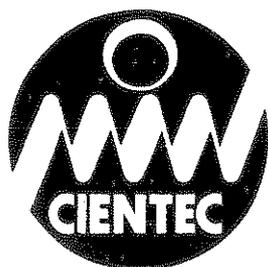
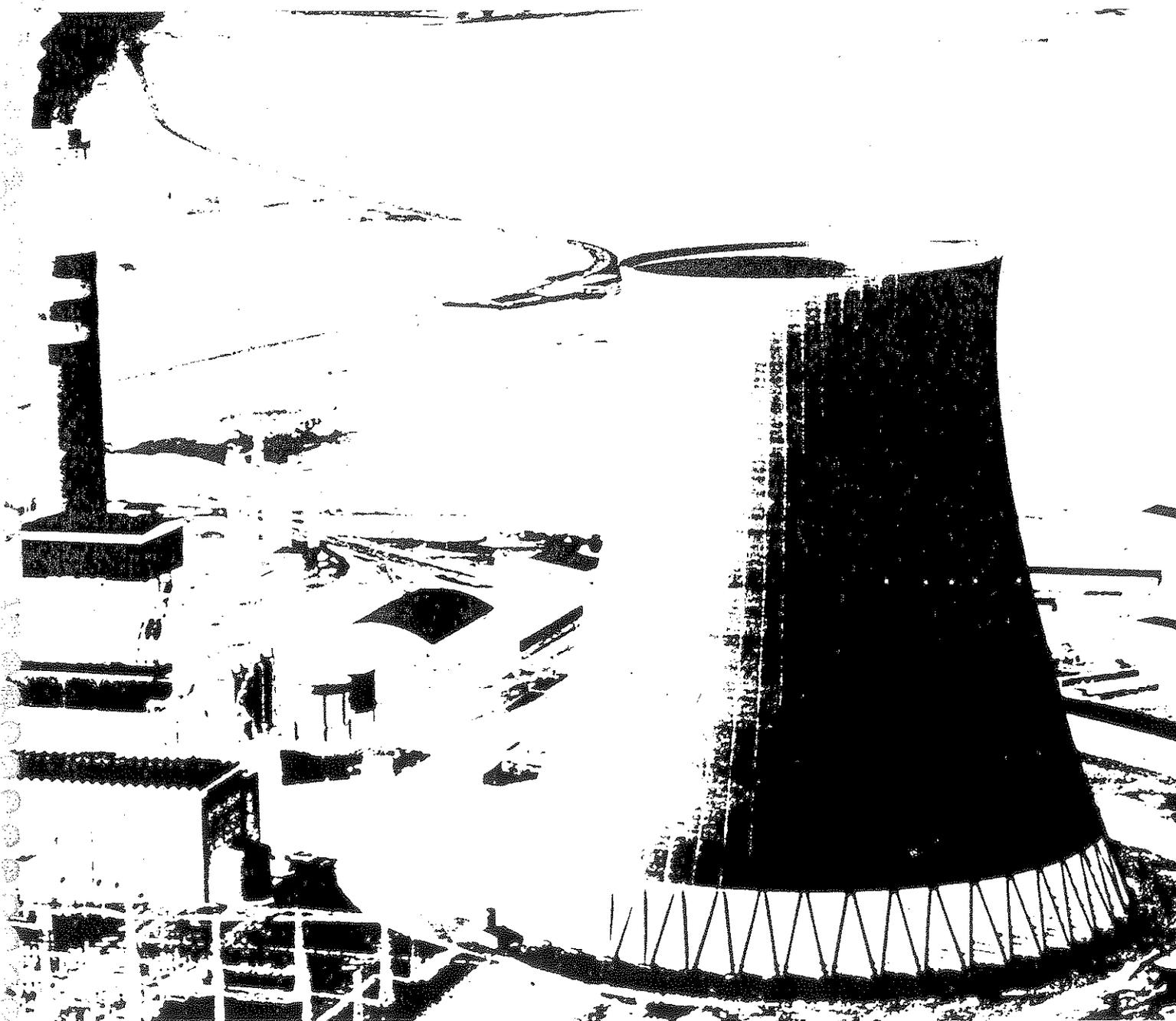


ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA



USINA TERMELÉTRICA CANDIOTA III
1ª MÁQUINA
COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA
CEEE - SETEMBRO/1996

Realização



TOMO II
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
VOLUME 3 - SOLO



FUNDAÇÃO
DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

USINA TERMELÉTRICA CANDIOTA III

1ª MÁQUINA

COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA - CEEE

TOMO II

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

VOLUME 3 - SOLO

SETEMBRO 1996



EQUIPE DE TRABALHO

ENTIDADE EXECUTORA:

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CIENTEC

Paulo José Gallas - Eng^o Químico, Coordenador

Ernesto Diestel Júnior - Eng^o Químico

Eugênio Miguel Cánepa - Economista

Francisco Schneider Neto - Eng^o Químico

Geraldo Mário Rohde - Geólogo

Júlio César Trois Endres - Eng^o Químico

Pedro Rocha - Geólogo

Sônia Martinelli - Eng^a Química

João Nelson Goldenberg - Gráfico

Liane Barcellos Thedy - Desenhista

Rafael Andrade da Silva - Técnico em Informática

Sérgio Nunes da Luz - Assistente de Pesquisa

Adriano Prates do Amaral - Estagiário

ENTIDADES SUBCONTRATADAS:

BIOLAW - CONSULTORIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Adriano Cunha - Biólogo

Rodrigo Balbuena - Biólogo

Willi Bruschi Jr. - Biólogo

POLUTEC ENGENHARIA QUÍMICA LTDA

Wolfgang Niebeling - Eng^o Químico

Sheila Maria Rosito - Eng^a Química



ENTIDADES COLABORADORAS:

**EMATER - ESCRITÓRIOS MUNICIPAIS DE BAGÉ, CANDIOTA, HERVAL
HULHA NEGRA E PINHEIRO MACHADO;
CÂMARAS MUNICIPAIS DE HERVAL E PINHEIRO MACHADO;
INCRA;
PREFEITURA MUNICIPAL DE BAGÉ;
PREFEITURA MUNICIPAL DE CANDIOTA;
PREFEITURA MUNICIPAL DE HULHA NEGRA;
PROCERGS;
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA.**



SUMÁRIO GERAL

TOMO I - DESCRIÇÃO GERAL E TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO

TOMO II - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

TOMO III - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

TOMO IV - PROGRAMA DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL

TOMO V - RIMA



SUMÁRIO

	página
3 - DIAGNOSTICO AMBIENTAL - SOLO	7
3.1 - METODOS DE TRABALHO.....	7
3.1.1 - Agregação de Dados.....	7
3.1.2 - Método Aerofotogramétrico.....	8
3.1.3 - Métodos de Campo.....	8
3.1.4 - Métodos Laboratoriais Analíticos.....	9
3.1.5 - Sensoriamento Remoto.....	10
3.1.6 - Base Cartográfica.....	10
3.1.7 - Fundamentação Teórica.....	11
3.2 - LOCALIZAÇÃO.....	11
3.3 - GEOMORFOLOGIA.....	12
3.3.1 - Feições Geomorfológicas.....	12
3.3.2 - Evolução Geomorfológica.....	13
3.4 - PEDOLOGIA.....	21
3.4.1 - Pedologia da Area de Estudos.....	21
3.4.2 - Pedologia da Area de Influência Direta.....	31
3.4.3 - Classes de Capacidade de Uso do Solo na Area de Estudos.....	36
3.4.4 - Uso Atual do Solo - Principais Atividades Agropecuárias.....	37
3.5 - GEOLOGIA.....	77
3.5.1 - Geologia Regional.....	77
3.5.2 - Geologia da Area de Estudos.....	81



3.6 - HIDROGEOLOGIA.....	83
3.6.1 - Aspectos Gerais.....	83
3.6.2 - Relação da Geologia Local com a Contaminação.....	87
3.6.3 - Aquíferos.....	90
3.6.4 - Lixiviação dos Elementos Contaminantes.....	94
3.6.5 - Hidroquímica.....	95
3.6.6 - Vulnerabilidade dos Aquíferos.....	124
3.7 - CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	127
3.7.1 - Cinzas e Carvão.....	127
3.7.2 - Caracterização Química dos Solos na Area de Estudos.....	130
3.8 - QUADRO ATUAL DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO.....	138
3.8.1 - Emissões Aereas sobre o Solo.....	138
3.8.2 - Lixiviações de Materiais e Bioindicação Vegetal.....	144



3 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL - SOLO

3.1 - Métodos de Trabalho

Os métodos de trabalho empregados foram basicamente os seguintes:

- agregação de dados já existentes sobre a área estudada (obtenção, análise e seleção);
- método aerofotogramétrico;
- método de geologia e pedologia de campo;
- métodos laboratoriais analíticos;
- método de sensoriamento remoto.

3.1.1 - Agregação de Dados

A agregação de dados já disponíveis sobre Candiota envolveu sua análise e seleção em vasta bibliografia, mapas, estudos e projetos preliminares, diagramas, etc.

Nos casos em que os dados disponíveis não eram suficientes, pouco representativos ou duvidosos, foram programados estudos e análises complementares.

Os Mapas 3.1, 3.2, 3.3, e 3.4, registram os locais de coleta de informações realizadas na área em questão, além de mostrar sua elevada quantidade.

A existência de centenas de furos de sondagem na área de Candiota e arredores permite um conhecimento geológico bastante detalhado do local.



3.1.2. - Método Aerofotogramétrico

O método aerofotogramétrico foi utilizado em dois levantamentos:

- escala 1:10.000, efetuado pela empresa GEOFOTO para a CEEE (1966), constituído por pares estereográficos e mosaico fotográfico da área mostrada no Mapa 3.5;
- escala 1:60.000, efetuado pela USAF (1965), constituído por pares estereográficos e abrangendo a área das folhas de Hulha Negra, Seival, Tupi Silveira e Pedras Altas.

As aerofotos foram utilizadas principalmente para estudos geológicos e pedológicos, bem como para confirmar os estudos e documentos (mapas, cartas, croquis e esquemas) pertencentes às informações secundárias.

3.1.3 - Métodos de Campo

Os métodos de campo da Geologia e da Pedologia foram utilizados para executar observações de comprovação dos mapas geológicos e pedológicos já existentes, elaboração de perfis pedológicos, coletas de amostras de solos superficiais (sondagens a trado) e rochas (sondagens a percussão e rotativa; Anexo 01), descrição de características geológicas e pedológicas particulares das áreas e verificação geral dos dados secundários.

Foram realizadas viagens a campo, conforme as datas e finalidades relacionadas a seguir:

- 19 a 21 de agosto de 1987 - reconhecimento da área;
- 02 e 03 de setembro de 1987 - busca de material bibliográfico em Bagé;
- 15 a 18 de setembro de 1987 - trabalho de campo (frustrada por impedimento legal e mau tempo);
- 22 a 23 de setembro de 1987 - coleta de amostras (UFRGS) para ensaios de lixiviação, extração e bioindicadores;
- 24 de outubro de 1987 - coleta de amostras (UFRGS) para ensaios de lixiviação, extração e bioindicação;
- 16 a 20 de novembro de 1987 - coleta de amostras de solo e observações de campo;
- 30 de novembro a 04 de dezembro de 1987 - confirmação de dados das fontes secundárias; coletas de amostras de solos; coleta de testemunhos de sondagem da área da UTE Candiota III (CEEE) e da Malha III; investigação de características geomorfológicas; registro fotográfico;
- 04 a 08 de janeiro de 1988 - realização de ensaios hidrogeológicos; coleta de estereis das Malhas I e II e identificação dos usos do solo;
- 13 e 14 de janeiro de 1988 - coleta de amostras (UFRGS) para ensaios de lixiviação, extração e bioindicadores;
- 22 a 26 de fevereiro de 1988 - realização de ensaios hidrogeológicos e identificação dos usos do solo;



- 11 a 14 de julho de 1988 - coleta de dados complementares sobre culturas, criação de animais etc.

Para a caracterização das unidades de mapeamento de solos e de suas características agronômicas, foram realizadas vinte e uma sondagens à trado (ST 01, ST 02, ST 03, ST 04, ST 05, ST 06, ST 07, ST 08, ST 09, ST 10, ST 11, ST 12, ST 13, ST 14, ST 15, ST 16, ST 17, ST 32, ST 33, ST 34 e ST 35).

Complementarmente, foram realizadas quatro coletas de aluviões (CT PL 15, CT AM 11, CT AM 12 e CT AM 14), uma coleta de camada A (AI 01) e uma de camada B (AI 02) de amostras indeformadas, para a realização de ensaios de permeabilidade em laboratório.

Em função de estudos anteriores sobre dispersão, aérea que apresentam o comportamento ao nível do solo das curvas de máxima concentração anual de SO₂ (CEEE, 1987, folhas 1, 2 e 3 SUG/F 033 DG 25.349 - com isoplefas levando em conta as emissões das Usinas Presidente Médici Fase A e B, e com isoplefas levando em conta as Usinas Presidente Médici Fase A e B e Candiota III - Fase 1), foram realizadas quatorze sondagens a trado para coleta de solo superficial (ST 18, ST 19, ST 20, ST 21, ST 22, ST 23, ST 24, ST 25, ST 26, ST 27, ST 28, ST 29, ST 30 e ST 31) e uma coleta de sedimentos (CT PL 15).

Para a caracterização das unidades de mapeamento de solos, caracterização agronômica e determinação da influência da poluição aérea, foram realizadas trinta e cinco sondagens a trado.

Nas Malhas I e II foram realizados ensaios de absorção de fundo de cava e coletadas amostras do estéril (CL ES 01 e CL ES 02) para ensaios laboratoriais.

3.1.4 - Métodos Laboratoriais Analíticos

As diversas amostras coletadas na área de impacto direto e área de estudos com a finalidade de realizar o diagnóstico ambiental estão localizadas no Mapa de Documentação (Mapa 3.4) e foram submetidas a diversos testes, ensaios e análises laboratoriais, dos seguintes tipos:

- físicos;
- mecânicos;
- químicos;
- hidrogeológicos;
- mineralógicos.

Foram realizadas análises químicas em amostras de rochas (arenitos, carvão, etc.) e nos diversos tipos de solos da área de estudos com vistas a sua caracterização. Também foram realizadas numerosas análises químicas, extrações e lixiviações, para detectar o atual quadro de contaminação (gerada pelas Malhas I e II e pela Usina Termelétrica Presidente Médici) e o potencial de contaminação (gerado pela Malha III e pela UTE Candiota III).

Foram realizadas análises químicas com finalidades agronômicas na parte superficial dos solos da área de estudos.

Nas amostras de solos coletadas na área de influência direta e na área de estudos, foram realizados ensaios laboratoriais físicos (granulometria completa, massa específica real dos grãos, limites de Atterberg, classificação Nogami), mecânicos (compactação normal, CBR, caracterização Nogami), mineralógicos (raios-X de amostra, orientada para determinação de argilo-minerais) e hidrogeológicos (permeabilidade de corpo de prova moldado nas condições ótimas).



Nas amostras de aluviões foram realizados ensaios físicos (granulometria completa e massa específica real dos grãos).

A descrição pormenorizada de cada método empregado na realização de análises, testes e ensaios sobre as amostras coletadas é realizada no item específico onde as investigações são inseridas. Igualmente, quando os ensaios, testes ou análises são normalizados, as normas técnicas estão citadas explicitamente no texto.

3.1.5 - Sensoriamento Remoto

O método de sensoriamento remoto foi utilizado na consulta de imagens de satélite da série "LANDSAT", nos canais 4 e 5 (cópias papel em preto e branco), na escala 1:100.000, 92 x 92 km de área. As imagens referidas foram tomadas em 27 de junho de 1987 e processadas em 23 de novembro de 1987.

A abrangência das imagens inclui a cidade de Bagé, o povoado de Aceguá, a vila de Pedras Altas, além das zonas atuais de mineração e a área de estudos; as imagens são utilizadas nos estudos geológicos, pedológicos e de vegetação.

3.1.6 - Base Cartográfica

A base cartográfica utilizada na realização do diagnóstico ambiental é composta dos seguintes documentos:

- Mapas do Serviço Geográfico do Exército

- escala 1:250.000, com equidistância de 100 metros

- folha SI.22-V-A (Jaguarão, RS);
- folha SH.22-Y-C MIR-545 (Pedro Osório, RS);
- folha SH.21-Z-D (Bagé, RS);

- escala 1:50.000, com equidistância de 20 metros

- folha SH.22-Y-C-I-3 MI-3008/3 (Hulha Negra);
- folha SH.22-Y-C-I-4 MI-3008/4 (Seival);
- folha SH.22-Y-C-IV-2 MI-3017/2 (Pedras Altas);
- folha SH.22-Y-C-IV-1 MI-3017/1 (Tupi Silveira);

- Mapa "Limites da propriedade da CEEE", escala 1:10.000;

- "Planta de situação" da CEEE, escala 1:20.000;

- "Planta de pesquisa - Candiota" - PAL 1987 da CRM (P-MC-415), em escala 1:25.000

- Mapas temáticos do INCRA (geomorfologia e capacidade de uso), em escala 1:100.000

- folha Arroio São Miguel e Aceguá, RS;
- folha Passo São Diogo, RS;
- folha Coxilha, RS;
- folha Rio Negro, RS;
- folha Banhado dos Gabriéis, RS;
- folha Torquato Severo, RS;



- folha Palmas, RS;
- folha Seival, RS;
- folha Hulha Negra, RS;
- folha Tupi Silveira, RS;
- folha Pedras Altas, RS.

3.1.7 - Fundamentação Teórica

A base teórica utilizada para a execução do presente diagnóstico ambiental foi extraída, em especial, dos seguintes documentos:

- Resolução 001/86 do CONAMA;
- "Perturbation theory and the subsidy-stress gradient" (Odum; Finn; Franz, 1979);
- "An ecological framework for environmental impact assessment in Canada" (Beanlands & Duinker, 1983);
- "A procedure for evaluating environmental impact" (Leopold et alii, 1971);
- "Estudos de impacto ambiental" (Rohde, 1988).

A teoria da perturbação e o gradiente subsídio-esforço - "subsidy-stress gradient" (Odum; Finn; Franz, 1979) - considera os impactos ambientais em duas partes distintas:

- 1 - a perturbação introduzida no ecossistema;
- 2 - um *continuum* de efeitos que variam com o grau perturbação sob a forma de um gradiente (composto por deflexões desfavoráveis ou favoráveis dos parâmetros do sistema).

3.2 - Localização

A cidade de Candiota, principal ponto de referência da área em estudo, localizada no município de Bagé, está situada nas coordenadas aproximadas de 53°40' WGr e 31°33' S, a 41 quilômetros em linha reta a sudeste da cidade de Bagé e a 320 quilômetros em linha reta a sudoeste de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul.

A principal bacia hidrográfica da região é formada pelo Rio Jaguarão e seus afluentes, quais sejam, o Arroio do Vime, o Arroio Candiota, o Arroio Jaguarão Chico e o Rio Jaguarão Chico. Os limites desta bacia, definidos por divisores d'água, são:

- ao norte, com a bacia hidrográfica do rio Camaquã;
- ao sul, com a fronteira do Uruguai, rio Jaguarão e seu contribuinte, o arroio do Bote;
- a leste, com as bacias hidrográficas dos arroios Basílio e dos Pires, contribuintes do rio Piratini;
- a oeste, com a do rio Negro.

O critério básico para esta delimitação foi o potencial da área em carvão para fins energéticos.

A área de influência direta (com relação ao solo) coincide com o local de implantação da Usina Termelétrica Candiota III - 1ª Máquina onde serão introduzidas as perturbações no meio físico.

A área de influência indireta corresponde à sub-bacia do Rio Jaguarão, que inclui este rio e o Arroio Candiota e seus afluentes.



Em função da área de influência indireta, foi delimitada uma área de estudos, que a abrange na quase totalidade, e possui centralizadas as usinas e minas já existentes, e a instalar, em uma folha cartográfica delimitada pelas distâncias (na projeção UTM) de 6520 a 6492 e de 230 a 254.

A área de influência direta, a área de influência indireta (sub bacia do Rio Jaguarão) e a área de estudos estão delimitadas no Mapa 3.6, onde também estão registrados os limites do Pólo Energético.

3.3 - Geomorfologia

3.3.1 - Feições Geomorfológicas

O relevo das áreas de influência direta, de influência indireta e da área de estudos é formado por elevações suaves, arredondadas, as chamadas "coxilhas", características da região da Campanha.

De modo geral, o relevo se expressa - no conjunto - através de superfícies onduladas, levemente acidentadas, conforme pode ser observado no Mapa 3.7.

As altitudes mínimas e máximas da região variam em torno de 100 a 400 metros. As altitudes ficam entretanto, na grande maioria, na ordem dos 220 metros.

Um contorno elevado - de constituição em grande parte granítica - em forma de ferradura, com abertura voltada para sudoeste (fronteira com o Uruguai) é constituído pela Serra do Herval, Coxilhas de Pedras Altas, Passinho e Inhame, no limite leste; Serra Veleda, Coxilha das Tunas e Chapada Santa Tecla, no limite norte; Coxilha Seca, nos limites noroeste e oeste.

Em suas linhas gerais, o desenvolvimento do relevo obedece ao comando do mergulho regional das camadas no sentido sul-sudoeste. Os cursos de água, por sua vez, apresentam declividade predominante no sentido sul.

A medida que se aproxima da região da Malha III, o relevo passa do tipo de "coxilhas" pampeanas com encostas suaves para fortemente ondulado, devendo-se esta forma a uma tectônica forte, movimentando acentuadamente a topografia, aliada a processos erosivos muito intensos.

O mergulho regional das camadas, de sul e sudoeste, condiciona a topografia dos terrenos sedimentares.

Os terrenos cristalinos, devido à maior resistência apresentada aos processos erosivos, possuem cotas mais elevadas quando comparadas com os terrenos sedimentares, originando inclusive a toponímia regional de "Pedras Altas".



3.3.2 - Evolução Geomorfológica

A evolução geomorfológica da área (área de impacto direto, bem como grande parte da área de influência indireta) está relacionada com um fenômeno peculiar:

"A geomorfologia da área, especialmente na região representante da Formação Rio Bonito, está condicionada à presença de pacotes de arenitos na coluna sedimentar, sobrejacentes às camadas de carvão, sendo que os processos de ferruginização funcionaram como mantenedores da topografia do terreno. Ocorrem nesta área vales de paredes abruptas recortando a superfície suavemente ondulada, com nítida influência fluvial erosiva, apresentando grotões com padrão de drenagem predominantemente dendrítico." (Machado; Peruffo; Lima, 1984, p. 206). Esta feição geomorfológica pode ser observada na Foto 3.1.

O "Estudo geoquímico e gênese das couraças de ferro da Formação Rio Bonito - Rio Grande do Sul - Brasil" (Willig & Formoso, 1973) estuda a gênese da ferruginização, que é relacionada com a evolução dos solos desenvolvidos sobre a Formação Palermo, imediatamente sobreposta às áreas ferrificadas. Tal relação é fundamentada no modo de ocorrência das couraças, características morfológicas e mineralógicas dos solos da Formação Palermo e em considerações teóricas do comportamento geoquímico do ferro a baixa temperatura e baixa pressão.

As couraças de ferro são compostas essencialmente de Fe_2O_3 , nas formas de goethita e hematita, exercendo nítida influência nos detalhes geomorfológicos das áreas onde ocorrem.

"Fica evidenciado um controle estratigráfico para a localização dessa ferrificação, se for observado que camadas com boa permeabilidade, aflorantes em áreas próximas ou não, pertencentes a formações situadas estratigraficamente acima da Formação Rio Bonito apresentam, geralmente, apenas um cimento ferruginoso e não formam, se não raramente e em alguns locais, crostas de óxidos de ferro.

Por outro lado, os dados de subsuperfície, obtidos através de sondagens, galerias e desmonte a céu aberto, para a exploração das camadas de carvão da Formação Rio Bonito, em diversos locais do Estado, permitem constatar que as ferrificações observadas, em superfície, tanto nesta Formação como no Subgrupo Itararé, normalmente não ocorrem em subsuperfície.

Nestas áreas, além dos arenitos impregnados por óxidos de ferro, verifica-se, em certos locais, também a cimentação dos conglomerados arenosos que constituem o talus da encosta dos degraus formados pela alternância de arenito, endurecido no topo pela ferrificação e camadas mais moles de folhelhos e/ou siltitos.

Nos folhelhos, siltitos e mesmo nos arenitos cuja permeabilidade decresceu pela ferrificação, a concentração do ferro expressa-se pelo preenchimento das juntas, onde se formam placas de óxido de ferro." (Willig & Formoso, 1973, p. 39).



FOTO 3.1 - Encosta típica da Formação Rio Bonito na área de estudos em Candiota, mantida pelos processos de ferrificação.

Três tipos de crostas podem ser encontrados nas observações geológicas de campo:

- arenitos de impregnação, cujos espaços intergranulares são intensamente cimentados por óxidos de ferro. A fração detrítica original dessas rochas ferrificadas pode apresentar as mais diversas características texturais de granulometria e classificação; porém, em qualquer camada com características texturais constantes ou variáveis, da base ao topo, a ferrificação é, geralmente, mais intensa no topo, por uma espessura menor que 50 cm. Comparando a espessura da parte ferrificada do topo de camadas com distintas características texturais que condicionam a permeabilidade, as camadas mais permeáveis apresentam maior espessura ferrificada. De um modo geral, somente 10 a 50 cm do topo está ferrificado, embora possam ser encontradas camadas de arenitos grossos, com espessura superior a 1 m, totalmente ferrificadas. A estrutura primária da rocha sedimentar, em certos casos, ficou preservada na parte cimentada; porém, onde a ferrificação foi mais intensa, os grãos detríticos do arenito são parcial ou totalmente substituídos pelo óxido de ferro, sem preservação da estrutura original;
- crostas conglomeráticas, que guardam a estrutura primária da rocha sedimentar, estão ferrificadas. Como os horizontes conglomeráticos são mais comuns na base da Formação Rio Bonito e nas ocorrências esparsas do Grupo Itararé, é neste intervalo estratigráfico que estas crostas são mais comuns;
- preenchimento de juntas na forma de placas maciças de óxido de ferro, em geral bem cristalizadas como hematita, desenvolvidas nas juntas verticais e planos subhorizontais, particularmente permeáveis, de litologia com baixa permeabilidade, folhelhos, siltitos e mesmo



arenitos previamente impermeabilizados pela ferrificação. A espessura dessas placas varia desde menos de um milímetro até alguns centímetros.

O estudo por difração de raios-x da forma mineralógica apresentada pelos óxidos de ferro, em qualquer dos tipos de crostas já descritas, revela tratar-se de goethita para as crostas de cores amareladas e quebradiças, e hematita para as de cores mais escuras, muito duras e compactas (Willig & Formoso, 1973).

Para compreender o caráter geomorfológico regional da ferrificação, é particularmente importante a observação da posição estratigráfica relativa das couraças (Figura 3.1).

"Situada imediatamente acima da Formação Rio Bonito, a Formação Palermo, de um modo geral, no Rio Grande do Sul corresponde a uma deposição homogênea de silte com areia muito fina, argilosa que pode graduar, lentamente, a fácies mais argilosas. Esta Formação apresenta-se nitidamente transgressiva sobre as unidades mais antigas.

Devido à monotonia litológica e à conseqüente ausência de diferenças de resistência à erosão, a área aflorante da Formação Palermo é levemente ondulada, tendendo à plana.

