrica obtidas na análise laboratorial.

Tabela 5 – Concentrações Iônicas e Condutividades Elétricas obtidas nas análises do solo da estufa localizada em Elias Fausto

Ponto	Al	Ba	Ca	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	K	Na	Zn	Condutividade Elétrica
Amostrado	mg/kg	S/m													
1	27840	23,95	1147	5,69	0,49	37,89	24,19	19880	291,6	40,76	3,41	949,4	500,2	25,22	0,11175
2	29160	25,7	945	6,56	0,56	32,5	23,7	19850	231,8	48,3	3,32	765,4	530,9	18	0,00482
3	30840	18,9	2496	6,3	0,78	95,7	22,5	19610	609,9	128,6	4,08	881,4	617,3	44,3	0,00837
4	25360	31,3	2985	6,8	0,86	152,6	32,2	18030	747,7	98,1	5,34	928,3	632,5	33,6	0,0093
5	27000	27,81	24400	6,62	0,79	74,1	33,2	17890	783,4	86	5,76	1912	776,8	40,8	0,00351

Tabela 6 – Concentrações Iônicas obtidas nas análises de água da estufa localizada em Elias Fausto

Ponto	Al	Ba	Ca	Pb	Co	Cu	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	K	Na	Zn
Amostrado	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	ND	0,142	41,36	ND	ND	ND	ND	ND	2,79	0,062	ND	16,37	30,27	ND

Comparando os íons detectados no solo e na água da estufa, observa-se assim como na estufa em Holambra que tais íons estão naturalmente presentes no solo do local, uma vez que ocorrem de forma expressiva no solo e ocorrem na água em concentrações baixas ou não são observados.

A Figura 22, mostra a relação entre as resistividades aparentes obtidas nos ensaios realizados em campo e a condutividade elétrica medida em laboratório.

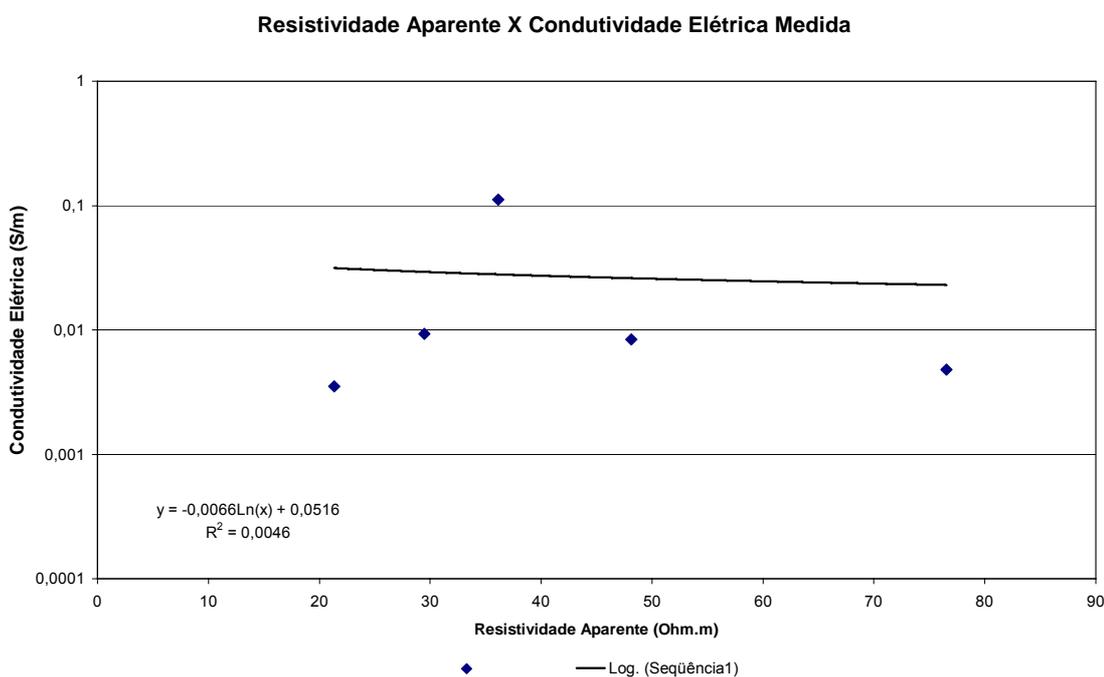


Figura 22 – Relação entre a resistividade aparente e a condutividade elétrica medida.

Ao contrário do observado na Figura 21, este gráfico não mostra a correlação inversa entre os parâmetros, conforme esperado e demonstrado nos resultados obtidos em laboratório.

A Figura 23, mostra a relação entre as resistividades aparentes obtidas nos ensaios realizados em campo e a condutividade elétrica calculada e medida.

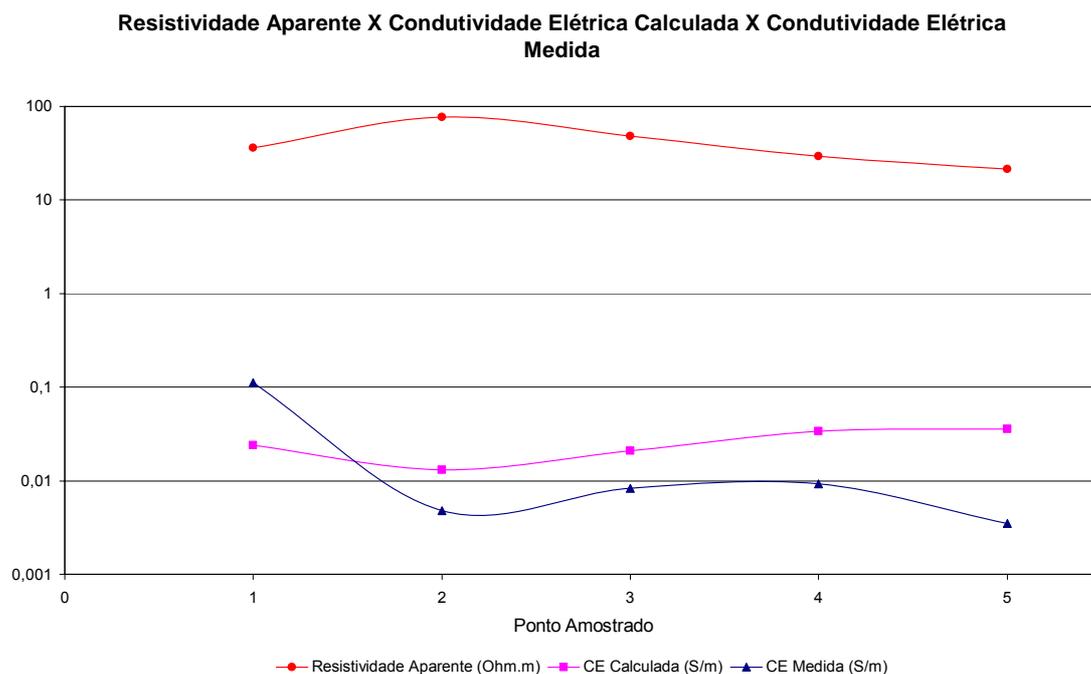


Figura 23 - Relação entre a resistividade aparente, a condutividade elétrica calculada e medida em laboratório.

Comparando as curvas de condutividade elétrica com a curva da resistividade aparente, verifica-se de forma geral a tendência oposta, conforme esperado, e discutido anteriormente.

As curvas de condutividade elétrica calculada e medida em laboratório mostram, de forma geral, a mesma tendência nas curvas obtidas. No entanto, a diferença entre os resultados obtidos é marcante, chegando a 1300% no ponto EF-5.

A Figura 24, mostra em planta os resultados obtidos na estufa em Elias Fausto.

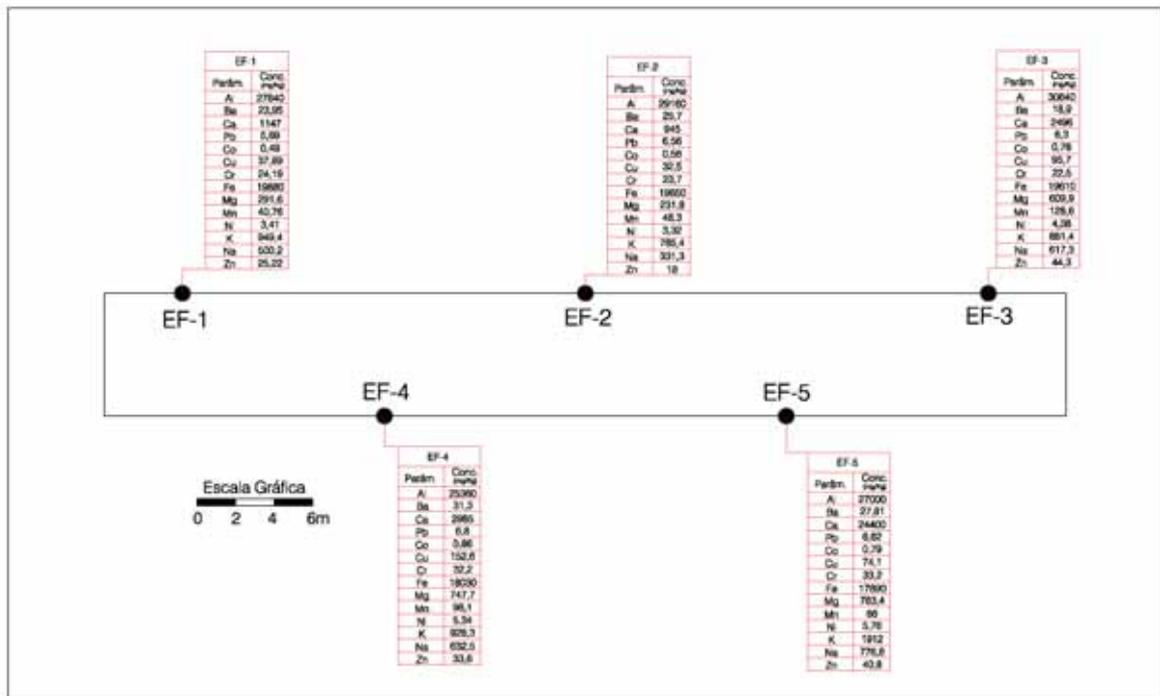


Figura 24 – Resultados analíticos obtidos na estufa em Elias Fausto

A Figura 25, mostra a relação entre a condutividade elétrica calculada e medida em laboratório e os íons analisados.

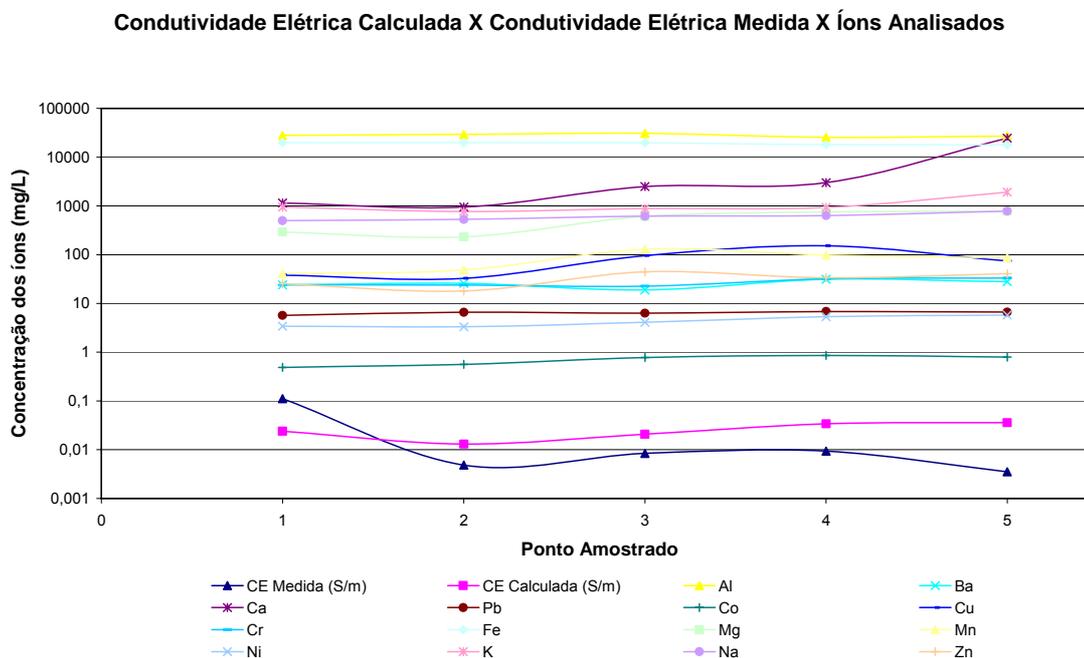


Figura 25 – Relação entre a condutividade elétrica calculada e medida e as concentrações dos íons analisados.

Observando o gráfico verifica-se que a condutividade elétrica apresenta, de forma geral, o mesmo comportamento dos íons Mg, Cu, Al, K, Ba, Cr, Co.

As curvas mostram, conforme citado anteriormente de forma geral a mesma tendência de comportamento da condutividade elétrica calculada e medida, porém os resultados obtidos, apresentam variação de até 13 vezes (p.e. ponto EF-5). Assim como na estufa em Holambra, as diferenças observadas podem estar relacionadas à presença dos metais presentes no solo local, conforme mostram os resultados analíticos obtidos. As condições de campo também podem ter influenciado nas diferenças observadas, uma vez que o solo no local mostrou-se bastante resistente à penetração da sonda, sendo que algumas vezes foi necessária a utilização de uma marreta para cravá-la. Observou-se, ainda, a presença de muitos espaços vazios no solo desta estufa; neste caso a sonda era cravada novamente, pois nestes locais os eletrodos ficavam sem um contato efetivo com o solo. Foram também observadas porções porosas que impedem o contato adequado dos eletrodos com o solo.

Assim como na estufa em Holambra foram coletadas amostras indeformadas para análise laboratorial Após a coleta foram colocadas nos frascos de vidro com boca larga e tampa de teflon, sendo compactadas neste processo, o que pode ter modificado as propriedades do solo, tais como sua estrutura e porosidade, o que pode ter contribuído para as diferenças obtidas nos resultados da condutividade calculada e medida em laboratório. As principais diferenças entre o solo desta estufa e daquela de Holambra são as que nesta o solo estava bastante seco e compactado.

6 - Conclusões

O presente trabalho objetivou o teste de uma mini sonda para medida de eletrorresistividade *in situ*, com vistas à sua utilização para avaliação de salinização secundária em solos de estufas produtoras de hortaliças, frutos e flores. Foram realizados ensaios, em situação controlada, em laboratório e, posteriormente, em estufas com produção comercial.