Todas as amostras de superfície e baixa profundidade da Formação Palermo, analisadas por difração de raios X, para a execução de diversos trabalhos, têm revelado a montmorilonita como o mineral predominante.

A presença em superfície de um material muito argiloso onde predomina a montmorilonita não é exclusiva da Formação Palermo. A Formação Irati, situada estratigraficamente acima, também apresenta esta característica. Esta, porém, expressa-se morfologicamente por um relevo mais acentuado devido a sua maior heterogeneidade litológica (presença de lentes de calcário maciço). Esses detalhes vão exercer particularmente influência na evolução do intemperismo (pedogênese) nessas Formações." (Willig & Formoso, 1973, p. 41).

A evolução das couraças de ferro é importante desde o ponto de vista geomorfológico-geológico até o ambiental.

A compreensão das condições de solubilidade, migração e precipitação do ferro inicia com o estudo do diagrama que mostra estas variáveis (Figura 3.2).

Da observação do gráfico, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- os ambientes em equilíbrio com as condições da atmosfera não podem apresentar Fe^{++} ;
- o pH acima de 4,5 faz com que o Fe^{+++} precipite como hidróxido férrico, cujo produto de solubilidade, obtido nas condições de laboratório, varia, conforme o autor, de 10^{-35} a 10^{-38} M;
- a mobilização efetiva do ferro em solução somente se pode dar em condições particulares de Eh e pH.

Igualmente, para as conclusões sobre a evolução das couraças que controlam a geomorfologia da área em questão, as características do modo de ocorrência que devem ser destacadas são:



- distribuição regional de ferrificação;
- acumulação de ferro controlada pela permeabilidade da rocha: quanto mais permeável (inclusive, quanto maior a densidade de juntas), maior a concentração (o que exclui a possibilidade de concentração do ferro por ascensão capilar);
- área de distribuição da Formação Palermo, de caráter transgressivo e situada imediatamente acima da Formação Rio Bonito, levemente ondulada devido a sua homogeneidade litológica, cujo produto de intemperismo é um solo muito argiloso, onde predomina a montmorilonita.

No caso específico do solo da área em estudo, é possível afirmar que:

"O solo desenvolvido sobre a Formação Palermo apresenta todas as características morfológicas de um solo mal e regularmente drenado, tais como: relevo suave, levemente ondulado; cores cinza-escuro, com granulometria rica nas frações finas; altamente montmorilonítico, o que impõe ao solo um comportamento essencialmente argiloso, impermeabilizado; teor em óxido de ferro livre muito baixo. Portanto, apresenta as condições dos solos com certa hidromorfia, os quais se caracterizam por serem saturados, temporária ou permanentemente, pela água. No caso dos solos da Formação Palermo, dada a existência de fendas de contração que se formam durante a estação seca, cujas paredes assumem uma coloração amarelada pela precipitação do ferro, antes em solução, é evidente que eles não são permanentemente saturados, não podendo, assim, ser enquadrados nos solos do "tipo gley", mas antes nos solos mal- drenados, classificados na categoria dos pseudo-gleys pelos agrônomos europeus. Nesses solos, devido ao acúmulo de água, que migra muito lentamente, repousando sobre uma zona impermeabilizada, desenvolvem-se condições ácidas e redutoras, necessárias à solubilização e mobilização do ferro. A água praticamente estagnada carrega-se de produtos orgânicos solúveis, provenientes da decomposição lenta e, em geral, ácida dos restos orgânicos. A atividade biológica, bem como a oxidação, por oxigenação da matéria orgânica, consome o oxigênio dissolvido, resultando na relativa acumulação de humus e emprestando características redutoras e asfíxiantes ao meio. Nessas condições, a água que se desloca lentamente nesse solo apresenta os requisitos redutores e complexantes em relação ao ferro, que solubiliza e passa a migrar. Quando a solução atinge o topo das camadas aeradas e permeáveis da formação adjacente, a carga solúvel é oxidada, precipitando o ferro na forma de hidróxido férrico. Este precipitado evolui, por envelhecimento por dessecação, produzindo as couraças de ferro." (Willig & Formoso, 1973, p. 45-6).

Portanto, a maior ou menor ocorrência de encouraçamento está indiretamente relacionada com a quantidade e distribuição das chuvas, uma vez que elas irão condicionar a saturação de solos da Formação Palermo. A predominância de argilas do grupo das esmectitas indica claramente a disponibilidade de ferro na Formação Palermo.

A evolução das couraças de ferro pode ser observada na Figura 3.3. A medida que a Formação Palermo vai lentamente recuando por erosão, deixa um rastro de óxidos de ferro no topo dos horizontes permeáveis subjacentes.

A origem dos degraus ferrificados que caracterizam a geomorfologia está na evolução de um solo sobre uma crosta assim formada, a qual pode funcionar como um horizonte de baixa permeabilidade, remobilizando lentamente o ferro que migra lateralmente, indo precipitar nos horizontes de boa permeabilidade, situados topograficamente abaixo.

"Os arenitos da Formação Rio Bonito, cortados em sondagens nas pesquisas de carvão, apresentam, em geral, um cimento levemente ferruginoso (indicando que as águas que neles percolam apresentam condições oxidantes em relação ao sistema Fe^{+++}/Fe^{++}).



Raramente têm sido encontradas camadas locais e descontínuas de arenitos piritosos de impregnação de algumas dezenas de centímetros de espessura associados às camadas de carvão. A não ser em fontes associadas a esse intervalo, (como nas águas das minas, em geral muito ácidas e ricas em ferro devido à oxidação da pirita associada ao carvão), as fontes localizadas nos contatos basais dos arenitos com folhelhos, nas encostas de degraus, não depositam ferro, pelo menos em quantidade sequer semelhante à que ocorre no topo dos arenitos.

Além disso, é muito pouco provável que as crostas de ferro tenham se formado pela ascensão capilar de soluções com ferro que, por evaporação em superfície, precipitariam. Do ponto de vista físico, nas rochas cuja percentagem de poros interconectados, não capilares, é elevada (caso dos arenitos, conglomerados e, em especial, juntas), a corrente ascendente de água por capilaridade é sempre muito fraca, chegando, em certos casos, a ser praticamente nula. Nos períodos de seca, com forte evaporação, esta corrente não pode compensar as perdas por evaporação. Assim, os horizontes superficiais tendem a ressecar e essa ressecação aumenta progressivamente em profundidade. Nos períodos de chuva, nesses mesmos materiais, nos quais a ascensão capilar é negligenciável, verifica-se, como movimento predominante da água, a penetração descendente por gravidade. Nos materiais estudados, observa-se que, quanto maior a permeabilidade da rocha, maior a concentração de ferro e, portanto, menor deve ter sido a contribuição por capilaridade. Esse mecanismo não pode ser admitido na formação das couraças, exceto, provavelmente, nas fases posteriores de remobilizações e recimentações locais." (Willig & Formoso, 1973, p. 46).

Em função da resistência relativa acentuada das couraças, elas tendem a permanecer topograficamente elevadas, sempre em condições oxidantes, onde a retenção de umidade é baixa e a vegetação é rala.

SEÇÃO GEOLÓGICA NA ÁREA PRÓXIMA AO ARROIO CANDIOTA.
 MOSTRANDO A RELAÇÃO ENTRE A FORMAÇÃO DE COURAÇAS
 E A SEQUÊNCIA GEOLÓGICA.

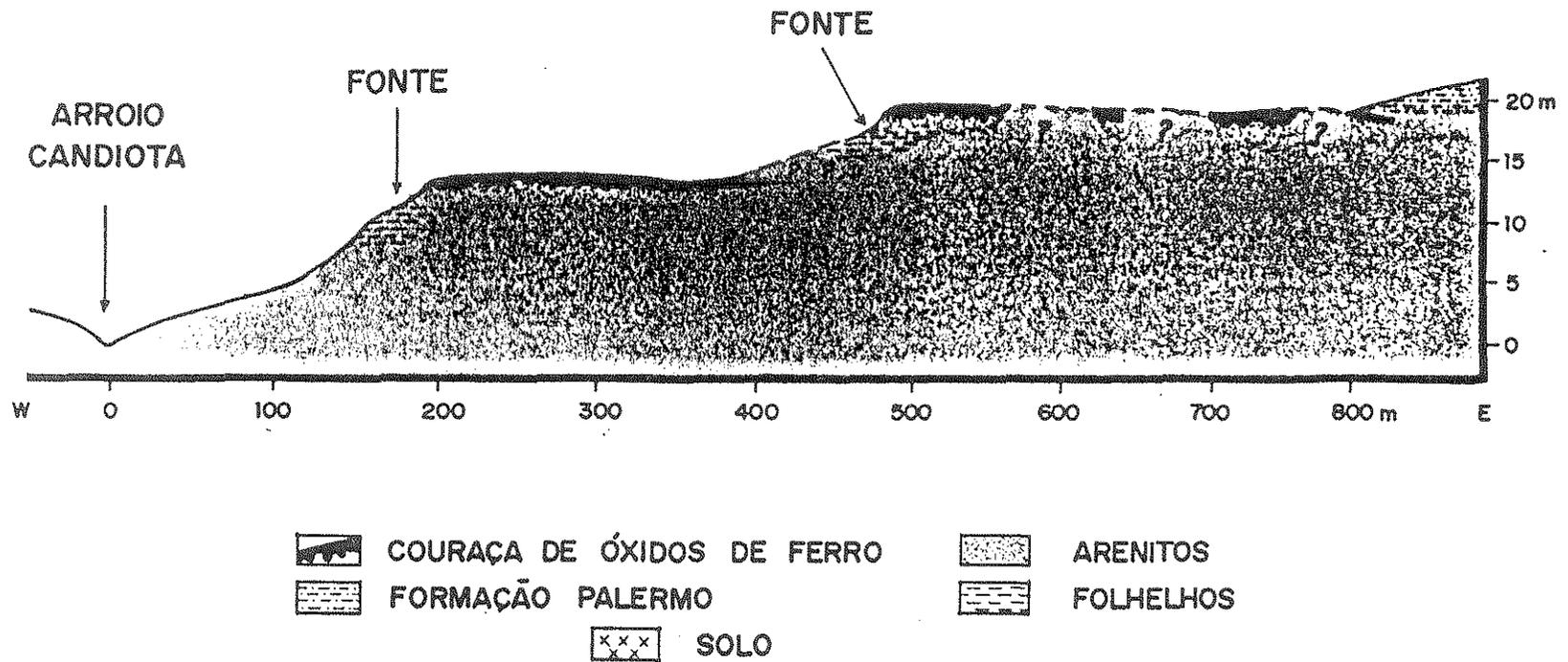


FIGURA 3.1 POSIÇÃO ESTRATIGRÁFICA RELATIVA DAS COURAÇAS DE FERRO (CONFORME WILLIG E FORMOSO, 1973, P. 40- "FIGURA 1")

DIAGRAMA DE Eh-pH
 DE ESPÉCIES MINERALÓGICAS E IONS
 DE Fe EM EQUILÍBRIO ($a_{Fe^{+++}} = a_{Fe^{++}} = 10^{-6}m$).

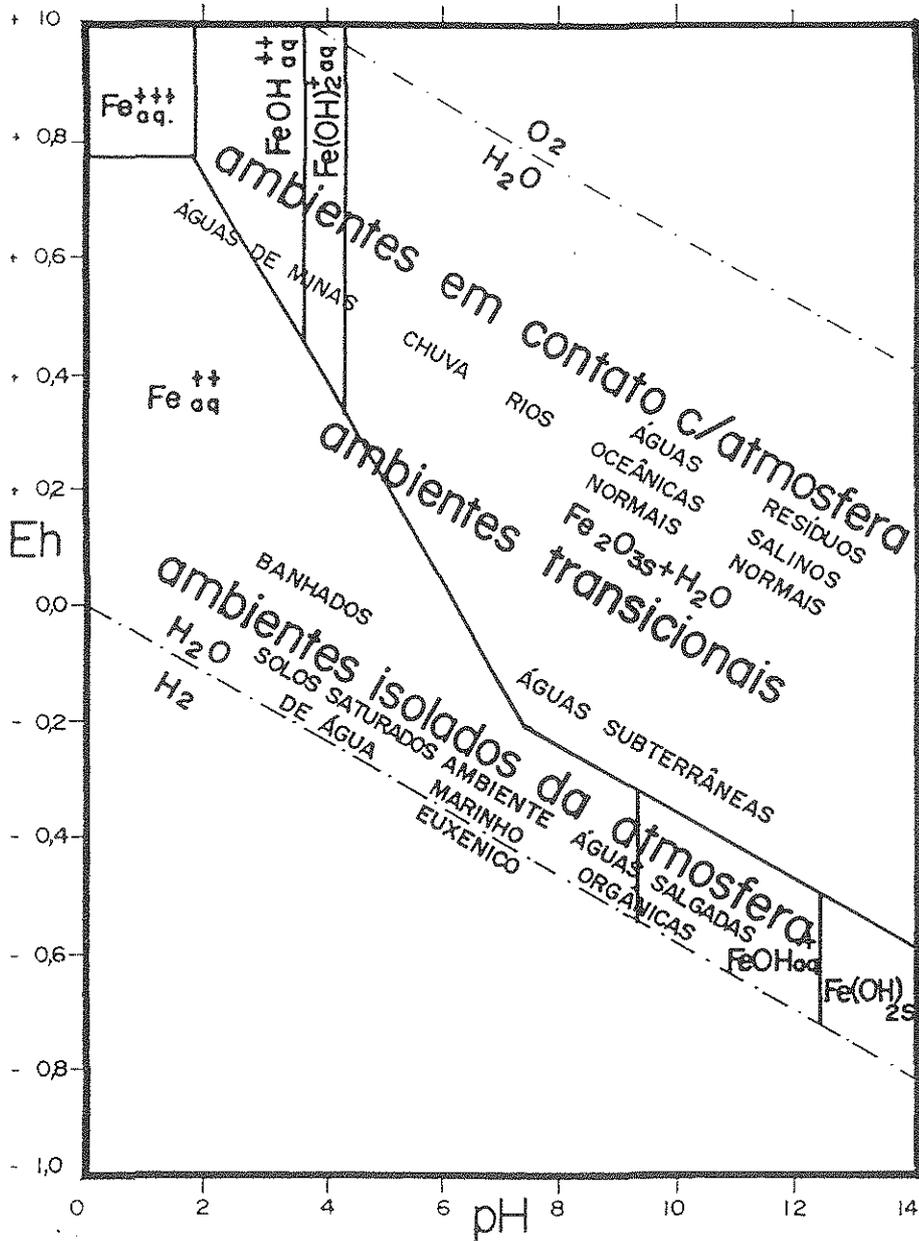


FIGURA 3.2 : DIAGRAMA PARA COMPREENSÃO DA EVOLUÇÃO DAS
 COURAÇAS DE FERRO (WILLIG & FORMOSO, 1973, P.44 -

" FIGURA 3 "

EVOLUÇÃO DAS COURAÇAS DE FERRO

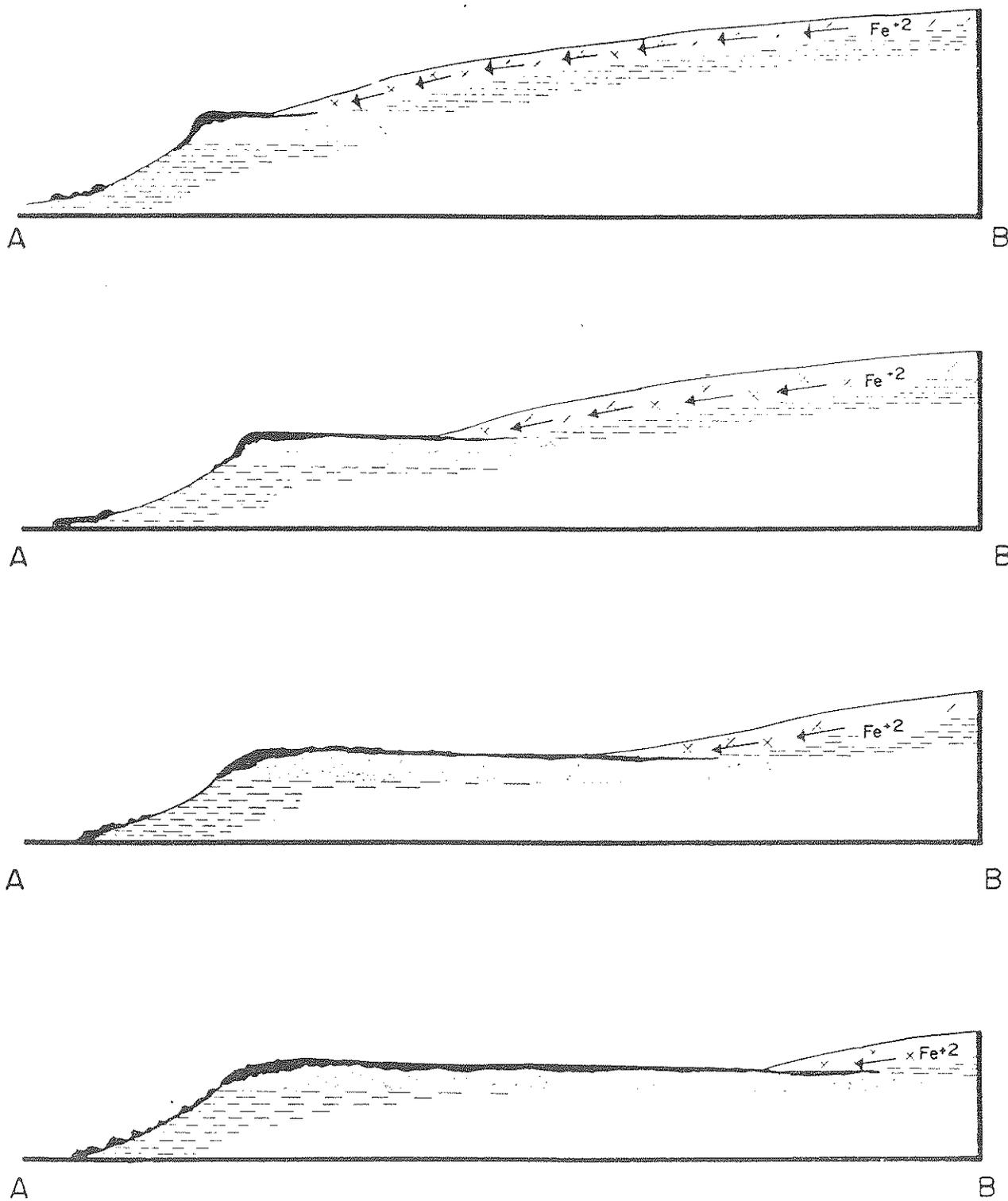


FIGURA 3.3 EVOLUÇÃO DAS CROSTAS DE FERRO (SEG. WILLIG & FORMOSO, 1973, P. 47, "FIGURA 4")



3.4 - Pedologia

De acordo com "Levantamento de reconhecimento dos solos do município de Bagé, RS" (Macedo, 1984), as unidades de solos Santa Tecla, Pinheiro Machado, Bagé, Hulha Negra, Bexigoso e Aceguá, abrangem cerca de 80% da área total do município.

Na área de estudos do presente relatório, segundo a mesma fonte, é possível identificar as unidades de solos Candiota, Ponche Verde, Aceguá, Planossolo e Pinheiro Machado.

3.4.1 - Pedologia da Área de Estudos

A pedologia da área de estudos está registrada no Mapa 3.8.

Unidade de Mapeamento Ponche Verde

A unidade de mapeamento Ponche Verde é classificada como BRUNIZEM HIDROMÓRFICO VERTICO, textura argilosa, relevo suavemente ondulado, substrato siltito.

- Características gerais

Esta unidade de mapeamento é formada por solos medianamente profundos, com cores brunas escuras, argilosos, pouco porosos e imperfeitamente drenados. Na massa dos solos predominam argilas do tipo 2:1, muito plásticas e pegajosas quando molhadas. Quimicamente, são solos bem providos de nutrientes, com exceção do fósforo disponível. A soma de saturação de bases é elevada.

Apresentam seqüência de horizontes A, B e C, com as seguintes características morfológicas:

- horizonte A, pouco profundo, bruno-acinzentado muito escuro, de textura argiloso-siltosa e estrutura moderada a forte granular, plástico e pegajoso. A transição para o horizonte B é gradual e plana.
- horizonte B, com espessura de 60 cm e coloração bruna muito escura a cinzentada muito escura, de textura argilo-siltosa e argila pesada (B₂ de máxima acumulação). A estrutura é em blocos subangulares moderada ou fortemente desenvolvida, apresenta "slickensides" e cerosidade forte.

Todo o horizonte é muito plástico e pegajoso quando molhado. A transição para o horizonte C é clara e ondulada.

- horizonte C, de coloração cinzenta, é representado pelo material de origem (siltitos) em maior ou menor grau de intemperização (C₁ e C₂).



- Características químicas

- capacidade de troca de cátions: o valor T é alto, variando de 27,6 a 47 meq/100 g de solo. Os valores mais elevados estão nos horizontes mais profundos;
- saturação de bases: o valor V é alto, sendo 66% no horizonte superficial, aumentando com a profundidade até 100% no horizonte C;
- bases permutáveis: os valores de S são altos, variando de 18,22 a 44,4 meq/100 g de solo.

Dentre as bases, predominam as de cálcio e magnésio, com valores altos. O potássio é alto na maioria dos horizontes (média de 0,28 meq/100 g de solo no A, variando de 0,13 a 0,50 meq/100 g de solo).

- matéria orgânica: são médios os teores de matéria orgânica no horizonte A (cerca de 3%);
- fósforo disponível: são muito baixos os teores de fósforo disponível: menos de 1 ppm em toda a extensão do perfil;
- alumínio trocável: os solos podem apresentar problemas de toxidez pelo alumínio trocável;
- pH: solos fortemente ácidos (5,2 no horizonte A); o pH aumenta à medida que o perfil se aprofunda, sendo neutro nos horizontes inferiores;
- relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) - em torno de 3,3.

- Variações e inclusões

Como inclusão nesta unidade de mapeamento, tem-se solos litólicos derivados de siltitos e solos da unidade de mapeamento Aceguá.

- Descrição geral da área da unidade

- material de origem: originados a partir de siltitos da Série Passa Dois;
- relevo e altitude: situam-se em relevo suavemente ondulado, com declives em torno de 5%;
- vegetação: a vegetação natural nesta unidade é constituída pelos campos finos, de ótima qualidade, com grande número de espécies de gramíneas e leguminosas. São infestados por chirca.

- Graus de limitação ao uso agrícola

- fertilidade natural: ligeira a moderada. São solos com saturação de bases alta, com exceção do fósforo disponível;
- erosão: moderada. Embora ocorrendo em relevo suavemente ondulado, estes solos são suscetíveis à erosão, observando-se grande número de bossorocas;
- falta d'água: moderada. São solos com problemas de falta de água no verão;
- falta de ar: moderada. São solos imperfeitamente drenados, com problemas de falta de ar;



- uso de implementos agrícolas: moderado. Por serem solos pesados e difíceis de trabalhar, necessitam de um ponto ótimo de umidade para serem mobilizados.

- Uso atual

A principal utilização destes solos é para pastagem; são raramente utilizados para culturas anuais (sorgo e milho).

- Uso potencial

Sua melhor utilização é para pastagem, requerendo manejo cuidadoso e práticas de melhoramento, tais como limpeza, adubação fosfatada e pastejo controlado.

- Associação

Os solos Ponche Verde também ocorrem associados aos solos Aceguá, constituindo a unidade de mapeamento Associação Aceguá - Ponche Verde.

Esta associação encontra-se nos Municípios de Bagé e Herval do Sul e ocupa uma área de aproximadamente 345 km².

Unidade de Mapeamento Pinheiro Machado

A unidade de mapeamento Pinheiro Machado é classificada como SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICOS, textura média, relevo ondulado a forte ondulado, substrato granito.

- Características gerais

Esta unidade de mapeamento é constituída predominantemente por solos litolíticos derivados de granitos, bem drenados, de coloração escura, apresentando textura média, com percentagens elevadas das frações grosseiras (areia grossa e cascalhos). Uma característica morfológica muito importante e que torna estes solos facilmente identificáveis no campo é a presença de línguas ou bolsas, que penetram no horizonte C, e são constituídas de material semelhante ao do A (transição irregular). Geralmente são solos ácidos, com saturação e soma de bases média e praticamente livres de acidez nociva, bem providos de matéria orgânica.

No mapeamento pedológico realizado na área de estudos foi possível identificar duas porções distintas da unidade Pinheiro Machado: uma, na parte extrema sudeste, com características de solo residual sobre rochas graníticas e outra, na parte leste, com solos litólicos e pouco desenvolvidos.

Apresenta seqüência de horizonte A/C com as seguintes características morfológicas:

- horizonte A, de espessura variável, preto, franco argiloso arenoso; estrutura maciça, quebrando-se em blocos subangulares, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. A transição para o C é abrupta e irregular;
- horizonte C, representado pelo granito, com elevado grau de intemperização, de coloração vermelha clara e intensamente mosqueado; textura franca.



- Características químicas

- capacidade de troca de cátions: T apresenta valores altos e médios, 11,2 a 9,1 meq/100 g de solo, respectivamente, no horizonte A e C;
- saturação de bases: V é médio no A (48%). No horizonte C, é baixo (22%);
- bases permutáveis: a soma das bases apresenta valores médios (5,4 meq/100 g de solo) no A, sendo médios os teores de cálcio e bons os teores de potássio. No horizonte C, todos esses valores são baixos;
- matéria orgânica: são médios os teores de matéria orgânica no horizonte A (cerca de 4%);
- fósforo disponível: os teores de fósforo disponível podem ser considerados baixos;
- alumínio trocável: praticamente livres de alumínio trocável nos primeiros 50 cm de profundidade (0,5 meq/100 g solo). No C, estes teores são altos;
- pH: solos fortemente ácidos, com pH em água de 4,9;
- relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) 2,86 no A e 2,25 no C.

- Variações e inclusões

As principais variações destes solos dizem respeito ao horizonte A, que pode apresentar cores mais claras, textura mais pesada (argila) e ser praticamente isento de cascalhos.

Como inclusões, tem-se: perfis de solos, onde já se delineia um horizonte B, e afloramentos de rochas.

- Descrição geral da área da unidade

- material de origem: os solos desta unidade são formados a partir de granitos. São comuns em alguns locais os afloramentos de rochas constituídos principalmente por "boulders" de granitos de diversos tamanhos;
- relevo e altitude: os solos desta unidade foram mapeados em duas fases de relevo: ondulado, com declives em torno de 8% e pendentes em centenas de metros, e forte ondulado, formado por um conjunto de elevações grandes, com declives em torno de 15%, formando entre si vales de V. Situam-se em altitudes que vão desde 200 até 500 metros;
- vegetação: a vegetação nestes solos é característica da Serra do Sudeste, sendo formada por mata subtropical arbustiva, com várias espécies, especialmente Mirtáceas, e por campo.

- Graus de limitação ao uso agrícola

- fertilidade natural: moderada. São solos ácidos com S e V médios, baixos teores de alumínio trocável e relativamente bem providos de matéria orgânica;
- erosão: forte, especialmente nos solos onde o relevo é forte ondulado;



- falta d'água: ligeira. Embora sejam solos rasos, como a região apresenta boa precipitação média anual, é desnecessária a irrigação em anos de chuvas normais;
- falta de ar: ligeira. São solos bem drenados;
- uso de implementos agrícolas: forte. São solos rasos e pedregosos.