Os resultados obtidos nos ensaios realizados em laboratório, em condições controladas, utilizando soluções salinas com concentrações conhecidas, e um meio arenoso totalmente saturado mostraram que a condutividade elétrica aumenta em função da concentração de NaCl utilizado na solução. Observou-se ainda a relação inversa entre a resistividade aparente calculada e a concentração da solução utilizada. Tais resultados foram comparados com dados de literatura, o que evidenciou o bom funcionamento da mini sonda.

Os ensaios de campo executados em duas estufas distintas, localizadas nos municípios de Holambra e Elias Fausto, que utilizam diferentes técnicas de cultivo, não indicaram correlação entre a condutividade elétrica calculada a partir das resistividades obtidas e as condutividades elétricas medidas em laboratório, nas amostras de solo encaminhadas para análise.

Foram analisados também os íons Al, Ba, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn, e cloretos. Na estufa de Holambra observa-se a que a condutividade elétrica apresenta, de forma geral, o mesmo comportamento dos íons Ca, Fe, Al, Na, Mn.

Na estufa em Elias Fausto verifica-se que a condutividade elétrica apresenta, de forma geral, o mesmo comportamento dos íons Mg, Cu, Al, K, Ba, Cr, Co.

As diferenças observadas entre a condutividade elétrica calculada a partir da resistividade aparente obtida e a condutividade elétrica medida em laboratório, podem estar relacionadas à presença dos metais presentes no solo local, conforme mostram os resultados analíticos obtidos, e às condições de campo, uma vez que na estufa em Holambra o solo estava muito fofo, e poroso em alguns locais, e em outros observou-se a presença de muitas raízes; impedindo o contato adequado dos eletrodos com o solo. Ainda, o solo argiloso observado no local, impregnava constantemente os eletrodos interferindo nas medições.

Na estufa em Elias Fausto o solo no local mostrou-se bastante resistente à penetração da sonda. Observou-se, ainda, a presença de muitos espaços vazios no solo desta estufa.

A porosidade, verificada nas duas estufas, impede o contato adequado dos eletrodos com o solo.

As amostras de solo das duas estufas foram coletadas utilizando-se amostrador apropriado para a coleta de amostras indeformadas, porém, após a coleta, estas foram colocadas no frasco, sendo compactadas neste processo. Esta compactação pode ter modificado a estrutura do solo, alterando suas propriedades, tais como a estrutura e porosidade, o que pode ter contribuído para as diferenças entre as condutividades elétricas calculada e medida obtidas.

Durante a realização dos ensaios em laboratório o meio encontra-se totalmente saturado, o que não ocorreu nos ensaios realizados em campo, uma vez que na estufa em Holambra o solo estava úmido e na estufa em Elias Fausto apresentava-se bastante seco, uma vez que a estufa estava paralisada há uma semana. Esta diferença nas condições pode, também, ter contribuído para a diferença nos resultados obtidos.

Os resultados obtidos comprovam a aplicabilidade da mini sonda, uma vez que os resultados obtidos no laboratório indicaram as correlações esperadas. No entanto, os testes realizados em campo demonstram a maior aplicabilidade da mini sonda em solos arenosos, sendo mais difícil sua aplicação em terrenos argilosos, uma vez que os sedimentos podem impregnar os eletrodos, e em áreas com solo compacto, uma vez que nestas condições dificultam a cravação da sonda.

Os trabalhos desenvolvidos permitem inferir que a mini sonda poderá ter aplicação em diversos tipos de estudo, tais como:

- Avaliação expedita de contaminações rasas em litologias predominantemente arenosas
- Acompanhamento da frente de molhamento durante precipitação pluviométrica
- Estudo da interface da cunha salina em linha de praia

No entanto, fica claro que estudos adicionais devem ser desenvolvidos para avaliar tais aplicações.

7 - Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S. de; BISTRICHI, C.A. *Mapa geológico do Estado de São Paulo*, escala 1:500.000. v.1 - Nota Explicativa. IPT-DMGA. 1981.126p. (Monografia 6).

ALMEIDA, F.F.M. de & MELO, M.S. de. A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1981. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, PRÓ-MINÉRIO/PROMOCET. 1981. p.46-81.

AYRES, R.S. & WESTCOT, D.W. *Water quality for agriculture*. Rome: FAO, 1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29 ver.1).

AYRES, R.S.; & WESTCOT, D.W. *Qualidade da água na agricultura*. Trad. De H.R.Gheyi *et. al.* Campina Grande: UFPB. 1991. 218 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29)

BLANCO, F. F. *Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo*. 104 f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

BRAGA, A.C.O .. *Métodos Geométricos Aplicados – Módulo Hidrogeologia – Texto didático* - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

CERRI, C. E. P.; ALLESTER, M. V. R. B.; MARTINELLI, L. A.; VETTORAZZI, C. A. Mapa de risco à erosão do solo na bacia do rio Piracicaba, utilizando técnicas de geoprocessamento. In: ANAIS IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, BRASIL, 1998, INPE, p. 513-523.

DIAS, N. DA S. *Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado em ambiente protegido*. Tese (Doutorado). 110f. Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DNER- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório* – Norma Rodoviária DNER-PRO 199/96, 1996. 5p.

GALLAS, J. D. F.. *Principais Métodos Geoelétricos e suas Aplicações em Prospecção Mineral, Hidrogeologia, Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental*. 174f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

GALLAS & TAIOLI.. *Apostila do curso – Geofísica Aplicada*, ministrado para pós-graduação. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GALLAS, J. D. F.; TAIOLI, F.; SILVA, S. M. C. P.; COELHO, O. G. W. ; PAIM, P. S. G.. Contaminação por chorume e sua detecção por resistividade. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 25, n. 1, p. 51-59, 2005.

GALVÉZ, J.L.; HERNÁNDEZ, J.C.L.; BRETONES, F. *Los invernadores de cubierta asimétrica*. HortoFruticultura, n.12, p. 30-33, 1993.

GALVÉZ, J.L. & ANDÚJAR, J.A. .. Efectos Ambientales Y Tecnologia Em El Sistema de Cultivo Forzado . In: *El sector agrario y agroalimentario de Almería ante el siglo XXI: evolución y perspectiva de nuestra agricultura en el año 2000 : producción integrada : incidencia de las nuevas normativas de residuos de plaguicidas sobre la horticultura almeriense*, p. 65-87, 2001.

HACHIRO, J.. *Litotipos, Associações faciológicas e sistemas deposicionais da Formação Irati no Estado de São Paulo*. São Paulo. 175p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO.. *Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico na porção média da Bacia do Rio Piracicaba*. Relatórios técnicos (textos e mapas). Coordenador: Maria José Brollo (Instituto Geológico/SMA), 1995.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. SÃO PAULO. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*., São Paulo,1981. Convênio Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência Tecnologia, 2 mapas, 126 p. escala 1:500.000.

KELLER, G. V. & FRISCHKNECHT, F. C. *Electrical methods in geophysical prospecting*. Oxford: Pergamon Press, 1977, 517 p.

LIMA, L.A.. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; Queiroz, J.E.; MEDEIROS, J.M. (Ed.). *Manejo e controle de salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB; SBEA, p. 113-136, 1997.

MARTIN, L & METCALFE, J. *Assessing the Causes, Impacts, Costs and Mangement of Dryland Salinity*, Occasional Paper no. 20/98, Revision number One, National Dryland Salinity Program, 112p, 1998.

MEDEIROS, J. F & GHEYI, H.R.. *A qualidade da água da irrigação*. Campina Grande. UFPB, 1994, 60p.

MEDEIROS, J.F. DE & GHEYI, H.R.,. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: *Manejo e controle de salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB; SBEA, p. 239-284, 1997.

MEDEIROS, J.F. *Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com Pimentão*. 152 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M.; NARDY, A.J.R. Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin - An introduction. In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. Eds. - *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná basin: petrogenetic and geophysical*

aspects. São Paulo, IAG-USP: p: 1-13, 1988.

ODA, G.H.; EZAKI, S.; VARNIER, C.L.; IRITANI, M.A.. Aspectos Hidrogeológicos da Região de Indaiatuba-SP: Avaliação estatística preliminar de dados de poços tubulares profundos. In: ABAS, CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, ANAIS (CD-ROM), 16p, 2006.

OLIVEIRA, A.S.; SALATI, E. Um estudo sobre as águas subterrâneas da região de Piracicaba. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v. 38. p. 163-190, 1981.

OLIVEIRA, M.. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: *Manejo e controle de salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB; SBEA, p. 1-35, 1997.

ORELLANA, E.. *Prospeccion geoeletrica en corriente continua*. Madrid: Paraninfo, 1972, 523 p.

PARASNIS, D.S. *Principles of Applied Geophysics*. Chapman and Hall, 1986.402p.

PEREIRA, J.R.; VALDIVIESO, C.R.; CORDEIRO, G.G. .. *Recuperação de solos afetados por sódio através do uso do gesso*. In: Seminário sobre o uso de Fosfogesso na Agricultura, Brasília. p. 85-105, 1985.

PETRI & FÚLFARO, *Geologia do Brasil*. Edusp, 1988. 631 p.

PLANO DE BACIAS – *Diagnóstico da Bacia do Rio Piracicaba* . Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: 18 . Maio . 2007.

RHOADES, J.D. & LOVEDAY, J.. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, D.R.; Nielsen, D.R. (Eds.) *Irrigation as agricultural crops*. Madison: ASA/CSSA/SSSA. p. 1089-1142. (Agronomy, 30), 1990.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M.. *The use of saline waters for crop production*. Rome: FAO, 1992, 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RHOADES, J.D. *Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity*. *Advances in Agronomy*, v. 49, p. 201-251, 1994.

SANTOS, J.G.R.. *Desenvolvimento e produção da bananeira nanica sob diferentes níveis de salinidade e lâminas d'água*. Campina Grande. 173 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1997.

SILVA, E.F.F.. *Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo*. Piracicaba. 136 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

STANGHELLINI, C.. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to mediterranean conditions. *Acta Horticulturae*, v.335, p.296-304, 1993;

STIEGLITZ, T.. Measurements of Bulk Ground Conductivity at Sites of Submarine Groundwater Discharge, and Comparison with Other Methods. Preliminary Report to the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrological Program on the IOC/HP/IAEA Submarine Groundwater Discharge Intercomparison Experiment, Ubatuba, Brazil, 17 to 21 November 2003. pp. 17-26, 2003.

SUASSUNA, J. O processo de salinização das águas superficiais e subterrâneas no nordeste brasileiro. Fundação Joaquim Nabuco. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/orig2.html>>. Acesso em 10. Junho .2007.

SZABOLCS, I.. *Salt-affected soils*. Florida: Library of Congress, 1989, 274p.

TAIOLI, F.; GALLAS, J. D. F.; MARCHIORETO, A.; MACHADO, R.; OLIVEIRA, E.. *2D conductivity profiling using multifrequency electromagnetic method to assess*

brine anomalies in an oil field. In: 32nd International Geological Congress, 2004, Firenze. Proceedings of the 32nd International Geological Congress, 2004.

TAIOLI, F. Comunicação pessoal. São Paulo, 2004.

TAIOLI, F.; GALLAS, J. D. F.; RIBEIRO, V.; IEZZI, P. B. T.; NASCIMENTO, D. P. V. *Desenvolvimento e testes de mini-sonda Wenner para avaliação de contaminações rasas*. In: Revista Brasileira de Geofísica, v. 24, p. 525-534, 2006.

TAIOLI, F.; GALLAS, J. D. F.; RIBEIRO, V. ; IEZZI, P. B. T. ; NASCIMENTO, D. P. V. *Desenvolvimento de mini sonda para avaliações ambientais a pequenas profundidades*. In: 10th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 2007, Rio de Janeiro. Unveiling the Earth. Rio de Janeiro: SBGf, 2007.

TANJI, K.K. (Ed.). *Agricultural salinity assessment and management*. New York: ASCE. 1990. 610p. (ASCE Manuals and Reports of Engineering Practices, 71).

TELFORD W.M., GELDART L.P & SHERIFF R.E.. *Applied Geophysics*. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press. 1990. 770p.

VIEIRA, G. H. S. *Salinização de solos em áreas com irrigação por superfície*. Softgation Irriga. Disponível em:

<<http://www.angelfire.com/nb/irrigation/textos/saliniza.htm>>. Acesso em: 15. Maio. 2007.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, S.I.; APPI, T.V.; ZANOTO, A.O.. *Bacia do Paraná*. In: GABAGLIA, R & MILANI, E.J. (coord.). *Origem e Evolução das Bacias Sedimentares*. Petrobrás. 1990.

ANEXO A

LAUDOS ANALÍTICOS



RELATÓRIO DE ANÁLISES DE INORGÂNICOS

INTERESSADO: PATRÍCIA BRAGA TOLEDO IEZZI
Av. do Lago, 562 – IGC - USP
São Paulo - SP

LABORATÓRIO CONTRATADO: Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
IDENTIFICAÇÃO AT: LOG nº 7672A



Dados referentes ao Projeto

1. Identificação das amostras

ID AT	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO
7672A45976	AMOSTRA: S-01 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 08:15 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45977	AMOSTRA: S-02 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 08:30 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45978	AMOSTRA: S-03 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 08:45 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45979	AMOSTRA: S-04 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 09:00 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45980	AMOSTRA: S-05 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 09:15 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45981	AMOSTRA: S-06 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 09:30 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45982	AMOSTRA: S-07 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 09:45 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45983	AMOSTRA: S-08 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 10:00 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45984	AMOSTRA: S-09 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 10:15 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7672A45985	AMOSTRA: S-10 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 10:30 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI

2. Custódia das amostras

Data de recebimento de amostra: 27/07/07

Data de emissão do relatório eletrônico 16/08/07

Período de retenção das amostras: até 16/09/07 (até essa data as amostras estarão disponíveis para devolução e/ou checagem)



3. Resultados de análises

METAIS – LOGIN Nº 7672A45976

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-01 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 8:15	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	26930,0	209,8 ⁽¹⁾	629,4 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	25,32	0,048	0,144	02/08/07	6010B
Cálcio	2161,0	59,94 ⁽³⁾	179,8 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	2,12	2,40	7,19	02/08/07	6010B
Cobalto	0,574	0,240	0,719	02/08/07	6010B
Cobre	22,83	0,240	0,719	02/08/07	6010B
Cromo	22,22	0,240	0,719	02/08/07	6010B
Ferro	8782,0	299,7 ⁽²⁾	899,1 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	780,8	47,95	143,9	06/08/07	6010B
Manganês	90,84	0,120	0,360	02/08/07	6010B
Níquel	5,03	0,599	1,80	02/08/07	6010B
Potássio	867,0	28,77 ⁽³⁾	86,31 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	982,4	191,8 ⁽³⁾	575,4 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	50,78	0,719	2,16	06/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (250X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45976

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI						
PONTO: S-01 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 8:15	MATRIZ: SOLO			

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	23,5	14,3	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	136,5	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,97	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45977