A mecanização é um pouco mais fácil nas áreas de relevo ondulado.

- Uso atual

Estes solos são muito utilizados para pastagens. Entretanto, em algumas áreas podem ser cultivadas a maioria das culturas regionais.

- Uso potencial

A principal limitação à utilização agrícola destes solos é devido a sua pouca profundidade, pedregosidade e também relevo (nas áreas de relevo forte ondulado).

Nestas condições, são mais recomendáveis para utilização em pastagens, preferencialmente de ciclo hibernal, sem destruição, se possível, da vegetação natural existente. São também solos com boas condições para a utilização com culturas perenes, principalmente, fruticultura e reflorestamento.

- Recomendação de adubação

Para estes solos, estudos de fertilidade indicam o seguinte tipo de adubação: para pastagens cultivadas consorciadas de inverno (gramíneas + leguminosas) como nos demais solos, a adubação fosfatada é indispensável para que haja uma boa implantação e rendimento das pastagens.

A quantidade recomendada de fertilizante fosfatado é de 100 kg P_2O_5 /ha, que deve ser incorporada ao solo por ocasião da semeadura das espécies introduzidas. Os tipos de fertilizantes para este solo podem ser fosfatos solúveis ou fosfatos naturais. Na adubação de manutenção, a quantidade de fertilizante a ser aplicada deve ser a mesma utilizada na formação de pastagem.

A calagem neste solo proporciona aumentos no rendimento de matéria seca da ordem de 24%.

Outra opção de adubação quando a calagem é empregada é a utilização de 150 kg P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo, que possibilita elevar os rendimentos anuais de matéria seca em 38%.

Quando neste solo as produções de matéria seca são aumentadas pela adição de calagem e adubação fosfatada, deve-se ter cuidado especial com os teores de potássio no solo, que tendem a cair rapidamente, devido ao elevado consumo.



Unidade de Mapeamento Aceguá

A unidade de mapeamento Aceguá é classificada como VERTISSOLO, relevo ondulado, substrato siltito.

- Características gerais

Esta unidade é constituída por solos escuros, argilosos, pouco porosos, imperfeitamente drenados, muito plástico e muito pegajoso.

Quimicamente são solos moderadamente ácidos, com saturação de bases alta e ricos em nutrientes; entretanto, apresentam más condições físicas, pois predominam na massa do solo argilas expansivas do tipo 2:1, fazendo com que estes solos se tornem muito pegajosos quando molhados, e compactos e fendilhados quando secos.

Apresentam as seguintes características morfológicas:

- horizonte A pouco profundo, coloração preta, argiloso, estrutura granular moderadamente desenvolvida no A₁₁ e maciça, quebrando-se em prismas pequenos, no A₁₂. Todo horizonte é firme, muito plástico e muito pegajoso. A transição para um horizonte A/C situado abaixo é difusa e plana;
- horizonte A/C cinzento, muito escuro, textura argilo-siltosa, estrutura maciça, quebrando-se em prismas médios, apresentando "slickensides", muito plástico e muito pegajoso. A transição para o C é clara e ondulada;
- horizonte C bruno muito claro acinzentado, textura siltosa, estrutura maciça, quebrando-se em blocos angulares e subangulares, muito plástico e muito pegajoso.

- Características químicas

- capacidade de troca de cátions: T apresenta valores altos (28,0 meq/100 g de solo) no A₁₁, aumentando à medida que o perfil se aprofunda;
- saturação de bases: V é alto (80%) no horizonte superficial, aumentando com a profundidade até 100% no C;
- bases permutáveis: S é alto (22,3 meq/100 g solo), com valores elevados de cálcio e magnésio. Os teores de potássio também são altos;
- matéria orgânica: solos com altos teores de matéria orgânica, (cerca de 5,8% no A₁₁ e 2,6% no A₁₂);
- fósforo disponível: solos com teores baixos de fósforo disponível;
- alumínio trocável: solos sem problemas devido ao alumínio trocável;
- pH: solos moderadamente ácidos (pH 5,4 a 5,8 no horizonte superficial);
- relação SiO₂/Al₂O₃ (Ki) - em torno de 4.



- Variações e inclusões

As variações dos solos Aceguá dizem respeito à profundidade do perfil, encontrando-se solos mais profundos, onde o horizonte descrito como A/C constitui praticamente um B. Encontram-se também nesta unidade inclusões de solos litólicos com horizonte A, desenvolvidos diretamente sobre o C.

- Descrição geral da área da unidade

- material de origem: solos desenvolvidos a partir de argilitos e siltitos da série Passa Dois;
- relevo e altitude: estes solos ocupam relevo ondulado formado por um conjunto de elevações com declives curtos. Ocorrem em altitude de 180 metros;
- vegetação: nesta unidade predominam campos com pastagens de regular qualidade. Estes campos são muito infestados por chirca (*Eupatorium* sp.).

- Graus de limitação ao uso agrícola

- fertilidade natural: ligeira a moderada. São solos moderadamente ácidos, com saturação de bases alta e ricos em matéria orgânica, mas pobres em fósforo disponível;
- erosão: forte. São solos muito suscetíveis à erosão, observando-se grande número de bossorocas na área;
- falta d'água: solos com problemas de falta de água durante a estação seca. Embora sejam solos que retêm grande quantidade de água, a irrigação pode ser necessária;
- falta de ar: ligeira a moderada. São solos imperfeitamente drenados;
- uso de implementos agrícolas requerido: moderado a forte. Ocorrem em relevo ondulado, com sérios problemas devido às más propriedades físicas que apresentam.

- Uso atual

Na maior parte são utilizados com pastagem nativa. Todavia, encontram-se várias lavouras de trigo, sorgo e, mais raramente, milho.

- Uso potencial

Apresentam más condições físicas, sendo muito pegajosos quando molhados, compactos e fendilhados nas estações secas, tornando-se difíceis de trabalhar.

Em caso de condições climáticas adversas, o tempo de preparo da terra torna-se muito curto, pois estes solos necessitam de um ponto ótimo de umidade para serem trabalhados. Sendo solos muito suscetíveis a erosão, quando cultivados requerem práticas especiais de controle da erosão. Pode ser feito também o melhoramento de pastagens através da limpeza, manejo adequado ou introdução de espécies hibernais.



Associação

Os solos Aceguá podem estar associados aos solos Ponche Verde, constituindo a unidade de mapeamento Associação Aceguá - Ponche Verde. Esta associação ocorre nos Municípios de Bagé e Herval do Sul, correspondente a 0,13% da área do Estado.

- Recomendação de adubação

Na implantação de pastagens consorciadas (gramíneas e leguminosas), pesquisas realizadas neste solo indicam que a adubação fosfatada é indispensável para a obtenção de bons rendimentos.

Para a correção dos níveis de fósforo no solo, deve ser aplicado 200 kg P_2O_5 /ha por ocasião da introdução das espécies perenes. Nas adubações de manutenção, esta quantidade pode ser reduzida para 80 kg P_2O_5 /ha/ano. As fontes do fertilizante a ser empregado poderão ser tanto solúvel como de fosfatos naturais, desde que as quantidades do princípio ativo sejam as indicadas.

Em cultivos anuais (azevém e aveia), a quantidade de fertilizante poderá ser reduzida para 100 kg P_2O_5 /ha, e a fonte de fósforo deverá ser um fosfato solúvel (superfosfatos).

Os estudos até o presente momento realizados, não mostraram a necessidade de calagem e adubação potássica.

Unidade Taxonômica Planossolo

Classificada como PLANOSSOLO EUTRÓFICO, textura arenosa média e média argilosa, relevo plano e muito suavemente ondulado, substrato sedimentos aluvionais recentes (Foto 3.2).

- Características gerais

Predominam nesta unidade os solos de mal a imperfeitamente drenados. Apresentam um horizonte pan por impedimento de drenagens. Cores cinzentas em todo o perfil.

Apresentam seqüência de horizonte A, B e C com as seguintes características morfológicas principais:

- horizonte A, com cores cinzentas escuras, estrutura em blocos angulares e subangulares moderada, e um A_2 mais claro, acinzentado, podendo ser fracamente cimentado. A transição para B é abrupta;
- horizonte B, médio argiloso com estrutura prismática, cerosidade média a forte abundante, com cores bruno-acinzentadas;
- horizonte C com cores bruno-acinzentadas claras.

- Características químicas

- capacidade de troca de cátions: T é médio a alto no horizonte A e alto no B;



- saturação de bases: V é baixo nos horizontes superficiais e alto nos horizontes mais profundos;
- matéria orgânica: apresentam razoáveis quantidades de matéria orgânica;
- fósforo disponível: são baixos os teores de fósforo disponível;
- alumínio trocável: são solos sem problemas de acidez nociva;
- pH : são solos ácidos nos horizontes superficiais: a acidez diminui gradativamente à medida que o perfil se aprofunda.

- Variações e inclusões

As principais variações são:

- horizonte superficial mais claro, com baixo teor de matéria orgânica;
- a espessura do horizonte A₂ pode ser maior ou menor.

As principais inclusões dizem respeito a:

- solos Gley Pouco Húmico Eutrófico nas partes mais abaciadas do relevo plano, com teores mais baixos de matéria orgânica;
- solos hidromórficos nas partes mais baixas do relevo.

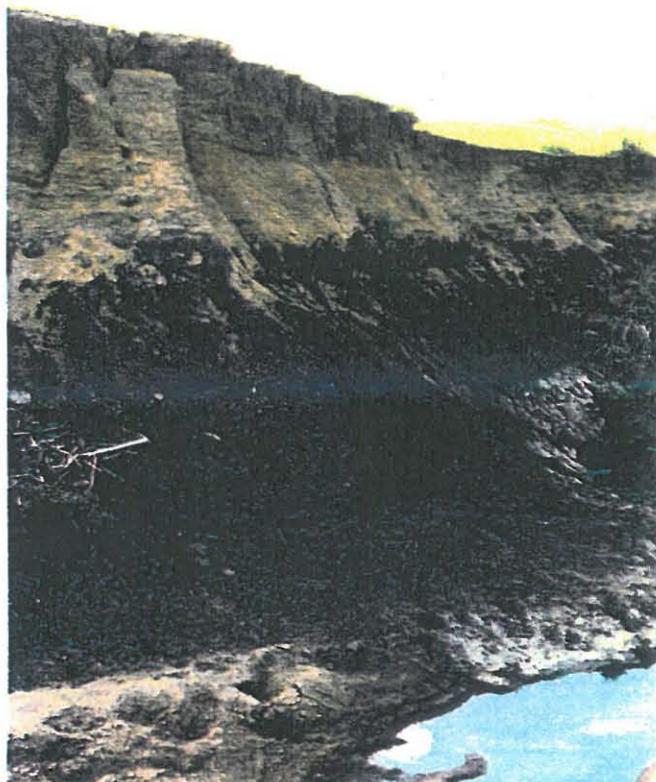


FOTO 3.2 - Afloramento da Unidade Taxonômica Planossolo.

- Descrição geral da área da unidade

- material de origem: solos derivados de sedimentos aluvionais recentes provenientes principalmente de argilitos, siltitos e arenitos;
- relevo e altitude: estes solos são encontrados nas partes planas, situadas nas várzeas e banhados ao longo dos cursos de água. As elevações têm declives de 1 a 3%, sendo pendentes em centenas de metros. Entre as elevações situam-se pequenas depressões, onde são encontrados os solos hidromórficos;
- vegetação: a vegetação natural predominante é de campos finos, com boa cobertura e grande número de espécies de gramíneas e leguminosas. Nos locais onde as condições são favoráveis, há o desenvolvimento de vegetação higrófila: aguapés, ciperáceas e juncáceas. Junto aos cursos de água ocorrem matas em galeria.

- Graus de limitação ao uso agrícola

- fertilidade natural: ligeira a moderada; os teores de fósforo disponível são baixos;
- erosão: nula, pois o relevo é plano;
- falta d'água: ligeira. Quando drenado, o solo pode dispensar irrigação em anos de chuvas normais;



- falta de ar: moderada. São solos imperfeitamente drenados e pouco porosos;
- uso de implementos agrícolas requerido: moderado, devido às más condições físicas.
- Uso atual

São solos utilizados para cultivo de arroz e pastagens.

- Uso potencial

A melhor utilização destes solos é com o cultivo de arroz em rotação com pastagem. Eventualmente a soja poderá entrar nesse programa, desde que irrigada.

3.4.2 - Pedologia da Área de Influência Direta

Unidade de Mapeamento Candiota

A área de influência direta está localizada, conforme o "Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Município de Bagé, RS" (Macedo, 1984), dentro da Unidade de Mapeamento Candiota. Esta unidade de mapeamento é classificada como "Podzólico vermelho-amarelo distrófico e eutrófico", de textura média/argilosa, relevo suavemente ondulado a ondulado, com substrato de arenito (Foto 3.3).



FOTO 3.3 - Afloramento típico da Unidade de Mapeamento "Candiota"; a régua-escala ao centro da foto possui 20 cm de comprimento.

- Características gerais

Esta unidade é constituída por solos medianamente profundos com cores brunas e bruno-avermelhadas, textura média no horizonte A e argilosa no B, podzolizados e moderadamente drenados.

São solos ácidos e apresentam seqüência bem diferenciada dos horizontes A, B e C:

- horizonte A (cerca de 20 a 30 cm), apresenta coloração bruna a bruno- amarelada escura, textura franco arenosa a franco argilo-arenosa e a estrutura fracamente desenvolvida, granular ou em blocos subangulares. Apresenta horizonte A₂ com maior concentração de cascalhos;
- horizonte B com características bem definidas de coloração bruno- avermelhada a vermelho- amarelada de textura argilo-arenosa e argilosa, com estrutura fortemente desenvolvida em blocos subangulares, com alguma cerosidade entre os agregados. É friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso;
- horizonte C formado pelo material originário em elevado grau de intemperização.



- Características químicas

- capacidade de troca de cátions: T é médio a alto; os valores mais baixos estão nos horizontes superiores. No B, T é 24,0 meq/100 g de solo;
- saturação de bases: apresenta valores médios no perfil entre 40 a 56%;
- bases permutáveis: S é em torno de 4,5 meq/100 g solo no horizonte superficial e mais elevado no B (16 meq/100 g de solo). Os teores de potássio são médios;
- matéria orgânica: solos com teores variáveis entre 2,0 a 3,3% nos primeiros 30 cm;
- fósforo disponível: os teores de fósforo são baixos (aproximadamente 2 ppm);
- alumínio trocável: os menores valores estão no horizonte superficial, aumentando com a profundidade (entre 0,5 a 1,2 meq/100 g de solo);
- pH: solos ácidos, com pH variando entre 5,0 a 5,2;
- a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ é ligeiramente superior a 2,0 em todo perfil.

- Variações e inclusões

Apresentam alguns afloramentos de rocha e, em algumas áreas, pequena incidência de solos hidromórficos.

- Descrição geral da área da unidade

- material de origem: são solos originados provavelmente da formação de arenitos do grupo Camaquã;
- relevo e altitude: ocupam relevo suavemente ondulado a ondulado, pendentes em centenas de metros e declives médios, em torno de 5% a 8%. Situam-se numa altitude que varia de 80 a 120 metros;
- vegetação: a vegetação natural é de campos mistos, formada por várias espécies de gramíneas (muitas cespitosas e de porte alto quando inadequadamente utilizadas), com dominância de *Paspalum notatum* e *Axonopus* sp.

- Graus de limitação ao uso agrícola

- fertilidade natural: moderada. São solos deficientes nos principais nutrientes, principalmente fósforo e potássio;
- erosão: ligeira a moderada. São suscetíveis à erosão; quando cultivados, requerem práticas de controle à erosão;
- falta d'água: ligeira a moderada. Podem necessitar de irrigação em períodos anormais de chuva;
- falta de ar: ligeira. São solos relativamente drenados;



- uso de implementos agrícolas: ligeiro. São solos relativamente sem maiores problemas quanto à mecanização.

- Uso potencial

Sua principal limitação diz respeito à fertilidade natural, pois são solos relativamente pobres, requerendo uma adubação mais completa e calagem. A pastagem natural é de qualidade regular e parece responder pouco às práticas de melhoramento. Podem ser utilizados para um sistema de rotação com agricultura e pastagem cultivada. A capacidade de suporte desses campos é em torno de 0,5 UA/ha, com ganhos no período favorável e perdas no inverno. Não apresentam problemas ao uso de implementos agrícolas.

Avaliação da Fertilidade dos Solos da Área de Estudos

- Introdução

Na "área de estudos" foram coletadas 29 amostras de solos representativos, com aproximadamente 1,0 kg cada uma, das "unidades de mapeamento" nitidamente identificadas a campo, quais sejam, Candiota, Aceguá, Ponche Verde e unidade taxonômica Planossolo.

Tendo em vista que na área de influência direta do empreendimento predomina o solo Candiota, a amostragem foi intensificada nesta unidade. O equipamento utilizado para a coleta foi o trado.

As amostras etiquetadas foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos da UFRGS, que realizou a análise química e física do solo.

O método de análise é o atualmente adotado pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo - RS/SC (ROLAS), cujos resultados são padronizados pelos diversos laboratórios.

- Análise Química do Solo

Os métodos empregados foram os seguintes:

- pH do solo: determinação através de potenciômetro, na suspensão solo-água na proporção 1:1;
- necessidade de calagem: determinação pelo método SMP, adaptado por Kussow;
- fósforo "extraível": esta determinação corresponde à extração de fósforo do solo pelo método de Mehlich, cujo extrator é composto de uma mistura de ácido sulfúrico 0,025 N e ácido clorídrico 0,05 N;
- potássio "troçável": corresponde ao potássio extraído pelo mesmo extrator utilizado para fósforo. O teor de potássio na solução extratora é determinado através de fotômetro de chama;
- matéria orgânica: a determinação do teor de matéria orgânica é feita por combustão úmida com bicromato de sódio e ácido sulfúrico;
- cálcio, magnésio e alumínio troçáveis: são extraídos por cloreto de potássio 1 N, titulando-se o alumínio com hidróxido de sódio, na presença de azul de bromotimol. A outra fração do extrato é dividida em duas partes, determinando-se, em uma metade, cálcio mais magnésio e, na outra, somente o cálcio, ambos por titulação com EDTA. O magnésio é obtido por



diferença. Pode-se ainda determinar separadamente o cálcio e o magnésio na mesma solução por espectrofotometria de absorção atômica.

- Análise Física do Solo (textura)

Visa à determinação do teor de argila do solo. Emprega um densímetro, após dispersão com álcali (Tedesco, 1985).

A argila determinada representa um importante subsídio para identificação da classe de solo. Esta informação, aliada à identificação da Unidade de Mapeamento do Solo, constituem os parâmetros determinantes para a classificação da amostra quanto à classe de solo para a adequada interpretação do teor de P do solo e das necessidades de fósforo para o máximo retorno.

- Interpretação dos Resultados de Análises do Solo

Segundo a análise química das amostras de solos coletadas, obteve-se em média os seguintes valores, de acordo com os laudos de análise (Anexo 02):

argila	32%
pH	4,7
fósforo (P)	2,0 ppm
potássio (K)	52 ppm
materia orgânica (M.O.)	3,0%
alumínio (Al)	2,2 meq/dL
cálcio (Ca)	1,8 meq/dL
magnésio (Mg)	1,4 meq/dL
Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	6,92

O teor médio de argila (32%) encontrado nas amostras identifica um solo de classe 3. Em função disso, o fósforo extraível, (também denominado disponível) de 2 ppm é considerado um valor limitante.

O pH médio encontrado de 4,7 é considerado muito baixo.

O teor de matéria orgânica de 3,0% é interpretado como um valor médio.

As determinações dos cátions trocáveis (Ca, Mg e K) revelaram o seguinte: o teor médio de potássio (K), 52 ppm, é considerado baixo. O mesmo ocorre com o cálcio (Ca), cujo valor 1,8 meq/dL é igualmente baixo. O mesmo não acontece com o magnésio (Mg), cujo teor médio de 1,4 meq/dL é considerado alto.

O alumínio (Al) médio encontrado de 2,2 meq/dL é considerado prejudicial para as plantas.

A capacidade de troca de cátions (CTC) de 6,92 é tida como um valor médio.

Resumindo, pode-se afirmar que os solos da área de influência direta do empreendimento pertencem, na grande maioria, à Unidade de Mapeamento Candiota.

O relevo apresenta-se ondulado e a vegetação nativa caracteriza campos mistos, de fertilidade natural deficiente, especialmente em fósforo e potássio. Apresentam textura franco arenosa no horizonte superficial (horizonte A) e argilosa (horizonte B), tendo como substrato arenitos.



São solos susceptíveis à erosão, porém apresentam boas propriedades físicas. Necessitam de calagem e abubação completa para a obtenção de boas safras ou para a implantação de pastagens artificiais.

3.4.3 - Classes de Capacidade de uso do Solo na Área de Estudos

A partir dos dados presentes no mapa de capacidade de uso dos solos (Mapa 3.9), realizado com base em dados já conhecidos (INCRA, 1960), identificam-se as seguintes classes de capacidade de uso do solo na área de estudos:

Classe III

Classe III - terras cultiváveis segura e continuamente com culturas anuais adaptadas, produzindo colheitas médias a elevadas, com obrigatoriedade do emprego de práticas intensivas ou complexas de manejo como condição para essa utilização. Apresentam variações segundo os fatores restritivos de uso que podem relacionar-se com:

- a declividade, que determina a exigência do emprego de medidas intensivas de controle à erosão;
- a drenagem, que determina especial cuidado no controle da água;
- a fertilidade, que implica a utilização de práticas intensivas no manejo, tais como emprego de corretivos, fertilizantes e rotações de culturas.

São terras moderadamente boas para cultivo.

Classe IV

Classe IV - subclasse IV i - as áreas que constituem esta subclasse são planas ou quase planas. Nela encontram-se desde solos rasos sobre o subsolo, de má permeabilidade até solos profundos. Esta unidade apresenta como principal fator restritivo, a susceptibilidade ao alagamento e/ou a presença de lençol freático excessivamente superficial. O excesso de água pode originar-se da sua situação à margem de cursos de água, quando o alagamento se verifica por inundações de periodicidade ou frequência e duração variáveis. Pode também resultar de precipitações intensas, aliadas à topografia plana e a características do solo e subsolo que dificultem uma drenagem adequada.

Classe IV - subclasse IV p - esta unidade constitui as terras de topografia plana a fortemente ondulada, abrangendo solos de profundidade variável cujo principal fator restritivo de uso relaciona-se com a presença de pedras em sua porção superficial, quer soltas ou na forma de afloramentos de rochas. A intensidade de limitação, no primeiro caso, varia com o tamanho das pedras e com a proporção de solo coberto e, no segundo, com as áreas abrangidas pelos afloramentos e pela distância entre eles.

Classe IV - subclasse IV e - esta unidade abrange as terras com topografia de plana a ondulada, constituídas por solos de profundidade variável, tendo como característica comum uma limitação relacionada com a extrema susceptibilidade à erosão, tanto hídrica como eólica, em qualquer de suas formas (erosão laminar, em sulcos, em bossorocas ou, ainda, a presença de dunas na área considerada ou nas adjacências).



Classe VI

Classe VI - esta classe compreende terras não cultiváveis com culturas anuais, mas adequadas para a produção de certas culturas permanentes (fruticultura, pastagens ou silvicultura), para o que exigem, quase sempre, tratos restritos, decorrentes da presença de certos fatores existentes.

3.4.4 - Uso Atual do Solo - Principais Atividades Agropecuárias

Produção de Carne e Lã

O município de Bagé está situado na região da Campanha (Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul), ocupando uma área superficial de 7.241 km².

Apresenta uma vegetação do tipo campestre, com predominância das gramíneas, que superam as demais famílias tanto em número de espécies como em área de solo coberta.

Das espécies predominantes nos campos nativos, destacam-se a grama forquilha (*Paspalum notatum*), grama tapete (*Axonopus affinis*) e capim melador (*Paspalum dilatatum*). Segundo o boletim "Sistemas de Produção Misto para Bovinocultura de Corte e Ovinocultura" (EMBRATER - EMBRAPA, 1977), cerca de 40% da cobertura vegetal da região é representada por estas gramíneas.

Em razão desta peculiaridade, a atividade principal desenvolvida na região é a pecuária e, como atividade econômica secundária, aparece a agricultura, com destaque para o cultivo do trigo no inverno e a cultura do sorgo durante o verão.

Na pecuária houve a introdução e formação de grandes rebanhos de gado de corte (raças européias) associados à criação de ovinos produtores de lã, ficando a produção de carne ovina como segunda opção.

Este rebanho, entretanto, não apresenta uma elevada produtividade pois o abate dos novilhos é tardio - estes animais são normalmente comercializados com a idade variando entre 36 e 54 meses, atingindo um peso médio de 500 kg.

Os ovinos produzem em média 3,0 kg de lã de velo por animal.

Ovinocultura

- Introdução

A ovinocultura é considerada uma das atividades econômicas mais importantes e rentáveis do município de Bagé, contando atualmente com 7,65% do rebanho estadual. O município apresenta excelentes condições de clima, solo e pastagens para a criação de ovinos.

O objetivo principal da exploração ovina na região é a produção de lã, ficando a carne como atividade secundária. As principais raças que compõem o rebanho ovino são, em ordem de importância: Corriedale, Romney Marsch, Merino Australiano e Ideal.

Na área de estudos, a bovinocultura juntamente com a ovinocultura resultam nas atividades econômicas de maior expressão, pois os criadores mantêm ovinos e bovinos no mesmo campo, numa relação média de 1,6:1, respectivamente.



De acordo com o escritório da EMATER local, os campos nativos da região comportam uma lotação média anual de 0,8 U.A./ha.

- Origem

A criação de ovinos no RS e especialmente em Bagé (região fronteira do Estado) foi influenciada diretamente pelas Colônias Espanholas vizinhas. Animais procedentes do Uruguai e Argentina foram os primeiros a povoarem estes campos. Estes ovinos crioulos, de lã grossa, originados basicamente da raça charrua, sofreram seleção natural. Junto com os ovinos, foram recebidos também os primeiros ensinamentos empíricos no manejo da criação.

- Raças

Embora as raças difundidas sejam de duplo propósito (produção de lã e carne), pode-se agrupá-las em três categorias, segundo os objetivos da criação.

- raças produtoras de lã, tendo como subproduto a carne (Corriedale, Merino Australiano, Ideal e Romney Marsh);
- raças produtoras de carne, tendo como subproduto a lã (Ile de France, Texel, Hampshire Down e Suffolk);
- raças produtoras de carne, tendo como subproduto a pele (Morada Nova, Santa Inês, Bergamacia, Karakul e Crioula).

- Clima

O clima representa um dos principais fatores na criação de ovinos, especialmente para a produção de lã. Climas quentes e úmidos não são aconselháveis para a produção de lã, porque as fibras perdem algumas de suas propriedades, tornando-se mais grossas, menos onduladas e com pouca suavidade ao tato.

Clima excessivamente seco reduz a secreção de suarda, tornando a lã pouco resistente e menos elástica. Portanto, o clima que melhor se adapta aos ovinos é o frio, com umidade relativa média.

- Solo

O solo é um elemento físico de fundamental importância, tanto no que se refere a sua qualidade como quantidade, pois é sobre ele que vegetam os diversos tipos de pastagens.

Os ovinos normalmente se adaptam bem a qualquer tipo de solo, desde que apresente uma adequada distribuição de espécies forrageiras e de alto valor nutritivo. A única exceção são os solos baixos e úmidos, onde podem ocorrer com maior frequência verminoses e infecções nos cascos dos animais.