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-02 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 8:30	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	29100	226,6 ⁽¹⁾	679,8 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	27,27	0,052	0,155	02/08/07	6010B
Cálcio	2330,0	64,74 ⁽³⁾	194,2 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	2,47	2,59	7,77	02/08/07	6010B
Cobalto	0,483	0,259	0,777	02/08/07	6010B
Cobre	22,06	0,259	0,777	02/08/07	6010B
Cromo	21,65	0,259	0,777	02/08/07	6010B
Ferro	8358,0	323,7 ⁽²⁾	971,2 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	788,5	51,79 ⁽³⁾	155,4 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Manganês	83,82	0,130	0,389	02/08/07	6010B
Níquel	4,24	0,647	1,94	02/08/07	6010B
Potássio	700,3	31,08 ⁽³⁾	93,23 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	1073,000	207,2 ⁽³⁾	621,5 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	43,11	0,777	2,33	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (250X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45977

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-02 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 8:30	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	15,4	25,3	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	84,8	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	6,63	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45978

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-03 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 8:45	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	28540,0	212,3 ⁽¹⁾	637,0 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	17,91	0,485	1,46	02/08/07	6010B
Cálcio	1803,0	60,67 ⁽³⁾	182,0 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	3,14	2,43	7,28	02/08/07	6010B
Cobalto	0,580	0,244	0,732	02/08/07	6010B
Cobre	18,00	0,244	0,732	02/08/07	6010B
Cromo	26,85	0,244	0,732	02/08/07	6010B
Ferro	8684,0	303,4 ⁽²⁾	910,1 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	676,3	48,54 ⁽³⁾	145,6 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Manganês	80,11	1,21	3,64	02/08/07	6010B
Níquel	5,02	6,07	18,20	02/08/07	6010B
Potássio	738,6	29,12 ⁽³⁾	87,37 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	776,9	194,2 ⁽³⁾	582,4 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	42,16	7,28	21,84	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Physical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (250X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

NORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45978

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-03 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 8:45	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	14,2	23,3	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	69,5	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	6,09	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Physical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45979

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-04 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:00	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	32990	439,7 ⁽¹⁾	1319,1 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	24,17	0,050	0,151	02/08/07	6010B
Cálcio	1587,0	62,82 ⁽³⁾	188,4 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	2,20	2,51	7,54	02/08/07	6010B
Cobalto	0,777	0,251	0,754	02/08/07	6010B
Cobre	18,21	0,251	0,754	02/08/07	6010B
Cromo	32,72	0,251	0,754	02/08/07	6010B
Ferro	10170,0	314,1 ⁽²⁾	942,2 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	1206,0	50,25 ⁽³⁾	150,8 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Manganês	77,42	0,126	0,377	02/08/07	6010B
Níquel	8,83	0,628	1,88	02/08/07	6010B
Potássio	442,2	30,15 ⁽³⁾	90,45 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	519,0	201,0 ⁽³⁾	603,0 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	42,65	0,754	2,26	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluating of Solid Waste Physical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (500X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45979

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-04 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:00	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	35,7	17,6	29,0	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	7,61	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,64	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluating of Solid Waste Physical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45980

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-05 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:15	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	32050,0	421,7 ⁽¹⁾	1265,0 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	23,19	0,048	0,145	02/08/07	6010B
Cálcio	1847,0	60,24 ⁽³⁾	180,7 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	2,53	2,41	7,23	02/08/07	6010B
Cobalto	0,648	0,241	0,723	02/08/07	6010B
Cobre	17,66	0,241	0,723	02/08/07	6010B
Cromo	26,67	0,241	0,723	02/08/07	6010B
Ferro	8759,0	301,2 ⁽²⁾	903,6 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	820,5	48,20 ⁽³⁾	144,6 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Manganês	88,59	0,121	0,362	02/08/07	6010B
Níquel	6,27	0,602	1,81	02/08/07	6010B
Potássio	387,7	28,92 ⁽³⁾	86,75 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	331,3	192,8 ⁽³⁾	578,3 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	39,02	0,723	2,17	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (500X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45980

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-05 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:15	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	14,5	23,8	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	92,9	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,82	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45981

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-06 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:30	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	22260,0	205,9 ⁽¹⁾	617,6 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	23,86	0,047	0,141	02/08/07	6010B
Cálcio	2233,0	58,83 ⁽³⁾	176,5 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	3,14	2,35	7,06	02/08/07	6010B
Cobalto	0,583	0,235	0,706	02/08/07	6010B
Cobre	25,95	0,235	0,706	02/08/07	6010B
Cromo	21,82	0,235	0,706	02/08/07	6010B
Ferro	6995,0	294,1 ⁽²⁾	882,4 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	776,3	47,06 ⁽³⁾	141,2 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Manganês	99,16	0,118	0,353	02/08/07	6010B
Níquel	5,16	0,588	1,76	02/08/07	6010B
Potássio	364,2	28,24 ⁽³⁾	84,71 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	320,5	188,2 ⁽³⁾	564,2 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	44,41	0,706	2,12	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (250X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45981

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-06 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:30	MATRIZ: SOLO

Analíto	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	14,2	23,3	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	185,3	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	6,09	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45982

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-07 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:45	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	29910,0	218,8 ⁽¹⁾	656,3 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	22,43	0,050	0,150	02/08/07	6010B
Cálcio	1590,0	62,50 ⁽³⁾	187,5 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	3,10	2,50	7,50	02/08/07	6010B
Cobalto	0,442	0,250	0,750	02/08/07	6010B
Cobre	18,33	0,250	0,750	02/08/07	6010B
Cromo	20,35	0,250	0,750	02/08/07	6010B
Ferro	8947,0	312,5 ⁽²⁾	937,5 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	439,7	50,00 ⁽³⁾	150,0 ⁽³⁾	02/08/07	6010B
Manganês	75,48	0,125	0,375	02/08/07	6010B
Níquel	3,89	0,625	1,88	02/08/07	6010B
Potássio	489,1	30,00 ⁽³⁾	90,00 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	334,5	200,0 ⁽³⁾	600,0 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	37,56	0,750	2,25	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (250X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45982

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-07 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 9:45	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	15,2	25,0	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	78,2	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,91	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45983

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-08 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 10:00	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	72320,0	432,1 ⁽¹⁾	1296,3 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	22,52	0,049	0,148	02/08/07	6010B
Cálcio	1514,0	61,73 ⁽³⁾	185,2 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	ND	2,47	7,41	02/08/07	6010B
Cobalto	0,514	0,247	0,741	02/08/07	6010B
Cobre	20,75	0,247	0,741	02/08/07	6010B
Cromo	22,38	0,247	0,741	02/08/07	6010B
Ferro	10410,0	308,6 ⁽²⁾	925,9 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	433,6	49,39 ⁽³⁾	148,2 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Manganês	80,29	0,124	0,371	02/08/07	6010B
Níquel	4,04	0,617	1,85	02/08/07	6010B
Potássio	545,5	29,63 ⁽³⁾	88,89 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	338,5	197,5 ⁽³⁾	592,6 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	36,77	0,741	2,22	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (500X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

NORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45983

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-08 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 10:00	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	30,0	14,8	24,4	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	71,9	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,84	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45984

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-09 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 10:15	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	25750,0	225,5 ⁽¹⁾	676,4 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	24,24	0,052	0,155	02/08/07	6010B
Cálcio	3247,0	64,40 ⁽³⁾	193,3 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	3,81	2,58	7,73	02/08/07	6010B
Cobalto	0,427	0,258	0,773	02/08/07	6010B
Cobre	19,66	0,258	0,773	02/08/07	6010B
Cromo	17,40	0,258	0,773	02/08/07	6010B
Ferro	7539,0	322,1 ⁽²⁾	966,4 ⁽²⁾	06/08/207	6010B
Magnésio	752,3	51,54 ⁽³⁾	154,6	06/08/07	6010B
Manganês	106,1	0,129	0,386	02/08/07	6010B
Níquel	2,92	0,644	1,93	02/08/07	6010B
Potássio	646,2	30,92 ⁽³⁾	92,77 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	492,7	206,2 ⁽³⁾	618,5 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	42,95	0,773	2,32	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (250X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45984

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-09 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 10:15	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	15,6	25,6	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	115,3	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	6,65	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7672A45985

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-10 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 10:30	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	25470,0	217,1 ⁽¹⁾	651,4 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	27,58	0,050	0,149	02/08/07	6010B
Cálcio	2675,0	62,04 ⁽³⁾	186,1 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	2,44	2,48	7,44	02/08/07	6010B
Cobalto	0,55	0,248	0,744	02/08/07	6010B
Cobre	23,57	0,248	0,744	02/08/07	6010B
Cromo	21,83	0,248	0,744	02/08/07	6010B
Ferro	13110,0	310,2 ⁽²⁾	930,6 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	570,5	49,63 ⁽³⁾	148,9 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Manganês	94,48	0,124	0,372	02/08/07	6010B
Níquel	3,554	0,620	1,86	02/08/07	6010B
Potássio	655,3	29,78 ⁽³⁾	89,33 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Sódio	393,0	198,5 ⁽³⁾	595,6 ⁽³⁾	06/08/07	6010B
Zinco	50,53	0,744	2,23	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (250X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (100X)

3 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (20X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7672A45985

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-10 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 10:30	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	30,4	15,0	24,7	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	108,9	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	6,31	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



Dados de Branco de Análise – METAIS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: BRANCO DE ANÁLISE	MATRIZ: EFLUENTE

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Aluminio	ND	0,700	2,10	02/08/07	6010B
Bario	ND	0,040	0,120	02/08/07	6010B
Cálcio	ND	2,50	7,50	02/08/07	6010B
Chumbo	ND	2,00	6,00	02/08/07	6010B
Cobalto	ND	0,200	0,600	02/08/07	6010B
Cobre	ND	0,200	0,600	02/08/07	6010B
Cromo	ND	0,200	0,600	02/08/07	6010B
Ferro	ND	2,50	7,50	02/08/07	6010B
Magnésio	ND	2,00	6,00	02/08/07	6010B
Manganês	ND	0,100	0,300	02/08/07	6010B
Níquel	ND	0,500	1,50	02/08/07	6010B
Potássio	ND	1,20	3,60	02/08/07	6010B
Sódio	ND	8,00	24,00	02/08/07	6010B
Zinco	ND	0,600	1,80	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phphysical / Chemical Methods

Dados de QA/QC – Padrão SPIKE – METAIS

PROJETO:MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: EFLUENTE

Analitos	Concentração Obtida (mg/Kg)	Concentração Teórica (mg/Kg)	Recuperação (%)	Data da análise	Referência externas
Aluminio	47,92	50,00	95,84	02/08/07	6010B
Bario	43,36	50,00	86,72	02/08/07	6010B
Cálcio	42,16	50,00	84,32	02/08/07	6010B
Chumbo	42,56	50,00	85,12	02/08/07	6010B
Cobalto	43,80	50,00	87,60	02/08/07	6010B
Cobre	45,45	50,00	90,90	02/08/07	6010B
Cromo	44,05	50,00	88,10	02/08/07	6010B
Ferro	46,18	50,00	92,36	02/08/07	6010B
Magnésio	57,90	50,00	115,80	02/08/07	6010B
Manganês	43,93	50,00	87,86	02/08/07	6010B
Níquel	43,34	50,00	86,68	02/08/07	6010B
Potássio	45,27	50,00	90,54	02/08/07	6010B
Sódio	55,20	50,00	110,40	02/08/07	6010B
Zinco	44,36	50,00	88,72	02/08/07	6010B

Observações:

(%) Recuperação: critério de aceitação: 75% - 125%

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phphysical / Chemical Methods



Dados de Branco de Análise – Inorgânicos

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: BRANCO DE ANÁLISE	MATRIZ: EFLUENTE

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	12,20	20,00	02/08/07	4500CLB ⁽¹⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical / Chemical Methods

Dados de QA/QC – Padrão SPIKE – INORGÂNICOS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: EFLUENTE

Analitos	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Data da análise	Referência externas
Cloreto	mg/kg	674,0	697,0	97,0	02/08/07	4500CLB

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical / Chemical Methods



4. Responsabilidade técnica

Ana Paula Ahualli	CRQ 4ª Região nº 04121814
-------------------	---------------------------

5. Informações Adicionais

- ✓ Os resultados aqui apresentados referem-se exclusivamente às amostras enviadas pelo interessado. O relatório de ensaio só deve ser reproduzido por completo. A reprodução parcial requer aprovação por escrita deste laboratório.

6. Anexos

- ✓ Cadeia de Custódia.

7. Aprovação do relatório

Relatório aprovado segundo especificações comerciais e técnicas com base nos procedimentos do Sistema da Qualidade Analytical Technology e referências externas.

Glauco F. de Sousa da Silva
CRQ 4ª Região nº 04439405
Gerente Técnico



RELATÓRIO DE ANÁLISES DE INORGÂNICOS

INTERESSADO: PATRÍCIA BRAGA TOLEDO IEZZI
Av. do Lago, 562 – IGC - USP
São Paulo - SP

LABORATÓRIO CONTRATADO: Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
IDENTIFICAÇÃO AT: LOG nº 7671A



Dados referentes ao Projeto

1. Identificação das amostras

ID AT	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO
7671A45969	AMOSTRA: S-01 ELIAS FAUSTO / DATA: 26//07/07 / HORA: 14:30 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7671A45970	AMOSTRA: S-02 ELIAS FAUSTO / DATA: 26//07/07 / HORA: 14:45 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7671A45971	AMOSTRA: S-03 ELIAS FAUSTO / DATA: 26//07/07 / HORA: 15:00 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7671A45972	AMOSTRA: S-04 ELIAS FAUSTO / DATA: 26//07/07 / HORA: 15:15 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7671A45973	AMOSTRA: S-05 ELIAS FAUSTO / DATA: 26//07/07 / HORA: 15:30 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7671A45974	AMOSTRA: A-01 ELIAS FAUSTO / DATA: 26//07/07 / HORA: 16:30 / MATRIZ: ÁGUA / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI
7671A45975	AMOSTRA: A-01 HOLAMBRA / DATA: 26//07/07 / HORA: 11:30 / MATRIZ: ÁGUA / PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI

2. Custódia das amostras

Data de recebimento de amostra: 27/07/07

Data de emissão do relatório eletrônico 16/08/07

Período de retenção das amostras: até 16/09/07 (até essa data as amostras estarão disponíveis para devolução e/ou checagem)



3. Resultados de análises

METAIS – LOGIN N° 7671A45969

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-01 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 14:30	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	27840	168,7 ⁽¹⁾	506,0 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	23,95	0,05	0,14	02/08/07	6010B
Cálcio	1147,0	30,1 ⁽²⁾	90,6 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	5,69	2,41	7,23	02/08/07	6010B
Cobalto	0,49	0,24	0,72	02/08/07	6010B
Cobre	37,89	0,24	0,72	02/08/07	6010B
Cromo	24,19	0,24	0,72	02/08/07	6010B
Ferro	19880,0	602,4 ⁽¹⁾	1807,2 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	291,6	2,41 ⁽²⁾	7,23 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Manganês	40,76	2,41	7,23	02/08/07	6010B
Níquel	3,41	0,60	1,81	02/08/07	6010B
Potássio	949,4	14,5 ⁽²⁾	43,4 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Sódio	500,2	96,4 ⁽²⁾	289,2 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Zinco	25,22	0,72	2,17	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (200X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (10X)