Na área de estudos, verificou-se que nos solos mais argilosos (maior fertilidade natural), representados pelas unidades Aceguá, Ponche Verde e Planossolos, existe uma maior abundância de gramíneas e leguminosas consideradas de boa qualidade, muito indicadas para a ovinocultura.

- Pastagens



Os ovinos são animais que não se alimentam de gramíneas grosseiras, dando preferência às chamadas pastagens finas e palatáveis.

Nos campos nativos da região, estas forrageiras são representadas principalmente pela grama forquilha (*Paspalum notatum*) e grama tapete (*Axonopus affinis*), ambas gramíneas e perenes. A espécie leguminosa e nativa que vegeta com maior intensidade e é consorciada às gramíneas é o pega-pega (*Desmodium canum*), de excelente valor nutritivo.

Em razão de os ovinos apreenderem preferencialmente os pastos e ervas curtas, é importante o controle permanente da altura das forrageiras, evitando-se seu crescimento excessivo. Uma prática comumente usada é a criação de ovinos e bovinos na mesma área, já que os bovinos apreendem apenas os pastos mais altos.

Durante o inverno, praticamente paralisa o desenvolvimento dos pastos nativos, havendo portanto escassez de alimentação. Neste caso, o ovinocultor implanta uma pastagem cultivada (artificial), constituída preferencialmente de uma consorciação de gramíneas e leguminosas.

As espécies normalmente preferidas são o azevém anual ou aveia com trevo branco ou subterrâneo, por serem pastagens amplamente adaptadas ao clima e solo da região.

- Alimentação

Os ovinos requerem uma alimentação uniforme e suficiente durante todo o ano, em quantidade proporcional às exigências do organismo, variável com a idade, tamanho, peso e raça.

Na maioria dos estabelecimentos, a alimentação básica provém da pastagem nativa. Na impossibilidade de alimentar todo o rebanho com pastagem cultivada, é pelo menos muito proveitoso serem destinados um ou mais poteiros com pastagem cultivada para cordeiros desmamados, ovelhas velhas ou animais fracos.

- Aguadas

As aguadas são fatores de suma importância para o estado sanitário dos animais. Os ovinos adultos consomem diariamente uma média de 3 a 9 litros de água, e os cordeiros, de 1 a 2 litros. Este consumo varia conforme o clima e o tipo de alimento.

As aguadas mais comuns encontradas na região são de água corrente (sangas e arroios). Eventualmente, quando não existem estas fontes na propriedade, são construídos açudes ou poços e a água, muitas vezes, é retirada através de bombas.

- Instalações

Instalações fazem parte das diversas construções de uma propriedade (fazenda) para a execução de um manejo adequado dos animais. Normalmente, as principais instalações são construídas na sede da fazenda (geralmente no alto e centro da propriedade) de modo a ter-se uma melhor visibilidade geral.

Fazem parte das instalações os poteiros, abrigos, cercas, cabanha, mangueiras, galpão de tosquia, banheiro anti-sárnico e manga de contenção.

- poteiros: o número e a área de cada poteiro depende da idade ou padrão racial dos animais. Deve-se proceder à divisão dos poteiros de tal forma que cada um disponha de água;

- abrigos: são muito importantes para a proteção dos animais, principalmente contra chuva, geadas, frio e calor. Estes abrigos podem ser naturais ou artificiais. Os naturais são



constituídos pelas matas nativas ou implantadas. São muito utilizados na região os chamados capões de eucaliptos, especialmente pela ampla adaptação desta planta ao clima e solo do município. Os abrigos artificiais são menos frequentes e sua utilização requer um custo de implantação muito alto (construção de galpões, abrigos metálicos, etc.);

- cercas: na região, a maioria das cercas são construídas para suportar uma criação mista, isto é, bovinos, eqüinos e ovinos. Normalmente são colocados postes de madeira com cerne ou postes de pedras, a cada dez metros, intercalando-se cinco tramas distanciadas de dois metros entre si. Na ligação dos postes e tramas, costuma-se usar sete fios de arame liso, atingindo uma altura de 1,30 a 1,40 metros do solo;
 - cabanha: trata-se de um estábulo, em cujo interior são construídos pequenos "boxes", destinados normalmente à manutenção de reprodutores machos durante o período em que permanecem afastados do rebanho;
 - mangueiras: têm como finalidade facilitar o manejo dos ovinos. Dependem do número de animais, divisão de poteiros e sistema de criação. Todas as mangueiras devem ter comunicação com os bretes, os quais devem ser dispostos de modo a servir para todos os tipos de trabalhos realizados com o rebanho;
 - galpão de tosquia: é o local onde os ovinos são esquilados. Pode ser construído em madeira ou alvenaria e seu formato e tamanho dependem do número de animais da propriedade. Deve apresentar boa iluminação e ventilação para um bom desempenho dos trabalhos;
 - banheiro anti-sárnico: consta de um tanque de imersão, normalmente com capacidade para 6.000 litros, cuja forma pode ser circular ou retilínea. O tanque deve ser coberto a fim de evitar a penetração da água da chuva na solução anti-sárnica. Para a eficácia do tratamento contra a sarna, os animais devem permanecer imersos por algum tempo na solução utilizada;
 - manga de contenção: é um corredor com extensão entre 6 a 11 metros, altura de 0,80 metros e laterais cobertas por tábuas inteiras. Esta instalação permite a inspeção rigorosa dos animais e a medicação contra a verminose, sem a necessidade de agarradores.
- Formação do rebanho

O rebanho ovino é normalmente constituído de ovelhas, carneiros, capões, borregas e cordeiros. O número de animais de cada uma das categorias é variável.

As ovelhas representam os ventres destinados à procriação, sendo descartadas geralmente aos 6 anos de idade. Os carneiros, na proporção de 2 a 4% das ovelhas, somente integram o rebanho durante os 2 ou 3 meses do serviço de cobertura, passando o restante do ano em separado. Os capões (machos castrados), destinados à produção de lã, são mantidos durante quatro anos, sendo posteriormente comercializados para abate.

As borregas são mantidas à parte até completarem 18 a 20 meses, passando então a integrar o rebanho de cria, substituindo as ovelhas velhas. Os cordeiros são castrados nos primeiros dias de vida (15 a 30 dias) e desmamados aos cinco meses, passando então para o rebanho de capões. Parte destes cordeiros são aproveitados para o abate, produzindo um tipo de carne especial, muito apreciada pela população.

- Reprodução

Os ovinos geralmente atingem a maturidade sexual dos 8 aos 10 meses de idade. Normalmente, dos 18 aos 30 meses estão em fase de reprodução sem inconvenientes.



- Acasalamento

O acasalamento constitui a fase inicial do processo reprodutivo das ovelhas.

As ovelhas adultas manifestam o cio 60 a 70 dias após o desmame dos cordeiros. A idade indicada para o acasalamento das borregas é quando atingem peso superior a 30 kg. A gestação da ovelha dura em média cento e cinquenta dias.

Durante o acasalamento dos ovinos, utiliza-se normalmente três métodos de monta, quais sejam:

- monta livre: neste caso, os carneiros são deixados em liberdade no rebanho, sem interferência do criador. No sistema de criação extensiva, este é o método mais usual, pois a monta se realiza livremente no campo;
- monta controlada: é o método mais apropriado para animais de plantéis. As ovelhas em cio são encerradas em currais, onde o carneiro realiza a monta;
- inseminação artificial: prática muito usada por permitir o máximo aproveitamento dos reprodutores de elevado valor zootécnico, além de facilitar o cruzamento entre animais com consideráveis diferenças em tamanho, peso e idade.

No acasalamento, devem ser considerados como aspectos importantes a época, duração, alimentação e número de carneiros a serem utilizados.

- época: na região, a época mais adequada e usada para o acasalamento é o outono;
- duração: seis semanas é considerado um período satisfatório para o acasalamento. Para as borregas, pode-se estendê-lo em dois meses;
- alimentação: é condição básica que as ovelhas estejam bem alimenta-das, pois assim apresentarão melhor taxa de ovulação e maior número de cordeiros nascidos;
- número de carneiros a usar: não existe uma regra fixa que possa ser aplicada; entretanto, são utilizados 2 a 4% de carneiros em relação às ovelhas.

- Sinalização

A sinalização e o desmame são práticas que visam a aumentar a produtividade dos cordeiros e facilitar seu manejo no rebanho.

Na sinalização, efetuam-se várias operações nos cordeiros, tais como marcação ou identificação, castração dos machos, corte da cola e vacinações.

Normalmente, a sinalização é realizada em cordeiros com duas a quatro semanas de idade. Deve-se realizá-la em dias de baixa temperatura, normalmente cedo pela manhã, em mangueiras limpas e com material adequado (constantemente desinfetado).

Após a sinalização, deixa-se os cordeiros com as mães em um potreiro próximo à mangueira, movimentando-se o rebanho somente nas últimas horas do dia.

A castração e o corte de cola podem ser realizados com o auxílio de faca, anéis de borracha ou burdizo.

- Desmame

O desmame consiste da separação do cordeiro da ovelha (mãe). Em condições naturais existe a separação dos cordeiros das ovelhas mães após os cinco meses de idade.



Porém, a pesquisa recomenda realizar o desmame na idade de 12 a 14 semanas, principalmente por aspectos de manejo dos cordeiros. É importante neste momento observar-se a condição corporal dos cordeiros e a qualidade da pastagem (não muito alta e com boas aguadas).

- Tosquia

A tosquia, também denominada de esquila ou tosa, é a operação que consiste na remoção (corte) da lã dos ovinos.

Cada ovino adulto produz em média um velo de 3 kg de lã.

Existem dois processos de esquila comumente utilizados, quais sejam, o tradicional em que o animal é tosado maneado, e o outro, chamado australiano.

O método tradicional utiliza tesouras comuns de aço de aproximadamente 30 cm de comprimento. Neste caso, a tosa é denominada "a martelo", atualmente ainda utilizada com alguma frequência, apesar de apresentar algumas restrições. Um bom tosador esquila de 30 a 40 ovinos em oito horas de trabalho.

O método australiano, apresenta uma série de vantagens técnicas e econômicas em relação ao tradicional. Utilizam uma tesoura elétrica acionada por um motor a combustão ou elétrico, sendo que cada máquina utiliza duas ou mais tesouras. Neste caso, podem ser tosados de 80 a 100 ovinos em oito horas de trabalho.

As principais particularidades do método australiano são:

- o serviço se torna mais rápido e a permanência da equipe de tosadores no estabelecimento é, portanto, mais curta;
- o animal, não sofrendo pressão do tosador, tem uma posição mais cômoda, ficando assim mais calmo.
- os velos saem inteiros, sendo seu acondicionamento mais econômico por serem atados com a própria lã;
- a lã das patas e da barriga é retirada separadamente, proporcionando uma melhor cotação comercial;
- não há necessidade de amarrar os ovinos, pois eles aceitam docilmente todas as manobras do tosador;
- cada tosador dispõe de bretes junto à cancha de tosquia, onde ele próprio executa o trabalho de agarrador, dispensando assim a figura do agarrador e maneador;
- as probabilidades de cortes nos animais são menores;
- diminui consideravelmente a quantidade de aparas ou pontas-de-mesa;
- os velos com alguma quantidade de semente, um tanto feltrados, com pontas manchadas, etc. são limpos ao se processar o acondicionamento, valorizando-os na classificação comercial;
- as lãs provenientes do sistema australiano oferecem melhores garantias quanto ao rendimento na indústria.

- Seleção

A seleção é um processo importante para aumentar os índices de produção do rebanho. Ela tem por objetivos:

- aumentar as médias de produção do rebanho durante sua vida útil;
- aumentar a média de produção das futuras gerações.



Assim, a seleção compreende, de um lado, um processo de melhoramento genético do rebanho e, por outro, um processo de refugo ou eliminação. A ênfase da seleção deve ser colocada nos animais jovens que serão incorporados ao rebanho de produção e na revisão anual dos rebanhos de cria para eliminar os animais com problemas que possam afetar sua produção.

Portanto, a meta do produtor deve ser selecionar os animais mais eficientes e gradualmente fazer desaparecer os menos produtivos.

- Melhoramento genético

Quando o criador desejar produzir cordeiros melhores que as ovelhas (mães), deve introduzir carneiros geneticamente superiores aos de seu rebanho. Recomenda-se a aquisição de carneiros em cabanhas que selecionem os animais baseados em dados de produção. Igualmente, as borregas que se incorporam ao rebanho devem ser selecionadas considerando suas principais características produtivas, tais como peso de velo sujo (nas raças produtoras de lã) e peso corporal (nas raças produtoras de carne).

- Descarte

O descarte visa a diminuir ou separar os animais com problemas ou caracteres que afetam ou influem negativamente em sua produção. Deve ser feito anualmente para evitar a criação e a alimentação de animais pouco eficientes. O descarte deve ser feito por ocasião da tosquia, desmame ou antes do acasalamento. Os principais motivos para o descarte são:

- defeitos corporais, tais como prognatismo, defeitos testiculares, do úbere ou das patas;
- defeitos na lã, como a presença de fibras pigmentadas ou meduladas, velos fora de finura, acapachados ou de cor amarelada;
- idade, através do estado corporal ou desgaste dentário.

Obs.: Na área de estudos, um trabalho pioneiro de Riet-Corrêa et alii (1985) menciona a possibilidade de ovelhas com 3 a 4 anos de idade apresentarem desgaste total dos dentes incisivos devido a contaminação das pastagens ocasionadas por particulados eliminados pela chaminé da UTPM.

Vale salientar que, na época de realização do trabalho, os precipitadores eletrostáticos das usinas não operavam a contento, apresentando baixa eficiência de remoção de particulados. Desta forma, sugerimos a condução deste tipo de estudo novamente, agora que a UTPM dispões de precipitadores de alta eficiência.



- Controle sanitário

De um modo geral os ovinos são animais muito susceptíveis a infecções parasitárias e pouco resistentes a doenças infecciosas. Em vista disso, deve-se recorrer a medidas preventivas e higiênicas para evitar o aparecimento destas enfermidades.

Os principais mecanismos no controle sanitário são as vacinações, dosificações e banhos.

- vacinação: todo ovino requer uma ou duas vacinações por ano. A época de vacinação varia segundo a doença, idade e categoria dos animais. Normalmente, as vacinações recomendadas estão descritas em tabelas de uso generalizado para todo o Estado.

- dosificação: a verminose é tida como um dos principais problemas que afetam os ovinos, sendo mais crítica nos animais em crescimento. Dependendo do grau de infestação, os parasitas provocam perdas no peso corporal e interferem no crescimento e qualidade da lã, podendo inclusive causar a morte dos animais.

Os ovinos normalmente são infectados nas pastagens, contaminadas por fezes. Os métodos de controle das verminoses são as dosificações estratégicas e as baseadas em exame de fezes.

Na região, as ovelhas normalmente recebem em média seis dosificações por ano, sendo as épocas estratégicas mais recomendadas antes e após o acasalamento, antes da parição, na sinalização, após a tosquia e no desmame. Os cordeiros, por serem mais susceptíveis a verminoses, recebem um mínimo de oito dosificações até os quatorze meses de idade.

- banho: uma vez ao ano os ovinos devem ser banhados para mantê-los livres de piolhos e sarna. Os rebanhos infectados devem receber dois banhos seguidos, com intervalos de 10 a 12 dias. É interessante banhar todos os animais ao mesmo tempo, sendo o ideal que a data coincida aproximadamente com a das propriedades vizinhas, de tal modo que toda a área possa ser considerada limpa.

Bovinocultura

- Introdução

A exploração de bovinos de corte é a atividade econômica mais importante do município.

Devido às condições favoráveis de clima, solo e pastagens, as denominadas raças européias de gado de corte foram introduzidas, sendo amplamente criadas nos campos da região.

- Raças

As raças mais criadas na região são a Hereford e suas cruzas, correspondendo a mais de 80% do rebanho. Esta raça, muito usada em cruzamentos, caracteriza-se por imprimir muitos de seus atributos já na primeira geração e apresentar grande equilíbrio entre rusticidade e precocidade.

As demais raças criadas e difundidas são as Devon, Santa Gertrudes, Normanda, Charolês e Ibagé.

Os animais da raça Devon têm revelado excelente capacidade de adaptação às regiões de pastos pobres.

Vale mencionar que a raça Ibagé foi desenvolvida por pesquisadores da EMBRAPA local.



- Clima

O clima da região é mesotérmico, tipo subtropical, da classe Cfa de acordo com a classificação de Köppen.

A precipitação média anual varia de 1.250 a 1.350 mm, sendo distribuída em torno de 34% no inverno, 25% na primavera, 25% no outono e 16% no verão.

A temperatura média anual é de 17,6 °C, sendo a média do mês mais quente (janeiro) de 24 °C e a do mês mais frio (junho), de 12,5 °C. As temperaturas extremas do ano são 4 °C negativos e 41 °C.

A umidade relativa do ar oscila entre 75 a 85%.

A formação de geadas ocorre nos meses de abril a novembro, com maior incidência de junho a agosto.

Os ventos predominantes são sudeste, nos meses de setembro a abril, e nordeste, nos meses de maio a agosto.

Em razão das características climáticas descritas, os bovinos originários de regiões frias da Europa se adaptaram bem ao clima da região.

- Solo

O solo, como sustentáculo físico da vegetação, tem fundamental importância tanto na quantidade como na qualidade das pastagens. A composição química das pastagens deve reunir todos os elementos imprescindíveis ao desenvolvimento dos animais. Assim, todos os solos que apresentam boas propriedades físicas e químicas são indicados, com exceção dos demasiadamente úmidos, que devem ser evitados devido principalmente a problemas de sanidade.

- Pastagens

Ao contrário do que ocorre com os ovinos, a pastagem destinada aos bovinos é geralmente mais grosseira (fibrosa) e bem mais desenvolvida (pastos altos).

Na região, os campos nativos suportam um pastejo de outubro a maio que varia de 0,8 a 1,0 U.A./ha; porém, nos meses de inverno a lotação baixa para 0,5 U.A./ha. Neste período, os criadores utilizam pastagens cultivadas em proporção variável entre 5 e 20% da superfície pastoril do estabelecimento.

A consorciação normalmente utilizada é formada por azevém anual (*Lolium multiflorum*), cornichão (*Lotus corniculatus*), cultivar São Gabriel, e trevo branco (*Trifolium repens*), cultivar Bagé, podendo este ser substituído pelo trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*), cultivar Clare.

Para solos mais leves, o trevo branco deve ser substituído pelo trevo subterrâneo, cultivar Mt. Barker, ou pelo trevo vermelho, cultivar Karland ou Savezon. Para áreas de várzea (resteva de arroz), usa-se a mistura trevo branco e azevém.

As sementes utilizadas devem ser fiscalizadas, sendo as leguminosas inoculadas e peletizadas com um inoculante específico. A semeadura é feita manualmente ou com semeadeira apropriada, conforme as densidades constantes do Quadro 3.1.

QUADRO 3.1 - Densidade de semeadura

FORRAGEIRA	DENSIDADE kg/ha
Azevém	10
Trevo branco	2
Trevo subterrâneo	6
Trevo vermelho	4
Cornichão	8

A pastagem será semeada nos meses de março e abril, observando-se sempre a correção e adubação de acordo com os resultados da análise de solos.

No manejo da pastagem nativa, deve-se evitar a queimada, pois esta prática favorece o aparecimento de espécies indesejáveis, tais como chirca, vassouras, etc. Sempre que possível deve-se usar roçadeira para a limpeza do campo.

Obs.: Segundo Riet - Corrêa et alii (1986), existe a possibilidade de desgaste prematuro excessivo e lesões nos dentes incisivos permanentes em bovinos criados próximo à UTPM. De acordo com estes autores, o fato é devido a contaminação das pastagens locais por particulados eliminados pela chaminé da referida usina.

Conforme já citado, os precipitadores eletrostáticos na época de realização do estudo apresentavam eficiência significativamente inferiores às atuais. Assim sendo, novamente salientamos a conveniência de nova realização destes estudos.

Alimentação

A alimentação adequada e suficiente é um fator muito importante na criação de qualquer animal doméstico; a saúde dos bovinos depende fundamentalmente da alimentação que recebem.

O baixo desfrute anual verificado na pecuária pode ser atribuído, em grande parte, à ocorrência de períodos críticos de alimentação durante a vida do gado.

Todo o alimento normalmente apresenta em sua composição nutrientes energéticos e protéicos. Quando um destes componentes, ou ambos, tiver participação elevada na composição do alimento, este é dito um concentrado energético ou protéico; por outro lado, quando a composição for relativamente baixa, o alimento é dito volumoso. Como alimentos volumosos, existem as pastagens nativas e as cultivadas (principais fontes), fenos, silagens e resíduos de lavouras (palhas). Dentre os principais alimentos concentrados, estão os grãos de cereais, farelos diversos e tortas.

Na área de estudos, os pecuaristas utilizam as pastagens nativas como alimentação básica dos animais. Durante os meses de inverno, elas são substituídas pelas pastagens cultivadas. Os alimentos concentrados, quando eventualmente fornecidos aos animais, contemplam apenas os pertencentes a alguma categoria especial, tais como os reprodutores.



- Sombras - Abrigos e aguadas

As sombras, abrigos e aguadas são elementos indispensáveis exigidos dentro de uma invernada ou área de campo onde vivem animais.

- sombras: na região, as sombras normalmente são conseguidas mediante a formação de bosques de eucaliptos e o aproveitamento de alguns capões nativos.

A utilização dos bosques de eucaliptos é freqüente em virtude da rapidez de crescimento e adaptação da espécie ao solo e clima da região. Não raras vezes, o eucalipto também produz madeira que é utilizada na construção de benfeitorias da propriedade e até mesmo na construção de cercas.

As sombras devem ser bem distribuídas pela propriedade, evitando-se que os animais se concentrem apenas em determinadas áreas, pois esta situação poderia causar alguns inconvenientes tais como o superpastejo, maior infestação por verminoses, surgimento de erosão e destruição dos melhores pastos pelo pastoreio seletivo.

Os animais sem acesso à sombra nos meses quentes aproveitam a pastagem 15% menos em relação aos que dispõem de boa sombra;

- abrigos: as mesmas áreas importantes pela sombra servem de abrigo aos animais no inverno e em dias de chuvas com ventos frios. O critério de distribuição na propriedade será o mesmo indicado com relação às sombras, devido às mesmas razões já expostas;

- aguadas: a água compõe todos os tecidos e participa de todas as funções orgânicas, estando presente na composição do sangue e da linfa. Um animal adulto necessita cerca de 50 litros de água por dia e seu corpo contém água na proporção de até 50% do peso.

As aguadas devem estar distribuídas pela propriedade de tal forma que os animais não precisem se deslocar a grandes distâncias. As aguadas mais comuns encontradas na região são de água corrente (sangas e arroios). Quando não existirem tais fontes na fazenda, são normalmente construídos açudes ou poços.

- Instalações

As instalações, usualmente dimensionadas de acordo com o tamanho da propriedade, são situadas em localização central de forma a facilitar o manejo dos animais.

As instalações fundamentais para a criação e manejo de bovinos de corte constam de poteiros, mangueira de madeira de lei e bretes, banheiro carrapaticida, balança de pesagem e embarcadouro.

- poteiros: para um melhor manejo da criação, os animais são mantidos separados por idade e sexo. Neste caso, na fazenda devem existir poteiros ou invernadas destinadas às seguintes categorias de animais: - vacas de cria;

- novilhas de 1 e 2 anos;
- novilhos de 1 a 3 anos;
- bois de invernar;
- vacas de invernar;
- touros;
- desmame de terneiros.

Todos os poteiros ou invernadas devem ser cercados com seis fios de arame, possuir boas aguadas e muita sombra. É indispensável a existência de cochos cobertos para a suplementação dos animais com sal mineralizado e farinha de ossos na proporção de 1:1; esta mistura deve ficar permanentemente à disposição dos animais;



- mangueiras e bretes: são instalações básicas indispensáveis para a execução de diversos serviços. As mangueiras servem para encerrar os animais, e, os bretes, para imobilizá-los quando se pretende vacinar, marcar, assinalar, fazer curativos, descornar, etc. A construção das mangueiras é feita com madeira de lei ou eucalipto previamente tratado. Nestas condições, as instalações construídas apresentam maior vida útil;
 - banheiro carrapaticida: é uma instalação indispensável em todo esta-belecimento que cria gado de corte. Pode ser de imersão ou por aspersão. O banheiro por imersão é o mais difundido na região, sendo construído em formato de um tanque em linha reta, normalmente com capacidade para 12.000 litros de água. Deve ser coberto para evitar a contaminação com a água da chuva;
 - balança de pesagem: deve ser instalada de modo a facilitar a determinação do peso dos animais. Normalmente a pesagem dos bovinos é individual e a balança fica protegida no interior de um galpão;
 - embarcadouro: é um brete destinado ao carregamento dos bovinos. É construído acima do nível do solo, de modo a facilitar a aproximação do veículo transportador.
- Melhoramento Zootécnico

Segundo Salomoni,(1986) o perfil da exploração pecuária na região, em campo nativo, é a seguinte:

- taxa de natalidade	50%
- desfrute	11%
- mortalidade	8%
- lotação em cab./ha	0,65
- idade de acasalamento (meses)	36
- idade à primeira cria (meses)	48
- idade de abate dos novilhos (meses)	54

Os dados apresentados sugerem a necessidade de melhoria dos índices, visando o aumento da produtividade do rebanho.

O melhoramento zootécnico visa o uso de reprodutores efetivamente melhoradores e a seleção dos ventres a nível do rebanho.

Deve-se iniciar o processo seletivo pelas novilhas, levando-se em consideração o desenvolvimento, aproximadamente 300 kg de peso vivo, e o exame ginecológico.

No caso de não se fazer o exame ginecológico, eliminar todas as novilhas falhadas, após o primeiro entore.

Selecionar as vacas adultas eliminando as que estiverem com dentes gastos ou tiverem produzido terneiros fracos. Esta operação é gradativa e a eliminação dos ventres será logo após o diagnóstico da gestação.

A eliminação das vacas deve obedecer a um esquema de prioridade, na medida em que as práticas de manejo forem sendo intensificadas. Assim sendo, deve-se obedecer as seguintes prioridades:

- eliminar todas as vaquilhonas falhadas;
- eliminar as vacas falhadas em dois anos consecutivos;



- eliminação de vacas que falharem em dois anos não consecutivos;
- eliminação de toda e qualquer vaca que se apresentar falhada após o período de monta.

- Reprodução

Na reprodução, os seguintes tópicos são considerados importantes:

- época: na região, o período de acasalamento é de aproximadamente 90 dias, preferencialmente entre os meses de setembro e janeiro. As novilhas são acasaladas com antecedência de 20 a 30 dias em relação ao rebanho adulto. Os touros são colocados nos poteiros juntamente com as vacas.
- idade do acasalamento: as novilhas são acasaladas aos 36 meses de idade, com peso superior a 300 kg e, se mantidas em boas condições, procriam até 9 anos. Os touros devem entrar em serviço com 2 a 3 anos de idade, de acordo com seu desenvolvimento. São mantidos no rebanho até os 6 anos, sendo anualmente substituídos 25% dos touros em reprodução. Terminado o período de monta, eles são retirados do rodeio de cria, pois não é aconselhável sua permanência com as vacas. Cabe citar que os touros deverão estar em bom estado nutricional durante todo ano.
- relação macho/fêmea: nos rebanhos gerais são utilizados cerca de 4 touros para cada 100 vacas. Os touros são utilizados em rodízio e, antes do período de serviço, é realizado seu teste de fertilidade.
- manejo das fêmeas: após o diagnóstico da gestação por meio do toque, as novilhas vazias são retiradas de cria e as com prenhez positiva, colocadas separadamente de outras categorias, em poteiros com boa disponibilidade de pastos. Quando se aproxima a época do parto (meses de julho a novembro), deve-se adotar determinados cuidados especiais. As recorridas à campo são intensificadas, tendo em vista a ocorrência de partos difíceis, comuns a esta categoria. Vale mencionar que um parto com duração superior a 2 horas é considerado anormal. As vacas com primeira cria ao pé devem receber tratamento especial para não perderem peso durante o período de gestação e aleitamento. Para tanto, são-lhes reservados os campos com as melhores pastagens. As vacas adultas devem estar sempre suficientemente nutridas. É feito um descarte anual de ventres, com base na idade de 7 a 8 anos, após a estabilização do rebanho. Para os ventres falhados e vaquilhonas, recomenda-se a inseminação artificial com sêmen de reprodutores comprovadamente melhoradores e de alta fertilidade. Após 60 dias da retirada dos touros ou do término do período de inseminação artificial, as fêmeas acasaladas são submetidas ao diagnóstico da gestação através do toque.
- desmame: os ferneiros são desmamados ao atingirem 6 meses de idade, quando então têm aproximadamente 130 kg de peso vivo. Nessa ocasião, eles são separados das vacas e colocados em poteiros de pastagens cultivadas ou campo nativo com pastagens abundantes e tenras.
- manejo dos bovinos em crescimento: os terneiros de sobreano permanecem em campo nativo apropriado, onde as pastagens devem apresentar condições nutricionais compatíveis com suas necessidades de crescimento. Os que apresentam sintomas de carência alimentar ou mau estado são deslocados para pastagens cultivadas. Os novilhos de 2,5 anos são colocados em pastagem nativa ou cultivada (inverno) para a engorda. São comercializados para o abate aos 3 anos de idade, quando então têm aproximadamente 450 kg de peso vivo.
- outras práticas: os terneiros são castrados e marcados com 8 a 12 meses de idade, preferentemente no mês de junho. O descorne, que consiste em amochar os animais, deve ser feito nos primeiros dias de vida do terneiro. O amochamento deve ser feito por corte dos botões do chifre e posterior queima com um ferro quente. Pode-se também utilizar substâncias químicas para esta finalidade.

- Sanidade



Para a manutenção da sanidade do rebanho, adota-se de preferência medidas preventivas de controle de doenças. As medidas curativas sempre são somente empregadas como último recurso.

Na sanidade do rebanho, leva-se em consideração o emprego adequado das vacinações, controle das verminoses (Quadros 3.2 e 3.3) e controle de carrapatos e bernes.

- vacinações: dentre as medidas da defesa sanitária animal, destaca-se a vacinação como sendo a maneira mais eficaz, econômica e racional de prevenção de doenças.

A eficiência de uma vacina não depende somente do correto manejo de uma seringa, mas também de outros cuidados especiais que vão desde a aquisição do produto até o momento de sua aplicação.

As vacinas podem ser inoculadas por via subcutânea, intra-muscular ou intradérmica, sendo a grande maioria das aplicações feitas por via subcutânea (entre o couro e o músculo).

As recomendações sobre a via de inoculação e a dose a ser aplicada, encontradas no rótulo do frasco ou bula anexa, devem ser rigorosamente obedecidas.

Os criadores da região seguem as determinações da Inspeção Veterinária local, que organiza e orienta um calendário de vacinações a serem realizadas.

As principais doenças que atacam os rebanhos da região são as seguintes:

- febre aftosa: doença altamente contagiosa contra a qual a vacinação é obrigatória em todo o Rio Grande do Sul. Vacinam-se todos os animais do rebanho de 4 em 4 meses, sendo a via de aplicação subcutânea. Deve-se ter o cuidado de conservar a vacina a uma temperatura entre 6 e 8 °C;

- brucelose: devem ser vacinadas todas as fêmeas entre 4 e 9 meses de idade, via subcutânea, em uma única aplicação. A vacina também deve ser conservada entre 5 e 10 °C;

- carbúnculo hemático: todo o rebanho deve ser anualmente vacinado, preferencialmente no outono (maio). A via de aplicação da vacina é subcutânea;

- carbúnculo sintomático: os terneiros e sobreano devem ser vacinados anualmente, no verão (fevereiro). Deve-se ter o cuidado de proteger a vacina dos raios solares;

- gangrena gasosa: em localidades onde esta doença ocorre, todo o rebanho deve ser vacinado anualmente na primavera (outubro);

- outras doenças, tais como a raiva, pneumoenterite e hemoglobinúria bacilar - o rebanho deve ser vacinado sempre que houver a incidência da moléstia na região.

- controle de verminoses: as verminoses, também denominadas de endoparasitoses, ocasionam enormes prejuízos aos bovinos, especialmente em animais jovens e, portanto, mais sensíveis.

As verminoses mais comuns são as gastrointestinais e as pulmonares.

As verminoses gastrointestinais, como o nome sugere, são causadas por vermes que parasitam o estômago e o intestino dos bovinos.

As espécies mais importantes que parasitam o estômago dos bovinos são: - *Haemonchos contortus*

- *Ostertagia ostertagi*

- *Trichostrongylus axei*

Por sua vez, os mais importantes parasitas do intestino dos bovinos são: - *Cooperia* sp;

- *Bunostomum* sp;

- *Oesophagostomum radiatum*.

Os principais sintomas das verminoses são o emagrecimento progressivo dos animais, mucosas pálidas, pelos arrepiados e sem brilho, diarreias contínuas, lombo arqueado e ventre com volume aumentado.

Deste modo, recomenda-se para a região em estudo a dosificação dos terneiros e animais de sobreano com anti-helmínticos de amplo espectro, conforme a idade e nos seguintes períodos:



QUADRO 3.2 - Dosagem de anti-helmínticos para bovinos em campo nativo

IDADE	MESES DE DOSAGENS			
	MAR	MAI	JUN	SET
Do desmame até 1 ano		X	X	X
Sobreano até 2 anos	X	X		X

QUADRO 3.3 - Dosagem de anti-helmínticos para bovinos em pastagem cultivada

IDADE	MESES DE DOSAGENS							
	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
Do desmame até 1 ano		X		X		X		X
Sobreano até 2 anos	X		X		X		X	

As verminoses pulmonares, por sua vez normalmente atacam os animais mantidos em poteiros ou invernadas baixas e úmidas. *Dictyocaulus viviposus* é um verme branco e fino que, no pulmão do animal, se localiza preferencialmente nos brônquios e bronquíolos. Os animais infestados apresentam tosse, emagrecem progressivamente e o pelo torna-se seco, sem brilho, comprido e arrepiado.

Recomenda-se utilizar um anti-helmíntico com ação específica contra este tipo de verminose.

Após a medicação, deixa-se os animais presos por um período mínimo de 6 horas antes de sua condução a novos poteiros.

As verminoses são muito influenciadas pela lotação dos campos e condições climáticas. Assim, a vigilância do rebanho é importante, sendo necessário, em determinadas ocasiões, o aumento do número de dosificações.

- controle de carrapatos e bernes (ectoparasitas): os bernes caracterizam-se pela formação de nódulos cutâneos, perfurando o couro dos animais, causando com isso constante irritação. Como consequência, diminuem a produção de leite e carne. O berne é a larva da mosca *Dermatobia hominis*, conhecida popularmente como "mosca do berne".

Os maiores prejuízos causados pelo berne estão na desvalorização dos couros, estabelecimento de infecções, formação de tumores e abscessos e, como consequência, o aparecimento de miíases (bicheiras).

O combate à "mosca do berne" é feito mediante pulverização de inseticida específico ou utilização do chamado "brinco mosquicida". A larva já instalada pode ser controlada durante o "banho carrapaticida".

Os carrapatos, além de sugarem o sangue dos bovinos, também são responsáveis pela transmissão de doenças, tais como a piroplasmose e a anaplasmose, comumente chamadas de "tristeza parasitária".

Estes parasitas também causam enormes prejuízos, principalmente aos animais jovens, retardando seu crescimento. Nos animais adultos, provocam a diminuição da produção de leite e carne. Outro dano observado pelo ataque do carrapato é a perfuração do couro do animal, desvalorizando-o especialmente do ponto de vista industrial. Um ataque intenso destes parasitas igualmente abre caminho para a instalação de "bicheiras" (miíases).

O controle do carrapato é feito por meio de banhos de imersão do animal em banheiros carrapaticidas. Estes banheiros devem ser dimensionados para uma capacidade média de 12.000 litros.



O preparo do banho carrapaticida é uma operação importante que requer muito cuidado, pois os carrapaticidas são em geral substâncias muito tóxicas.

Não se pode estabelecer um prazo ou intervalo entre um banho e outro: a frequência é determinada pela observação do criador, sendo necessário um banho sempre que houver nova reinfestação.

Uma medida profilática importante é efetuar, a partir do mês de novembro, 3 a 4 banhos com intervalos de 2 semanas, mesmo que não sejam observados carrapatos nos animais. Esta medida é adotada para diminuir a infestação no campo e a conseqüente reinfestação do gado.

Produção de Grãos

Na área de estudos abrangida pelo Projeto RIMA - Candiota III, as culturas de arroz irrigado, sorgo granífero, trigo, milho e soja são economicamente importantes para os produtores rurais dessa região.

Em razão disso, será feita a descrição destas culturas, observando-se os detalhes técnicos de cultivo e armazenagem.

Cultura do arroz irrigado

- Introdução

Na região de Bagé, a cultura do arroz irrigado é realizada em solos aluvionais próximos a arroios e sangas ou áreas planas de banhado (várzeas). As possibilidades de expansão da lavoura orizícola no município são grandes, pois apenas 17% das terras apropriadas ao cultivo do arroz estão sendo utilizadas.

Devido principalmente às condições topográficas muito favoráveis, cerca de 90% das lavouras de arroz do município conduzem a água de irrigação por gravidade, dispensando seu recalque. Vale citar que o recalque onera consideravelmente (em cerca de 17%) o custo de produção.

Ao longo dos anos, a área de plantio do município vem aumentando e a produtividade média hoje alcança 4.150 kg/ha.

O armazenamento e o beneficiamento da produção são realizados pelas cooperativas e engenhos particulares da região.

- Origem

A domesticação do arroz ocorreu há tanto tempo que, provavelmente, será impossível determinar, sem controvérsias, tanto seu centro de origem quanto seus ancestrais. O fato é que as evidências sobre o assunto espalham-se por larga área do Sudeste Asiático, levando a crer classificar-se dentre as culturas "não concêntricas", cuja domesticação ocorreu em diferentes épocas e lugares.

- Solo

O solo destinado ao cultivo do arroz deverá apresentar uma topografia plana, mas com leve declividade, para facilitar a drenagem. Normalmente, solos com estas características apresentam o subsolo impermeável (planossolos), condição altamente positiva na economia de água de irrigação devido à pequena perda por percolação profunda. Considerando-se este fato, a lavoura de arroz apresenta duas fases distintas, quais sejam: da sementeira até 25 a 30 dias



após a emergência das plântulas, com o solo em condições de sequeiro; e a segunda, com o solo alagado, durante o restante do ciclo até próximo da colheita.

- Adubação e calagem

A inundação de um solo desencadeia uma série de modificações físicas, microbiológicas e químicas, que afetam profundamente o crescimento e a absorção de nutrientes por parte da planta de arroz, bem como a disponibilidade e a perda de nutrientes no solo. Dessa forma, o solo, quando inundado, apresenta características bem diferentes das que ocorrem sob condições de sequeiro.

As dosagens de nitrogênio, fósforo e potássio devem ser aplicadas de acordo com as recomendações da análise do solo.

No caso de semeadura de arroz pré-germinado, ou seja, em solos preparados sob lameiro, os fertilizantes fosfatados e potássicos podem ser incorporados na formação da lama ou aplicados após o renivelamento, antes da semeadura.

No sistema de semeadura em solo seco, os fertilizantes são aplicados e incorporados com as sementes, ou nos sulcos quando a semeadura for em linha.

Para o nitrogênio, deve-se aplicar 10 kg/ha na semeadura e o restante em cobertura, dependendo do teor de matéria orgânica do solo, tipo de cultivar e condições climáticas. Quando a dose de nitrogênio a aplicar em cobertura for inferior a 50 kg/ha, pode-se efetuar uma única aplicação no início da diferenciação do primórdio floral. Quando a dose for superior a 50 kg/ha, é mais eficiente aplicar metade da dose aos 35 dias após a emergência das plântulas ou no início do perfilhamento, e o restante no início da diferenciação do primórdio floral da maioria dos perfilhos. A adubação nitrogenada deve ser aplicada a lanço em cobertura sobre uma lâmina de água não circulante, interrompendo-se, para isto, as entradas e saídas de água do quadro por um período de 3 a 5 dias.

No caso de desenvolvimento vegetativo exuberante, não é recomendável aplicar nitrogênio, especialmente para cultivares de porte alto e médio, mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica.

De um modo geral, não se recomenda calagem para a correção da acidez do solo para a cultura do arroz sob inundação porque, nestas condições, o pH do solo estabiliza-se entre 6,0 e 6,5, aproximadamente um mês a partir do início da inundação. Após a drenagem do solo, o pH volta a seu valor original. Entretanto, se o solo apresentar teores de cálcio e magnésio trocáveis inferiores a 5 meq/100 mL; recomenda-se aplicar 1 t/ha de calcário dolomítico para suprir as deficiências nos nutrientes mencionados, caso em que o produto funciona como fonte de nutrientes para a cultura.



- Preparo do solo

As operações praticadas no preparo do solo têm por objetivo proporcionar às plântulas um ambiente o mais favorável possível. O terreno está realmente preparado para a semeadura quando estiver seco, limpo de vegetação, destorroado e nivelado. Para que estas condições sejam obtidas, torna-se necessário executar a drenagem do solo, a lavração e a discagem.

A má drenagem do solo dificulta as diversas operações agrícolas, tais como o preparo do solo, a colheita e, especialmente, a utilização destes solos com outras culturas, normalmente suscetíveis a excesso de umidade.

A drenagem da área é indispensável para melhorar as condições físicas e químicas do solo e favorecer a execução dos demais trabalhos, tendo por objetivo principal permitir a realização da semeadura na época indicada. Esta operação não se limita apenas à retirada da água superficial do solo, mas também à existente na camada arável.

São as condições topográficas de cada lavoura que determinam os locais onde devem ficar situados os drenos que dirigem as águas para os pontos mais baixos. Estes drenos devem ser projetados e construídos de modo a ser possível desaguá-los por gravitação contínua. Eles devem ter uma profundidade tal que as águas que normalmente por eles escorrerem fiquem com seu nível superior abaixo da camada arável do solo.

O segundo item muito importante no preparo do solo é a lavração, que deve ser executada com boa antecedência (6 meses) em terras de primeiro cultivo. Em solos já cultivados anteriormente, e que estejam em repouso, esse serviço pode ser iniciado 2 meses antes da semeadura.

A profundidade da lavra oscila entre 10 a 20 cm, sendo preferidos os arados de aiveca em virtude das características do solo. Quando o terreno está muito seco, a lavração é executada com arado de disco, exigindo porém um trabalho posterior de discagem mais demorado. A lavração é o serviço mais moroso dentre os necessários ao preparo do solo, especialmente por exigir mais esforço de tração e também por ser efetuado em época chuvosa.

A última operação de preparo do solo é a discagem, cuja finalidade é "destruir" as leivas formadas pela lavração. A discagem transforma a leiva em solo solto, isto é, apto à operação de semeadura. Este trabalho é realizado com grade de discos, sendo necessário, via de regra, efetuar a operação duas vezes para deixar o solo em condições favoráveis.

- Sistematização da área

A Sistematização da lavoura de arroz irrigado é a operação que envolve o aplainamento do terreno até deixá-lo com a declividade uniforme.

Para a água escoar com facilidade sobre o solo, é necessário que ele esteja sistematizado; caso contrário, parte da água ficará retida em depressões de superfície (micro-relevo).

Os solos hidromórficos são muito rasos, pois o horizonte B₂ está a uma profundidade de 30 a 60 cm na grande maioria dos casos. Em razão disso, a sistematização de terrenos ondulados torna-se uma operação onerosa e de difícil execução. Portanto, é aconselhável usar-se simples passadas de plaina para melhorar progressivamente o micro-relevo da lavoura.



Para o bom funcionamento do "scraper", ou plaina, o solo deve estar com baixo teor de umidade, o que vale também para evitar sua compactação excessiva. Recomenda-se realizar esta operação no verão.

- Cultivares

As cultivares de porte baixo são as mais difundidas na região. Dentre elas, citamos as BR/IRGA 409, BR/IRGA 410, BR/IRGA 412 e BR/IRGA 413.

As cultivares de porte médio mais comuns são Bluebelle e BR/IRGA 411.

- Semeadura

A época de semeadura recomendada para a região é de 15 de outubro a 15 de novembro. Protelando-se a semeadura, há o risco de que as plantas, em plena fase de floração, sofram as primeiras quedas de temperatura, verificadas comumente no fim do verão, mais precisamente em princípios do mês de março. Essas acentuadas quedas de temperatura são responsáveis pela deficiência na fecundação das flores e, em consequência, por uma grande diminuição no rendimento da produção de grãos.

A densidade de semeadura para os cultivares de porte médio é de 200 kg de semente por hectare, para a semeadura a lanço, e 175 kg de sementes por hectare para o sistema em linha.

Para as cultivares de porte baixo, a densidade de semeadura é de 150 kg de sementes por hectare, para o sistema a lanço, e 125 kg para a semeadura em linha.

- Cobertura das sementes

Após a semeadura a lanço da área, procede-se à cobertura das sementes, com o emprego de uma grade de dentes constituída de malhas articuladas que proporciona grande flexibilidade ao implemento, ajustando-o aos desníveis do terreno. Estas grades, denominadas popularmente "arrastões" ou "tapadeiras", são normalmente tracionadas por trator.

Em períodos secos e em terras soltas, é vantajoso tapar as sementes com grade de discos, graduando-a com pouca trava. Assim, as sementes ficarão em maior profundidade, ocasionando uma germinação mais uniforme e diminuindo o risco de serem destapadas pelos ventos ou consumidas por pássaros.

Quando a semeadura é realizada com máquinas especiais (semeadeira - adubadeira), as sementes e o fertilizante são dispostos em linhas, ficando estas sementes também cobertas.

- Irrigação

A prática da irrigação é a principal condicionadora da segurança de se obter uma boa colheita. No Rio Grande do Sul, 95% da produção do arroz provém de lavouras irrigadas, sendo este item responsável por 17% do custo de produção da lavoura, sendo o mais elevado dentre todos.

A distribuição da água de irrigação na lavoura é realizada por intermédio de taipas de nível, que são locadas em curva de nível e permitem o represamento da lâmina d'água (cerca de 15 a 20 cm) necessária ao desenvolvimento da cultura e ao controle de plantas invasoras não-aquáticas.



Os resultados de pesquisa indicam que a irrigação deve ser iniciada 30 dias após a emergência das plantas, e que a supressão da água à lavoura poderá ser realizada 10 dias após a floração plena.

A água de irrigação não deve permanecer estagnada na lavoura, mas sim circular lentamente.

A quantidade de água necessária para a irrigação de um hectare de lavoura oscila entre 10.000 a 16.000 metros cúbicos, dependendo do ciclo vegetativo e da maior ou menor permeabilidade do solo.

- Controle de plantas daninhas

Dentre as invasoras mais importantes no arroz irrigado, destacam-se:

- capim arroz (*Echinochloa* spp);
- tiririca (*Cyperus* spp);
- angiquinho (*Aeschynome* spp);
- arroz vermelho e preto (*Oryza sativa*).

Todas estas espécies, além do alto grau de competição, representam sérios problemas no beneficiamento e industrialização do arroz, pois a presença de sementes de plantas daninhas deprecia acentuadamente o produto.

O controle mais eficiente das plantas daninhas na lavoura de arroz irrigado é realizado mediante o emprego de herbicidas. Genericamente, os herbicidas podem ser aplicados em pré-plantio incorporado, pré-emergência e pós-emergência. A utilização de um ou de outro método de aplicação depende do herbicida a ser empregado.

- Doenças

A cultura do arroz irrigado geralmente é atacada por diversas doenças, cujos danos provocam perdas e instabilidade na produtividade das lavouras. Tais prejuízos atingem em média 10% do potencial de produção.

Dentre essas moléstias, a mais importante é a Bruzone (*Pyricularia oryzae*), cujos efeitos negativos são responsáveis por 6 a 8% das perdas.

Com importância econômica secundária, em ordem decrescente, seguem:

- mancha parda (*Helminthosporium oryzae*);
- mancha estreita (*Cercospora oryzae*);
- escaldadura da folha (*Rhynchosporium oryzae*);
- rizoctonioses (*Rhizoctonia oryzae* e *R. solani*);
- podridão do colmo (*Sclerotium oryzae*);
- manchas das glumas (*Helminthosporium oryzae*, *Phoma* sp., *Curvularia lunata*, *Nigrospora oryzae*, *Alternaria* sp.);
- cárie ou carvão preto do grão (*Tilletia barclayana*);
- tombamento e queima das plântulas (*Helminthosporium oryzae*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp. e *Pythium* sp.);
- ponta branca (*Aphelenchoides besseyi*);
- galhas das raízes (*Meloidogyne hapla*);
- bico de papagaio (provocado por vários distúrbios fisiológicos).

- Bruzone (*Pyricularia oryzae*): a bruzone é responsável pela maior parte dos danos causados pelas doenças do arroz, porque afeta diretamente a formação dos grãos e, indiretamente, a qualidade do arroz beneficiado.

A bruzone pode ser reconhecida por seus sintomas característicos sobre as folhas, colmos e panículas, embora o diagnóstico mais correto seja obtido somente pelo exame microscópico.



Nas folhas, aparecem pequenos pontos de coloração castanho-clara, circundados ou não por um halo amarelado. Estas lesões evoluem, aumentando de tamanho e tomando a forma alongada, com bordos irregulares de coloração castanho-avermelhada.

Nos colmos, os sintomas restringem-se à região dos nós, podendo ocorrer em um ou mais deles. As lesões nos colmos são semelhantes às observadas nas folhas, variando apenas na forma, que é a de um anel circundante ao redor do caule. Com a morte dos tecidos atingidos, fica interrompida a circulação da seiva, resultando desse dano a ocorrência de panículas com espiguetas chochas ou mal-formadas, cujos grãos quebram facilmente no beneficiamento.

A bruzone normalmente ocorre em lavouras onde tenham ocorrido problemas de irrigação ou a semeadura tenha sido realizada em época tardia.

O controle desta doença deve ser feito de uma forma integrada, pela adoção de práticas culturais que previnam seu aparecimento pela semeadura de cultivares mais tolerantes e pela aplicação de fungicidas.

- Pragas

Visando a organizar as medidas de proteção e combate, de acordo com as diversas fases da cultura, as pragas foram agrupadas em subterrâneas, aquáticas, das partes aéreas e do arroz armazenado.

- Pragas subterrâneas: neste grupo incluem-se as larvas de coleópteros que atacam as raízes de brotos novos e as lagartas dos lepidópteros que agem sobre as plântulas na região do colo:

- Pão-de-galinha (*Eutheola humilis*);

- Capitão-do-campo (*Dyscinetus dubius*): o dano destas espécies daninhas, é causado pelas larvas e insetos adultos. Os insetos adultos atacam o colmo, perfurando-o e cortando os brotos novos, enquanto que as larvas atacam as raízes ou a região do colo da planta;

- Broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus*): esta lagarta colabora com as demais larvas subterrâneas, atacando as raízes do arroz recém-nascido. A lagarta ainda perfura a planta nova junto ao colo, às vezes um pouco mais alto, e penetra até o centro e, subindo por dentro da planta, em muitos casos provoca sua morte.

A ocorrência maior desta praga é em anos secos, conseqüentemente, as chuvas e a umidade restringem e prejudicam sua biologia.

A principal medida de controle das pragas subterrâneas consiste da entrada da água de irrigação na lavoura.

- Pragas aquáticas:

- bicheira-do-arroz (*Oryzophagus oryzae*): este inseto, tanto no estágio larval como no de adulto, tem evolução nas plantas aquáticas. Os adultos alimentam-se das folhas e os prejuízos reais são provocados pelas larvas ao atacar as raízes.

A presença da lagarta é constatada pelas manchas das plantas secas no arrozal, no caso de ataque a raiz. Os insetos adultos atacam as folhas, que se apresentam rendilhadas ao longo das nervuras.

A medida de controle desta praga é o escoamento da água da lavoura durante um tempo suficiente para a morte das larvas. Este procedimento prejudica o desenvolvimento vegetativo das plantas e, conseqüentemente, a produção.

O controle químico da praga consiste no tratamento das sementes ou aplicação de inseticidas na lavoura já instalada;

- Praga das partes aéreas: atacam as folhas, colmo e danificam os grãos.

- Lagarta-militar (*Spodoptera fugiperda*): estas lagartas atacam em grande quantidade as diversas culturas de cereais de verão, incluindo o arroz. Este ataque é provocado no período anterior à formação da panícula. Sua presença se evidencia pelas folhas comidas e pelas dejeções;

- Percevejo-do-arroz (*Solubea poecila*): é a praga mais importante do arroz. Tanto suas larvas como os adultos causam prejuízos, sugando os grãos ainda leitosos, tornando-os



falhos. Quando os grãos já estiverem em massa firme e forem picados pelo percevejo, apresentam mancha característica por ocasião do beneficiamento, o que causa apreciável desvalorização comercial;

- Broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*): é uma praga que prejudica as plantas no período de formação do colmo, penetrando em seu interior e influenciando desfavoravelmente no desenvolvimento normal da planta e formação da panícula. As plantas danificadas quebram facilmente sob a ação dos ventos.

O controle das pragas da parte aérea do arroz são realizados mediante a aplicação de inseticidas de contato.

- Pragas do arroz armazenado:

- gorgulho do arroz (*Sitophilus oryzae*): os grãos do arroz são atacados pelo gorgulho logo após o endurecimento. Em épocas favoráveis a seu desenvolvimento, ele pode prejudicar consideravelmente o produto colhido, provocando a contaminação de todos os grãos restantes que, depois de armazenados, são destruídos;

- traça-dos-cereais (*Sitotroga cerealella*): é conhecida como a verdadeira praga dos cereais armazenados. As lagartas penetram nos grãos de arroz através de orifícios quase invisíveis, destruindo o endosperma e reduzindo-o a pó.

As recomendações para prevenção e controle das pragas de arroz armazenado são as seguintes:

- colheita na hora (evitar colheita atrasada);
- limpeza e secagem do arroz antes do armazenamento;
- limpeza dos depósitos e armazéns com a aplicação de inseticidas, antes do começo da nova safra;
- aplicação de gases;
- aplicação de um inseticida protetor no arroz, antes de sua colocação no armazém;
- aplicação posterior de nebulizadores.

- Colheita

A colheita do arroz pode ser manual ou mecanizada. A colheita manual está restrita a pequenas lavouras e exige muita mão-de-obra.

Por sua vez, a colheita mecanizada, mais difundida, é realizada com auxílio de automotrizes. Tem-se preferência pelas automotrizes com sistema de tração por esteira, pois trabalham com a lavoura drenada ou mesmo com água.

Na colheita mecanizada, a lavoura deve estar com maturação completa. Mesmo assim, o arroz apresenta um teor de umidade que torna imprescindível uma operação imediata de secagem.