INORGÂNICOS – LOGIN N° 7671A45969

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-01 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 14:30	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	14,3	23,2	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	1117,5	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,42	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7671A45970

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-02 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 14:45	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	29160,0	172,0 ⁽¹⁾	515,9 ⁽¹⁾	06/08/207	6010B
Bário	25,7	0,05	0,15	02/08/07	6010B
Cálcio	945,3	30,7 ⁽²⁾	92,1 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	6,55	2,46	7,37	02/08/07	6010B
Cobalto	0,56	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Cobre	32,5	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Cromo	23,7	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Ferro	19850,0	614,2 ⁽¹⁾	1842,6 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	231,8	2,46 ⁽²⁾	7,37 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Manganês	48,3	0,12	0,37	02/08/07	6010B
Níquel	3,32	0,61	1,84	02/08/07	6010B
Potássio	765,4	14,7 ⁽²⁾	44,2 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Sódio	530,9	98,3 ⁽²⁾	294,9 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Zinco	18,0	0,74	2,21	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phycal / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (200X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (10X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7671A45970

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-02 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 14:45	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	14,7	24,1	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	48,2	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,58	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phycal / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7671A45971

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-03 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 15:00	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	30840,0	172,4 ⁽¹⁾	517,3 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	18,9	0,05	0,15	02/08/07	6010B
Cálcio	2496,0	30,8 ⁽²⁾	92,4 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	6,30	2,46	7,39	02/08/07	6010B
Cobalto	0,78	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Cobre	95,7	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Cromo	22,5	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Ferro	19610,0	615,9 ⁽¹⁾	1847,6 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	609,9	24,6 ⁽²⁾	73,9 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Manganês	128,6	0,12	0,37	02/08/07	6010B
Níquel	4,08	0,62	1,85	02/08/07	6010B
Potássio	881,4	14,8 ⁽²⁾	44,4 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Sódio	617,3	98,5 ⁽²⁾	295,6 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Zinco	44,3	0,74	2,22	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (200X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (10X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7671A45971

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-03 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 15:00	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	14,7	24,1	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	83,7	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	6,91	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7671A45972

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-04 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 15:15	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	25360,0	181,3 ⁽¹⁾	543,85 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	31,3	0,05	0,16	02/08/07	6010B
Cálcio	2985,0	32,4 ⁽²⁾	97,1 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	6,80	2,59	7,77	02/08/07	6010B
Cobalto	0,86	0,26	0,78	02/08/07	6010B
Cobre	152,6	0,26	0,78	02/08/07	6010B
Cromo	32,2	0,26	0,78	02/08/07	6010B
Ferro	18030,0	647,4 ⁽¹⁾	1942,3 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Magnésio	747,7	25,9 ⁽²⁾	77,7 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Manganês	98,1	0,13	0,39	02/08/07	6010B
Níquel	5,34	0,65	1,94	02/08/07	6010B
Potássio	928,3	15,5 ⁽²⁾	46,6 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Sódio	632,5	103,6 ⁽²⁾	310,8 ⁽²⁾	02/08/07	6010B
Zinco	33,6	0,78	2,33	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (200X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (10X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7671A45972

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-04 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 15:15	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	15,0	24,7	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	93,0	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	6,84	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7671A45973

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-05 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 15:30	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	27000,0	171,6 ⁽¹⁾	514,8 ⁽¹⁾	06/08/07	6010B
Bário	27,81	0,05	0,15	02/08/07	6010B
Cálcio	24400,0	30,6 ⁽²⁾	91,9 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Chumbo	6,62	2,45	7,35	02/08/07	6010B
Cobalto	0,79	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Cobre	74,1	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Cromo	33,2	0,25	0,74	02/08/07	6010B
Ferro	17890,0	612,8 ⁽¹⁾	1838,4 ⁽¹⁾	06/08/207	6010B
Magnésio	783,4	24,5 ⁽²⁾	73,5 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Manganês	86,0	0,12	0,37	02/08/07	6010B
Níquel	5,76	0,61	1,84	02/08/07	6010B
Potássio	1912,0	14,7 ⁽²⁾	44,1 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Sódio	776,8	98,0 ⁽²⁾	294,2 ⁽²⁾	06/08/07	6010B
Zinco	40,8	0,74	2,21	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (200X)

2 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (10X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7671A45973

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: S-05 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 15:30	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	42,6	15,0	24,7	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	35,1	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,77	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7671A45974

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: A-01 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 16:30	MATRIZ: ÁGUA

Analitos	Concentração (mg/L)	LD (mg/L)	LQ (mg/L)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	ND	0,05	0,15	01/08/07	6010B
Bário	0,142	0,225 ⁽¹⁾	0,675 ⁽¹⁾	03/08/07	6010B
Cálcio	41,36	5,00 ⁽¹⁾	15,00 ⁽¹⁾	03/08/07	6010B
Chumbo	ND	0,002	0,006	01/08/07	6010B
Cobalto	ND	0,002	0,006	01/08/07	6010B
Cobre	ND	0,025	0,075	01/08/07	6010B
Cromo	ND	0,005	0,015	01/08/07	6010B
Ferro	ND	0,030	0,090	01/08/07	6010B
Magnésio	2,79	0,050	0,15	01/08/07	6010B
Manganês	0,062	0,001	0,003	01/08/07	6010B
Níquel	ND	0,006	0,018	01/08/07	6010B
Potássio	16,37	2,00 ⁽¹⁾	6,00 ⁽¹⁾	03/08/07	6010B
Sódio	30,27	6,25 ⁽¹⁾	18,75 ⁽¹⁾	03/08/07	6010B
Zinco	ND	0,040	0,120	01/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (25X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7671A45974

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: A-01 ELIAS FAUSTO	DATA: 26/07/07	HORA: 16:30	MATRIZ: ÁGUA

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/L	28,0	1,16	2,00	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	50,5	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	7,92	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



METAIS – LOGIN Nº 7671A45975

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: A-01 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 11:30	MATRIZ: ÁGUA

Analitos	Concentração (mg/L)	LD (mg/L)	LQ (mg/L)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	4,62	0,050	0,150	01/08/07	6010B
Bário	0,204	0,009	0,003	03/08/07	6010B
Cálcio	86,76	5,00 ⁽¹⁾	15,00 ⁽¹⁾	03/08/07	6010B
Chumbo	0,076	0,002	0,006	01/08/07	6010B
Cobalto	ND	0,002	0,006	01/08/07	6010B
Cobre	0,351	0,025	0,075	01/08/07	6010B
Cromo	0,034	0,005	0,015	01/08/07	6010B
Ferro	10,40	0,030	0,090	01/08/07	6010B
Magnésio	16,11	1,25 ⁽¹⁾	3,75 ⁽¹⁾	01/08/07	6010B
Manganês	0,394	0,001	0,003	01/08/07	6010B
Níquel	ND	0,006	0,018	01/08/07	6010B
Potássio	141,5	2,00 ⁽¹⁾	6,00 ⁽¹⁾	03/08/07	6010B
Sódio	9,24	6,25 ⁽¹⁾	18,8 ⁽¹⁾	03/08/07	6010B
Zinco	0,449	0,040	0,120	01/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyical / Chemical Methods