- Armazenamento

É sempre preferível armazenar o arroz em casca com uma umidade não superior a 13%.

Costuma-se ainda armazenar o arroz ensacado; porém, este método é oneroso por exigir muita mão-de-obra na confecção das pilhas e depreciação da sacaria utilizada, muitas vezes inutilizada pela presença de roedores (ratos).

O método de armazenamento preferido deve ser em silos ou caixas de madeira, onde são utilizadas correias transportadoras de caçamba e elevadores para a movimentação do produto a granel. Outra grande vantagem é permitir a rápida e econômica movimentação do produto estocado.

- Cultura do sorgo granífero



- Introdução

O sorgo granífero vem-se destacando como a cultura de verão mais importante, sendo Bagé atualmente o maior produtor do Estado.

Dentre os principais fatores que levaram à expansão desta lavoura, destacam-se a tolerância da cultura ao excesso de umidade do solo, a grande resistência das plantas à seca e a elevada produtividade que pode ser alcançada. Vale destacar que, diante da estiagem ocorrida no verão de 1988, o sorgo granífero foi a cultura que apresentou os menores índices de perdas.

O grão de sorgo apresenta grande valor alimentício, sendo ligeiramente inferior ao do milho. É utilizado como componente de rações para animais, enfrentando entretanto certa resistência por parte de algumas indústrias. A comercialização do grão de sorgo está ligada à disponibilidade do milho no mercado.

A lavoura de sorgo granífero, que apresenta um custo de produção inferior ao das demais culturas de verão, pode aproveitar a mesma infra-estrutura usada para o cultivo do milho e da soja.

Deve-se salientar ainda a utilização da massa verde, após a colheita do grão, sob a forma de pastoreio direto, feno ou silagem.

- Época de semeadura

A melhor época de semeadura, para a região de Bagé, varia de 15 de outubro a 30 de novembro.

- Densidade de semeadura

A população ideal é de 200.000 plantas por hectare, correspondente a aproximadamente 14 plantas por metro linear. Recomenda-se um acréscimo de 30 a 40% de sementes a fim de compensar algum problema de germinação, resultando na utilização de 8 a 10 kg de sementes por hectare, ou o equivalente a 18 a 20 sementes por metro linear.

- Espaçamento

Deve-se utilizar um espaçamento de 50 a 70 cm entre linhas, sendo 70 cm mais indicado por facilitar os tratos culturais e a regulagem da semeadeira.

- Ciclo

O ciclo dos cultivares ou híbridos de sorgo granífero, desde a semeadura até a colheita, é relativamente curto. Em termos médios, resulta de 110 a 130 dias, para semeadura realizada dentro do período normal.



- Cultivares/Híbridos utilizados

Os híbridos mais cultivados na região de Bagé são o Pioneer B-815, Pioneer B-816, AG 1011 e AG 1015.

- Adubação e calagem

As recomendações de adubação e calagem para a cultura do sorgo granífero devem seguir os resultados de análise química dos solos.

O sistema atual de adubação recomendado visa à meta do máximo retorno econômico a curto prazo, ou seja, por cultivo, incluindo no sistema o efeito residual do fertilizante aplicado.

O sistema prevê uma análise de solo a cada três cultivos.

Deve-se aplicar 20 kg de nitrogênio por hectare na semeadura e o restante em cobertura, quando as plantas estiverem com seis folhas completamente desenvolvidas, ou seja, aproximadamente aos 45 dias após a emergência. As doses de nitrogênio a aplicar variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo. Deve-se também considerar as condições climáticas e a situação da lavoura.

Na calagem, deve-se utilizar as indicações segundo o índice SMP para o pH 6,0.

- Controle de plantas invasoras

O controle das plantas invasoras pode ser realizado através de meios mecânicos ou produtos químicos.

O controle mecânico é mais eficiente em período de estiagem, pois em épocas chuvosas pode ocorrer uma rápida reinfestação de invasoras na lavoura. A capina sempre deve ser realizada nos primeiros 50 dias, que é o período de concorrência com os invasoras.

Para o controle químico, deve-se considerar a alta sensibilidade da cultura aos herbicidas.

Os herbicidas recomendados são o Gesaprim 80 ou Gesaprim 500-FW, para o controle de várias espécies de folhas largas e algumas gramíneas. Em boas condições de umidade de solo, o controle das invasoras fica ao redor de 80%.

- Controle das pragas

- Mosca-do-sorgo (*Contarinia sorghicola*): os insetos adultos, de cor alaranjada, são pequenos e muito ativos. As fêmeas fazem a postura nas panículas em floração; as larvas da mosquinha alimentam-se do grão em desenvolvimento, impedindo sua formação. O ciclo de vida da mosca-do-sorgo é relativamente curto, com duração média de 19 dias.

Quando se adotar o controle químico da praga, é indispensável revisar diariamente a plantação nas horas mais próximas ao meio-dia, sendo necessário efetuar levantamentos em 50 panículas por hectare. Para realizar as amostragens, ensaca-se as panículas em um plástico, batendo-se vigorosamente para deslocar a praga que está sobre a panícula. Posteriormente, retira-se o saco da panícula, e se o esfrega entre as mãos para esmagar o inseto. Resulta na parede do saco um líquido de cor alaranjada. A seguir, conta-se o número de manchas existentes na parede do saco.



Deve-se tomar a decisão de usar de inseticidas sempre que se encontrar uma mosquinha ou mancha alaranjada na panícula;

- Pulgão verde dos cereais (*Schizaphis graminum*): geralmente, o ataque desse pulgão ao sorgo é minimizado semeando-se na época normal. Entretanto, em semeaduras tardias, o inseto pode ocasionar a morte de plantas, especialmente quando o ataque coincide com os primeiros 30 dias após a emergência das plântulas. Outras vezes, podem ocorrer manchas na lavoura devido à morte de plantas, especialmente quando houver um incremento acentuado da população de pulgão, antes ou depois da liberação da panícula.

Nestes casos, recorre-se aos inseticidas de aplicação foliar, aplicados somente nas áreas atacadas, a fim de reduzir seu impacto sobre a fauna benéfica.

- Colheita

Como recomendação para o início da colheita, deve-se verificar o grau de umidade dos grãos. Os sorgos podem ser colhidos com diferentes graus de umidade, dependendo da região e da época da colheita. Normalmente, podem ser colhidos com 20% ou menos de umidade, porém, quanto menor a umidade, mais fácil será a secagem e conservação durante o armazenamento.

Na prática, recomenda-se colher o sorgo quando os grãos da parte inferior da panícula resistirem à pressão da unha ou, quando apertados entre os dentes, se fenderem em um corte nítido e seco. Outra indicação para determinar o momento adequado da colheita é observar a coloração dos ramilhos que formam a cachopa: quando sua coloração se torna amarelada, pode-se iniciar a colheita. O equipamento utilizado para a colheita é a automotriz.

- Armazenamento

É comum que o sorgo, ao chegar da lavoura, contenha uma percentagem de folhas e talos com elevado teor de umidade. Neste caso, torna-se necessário executar uma pré-limpeza e, em seguida, promover a secagem.

Este trabalho deve ser realizado o mais rápido possível para evitar a fermentação do grão. A temperatura de secagem do sorgo deve ser controlada porque, se ultrapassar 60 °C, pode prejudicar o valor alimentício do grão pela oxidação dos carboidratos.

O armazenamento deve ser feito quando os grãos estiverem secos, ou seja, com 12 a 14% de umidade.

Cultura do trigo

- Introdução

O trigo é considerado a cultura de inverno mais importante da região e do próprio Estado do Rio Grande do Sul, tendo a média de produção da última safra atingido 1.400 kg/ha.

Para a manutenção desse nível de produtividade, torna-se necessário a adoção e utilização da moderna tecnologia gerada pelas instituições de pesquisa.

Atualmente, a Comissão Sulbrasileira de Pesquisa do Trigo - CSBPT, oferece recomendações técnicas, que estão ao alcance do produtor, para a obtenção de melhores rendimentos na cultura.

Os maiores problemas enfrentados pela triticultura da região são a ocorrência de geadas fora de época e a incidência de doenças fúngicas, favorecidas pelas condições climáticas.



Uma característica especial da lavoura de trigo no município é o cultivo consorciado com cornichão, leguminosa forrageira que, após a colheita do trigo, é utilizada para pastoreio ou produção de sementes.

- Solo

O trigo requer um solo fértil, bem drenado, livre de ervas daninhas e bem preparado para o plantio. Uma boa mistura do adubo com o solo e um plantio raso e uniforme são condições essenciais para um bom desenvolvimento da planta.

O solo para esta cultura deve apresentar um pH ao redor de 6,0.

- Conservação do solo

O atual sistema de exploração agrícola, de forma intensiva, tem acelerado um processo de degradação, afetando as características físicas, químicas e biológicas do solo, e reduzindo progressivamente seu potencial de produção.

Os trabalhos intensivos de lavração e gradagem a mesma profundidade desestruturam a camada arável, influenciando na velocidade de infiltração da água no solo. Este incremento da enxurrada, associado à falta de cobertura do solo devido à queima dos restos culturais, intensificam os processos de degradação e erosão destes solos.

Uma das práticas de conservação do solo mais difundida é o terraceamento. Com esta medida diminui-se o comprimento dos pendentes, interceptando-se as águas de escoamento superficial.

Os terraços construídos em nível em toda a sua extensão, chamados curvas de nível, são adotados para pequenas declividades.

Os terraços construídos em gradiente apresentam pequeno declive no sentido do próprio comprimento.

- Adubação e calagem

Devem ser seguidas as recomendações da análise química dos solos. Estes resultados devem ser oriundos de uma amostragem representativa das reais condições em que se encontra a lavoura.

As recomendações de calagem para a cultura do trigo devem obedecer a indicação de índice SMP para o pH 6,0, supondo-se o manejo da cultura em um sistema de sucessão como, por exemplo, a soja, cuja cultura não é susceptível às doenças de sistema radicular do trigo.

O calcário recomendado deve apresentar PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) equivalente a 100%, sendo conveniente ser do tipo dolomítico, devido ao conteúdo de cálcio e magnésio.

O calcário deve ser distribuído a lanço e incorporado uniformemente ao solo, até uma profundidade de 17 a 20 cm. O contato íntimo das partículas do corretivo com o solo é condição fundamental para dissolução do material.

As atuais recomendações de calagem consideram um período efetivo médio de 5 anos, dependendo do manejo do solo, cultivos, erosão, além de outros fatores. Após este período, recomenda-se realizar nova análise de solo para quantificar a dose necessária.



As quantidades de fertilizantes, nitrogênio, fósforo e potássio a aplicar variam em função da disponibilidade do nutriente considerado, avaliado através da análise do solo.

Este sistema visa ao máximo retorno econômico a curto prazo por cultivo.

As recomendações das dosagens de fósforo e potássio, indicadas pela análise, são obtidas de tabelas específicas, previamente elaboradas pelos órgãos oficiais de pesquisa.

As doses de nitrogênio a aplicar no plantio variam entre 15 e 20 kg/ha. O restante deve ser aplicado em cobertura, preferencialmente no início do perfilhamento. Este período corresponde normalmente a 30 a 45 dias após a emergência.

- Preparo do solo

As operações de preparo do solo a efetuar dependem da cobertura vegetal existente.

No caso de campo nativo, a primeira operação é uma lavração 4 a 5 meses antes da semeadura. Esta aração deve ser feita a uma profundidade de 0,20 m com o auxílio de arado de tração mecânica.

Posteriormente, realiza-se uma gradagem, seguida de nova aração e gradagem final.

Se a área já foi cultivada, as operações são reduzidas a apenas uma lavração seguida de gradagem.

Cabe salientar que, com o revolvimento de solo, ocorre o enterro de restos culturais.

Esse procedimento, que ocorre um pouco antes da semeadura, é prejudicial, pois provoca uma elevação da relação C/N (carbono/nitrogênio). A alteração desta relação é ocasionada pela retirada de nitrogênio pelos microorganismos que decompõem a palha, provocando deficiência deste elemento para o trigo.

- Cultivares

Os cultivares preferenciais precoces mais utilizados na região de Candiota são CEP 14 (Tapes), Minuano 82 e CNT 8. Dentre os cultivares tolerados precoces, aparece especialmente o Mascarenhas e, dentre os cultivares preferenciais tardias, destaca-se o Herval.

- Época de semeadura

A recomendação das épocas de semeadura é feita segundo as diversas regiões tritícolas e o ciclo dos cultivares.

Para a Região Tritícola IX, o período preferencial de semeadura para os cultivares precoces é de 10 de junho a 10 de julho. Para os cultivares tardios, este período varia de 20 de maio a 15 de junho.



A decisão sobre o uso de inseticidas obedece aos seguintes critérios:

- durante a fase de emergência ao afilhamento, efetuar o controle, quando então cerca de 10% das plantas estão infestadas com pulgões;
- durante a fase reprodutiva (do espigamento ao grão em massa), recomenda-se efetuar o controle quando a população média tiver atingido 10 pulgões por espiga.

Deve-se repetir as aplicações sempre que se constatar estes níveis durante os períodos considerados. Após o estágio de grão em massa, não é necessário o controle de pulgões.

A lagarta do trigo (*Pseudaletia* sp.) normalmente ataca em determinadas manchas (focos). O controle eficiente desta praga é obtido mediante a aplicação de inseticidas, cujo modo de ação é por ingestão. Recomenda-se, portanto, o início do controle nos focos de infestação quando ainda existirem folhas verdes nas plantas de trigo.

- Doenças

Devido a condições climáticas adversas, aliado ao problema de susceptibilidade do cultivar, a cultura do trigo pode ter seu rendimento severamente prejudicado pelo ataque de doenças causadas por fungos. Em razão disso, o controle dessas doenças por meio da aplicação de fungicidas pode ser um fator de estabilização ou aumento de rendimento em níveis satisfatórios.

A aplicação de fungicidas para o controle de enfermidades da parte aérea do trigo é uma prática que exige boa planificação. A adoção desta prática, bem como produtos a serem utilizados, devem ser definidos, anteriormente ao surgimento do problema.

As principais doenças da parte aérea do trigo são o oídio, ferrugem do colmo e folha, giberela, septoriose e helmintosporiose.

- oídio (*Erysiphe graminis tritici*): os sintomas são ferrugem branca, passando a parda, com aparição posterior de pontuações negras. Ocorre sobre as folhas, colmos e bainhas. A maioria dos cultivares apresenta susceptibilidade a esta doença. O oídio pode causar perdas significativas no potencial de produção, principalmente quando surge nos estágios iniciais de crescimento do trigo. O controle deve ser feito por meio de fungicidas específicos quando o índice de infecções atingir 20%;
- ferrugem do colmo e folha (*Puccinia graminis tritici* e *Puccinia triticina*): os sintomas são pústulas de coloração alaranjada encerrando um pó inicialmente amarelo-escuro, posteriormente negro que se alinham sobre os colmos e, mais raramente, sobre as folhas. O controle das ferrugens deve ser iniciado no aparecimento das primeiras pústulas do fungo (5% de infecção). A determinação desse nível de infecção deve ser feita através de uma amostragem de plantas em vários pontos, determinando-se a média de infecção nas folhas. A reaplicação dos fungicidas deve ser realizada sempre que necessário para manter a doença em níveis baixos de infecção;
- Giberela (*Giberella zeae*): os sintomas são a descoloração precoce de uma porção das espigas e o aparecimento de uma massa de cor rosada. A giberela é uma doença que ataca o trigo, especialmente em regiões onde, na ocasião da floração, as condições climáticas são de temperatura alta (20 - 25 °C) e precipitação pluviométrica de, no mínimo, 48 horas consecutivas. Nestas condições, o controle da doença deve ser preventivo, pela aplicação de fungicidas nas anteras;
- Septoriose (*Septoria nodorum*): também chamada mancha da gluma. Os principais sintomas desta doença são manchas castanho-violáceas nas partes superiores das glumas e nas aristas. O centro das manchas apresenta pontos escuros. O controle da septoriose é o mesmo adotado para a helmintosporiose;
- Helmintosporiose (*Helminthosporium sativum*): seus principais sintomas são manchas necróticas, alongadas, pardo-escuras, de bordas indefinidas, rodeadas por halos amarelados. O emprego de sementes de boa sanidade ou o tratamento de sementes com fungicidas, associado à rotação de culturas, retardam o aparecimento dos fungos.



O controle da doença deve ser iniciado a partir do estágio da alongação sempre que a doença atingir o índice de 5 a 10% da área foliar infectada.

Deve ser efetuada a reaplicação sempre que esses níveis forem alcançados.

Na aplicação dos fungicidas, devemos considerar o seguinte:

- a época de aplicação dos fungicidas deve ser considerada como um dos fatores mais importantes na obtenção de bons resultados. Portanto, deve-se observar rigorosamente as recomendações de controle de doença;
- nas aplicações de fungicidas, deve ser adicionado espalhante adesivo de acordo com a recomendação dos fabricantes;
- em dias com possibilidade de chuvas, as aplicações devem ser adiadas;
- persistindo a necessidade de controle após o florescimento, deve-se observar período de carência dos produtos;
- caso ocorra chuva logo após a aplicação, a aplicação deve ser repetida, principalmente no caso de produtos protetores.

- Colheita

O momento oportuno para realizar a colheita é determinado por sinais exteriores. O trigo está no ponto de ser colhido quando as hastes e folhas tomam a coloração amarelo-palha ou parda, e a massa do grão adquire consistência firme, não cedendo a pressão da unha.

O trigo atinge a maturação fisiológica com 30 a 35% de umidade, podendo ser colhido manualmente.

A colheita com automotriz é feita quando a umidade atingir aproximadamente 14%, 10 dias após a maturação fisiológica.

Em lavouras de trigo com muito inço, os verdes, além de dificultarem a colheita, aumentam o teor de umidade dos grãos de trigo.

As seguintes perdas estão associadas a atraso na colheita:

- diminuição do rendimento devido a debulha natural;
- redução do valor comercial, devido ao menor peso do hectolitro;
- redução do valor como semente, devido à redução do poder germinati-vo;
- perda da semente por germinação na espiga quando ocorre excesso de chuvas, principalmente nas variedades sem dormência.

- Armazenamento

O trigo pode ser armazenado ensacado ou a granel. No primeiro caso, é acondicionado em sacos de 60 kg em armazéns convencionais.

Quando armazenado a granel, normalmente o é em silos especiais hermeticamente fechados.

O trigo é armazenado com um teor de umidade de 13 a 14%.



FOTO 3.4 - Aspecto geral de lavoura de trigo em fase de maturação (Candiota - Bagé).

Cultura do milho

- Introdução

O milho é tido como uma cultura de subsistência, especialmente das pequenas propriedades rurais.

No Rio Grande do Sul, as áreas de maior cultivo são as que exploram intensivamente a suinocultura, sendo o milho aproveitado como componente básico das rações destes animais.

Na região de Bagé, as condições de clima, em determinados anos, não são muito favoráveis ao cultivo do milho. Este prejuízo ocorre principalmente com a falta d'água para a planta na época do florescimento, período crítico da cultura.

Dessa maneira, a área cultivada no município tem se mantido constante ao longo dos anos, havendo apenas um pequeno incremento na produtividade em virtude de algumas tecnologias novas adotadas.



- Origem

O milho é originário do continente americano, sendo um dos principais alimentos utilizados por seus primitivos habitantes. Devido a sua ampla adaptabilidade, difundiu-se por todos os continentes a partir da época dos descobrimentos.

- Clima

Embora o habitat natural do milho seja a região tropical, seu cultivo, graças à ampla diversidade genética, está disseminado em uma grande amplitude de condições climáticas. A quase totalidade é cultivada nas partes mais quentes das regiões temperadas e nas áreas de clima sub-tropical úmido.

Geadas precoces ou tardias representam limites ao cultivo do milho.

Sendo uma cultura de clima quente, o milho requer considerável umidade e calor, desde a época de sementeira até o fim do período de florescimento.

As condições mais favoráveis para seu cultivo são temperaturas diurnas entre 24 e 30 °C, com dias ensolarados e límpidos, baixa umidade relativa do ar, noites amenas e alta disponibilidade de água no solo.

- Época de sementeira

A melhor época de sementeira é aquela que possibilita uma germinação normal da semente e evita que o período de maior necessidade de água e luz pela planta (pendoamento - embonecamento) coincida com épocas de alta probabilidade de ocorrência de estiagem ou em dias mais curtos.

A época de sementeira recomendada, segundo o regime térmico apropriado para a região de Bagé, varia entre 01 de setembro e 15 de novembro, para os híbridos precoces, e entre 15 de outubro e 30 de novembro para os híbridos tardios.

- Solo

O milho é um exemplo de adaptação às condições do solo. É cultivado em uma grande variedade de solos, mas comporta-se melhor em solos bem drenados, aerados, profundos, de textura franco a franco-siltosa, com matéria orgânica abundante e bem suprido de nutrientes disponíveis.

O milho pode ser cultivado em solos muito ácidos, mas comporta-se melhor em valores de pH em torno de 6,0.

- Conservação do solo

Dentre as causas do desgaste e empobrecimento dos solos, a erosão hídrica é a mais problemática, porque remove a argila e a matéria orgânica, que constituem a fração mais ativa do solo.

Os fatores que afetam a erosão hídrica são o clima, solo, topografia, cobertura vegetal, práticas conservacionistas e manejo do solo.



Uma das práticas de conservação do solo mais difundida é o terraceamento. Sua finalidade é a redução do comprimento das pendentes, interceptando as águas de escoamento superficial antes de adquirirem velocidade capaz de provocar a formação de sulcos.

Os terraços construídos em nível em toda a extensão, também chamados curvas de nível, retêm no canal toda a água de escoamento superficial. São terraços de absorção, utilizados principalmente em pequenas áreas e em regiões de baixa precipitação pluviométrica.

Os terraços em gradiente, chamados terraços de drenagem, apresentam um pequeno declive no sentido do comprimento, de modo a permitir a drenagem das águas de escoamento em velocidade baixa, não possibilitando a erosão dentro do canal.

- Adubação

Na adubação deve-se levar em consideração tanto o solo como a cultura. Do fertilizante aplicado ao solo, apenas uma parte é usada pela planta. Do restante, parte é absorvida pelas invasoras, parte é perdida por erosão, lixiviação ou volatilização, e uma parcela reage com o solo, tornando-se menos aproveitável.

Para a recomendação correta de fertilizantes e corretivos, uma amostragem representativa do solo é enviada ao laboratório para análise.

De acordo com os resultados obtidos, procede-se à correção química do solo, mediante a aplicação de calcário e adubação corretiva. Normalmente a correção química é realizada a cada 5 anos. Na época da semeadura, emprega-se a adubação de manutenção, que consiste na aplicação de adubo de base e posteriormente, quando necessário, adubação de cobertura.

- Preparo do solo

O preparo do solo para a semeadura do milho deve ser o convencional.

Os grãos de milho requerem um solo suficientemente quente, úmido, bem suprido de ar e apenas pulverizado o bastante para um íntimo contato entre a semente e a terra. O excesso de preparo do solo, além de desnecessário, provavelmente também provoca o selamento por ocasião de chuva, aumentando assim o escoamento e a erosão.

Tendo em vista que o plantio do milho normalmente é realizado nas restingas de trigo ou pastagens anuais de inverno, o preparo destes solos consiste em uma lavração seguida de gradagem.

- Híbridos utilizados

Os híbridos de ciclo precoce mais difundidos na região são o Agroceres AG-64 e AG-84, e o Cargil 601; os de ciclo longo são o Agroceres AG-35 e o Cargill 483.

- Semeadura

Normalmente o milho é semeado em linhas ou covas, dependendo das máquinas e implementos disponíveis e das condições de solo (topografia, pedregosidade), podendo a semeadura ser realizada manual ou mecanicamente.

A semeadura manual emprega saraquá, catraca, e, em covas abertas, enxadas ou sulcos abertos com arado.



A semeadura mecânica utiliza tração animal ou mecânica (trator).

A profundidade de semeadura varia entre 8 cm, para solos argilosos, e 15 cm para solos arenosos.

A densidade de semeadura varia de 30.000 a 50.000 plantas por hectare, conforme a utilização de híbridos de ciclo longo ou precoce, respectivamente.

- Plantas invasoras

As plantas invasoras competem com o milho principalmente por água, luz e nutrientes. A competição é maior durante o desenvolvimento inicial da cultura (35 a 40 dias), sendo mais crítico o período dos 20 aos 40 dias. As lavouras bem conduzidas, com elevado número de plantas, normalmente neutralizam o desenvolvimento dos inços após esse período.

Normalmente são necessárias uma ou mais capinas para o controle das ervas daninhas. Na capina manual, a operação é mais demorada que através de cultivadores a tração animal ou mecânica.

Nas capinas mecânicas é freqüentemente necessária uma complementação a enxada para extirpar as ervas próximas às plantas de milho.

As ervas daninhas também são controladas através do uso de herbicidas. Para definir o mais adequado, é necessário conhecer as invasoras predominantes na área. A quantidade recomendada por hectare depende do herbicida, tipo de solo e grau de infestação.

- Desbaste

O desbaste consiste da eliminação das plantas eventualmente excedentes.

Esta operação é realizada quando as plantas atingem 15 a 20 cm de altura, o que ocorre em torno de 20 a 25 dias após a semeadura. Elimina-se preferencialmente as plantas mais fracas. A maneira mais fácil consiste em arrancar manualmente as plantas excedentes, com o solo bem úmido, de modo a não prejudicar as remanescentes que estiverem próximas.

No caso de semeadura em covas, deve-se manter duas plantas em cada uma.

- Pragas

As principais pragas do milho são:

- larva-aramé (*Agrotis* spp);
- lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*);
- broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus*);
- lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*);
- broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*);
- lagarta-da-espiga (*Heliothis zea*).

Os principais métodos de controle das pragas são:

- coleta e destruição;
- práticas culturais;
- controle preventivo;
- uso de variedades resistentes;
- uso de inseticidas;



- controle biológico.

- Doenças

As doenças fúngicas mais comuns do milho são:

- manchas das folhas: causadas por *Helminthosporium turcicum*;
- podridão da espiga e do grão: causadas por *Fusarium moliniforme* e *Gibberella roseum*;
- ferrugens: causadas por *Puccinia sorghi* e *Puccinia polysora*;
- míldio do sorgo e do milho: causados por *Sclerospora sorghi*;
- carvão: causado por *Ustilago maydis*;

- Controle de doenças: o método mais fácil, seguro e econômico de controle às doenças é através da resistência varietal porque, quando bem-sucedida, dispensa a aplicação de outros meios de combate, que normalmente encarecem a produção. A redução do potencial de inóculo é também muito importante.

- Colheita

Cerca de 60 dias após o florescimento, a semente de milho está fisiologicamente madura, podendo ser colhida.

A colheita do milho não é tão urgente quanto a de outros cereais. Como o milho não debulha naturalmente, pode ser deixado no colmo até estar bem seco.

Aproximadamente 95% da área cultivada com milho no Estado é colhida a mão. A predominância de lavouras pequenas e os sistemas de consórcio, além da topografia acidentada do solo, são os fatores que mais contribuem para esse alto índice.

Para a colheita mecânica, são mais apropriados os híbridos de porte baixo, uniformes e resistentes ao acamamento e à quebra.

Se o milho for armazenado em espigas, sua umidade deve ser de aproximadamente 15% ou menos; se a granel ou ensacado, deve ser no máximo 13% para períodos prolongados.

- Armazenamento

O armazenamento adequado do milho constitui um dos problemas mais difíceis da cultura, uma vez que os grãos, e particularmente as espigas, ainda contêm uma grande percentagem de umidade. O problema na propriedade centraliza-se na secagem e proteção contra roedores e insetos.

A secagem das espigas pode ser realizada por meios naturais ou artificiais.

A prática mais comum e barata para a secagem é através do sol e do ar. O milho é armazenado, em espiga, em paióis feitos de sarrafos espaçados, tela de arame ou outros materiais, de modo a permitir a circulação do ar. Um metro cúbico de espaço de secagem comporta 500 a 550 kg de espigas.

Os armazéns graneleiros, de qualquer tipo, que ofereçam proteção contra a umidade e pragas são adequados para a estocagem do material seco.

Não é recomendável proceder ao armazenamento do milho sem um prévio controle das pragas, feito através de expurgo.



Cultura da soja

- Introdução

Na região de Bagé, a soja é a cultura de verão com menor área de plantio. Por se tratar de uma planta exigente em termos de clima, pH e fertilidade do solo, não encontra na região as melhores condições de amplo desenvolvimento. Por este motivo, sua contribuição na produção de grãos é muito pequena.

Eventualmente, a cultura nesta região pode sofrer ataques intensos do percevejo-da-soja (*Nezara viridula*). Este inseto normalmente é hospedeiro do cornichão, deslocando-se, após a colheita da semente no mês de fevereiro, para a soja.

- Origem

A soja é originária do Extremo Oriente, sendo cultivada desde a antiguidade na Mandchúria, China, Japão e Coréia. Ao lado do arroz, representa, nos países orientais, a principal fonte de alimentação do povo, que a utiliza sob várias maneiras, desde o simples grão seco até produtos industrializados, todos riquíssimos em proteína.

A primeira referência sobre a soja no Brasil data de 1882, no estado da Bahia. Em 1908, imigrantes japoneses introduziram a soja em São Paulo. Seis anos após, ela foi trazida para o Rio Grande do Sul.

- Solo

A soja apresenta grandes exigências quanto a solo. Desenvolve-se bem em terras de mediana fertilidade que não sejam excessivamente ácidas (pH superior a 4,0). Prefere os solos bem dotados de cálcio, respondendo bem às calagens realizadas. Os solos muito úmidos ou mal drenados são impróprios para a soja, devido ao sistema radicular desta planta.

Prefere os solos profundos, soltos, como os sílico-argilosos, onde se desenvolve e produz muito bem.

- Conservação do solo

O sistema atual de exploração agrícola tem resultado em um processo acelerado de degradação do solo de extensas áreas, com o desequilíbrio de suas características químicas, físicas e biológicas, e progressiva diminuição de seu potencial de produção.

O preparo do solo com o uso excessivo de gradagens superficiais, e continuamente na mesma profundidade, tem provocado a desestruturação da camada arável, transformando-a em duas fases distintas: a superficial, pulverizada, e a subsuperficial, compacta. Estas fases afetam a velocidade de infiltração de água no solo e o desenvolvimento radicular das plantas, resultando em incrementos de enxurrada e redução da potencialidade produtiva.

Uma das práticas de conservação do solo mais difundida é o terraceamento.

Os terraços podem ser construídos em nível em toda a extensão, são também chamados de curva de nível ou em gradiente, quando apresentam pequeno declive no sentido do comprimento.

- Adubação e calagem



As recomendações de adubos e corretivos para neutralizar a acidez do solo são baseados fundamentalmente em resultados de análise de solo de amostras assumidas como representativas das condições da lavoura.

As quantidades de calcário a serem utilizadas para a soja variam conforme o índice SMP, calibrado para o pH 6,0, com PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) equivalente a 100%. Isto significa que as quantidades totais a aplicar devem ser reajustadas em função do PRNT do material disponível. O calcário deve ser distribuído a lanço e incorporado uniformemente ao solo, até uma profundidade de 17 a 20 cm. O contato íntimo das partículas do corretivo com o solo é condição fundamental para a dissolução do material.

As recomendações das dosagens de fósforo e potássio indicadas para a obtenção do máximo retorno econômico da cultura são baseadas no resultado da análise de solos. Após a interpretação da análise, recorre-se às tabelas específicas, previamente elaboradas pelos órgãos oficiais de pesquisa.

Atualmente não se recomenda a adição de nitrogênio para a cultura da soja, considerando-se a eficiência das raças de *Rhizobium* disponíveis; é necessário, no entanto, a inoculação com o *Rhizobium* específico. A aplicação de nitrogênio é desaconselhável pois, além de aumentar os custos, inibe a fixação de nitrogênio do ar e não aumenta o rendimento. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperaturas inferiores a 25 °C.

- Cultivares

Os cultivares preferenciais utilizados na região são Bragg e BR-6 (ambas de ciclo médio), e IAS-5 (ciclo precoce).

Nesta região, não são recomendadas cultivares de ciclo tardio pois, em razão da maior latitude e das baixas temperaturas, as plantas alongam o ciclo, acarretando retenção foliar e aumentando o risco de a colheita ocorrer em época chuvosa.

- Época da sementeira

A época recomendada de sementeira para os cultivares de ciclo precoce é de 25 de outubro a 30 de novembro, sendo o período preferencial de 01 de novembro a 20 de novembro. Para os cultivares de ciclo médio, a época recomendada para a sementeira é de 20 de outubro a 10 de dezembro, sendo o período preferencial de 01 de novembro a 30 de novembro.

- Espaçamento e densidade

O espaçamento adequado é de 0,5 a 0,6 m entre as fileiras, empregando-se cerca de 20 sementes viáveis por metro linear. Neste caso, a população de 400.000 plantas por hectare (40 plantas/m²) é adequada para sementeiras dentro do período recomendado. Para sementeira fora da época normal, deve-se aumentar em 20 a 25% o número de plantas por unidade de área.

- Profundidade de sementeira

Normalmente utiliza-se a profundidade de sementeira entre 2,5 a 5,0 cm, sendo que menores profundidades (2,5 a 3,0 cm) devem ser adotadas quando há umidade disponível no solo. Se houver necessidade de sementeira em solos com umidade deficiente, recomenda-se colocar as sementes a uma profundidade ao redor de 5,0 cm, podendo-se aumentar um pouco em função do conhecimento do tipo de solo e do comprimento do hipocótilo do cultivar.

- Plantas invasoras



O controle de plantas daninhas em lavouras de soja deve visar não somente à busca de maior produtividade da cultura, mas também à conservação do solo e à presença de seu potencial produtivo.

Nem sempre a eliminação total das invasoras significa o máximo de lucro, pois o investimento requerido para altos percentuais de controle é, em geral, o de menor retorno.

No controle mecânico, os diversos modelos de capinadeiras apresentam um comportamento similar no controle de plantas daninhas, eliminando 75 a 80% delas com a realização de duas capinas.

Quanto à época, a primeira capina não deve ultrapassar os 20 dias da emergência da cultura, enquanto a segunda deve ser realizada entre 35 e 40 dias.

Dentre as tecnologias atualmente recomendadas para o controle das plantas daninhas da cultura da soja, os herbicidas têm sido a alternativa mais utilizada pelo produtor, fazendo com que esta cultura seja a que mais utiliza este insumo.

Quando utilizados corretamente, os herbicidas respondem com eficiência e segurança aos objetivos visados; caso contrário, podem causar sérios prejuízos, não somente à cultura, mas também ao meio ambiente.

Para se obter a máxima eficiência com o controle químico, é fundamental a utilização de aplicadores em perfeitas condições de uso, sem vazamentos, com uniformidade de bicos na barra e, principalmente, muito bem calibrados.

A escolha dos herbicidas e a definição das doses a utilizar deve levar em conta as espécies de plantas daninhas ocorrentes e o tipo de solo da área a ser tratada.

- Pragas

As principais pragas encontradas na lavoura de soja são:

- Lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*): é considerada a principal praga da soja. Esta espécie representa aproximadamente 90% do total de lagartas desfolhadoras encontradas na lavoura, atingindo o pico máximo entre os meses de janeiro e fevereiro, quando a soja está respectivamente nos períodos de floração e enchimento de vagens, consideradas críticas a danos na área foliar.

O controle químico deve ser realizado quando se encontrar, em média, 40 lagartas grandes (maiores que 1,5 cm) por amostragem (batida de pano), ou se o desfolhamento médio for superior a 30%, antes de florescimento, ou 15% depois do florescimento da soja.

O controle da lagarta da soja pelo *Baculovirus anticarsia* deve ser feito quando for constatada, na média das amostragens, até 90 lagartas pequenas e menos de 10 lagartas grandes por batida de pano.

- Broca das axilas (*Epinotia aporema*): ocorre geralmente, durante a fase vegetativa da soja, atingindo o pico máximo entre os meses de dezembro e janeiro, diminuindo a altura das plantas e, conseqüentemente, a altura de inserção das primeiras vagens.

O controle químico deve ser efetuado até a formação das vagens, quando 30% dos ponteiros estiverem atacados.

- Percevejo-da-soja (*Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii*): sua ocorrência é maior a partir de fevereiro. Esta praga só causa danos à soja quando uma população ocorre entre o início de desenvolvimento das vagens e a maturação fisiológica da cultura. O dano deve-se ao hábito



alimentar de inseto sugador, provocando um distúrbio fisiológico conhecido como retenção foliar (soja louca).

O controle químico é efetuado quando forem observados, em média, 4 percevejos por amostragem em lavouras comerciais, ou 2 percevejos em lavouras para a produção de sementes.

- Doenças

As principais moléstias da soja são ocasionadas por dois microorganismos: bactérias e fungos.

As principais doenças causadas por bactérias são:

- Crestamento (*Pseudomonas glycinea*): moléstia comum nas folhas, podendo atacar hastes, pecíolos e vagens. Nas folhas surgem pequenas manchas de aparência translúcida, circundadas por um halo de coloração verde-amarelada. Estas manchas mais tarde tornam-se completamente necrozadas. Os métodos de controle mais indicados são o uso de cultivares resistentes e o uso de sementes provenientes de lavouras indenés.

- Pústula bacteriana (*Xanthomonas glycinea*): é uma moléstia típica das folhas, mas pode atacar pecíolos, hastes e vagens, onde os sintomas são menos evidentes. Os sintomas da pústula bacteriana são semelhantes aos do crestamento.

Nos estágios iniciais da moléstia, pode-se diferenciar sintomatologicamente a pústula do crestamento bacteriano pela existência de uma pequena elevação de cor esbranquiçada (pústula) na face inferior da folha, no centro da mancha. A pústula pode estar presente também na face superior da lesão.

O principal método de controle desta moléstia é o uso de cultivares resistentes.

- Fogo selvagem (*Pseudomonas tabaci*): os sintomas produzidos por este patógeno são muito diferentes dos produzidos pelas duas moléstias citadas anteriormente, sendo que a simples observação dos sintomas permite o reconhecimento da moléstia, dadas as suas peculiaridades.

As lesões da pústula e do crestamento servem como abertura natural de infecção para a bactéria causadora do fogo selvagem.

A moléstia inicia com pequenas manchas com centro necrosado. Em seguida, começa a formação de um largo halo amarelo em torno das manchas. O halo, formado por uma toxina, aumenta de tamanho, assim como a mancha necrótica. Estas lesões aumentam de diâmetro com a união de várias delas. A folha apresenta uma coloração peculiar, observável à distância, devido à diferença entre o verde da folha, o amarelo do halo e o pardo do tecido necrosado no interior da mancha.

A pústula bacteriana pode ser controlada pelo uso de cultivares resistentes a ela.

As principais doenças causadas por fungos são:

- Mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*): moléstia típica das folhas, porém, hastes, vagens e sementes podem também ser infectadas.

Nas folhas, as lesões iniciam por pequenas pontuações pardo- avermelhadas que, com a evolução da moléstia, aumentam de tamanho. Seu centro então adquire uma coloração que varia do castanho ao cinza claro, enquanto suas bordas permanecem com a cor inicial pardo- avermelhada. Não há formação de halo clorótico ao redor das manchas. Várias das lesões podem aglutinar-se, formando grandes áreas de tecido necrosado.

Nas vagens, os sintomas são muito semelhantes, em forma e coloração, aos encontrados nas folhas.

Nas hastes, a intensidade de ataque é menor que a observada nas folhas e os sintomas são bem evidentes próximo ao final do ciclo da planta. As manchas são alongadas, com centro deprimido e contornos de coloração parda.

Nas sementes, o tegumento adquire coloração cinza ou parda, que pode ficar limitada a pequenas manchas ou cobrir o tegumento, o qual também pode apresentar rachaduras.



O controle da moléstia é obtido com uma lavração profunda após a colheita, utilização de sementes saudáveis e variedades resistentes.

- Mancha purpúrea (*Cercospora kikuchii*): esta moléstia é notada principalmente nas sementes, mas pode ocorrer em outros órgãos da planta, tais como folhas, hastes e vagens.

As sementes atacadas pelo fungo apresentam descoloração de tegumento variando do róseo ao púrpura escuro, o que originou o nome vulgar da doença. A extensão da mancha pode variar desde simples pontuações até a cobertura de toda a superfície do tegumento.

O uso de sementes saudáveis é o melhor método de controle da mancha purpúrea.

- Mancha em reboleira (*Rhizoctonia solani*): ultimamente o surgimento de manchas, ou reboleiras, de plantas mortas nas lavouras tem-se verificado com intensidade crescente.

As manchas começam a se definir antes da floração, quando há a mudança da cor verde para uma tonalidade amarelada. Essa mudança geralmente se evidencia primeiramente nas folhas mais baixas, onde se nota uma clorose ao longo das nervuras e escurecimento delas. Segue-se o rápido murchamento total e morte das plantas infectadas. Esse fenômeno se verifica em grandes áreas aproximadamente circulares.

Quando examinadas ainda verdes, muitas plantas apresentam um sistema radicular deficiente, exibindo na raiz principal e raízes secundárias, cancos com bordas avermelhadas, ovais ou circulares, de tamanho variável. Não há cultivares resistentes a esta doença. Recomenda-se realizar a rotação de cultura utilizando milho ou sorgo.

- Colheita

A colheita é realizada quando as plantas e as vagens estão secas. Isto ocorre quando a planta completa sua maturação, com a queda total de suas folhas.

A colheita da soja pode ser manual ou mecanizada. A manual é realizada em pequenas lavouras, sendo a debulha de grãos geralmente efetuada por trilhadeiras ou bateduras manuais.

Na colheita mecanizada, deve-se observar que a umidade dos grãos esteja próximo de 14%. Na prática, essa umidade pode ser avaliada pressionando o grão com a unha: se os grãos resistirem à pressão, pode-se dizer estão no ponto. Os grãos devem ser secados até 12% antes do armazenamento.

- Armazenamento

A soja pode ser armazenada tanto em sacos de 60 kg, como a granel, em silos especiais.

O grau de umidade ideal para uma boa conservação da soja é de 13 a 14%.



3.5 - Geologia

As formações permocarboníferas da Jazida Grande Candiota estão dentro da grande Bacia Sedimentar do Paraná, que abrange o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Uruguai.

Suas camadas de carvão, juntamente com folhelhos cinza e carbonosos, argilitos, arenitos e, localmente, conglomerados, integram a denominada Formação Rio Bonito, que é recoberta pela Formação Palermo, constituída, em especial, por arenitos finos e siltitos. Estas duas formações compõem o Subgrupo Guatá, Grupo Tubarão, de idade permiana inferior que, por sua vez, recobre, através de uma superfície de conformação muito irregular, as rochas ígneo-metamórficas da Formação Vacaraí, Grupo Porongos, de idade pré-cambriana.

A Formação Rio Bonito intercala cerca de uma dezena de diferentes camadas de carvão, dentre as quais, na maior parte da jazida, a chamada Candiota, constituída por dois bancos de carvão com uma espessura média total de cerca de 5 metros, separados por uma camada de argilito com uma espessura média de aproximadamente 0,75 metros; esta camada apresenta-se acentuadamente preferencial à lavra devido às suas características praticamente constantes de possança e qualidade, em confronto com a extrema variabilidade dos demais níveis de carvão, especialmente quanto às espessuras.

Juntamente com o mergulho regional das camadas, no sentido genérico sudoeste, os falhamentos, relativamente abundantes, desempenham um papel importante na distribuição das áreas com possibilidades de mineração a céu aberto, as quais, ao se conjugarem com as maiores espessuras do minério, definem o zoneamento preferencial da jazida e, conseqüentemente, as prioridades para sua exploração em condições econômicas mais favoráveis.

3.5.1 - Geologia Regional

A totalidade das áreas de influência direta, de influência indireta e de estudos, estão situadas dentro da extensão meridional da Bacia Intracratônica do Paraná. A geologia da área de estudos é apresentada no Mapa 3.10.

A coluna estratigráfica completa da região consta do mapa da área de influência indireta. De forma resumida, a coluna estratigráfica da região de Candiota encontra-se no Quadro 3.4.



QUADRO 3.4 - Coluna estratigráfica simplificada da região de Candiota (segundo Machado; Peruffo; Lima, 1984, p. 218)

PERÍODO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA			LITOLOGIAS
	GRUPO	SUBGRUPO	FORMAÇÃO	
Quaternário				Depósitos de aluviões e coluviões
Permiano	Passa Dois	Guatá	Rio do Rastro	Arenitos finos a médios, avermelhados com intercalações de siltitos e argilitos castanho-avermelhados
			Estrada Nova	Siltitos cinza-chumbo a esverdeados com intercalações de arenitos finos a médios
			Irati	Folhelhos e siltitos cinza escuros com intercalações de folhetos pirobetuminosos pretos e lentes de calcário
	Palermo		Siltitos cinza claros a cinza-chumbo, com intercalações de lâminas e leitos de arenitos finos cinza claros, localmente carbonáticos	
			Rio Bonito	Arenitos finos a médios localmente grosseiros, cinza-esbranquiçados intercalados com siltitos cinza-escuros, siltitos carbonosos e camadas de carvão
	Itararé		Rio do Sul	Arenitos finos, esbranquiçados, siltitos, diamictitos e ritmitos
Pré-Cambriano	Suíte Metamórfica Cambaí			Gnaisses a biotita, granitos, calcários e calcários marmorizados

A região é constituída por rochas pré-gonduânicas representadas pela Suíte Metamórfica Cambaí, rochas gonduânicas do subgrupo Itararé e das Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova e Rio do Rastro, e por sedimentos pós-gonduânicos representados por depósitos terciários e quaternários.

A Suíte Metamórfica Cambaí é constituída por uma seqüência estrutural e petrograficamente muito complexa. Nela estão presentes gnaisses a biotita, muito feldspáticos, de



coloração predominantemente acinzentada, e, secundariamente, biotita-hornblenda-gnaisses, hornblenda-gnaisses e anfíbolitos. Estes gnaisses apresentam-se seguidamente recortados por grandes massas de rochas graníticas, que muitas vezes se tornam predominantes. Ainda são comuns em alguns locais lentes de calcários e calcários marmorizados, intercalados na seqüência gnáissica.

A base da seqüência do subgrupo Itararé é geralmente constituída por um paraconglomerado com matriz formada por arenito feldspático imaturo, médio a grosseiro, às vezes com cimento carbonático. A porção grosseira é geralmente formada por grânulos e matações de rochas graníticas, gnáissicas, quartzo e rochas sedimentares eo-paleozóicas. Sobrepostos ao paraconglomerado, estão arenitos freqüentemente arcossianos, grosseiros, com raros seixos e grânulos de rochas graníticas.

Na parte intermediária desta seqüência encontra-se uma unidade constituída por intercalações de ritmitos, arenitos esbranquiçados muito finos e siltitos maciços, às vezes com finas intercalações de arenitos finos.

A porção superior do subgrupo Itararé é constituída por diamictitos, arenitos e ritmitos intercalados. Os diamictitos apresentam seixos e matações angulosos, geralmente constituídos por granitos, gnaisses ou rochas eo-paleozóicas, imersos em matriz normalmente areno-argilosa. Os arenitos são de composição arcossiana e lítica, de cores claras, sendo a matriz ou siltica ou constituída por lamitos cinza claros. Por sua vez, os ritmitos apresentam intercalações de leitos finos de siltito cinza claro, com lâminas de argilito siltico cinza escuro.

O subgrupo Itararé é transicional para a Formação Rio Bonito.

A Formação Rio Bonito é constituída predominantemente por sedimentos terrígenos clásticos de ambiente fluvial. Sua parte basal é constituída por arenitos quartzosos, intercalados com camadas e leitos conglomeráticos. As camadas de carvão estão ligadas a depósitos paludais, tais como siltitos carbonosos, lamitos ou ritmitos, sem manter muita uniformidade em sua espessura.

Na porção intermediária, estão presentes arenitos e siltitos freqüentemente carbonosos, sendo nesta parte da formação que se encontra a principal camada de carvão da região, denominada Camada Candiota. As camadas de carvão acima da Candiota têm pouca expressão devido à pequena espessura e descontinuidade lateral.

A parte superior da formação é constituída por siltito de cor cinza, laminado, denominado siltito "flaser", que muitas vezes é confundido com a Formação Palermo. A passagem para esta formação é transicional. O ambiente de deposição é provavelmente o de planícies de marés.

A Formação Palermo é caracterizada, na sua parte inferior, pela presença de siltitos de coloração predominantemente cinza clara, com intercalações de leitos de argilito e, mais raramente, arenitos de granulometria fina a média; em alguns locais, esta seqüência pode gradar lateralmente para um siltito argiloso cinza escuro a preto muito micáceo, localmente com cimento carbonático.

Sua seqüência superior é constituída por siltitos de coloração predominantemente cinza-chumbo, com intercalações de leitos finos descontínuos de arenitos, de granulação muito fina, de coloração cinza claro, às vezes com cimento carbonático. Localmente o siltito é maciço e homogêneo, podendo ainda aparecer intervalos com presença de arenitos finos a grosseiros com abundante cimento carbonático. Próximo da base desta seqüência é comum a existência de pequenas camadas de calcarenitos normalmente de coloração cinza clara, com matriz argilosa. Na Formação Palermo é comum o aparecimento das chamadas "estruturas rompidas", provocadas



pela destruição das feições sedimentares primárias. Estas estruturas caracterizam-se pela presença de leitos e lâminas quebradas e descontínuas de arenitos, siltitos e argilitos de cores claras, englobados por siltitos geralmente de coloração cinza-chumbo, ou às vezes, cinza escuro. O contato desta Formação com a Formação Irati, que lhe é sobreposta, é feito de uma maneira transicional, com interdigitamento freqüente.

A Formação Irati, em seu intervalo inferior, é constituída por folhelhos, siltitos normalmente argilosos e às vezes algo arenosos. A coloração varia de cinza claro a cinza escuro, podendo ser maciços ou apresentar intercalações de leitos finos e lâminas de arenitos e argilitos esbranquiçados, freqüentemente com cimento carbonático, às vezes silicoso. É comum o aparecimento, nesta seqüência, de rochas carbonáticas formadas por camadas médias a espessas de calcilitos cinza claros e calcário cinza escuro a creme. A presença de concreções carbonáticas intraformacionais também é comum neste intervalo.

A parte superior desta formação se caracteriza pelo adensamento de leitos finos e médios de calcário cinza claro, argiloso, formando acamadamento lenticular, onde é encontrada a camada de folhelho pirobetuminoso, que apresenta uma espessura mais ou menos constante em torno de 3 m. Este folhelho apresenta cores de marrom escuro a preto, textura fina e densidade relativamente baixa. Finas lascas desta rocha submetidas à chama de isqueiro queimam com crepitar característico, despreendendo cheiro de querogênio. O ambiente de sua deposição é o marinho, restrito, com pouca circulação de água e baixa salinidade. A passagem desta formação para a Formação Estrada Nova é transicional.

A Formação Estrada Nova possui litologia constituída essencialmente por siltitos, freqüentemente argilosos, intercalados com estratos finos a médios de arenitos. O siltito é normalmente de coloração cinza-chumbo a esverdeado, com variações locais para cinza claro e avermelhado no topo. Geralmente, este siltito é micáceo, apresentando uma fratura conchoidal típica, sendo freqüente sua intercalação com leitos e estratos finos de arenito cinza-claro, micáceo, argiloso e muitas vezes com cimento carbonático. O arenito normalmente é fino a médio. De maneira geral, os siltitos predominam sobre os arenitos, mas ocasionalmente esta tendência se inverte. Neste caso, aparecem estratos de arenitos finos a médios de cor cinza, feldspáticos, micáceos e localmente com cimento carbonático abundante. Em todo o intervalo é comum a presença de concreções nodulares de rochas silto-carbonáticas de conformações discóides e ovaladas com até 2 m de diâmetro. Na porção basal desta formação, ocorre uma camada pouco espessa, descontínua, irregular, de folhelho pirobetuminoso com baixo teor de querogênio. A base desta Formação é constituída por uma rocha carbonática de ampla distribuição regional, facilmente visualizável em perfis geofísicos.

A Formação Rio de Rastro é essencialmente constituída por siltitos, lamitos e, mais raramente, argilitos associados com leitos e camadas de arenitos e, às vezes, alguns leitos conglomeráticos intraformacionais. A cor predominante é o castanho-avermelhado, podendo variar para tonalidades "bordeaux" e cinza-avermelhado. Esta coloração é dada pela presença de óxidos de ferro. Os sedimentos finos normalmente apresentam tonalidades mais intensas. A parte basal é normalmente constituída por arenitos de coloração rósea, finos a muito finos, micáceos, maciços e muito consistentes. A matriz é argilosa com cimento carbonático freqüente.

É comum o aparecimento de lentes de rochas carbonáticas de formas esféricas e elipsoidais normalmente achatadas, sendo que estas lentes se apresentam em cores cinza-rosadas. Em direção ao topo da seqüência, torna-se cada vez mais freqüente a presença de corpos arenosos com aumento de granulometria, predominando a fração do tamanho areia média, nos quais estão subordinados corpos lenticulares de arenitos grosseiros a conglomeráticos, feldspáticos com matriz argilosa. A interação de leitos e camadas de rochas areníticas e rochas silticas e argilosas formam laminações do tipo plano-paralela, lenticular e esporadicamente ondulada e convoluta.

As unidades pós-gonduânicas estão representadas na região pelo Quaternário Holocênico Aluvionar/Coluvionar.



A formação das planícies aluvionares dá-se ao longo das faixas marginais do Rio Jaguarão e formadores da bacia do Candiota. Localmente, estas planícies estendem-se por áreas consideráveis, recebendo a denominação de banhados.

Os aluviões são constituídos por sedimentação detrítica areno-argilosa, transportada pelos rios e arroios e depositada ao longo de suas planícies de inundação. Em seu aspecto geral compõem-se de sedimentos predominantemente quartzosos, de granulometria variando entre areia grossa e fina.

3.5.2 - Geologia Da Área De Estudos

A geologia da área de estudos é constituída por unidades pré-gonduânicas representadas pela Suíte Metamórfica Cambaí, unidades gonduânicas constituídas pelas Formações Rio Bonito, Palermo, Irati e Estrada Nova, e por sedimentos pós-gonduânicos representados por depósitos aluvionares.

A Suíte Metamórfica Cambaí (unidade pré-gonduânica) aflora nas partes leste e nordeste da área, em cotas mais elevadas que as outras unidades, sendo constituída por biotita-gnaisses feldspáticos, predominantemente acinzentados. Estas rochas apresentam-se recortadas por rochas graníticas, de coloração rosada, constituídas predominantemente por quartzo e feldspato e subordinadamente, biotita.