1 = Limites elevados devido à necessidade de diluição da amostra (25X)

INORGÂNICOS – LOGIN Nº 7671A45975

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI			
PONTO: A-01 HOLAMBRA	DATA: 26/07/07	HORA: 11:30	MATRIZ: ÁGUA

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/L	28,0	1,16	2,00	02/08/07	4500CLB
Condutividade	µS/cm	11,8	0,01	-	16/08/07	2510B ⁽¹⁾
pH	-	5,59	0,01	-	16/08/07	9040B ⁽²⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyical / Chemical Methods



Dados de Branco de Análise – METAIS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: BRANCO DE ANÁLISE	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração (mg/kg)	LD (mg/kg)	LQ (mg/kg)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	ND	0,70	2,10	02/08/07	6010B
Bário	ND	0,04	0,12	02/08/07	6010B
Cálcio	ND	2,50	7,50	02/08/07	6010B
Chumbo	ND	2,00	6,00	02/08/07	6010B
Cobalto	ND	0,20	0,60	02/08/07	6010B
Cobre	ND	0,20	0,60	02/08/07	6010B
Cromo	ND	0,20	0,60	02/08/07	6010B
Ferro	ND	2,50	7,50	02/08/07	6010B
Magnésio	ND	2,00	6,00	02/08/07	6010B
Manganês	ND	0,10	0,30	02/08/07	6010B
Níquel	ND	0,50	1,50	02/08/07	6010B
Potássio	ND	1,20	3,60	02/08/07	6010B
Sódio	ND	8,00	24,00	02/08/07	6010B
Zinco	ND	0,60	1,80	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



Dados de QA/QC – Padrão SPIKE – METAIS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: SOLO

Analitos	Concentração Obtida (mg/kg)	Concentração Teórica (mg/kg)	Recuperação (%)	Data da análise	Referência externas
Alumínio	47,92	50,00	95,84	02/08/07	6010B
Bário	43,36	50,00	86,72	02/08/07	6010B
Cálcio	42,16	50,00	84,32	02/08/07	6010B
Chumbo	42,56	50,00	85,12	02/08/07	6010B
Cobalto	43,80	50,00	87,60	02/08/07	6010B
Cobre	45,45	50,00	90,90	02/08/07	6010B
Cromo	44,05	50,00	88,10	02/08/07	6010B
Ferro	46,18	50,00	92,36	02/08/07	6010B
Magnésio	57,90	50,00	115,80	02/08/07	6010B
Manganês	43,93	50,00	87,86	02/08/07	6010B
Níquel	43,34	50,00	86,68	02/08/07	6010B
Potássio	45,27	50,00	90,54	02/08/07	6010B
Sódio	55,20	50,00	110,40	02/08/07	6010B
Zinco	44,36	50,00	88,72	02/08/07	6010B

Observações:

(%) Recuperação: critério de aceitação: 75% - 125%

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



Dados de Branco de Análise – METAIS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: BRANCO DE ANÁLISE	MATRIZ: ÁGUA

Analitos	Concentração (mg/L)	LD (mg/L)	LQ (mg/L)	Data da análise	Referência externa
Alumínio	ND	0,050	0,150	02/08/07	6010B
Bário	ND	0,009	0,027	02/08/07	6010B
Cálcio	ND	0,200	0,600	02/08/07	6010B
Chumbo	ND	0,002	0,006	02/08/07	6010B
Cobalto	ND	0,002	0,006	02/08/07	6010B
Cobre	ND	0,025	0,075	02/08/07	6010B
Cromo	ND	0,005	0,015	02/08/07	6010B
Ferro	ND	0,030	0,090	02/08/07	6010B
Magnésio	ND	0,050	0,150	02/08/07	6010B
Manganês	ND	0,001	0,003	02/08/07	6010B
Níquel	ND	0,006	0,018	02/08/07	6010B
Potássio	ND	0,080	0,240	02/08/07	6010B
Sódio	ND	0,250	0,750	02/08/07	6010B
Zinco	ND	0,040	0,120	02/08/07	6010B

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatin of Solid Waste Phyical / Chemical Methods



Dados de QA/QC – Padrão SPIKE – METAIS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: ÁGUA

Analitos	Concentração Obtida (mg/L)	Concentração Teórica (mg/L)	Recuperação (%)	Data da análise	Referência externas
Alumínio	1,02	1,00	101,7	02/08/07	6010B
Bário	1,09	1,00	109,0	02/08/07	6010B
Cálcio	1,03	1,00	102,8	02/08/07	6010B
Chumbo	0,997	1,00	99,7	02/08/07	6010B
Cobalto	1,01	1,00	100,7	02/08/07	6010B
Cobre	1,02	1,00	102,1	02/08/07	6010B
Cromo	1,01	1,00	101,2	02/08/07	6010B
Ferro	1,05	1,00	104,8	02/08/07	6010B
Magnésio	1,08	1,00	107,5	02/08/07	6010B
Manganês	1,05	1,00	105,3	02/08/07	6010B
Níquel	0,998	1,00	99,8	02/08/07	6010B
Potássio	0,925	1,00	92,5	02/08/07	6010B
Sódio	0,927	1,00	92,7	02/08/07	6010B
Zinco	0,982	1,00	98,2	02/08/07	6010B

Observações:

(%) Recuperação: critério de aceitação: 75% - 125%

Referências Externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluation of Solid Waste Physical / Chemical Methods

Dados de Branco de Análise – INORGÂNICOS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: BRANCO DE ANÁLISE	MATRIZ: SOLO

Analito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/Kg	ND	11,60	20,00	02/08/07	4500CLB ⁽¹⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluation of Solid Waste Physical / Chemical Methods



Dados de QA/QC – Padrão SPIKE – INORGÂNICOS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: SOLO

Análitos	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Data da análise	Referência externas
Cloreto	mg/kg	674,0	697,0	97,0	02/08/07	4500CLB

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

Dados de Branco de Análise – INORGÂNICOS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: BRANCO DE ANÁLISE	MATRIZ: ÁGUA

Análito	Unidade	Concentração	LD	LQ	Data da análise	Referência externa
Cloreto	mg/L	ND	1,16	2,00	02/08/07	4500CLB ⁽¹⁾

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods

Dados de QA/QC – Padrão SPIKE – INORGÂNICOS

PROJETO: MESTRADO PATRÍCIA IEZZI	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: ÁGUA

Análitos	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Data da análise	Referência externas
Cloreto	mg/L	674,0	697,0	97,0	02/08/07	4500CLB

Observações:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção

1 = Referências externas: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Ed.

2 = Referências externas: USEPA - SW 846 - Test Methods for Evaluatinf Solid Waste Phyfical / Chemical Methods



4. Responsabilidade técnica

Ana Paula Ahualli	CRQ 4ª Região nº 04121814
-------------------	---------------------------

5. Informações Adicionais

- ✓ Os resultados aqui apresentados referem-se exclusivamente às amostras enviadas pelo interessado. O relatório de ensaio só deve ser reproduzido por completo. A reprodução parcial requer aprovação por escrita deste laboratório.

6. Anexos

- ✓ Cadeia de Custódia.

7. Aprovação do relatório

Relatório aprovado segundo especificações comerciais (proposta 098.07) e técnicas com base nos procedimentos do Sistema da Qualidade Analytical Technology e referências externas.

Glauco F. de Sousa da Silva
CRQ 4ª Região nº 04439405
Gerente Técnico