Na parte leste da área, aparecem localmente algumas lentes de calcário intercaladas na seqüência metamórfica.

A Formação Rio Bonito, predominante na área, é constituída essencialmente por arenitos quartzosos, finos a médios, de coloração cinza claro a cinza-esbranquiçada, algo feldspáticos. Localmente podem apresentar cimento carbonático. Geralmente os grãos de quartzo apresentam-se subarredondados. É nesta unidade que ficam definidas as 2 camadas de carvão economicamente exploráveis.

Intercalados nos arenitos, podem aparecer níveis de siltitos de coloração cinza a cinza escuro, maciços e homogêneos. Estes siltitos se tornam mais abundantes junto às camadas de carvão onde se apresentam carbonosos. As concreções e disseminações piritosas são comuns nas fraturas dos arenitos, especialmente nas próximas às camadas de carvão. As rochas da Formação Rio Bonito, por sua composição predominantemente arenosa, constituem bons aquíferos.

A Formação Palermo aflora na parte sul da área de estudos, além de em pequenas ocorrências no extremo norte, sendo constituída por siltito de coloração cinza com intercalações milimétricas a centimétricas de arenito fino, esbranquiçado, muitas vezes com cimento carbonático. Nesta seqüência, são freqüentes laminações paralelas, irregulares e lenticulares. Localmente podem ser observadas estruturas de sobrecarga e indícios de bioperturbação. A Formação Palermo apresenta rochas com potencialidade relativamente baixa em termos de aquífero devido a sua composição predominantemente síltica.

A Formação Irati é encontrada no extremo sul da área de estudos, além de em alguns pequenos afloramentos na parte oeste, sendo constituída predominantemente por siltito argiloso, de coloração cinza a cinza escuro, com esparsas intercalações milimétricas a centimétricas de argilito e/ou arenito esbranquiçado, fino, com cimento geralmente carbonático. Intercalado nestes siltitos, é comum o aparecimento de camadas, às vezes com mais de 3 metros, de calcário microcristalino, de coloração cinza clara a esbranquiçada. Na parte superior da seqüência, aparece uma camada de 2 a 3 metros de folhelho preto ou às vezes marrom escuro, de textura fina e densidade relativamente baixa. Localmente podem ser observados níveis centimétricos a decimétricos de siltito argiloso, cinza a esbranquiçado com cimento carbonático.



A Formação Irati é um aquífero extremamente pobre devido a sua constituição predominantemente silto-argilosa.

A Formação Estrada Nova, que aflora apenas em pequenas extensões na parte sudoeste da área de estudos, é constituída predominantemente por siltitos de coloração cinza a cinza-chumbo, freqüentemente argilosos, intercalados com estratos finos a médios de arenitos esbranquiçados, normalmente com cimento carbonático; localmente há predominância dos arenitos sobre os siltitos. Estes arenitos são finos a muito finos, de colorações predominantemente esbranquiçadas, com cimento carbonático. Por sua composição predominantemente siltica, a Formação Estrada Nova constitui um aquífero relativamente pobre.

As unidades pós-gonduânicas estão presentes na área de estudos sob a forma de sedimentos aluvionais nas planícies de inundação das principais drenagens da área, destacando-se o Arroio Candiota e o Arroio Poacá.

Na parte sul da área é que se encontram as principais planícies aluvionares, constituídas predominantemente por uma sedimentação detrítica areno-argilosa, localmente com alguns bancos de cascalho.

A área de estudos é cortada por numerosos falhamentos agrupados em dois sistemas bem distintos, um de direção NE e outro NW.

As falhas de direção NE são as predominantes, variando suas direções de N30°E a N45°E, sendo as primeiras as mais numerosas. Neste sistema NE de falhamentos, uma que se destaca é a falha Vila Candiota, que passa nas proximidades da vila do mesmo nome.

As falhas do sistema NW apresentam direções variando de N30°W a N45°W, destacando-se a falha Passo da Conceição, que passa nas proximidades da Vila Dario Lassance, da CRM.

Este conjunto de falhas existentes na área produzem um sistema ortogonal de falhas normais que se interceptam produzindo sucessivas estruturas em degraus formando "horsts" e "grabens".

Os esforços atuantes na área são os de distensão, uma vez que os falhamentos são do tipo normal e não foram evidenciados dobramentos ou falhamentos do tipo inverso, que pudessem sugerir a atuação de esforços tangenciais.

3.6 - Hidrogeologia

3.6.1 - Aspectos Gerais

Para finalidades práticas, a região de Candiota está incluída, do ponto de vista hidrogeológico, dentro da Província São Gabriel (Wrege, 1984), onde a generalidade dos pacotes rochosos constitui maus aquíferos (tanto em quantidade como em qualidade de água), com exceção das ocorrências da Formação Rio Bonito. No entanto, mesmo estas não chegam a constituir bons aquíferos.

A "Unidade Aquífera Rio Bonito" (Ramos & Wrege, 1979), estudada nas áreas marginais do Rio Ibicuí - RS, constitui um aquífero livre onde aflora e como aquífero confinado onde está recoberta. Como decorrência de seus mergulhos (com direção variando de oeste a norte), somente seria razoável utilizá-la como aquífero confinado nas periferias das zonas onde aflora.

O trabalho mais importante sobre a hidrogeologia da área de Candiota foi realizado dentro do "Projeto estudo da vulnerabilidade à contaminação dos mananciais subterrâneos da extração do carvão mineral" (Machado; Peruffo; Lima, 1984), realizado pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM.

A área estudada no projeto em questão é um pouco menor que a área de estudos (estando nela totalmente incluída), possuindo limites nas coordenadas entre as latitudes 31°30'00" a norte e 31°40'00" a sul e entre as longitudes 53°46'40" a oeste e 53°38'20" a leste, abrangendo uma área aproximada de 245 km².

Dentro das atividades do referido projeto, constaram o mapeamento geológico na escala 1:50.000, atendo-se mais às condições hidrogeológicas de cada formação; o cadastramento de 64 pontos de água, sendo 25 nascentes, 21 poços escavados, 1 poço tubular e 17 pontos de rio (Quadro 3.5); destes pontos cadastrados, 43 foram topografados com a determinação de cotas e coordenadas UTM, tendo por finalidade a elaboração do mapa piezométrico (os pontos topografados constaram de 22 nascentes, 20 poços escavados e 1 poço tubular); foram coletadas 40 amostras de água, sendo 16 em nascentes, 17 em poços escavados, 1 em poço tubular e 6 em rio. Nestas amostras foram feitas determinações de pH, condutividade e acidez no próprio campo, determinações de cátions e ânions no Laboratório de Análises Químicas Ltda., de Porto Alegre, e determinações de elementos maiores e elementos traços no Laboratório de Análises Minerais (LAMIN).

Foram igualmente realizados ensaios de lixiviação em carvão, rejeitos de mineração e em cinzas. Após os ensaios de lixiviação, foram realizadas determinações de elementos maiores e menores em 10 amostras; destas, 3 foram de água proveniente de testes de lixiviação em rejeitos da mineração do carvão, 2 de rejeitos, 1 de carvão, 2 de cinzas volantes recentes, 1 de cinzas volantes antigas e 1 de mistura de cinzas volantes e pesadas.

Quadro 3.5 QUADRO 3.5 - Catálogo geral de pontos de água (1), área de Candiota, Bagé-RS (CPRM, 1984, ANEXO 3.1)

Nº DO PONTO	LOCALIZAÇÃO					DATA		CARACTERÍSTICAS DO PONTO					
	LOCAL	PRO- PRIETÁ- RIO	COORDENADAS			PERF.	COLETA	(*) NATU- REZA	PROF.	PROF.	ND	REBAIX	VAZÃO L/s
			N	E	COTA								
01	Area de mineração em atividade	CRM	6.505.075	239.950			12/04/84	NC					
02	Area de mineração abandonada	CRM	6.508.175	241.500			25/04/84	NC					
03	Arroio afluente do drenante da área mineração da CRM		6.501.550	231.675			22/03/84	Rio					
04	Arroio Candiota, à juzante da confl. c/ arroio Pitangueira		6.498.400	244.500			28/03/84	Rio					
05	Arroio Candiota, à montante da confl. com o arroio Poacá		6.496.325	238.175			29/03/84	Rio					
06	Arroio Candiota, à juzante da confl com o arroio Poacá		6.494.100	237.150			29/03/84	Rio					
07	Arroio Candiota, juzante da confl. com o arroio Candioteinha		6.501.750	247.000			15/03/84	Rio					
08	Arroio drenante da mineração atual da CRM - Passo do Tigre		6.501.675	239.550			22/03/84	Rio					
09	Arroio Poacá, em Passo do Tigre		6.501.300	239.100			22/03/84	Rio					
10	Arroio Poacá, em Passo do Tigre		6.501.250	239.750			22/03/84	Rio					
11	Arroio Poacá, à montante da confl. com o arroio Candiota		6.496.300	238.375			29/03/84	Rio					
12	Arroio Poacá, à juzante da confl. c/ o arroio Quebra-Juco		6.503.050	237.575			04/04/84	Rio					
13	Arroio Poacá, à montante da confl. c/ o arroio Quebra-Juco		6.503.325	237.525			04/04/84	Rio					
14	Arroio Quebra-Juco, à montante da confl. c/ o arroio Poacá		6.503.500	237.225			04/04/84	Rio					

(*) NC - Fonte, nascente PE - Poço escavado PT - Poço Tubular LA - Lagoa DL - Descarga do lavador

QUADRO 3.5 - Catálogo geral de pontos de água (1), área de Candiota, Bagé-RS (CPRM, 1984, ANEXO 3.1) (continuação)

Nº DO PONTO	LOCALIZAÇÃO					DATA		CARACTERÍSTICAS DO PONTO						
	LOCAL	PROPRIETARIO	COORDENADAS			PERF.	COLETA	(*) NATUREZA	PROF	NE		ND	REBAIX	VAZÃO L/s
			N	E	COTA					PROF.	COTA			
15	Estação Ferroviária junto à Estância Tres Lagoas	RFFSA	6.501.275	241.540	198,34		28/03/84	PE	0,90	4,85	2,25	196,9		
16	Estância da Esperança	Glênio Collares Lopes	6.501.700	242.635	188,89	1974	22/03/84	PE	2,00	2,05	0,60	188,29		
17	Estância da Esperança	Glênio Collares Lopes	6.500.184	243.894	201,86		28/03/84	NC				201,86		
18	Estância do Palmito	Dário Gimenez	6.511.275	246.150	219,25	1954	03/04/84	PE	0,90	4,50	0,25	219,00		
19	Estância da Ronda	Eduardo Sá	6.510.566	237.953	258,69		12/04/84	NC				258,69		
20	Estância da Ronda	Eduardo Sá	6.508.053	236.400	201,37		12/04/84	NC				201,37		
21	Estância da Ronda	Eduardo Sá	6.510.166	240.023	264,03		12/04/84	NC				264,03		
22	Estância da Ronda	Eduardo Sá	6.511.235	240.110	278,97	1969	11/04/84	PE	3,50	4,50	1,65	277,32		
23	Estância da Ronda	Eduardo Sá	6.509.125	240.250		1964	11/04/84	PE	4,10	4,00	2,00			
24	Estância Tres Lagoas	José Paulo Ferreira	6.498.350	242.625	187,77		28/03/84	NC				187,77		
25	Estância Tres Lagoas	José Paulo Ferreira	6.495.593	240.539	139,29		04/04/84	NC				139,29		
26	Estância Tres Lagoas	José Paulo Ferreira	6.496.268	240.835	162,94		04/04/84					162,94		
27	Estrada CRM-Passo do Tigre		6.503.841	242.536	230,40		23/03/84					230,40		
28	Fazenda Boa Esperança	CEEE	6.507.448	238.960	237,10		03/04/84					237,10		
29	Fazenda Caieira	José Paulo Ferreira	6.502.187	244.750	174,98		03/04/84					174,98		
30	Fazenda Camboatá	Roberto Geraldo Martins	6.508.040	243.925	250,61		03/04/84	NC				250,61		
31	Fazenda Camboatá	Roberto Geraldo Martins	6.509.596	242.991	250,95		25/04/84	NC				250,95		
32	Fazenda São Luiz, junto à Vila Dário Lassance	Telmo Amestoy	6.507.046	241.560	254,74	1982	25/04/84	PE	1,55	1,80	0,60	254,14		
33	Granja João Baier	João Baier	6.494.100	236.625	132,14		29/03/84	PE	1,00	5,15	4,80	127,34		
34	Granja João Baier	João Baier	6.495.875	237.037	170,50		29/03/84	PE	1,70	7,00	3,45	167,05		
35	Leste da Usina Candiota	CEEE	6.505.393	243.177	250,36		23/03/84	NC				250,36		
36	Leste da Usina Candiota	CEEE	6.505.726	242.443	271,58		23/03/84	NC				271,58		
37	Leste da Usina Candiota	João Eugênio Fagundes	6.504.130	244.070	237,81		23/03/84	PE	0,80	5,75	4,15	233,66		
38	Passo do Tigre	Adão S. Cordeiro	6.498.610	238.940	150,82	1944	04/04/84	PE	1,00	3,00	1,65	149,17		
39	Passo do Tigre	Gerson F. da Silva	6.500.395	238.946	167,49	1964	30/03/84	PE	0,60	2,30	0,55	166,94		
40	Passo do Tigre	Maria C. D. Brito	6.502.991	237.152	162,87		04/04/84	NC				162,87		
41	Passo do Tigre	Maria C. D. Brito	6.501.826	238.238	166,21		04/04/84	NC				166,21		
42	Passo do Marmeleiro	CRM	6.500.141	236.505	130,71	1974	29/03/84	PT			SURG			
43	Passo dos Pinheiros	Vanderlei S. Vasconcelos	6.505.600	237.850	226,16	1969	03/04/84	PE	1,20	8,00	6,45	219,71		
44	Área B-12	Iracema Lacerda	6.499.615	247.070	206,53		15/03/84	NC						
45	Área B-12	Iracema Lacerda	6.499.200	247.125			25/04/84							
46	Arroio Caiena, estrada Candiota-Pedras Altas		6.504.550	248.800			22/02/84	Rio						
47	Arroio Candiota		6.503.850	246.350			22/02/84	Rio						

(*) NC - Fonte, nascente PE - Poço escavado PT - Poço tubular LA - Lagoa DL - Descarga do lavador

QUADRO 3.5 - Catálogo geral de pontos de água (1), área de Candiota, Bagé-RS (CPRM, 1984, ANEXO 3.1) (continuação)

Nº DO PONTO	LOCALIZAÇÃO					CARACTERÍSTICAS DO PONTO								
	LOCAL	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS			DATA		(*) NATU REZA	PROF.	NE		ND	REBAIX	VAZÃO L/s
			N	E	COTA	PERF	COLETA			PROF	COTA			
48	Arroio Candiota, à montante da confl. com arroio Candioteinha		6.501.875	247.300			15/03/84	Rio						
49	Arroio Candioteinha, à montante da confl. com arroio Candiota		6.501.550	247.200			15/03/84	Rio						
50	Arroio Candiota, à montante da confl. com arroio Poacá		6.495.100	238.525			30/03/84	Rio						
51	Arroio da Pitangueira		6.497.745	248.601	201,21		15/03/84	NC				201,21		
52	Biboca	Emi Lima	6.496.552	245.098	199,77	1954	16/03/84	PE	0,60	9,40	6,37	193,40		
53	Biboca	Ernesto Pires	6.495.620	247.725	202,59		16/03/84	NC				202,59		
54	Biboca	José Manoel Avila de Azeredo	6.493.092	242.285	142,97		16/03/84	NC				142,97		
55	Biboca	Paulo Prieto	6.495.909	246.518	181,98		16/03/84	NC				181,98		
56	Estância São Paulo	Antônio Soares	6.494.458	246.186	207,39	1954	16/03/84	PE	1,20	3,10	1,40	205,99		
57	Estrada Vila Matarazzo Vila Pereira	Cia. Portland de Cimento Gaucho	6.501.150	249.350	181,51		14/03/84	PE	1,00	4,50	2,60	178,91		
58	Estrada Vila Operária Vila Matarazzo	Hildebrando Cardoso Brum	6.509.090	247.976	255,92	1884	23/02/84	PE	1,20	3,14	0,15	255,77		
59	Estrada Vila Operária Vila Matarazzo	Pedro Esteves Macedo	6.507.776	247.830	268,87	1978	23/02/84	PE	0,90	10,70	3,40	265,47		
60	Estrada Vila Operária Vila Matarazzo		6.506.110	248.170	244,36		23/02/84	NC				244,36		
61	Fazenda Santa Rita	João Eugênio Fagundes	6.504.019	248.886	204,96		23/02/84	PE	1,00	2,05	0,55	204,41		
62	Fazenda da Palma	Luis Lauri Scarton	6.510.494	249.600	261,78	1944	23/02/84	PE	2,00	2,05	0,65	261,13		
63	Fazenda próxima da Fazenda da Palma	Luis Lauri Scarton	6.510.245	247.195	253,16	1954	23/02/84	PE	1,50	2,28	0,25	252,91		
64	Invernada do Urubu Fazenda da Talcira		6.493.591	239.545	195,49		16/03/84	NC				195,49		

(*) NC - Fonte, nascente PE - Poço escavado PT - Poço tubular LA - Lagoa DL - Descarga do lavador



3.6.2 - Relação da Geologia local com a Contaminação

A composição química e a qualidade das águas subterrâneas estão intimamente ligadas com as diferentes litologias pertencentes às formações geológicas.

Os teores de enxofre, por exemplo, são variáveis de acordo com o paleoambiente deposicional, sendo que os ambientes marinhos e salobros proporcionam o grau de presença deste elemento nas camadas de carvão subjacentes.

Na área de Candiota, ocorre na Formação Rio Bonito uma litologia de espessura uniforme e persistência lateral, constituída de siltitos cinza escuros a pretos, intercalados com lâminas e estratos finos de arenito fino a médio carbonático. Esta litologia representa um fácies de sedimentação em baixios de marés, protegidos por barreiras de ilhas ou areias, e reflete uma transgressão marinha com afogamento progressivo das planícies costeiras e fluviais. O aparecimento de teores de enxofre de 1 a 2% nos carvões, valores estes raramente ultrapassados, confirmam que houve constantes avanços e recuos das águas, com recorrências do fácies fluvial, portanto sob franca influência continental.

A partir desta definição do ambiente paleodeposicional, fica constatado o menor grau de contaminação a que os aquíferos desta área estão sujeitos através da lavra das camadas de carvão que ali ocorrem. A presença de arenitos finos, carbonáticos, são elementos positivos na contenção dos avanços da contaminação por ácidos, pois existe inicialmente uma neutralização eficaz através dos carbonatos e uma precipitação dos metais pesados em dissolução pela troca iônica com cálcio.

QUADRO 3.6 - Catálogo geral de pontos de água (2), área de Candiota (CPRM, 1984, Anexo 3.2)

Nº DO PONTO	GEOLOGIA		CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS														OBS.	
	GRUPO OU FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ⁻³	pH	ACIDEZ	ALCALI-NIDADE	CONDUTIV. ELÉTRICA (micromhos/cm)	DUREZA °f		RESÍD. SECO (mg/L)
			mg/L										(mg CaCO ₃ /L)					
01	Rio Bonito	Arenito	152,3	74,8	12,0	1,0	0,55	0,05	6,0	670,0		3,1	720,0	0,0	1.747	69,2	1440,0	
02	Rio Bonito	Arenito										2,8			3.247			
03	Rio Bonito	Siltito Carb. Arenito	1,6	1,7	3,3	0,8	0,8	0,4	4,3	1,6	13,4	7,3	4,0	10,0	75	1,1	57,0	
04	Aluvião	Arenas, cascalhos										7,3			132			
05	Aluvião	Arenas, cascalhos										7,5			265			
06	Aluvião	Arenas, cascalhos	4,8	2,9	4,0	1,9	2,0	0,8	4,6	5,0	25,1	4,7	10,0	16,0	278	2,4	113,4	
07	Suite Met. Cambai	Gnaisse										7,9			125			
08	Rio Bonito	Siltito Carbonoso																
09	Rio Bonito	Siltito Carbonoso																
10	Rio Bonito	Arenito	6,4	5,7	3,0	1,0	1,5	1,5	5,3	38,0		4,3	20,0	0,0	134	3,9	133,2	
11	Aluvião	Arenas, cascalhos																
12	Rio Bonito	Arenito										3,6			458			
13	Rio Bonito	Arenito										3,4			558			
14	Rio Bonito	Arenito										6,4			70			
15	Rio Bonito	Arenito	4,8	3,4	3,6	0,6	0,1	0,2	8,9	3,0	17,1	6,4	49,0	22,0	104	2,6	81,2	
16	Rio Bonito	Arenito										5,7			901			
17	Rio Bonito	Arenito	1,2	1,1	3,3	0,4		0,6	4,3	2,0	9,15	5,5	12,0	8,0	37	0,7	47,0	
18	Rio Bonito	Arenito	1,4	1,3	3,7	0,8	0,7	0,2	3,4	1,2	17,6	5,2	101,0	14,0	75	0,9	62,8	
19	Rio Bonito	Arenito	1,2	1,1	2,7	0,7	0,2		4,7	2,2	4,9	5,9	46,0	4,0	37	0,7	38,0	
20	Rio Bonito	Arenito	7,0	2,2	15,3	2,9	1,5	1,0	6,9	10,5	52,46	5,8	65,0	44,0	188	2,7	128,6	
21	Rio Bonito	Arenito	1,6	2,7	2,1	1,1	1,8	0,1	7,4	3,0	9,2	5,2	19,0	6,0	53	1,5	119,8	
22	Rio Bonito	Arenito	4,0	2,3	4,0	2,3	0,9	0,1	9,2	5,5	18,3	6,2	43,0	8,0	140	1,9	99,8	
23	Rio Bonito	Arenito										7,7			49			
24	Rio Bonito	Arenito	2,4	1,1	4,5	0,9	0,5	0,2	7,1	1,0	10,98	5,2	55,0	10,0	110	1,1	47,6	
25	Rio Bonito	Arenito	2,4	1,7	8,1	1,7	1,6	0,7	2,8	2,2	26,8	5,2	61,0	25,0	114	1,3	160,2	
26	Rio Bonito	Arenito										5,8			50			
27	Rio Bonito	Arenito	2,4	2,9	3,4	0,7	1,0	0,6	9,6	1,6	9,8	5,0	75,0	8,0	106	1,8	89,0	
28	Rio Bonito	Arenito	3,2	2,9	4,6	2,3	0,9		9,2	1,0	23,2	5,5	42,0	18,0	87	2,0	88,2	
29	Rio Bonito	Arenito	0,6	0,9	1,5	0,7	0,1	0,2	2,8	2,2	4,02	4,9	36,0	4,0	42	0,5	11,1	
30	Rio Bonito	Arenito	5,2	3,8	5,1	1,4	0,2		15,3	0,5	14,6	4,9	73,0	7,0	173	2,8	107,2	
31	Rio Bonito	Arenito	5,6	1,7	3,1	4,4	0,2	0,7	11,7	2,9	16,0	6,1	29,0	11,0	125	2,1	138,0	
32	Rio Bonito	Arenito	4,0	1,7	6,1	1,8	2,0	0,4	6,0	0,5	28,1	5,8	76,0	21,0	100	1,7	85,2	
33	Estrada Nova	Siltito																
34	Estrada Nova	Siltito	103,1	40,8	32,0	15,0	0,1	0,05	23,1	33,0	517,3	7,8	54,0	412,0	896	42,7	488,6	
35	Rio Bonito	Arenito										5,1			67			
36	Rio Bonito	Arenito	0,8	1,7	4,3	0,7	0,2	0,3	6,8	1,0	8,6	4,8	41,0	6,0	36	0,9	44,8	
37	Rio Bonito	Arenito	10,4	7,5	15,4	11,6			51,5	5,0	6,1	5,2	24,0	10,0	349	5,7	157,4	
38	Rio Bonito	Arenito										7,0			560			

QUADRO 3.6 - Catálogo geral de pontos de água (2), área de Candiota (CPRM, 1984, ANEXO 3.2) (continuação)

Nº DO PONTO	GEOLOGIA		CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS														OBS.	
	GRUPO OU FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺²	Fe ⁺³	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃	pH	ACIDEZ	ALCALI-NIDADE	CONDUTIV. ELÉTRICA (micromhos /cm)	DUREZA _{0f}		RESÍD. SECO (mg/L)
			mg/L										(mg CaCO ₃ /L)					
39	Rio Bonito	Arenito	41,7	17,8	100,0	2,3	0,4	0,1	17,7	10,0	451,5	6,9	65,0	415,0	1.109	17,8	443,6	
40	Rio Bonito	Arenito										6,6			210			
41	Rio Bonito	Arenito	3,2	2,3	10,0	0,9	2,4		4,6	2,2	37,82	5,6	78,0	31,0	98	1,7	133,2	
42	Rio Bonito	Arenito	60,9	13,2	22,7	5,9	0,1	0,1	13,1	47,0	256,0	6,8	38,0	206,0	681	20,7	309,8	Furo de sonda-CRM
43	Rio Bonito	Arenito	8,0	3,4	9,8	0,7	0,1		12,4	0,5	39,0	5,9	24,0	24,0	157	3,4	116,6	
44	Rio Bonito	Arenito	5,6	5,3	10,0	0,7	0,05	0,05	14,9	2,2	19,52	5,2	84,0	15,0	150		86,8	
45	Rio Bonito	Arenito										7,5		1.203				
46	Suíte Met. Cambai	Calcário										7,7			316			
47	Suíte Met. Cambai	Gnaiss										7,4			78			
48	Suíte Met. Cambai	Gnaiss										8,0			129			
49	Suíte Met. Cambai	Gnaiss										7,8			112			
50	Aluvião	Areias, cascalhos	3,2	2,9	3,8	1,8	2,0		2,5	3,0	23,2	6,6	8,0	19,0	137	2,0	106,0	
51	Palermo	Siltito										6,1			183			
52	Irati	Siltito Arg. Folhelho	82,6	26,2	12,8	2,7	0,1	1,1	33,0	12,7	334,3	6,8	25,0	305,0	1.568	31,6	454,0	
53	Irati	Siltito Arg. Folhelho																
54	Irati	Siltito Arg. Folhelho																
55	Palermo	Siltito										6,6			1.371			
56	Irati	Siltito Arg. Folhelho																
57	Suíte Met. Cambai	Gnaiss	61,7	10,3	5,4	1,1			12,1	6,2	249,0	5,5	30,0	203,0	587	19,7	224,6	
58	Suíte Met. Cambai	Gnaiss	4,8	3,4	16,5	1,1	0,4	0,1	9,2	1,0	63,5	6,6	68,0	58,0	165	2,6	131,2	
59	Suíte Met. Cambai	Gnaiss	3,2	3,4	4,3	1,5	0,1	0,2	12,1	5,0	15,8	6,8	11,0	12,0	83	2,2	85,4	
60	Suíte Met. Cambai	Gnaiss	0,8	2,3	3,5	0,6	0,9	0,4	6,4	1,6	14,6	4,9	27,0	5,0	48	1,2	74,8	
61	Suíte Met. Cambai	Gnaiss	3,2	3,4	7,4	0,8	1,7	0,6	11,4	3,0	21,9	6,5	92,0	36,0	130	2,2	91,2	
62	Suíte Met. Cambai	Gnaiss	2,4	2,9	5,8	1,6	0,2	0,1	13,1	1,0	25,6	6,2	39,0	21,0	84	1,8	77,0	
63	Suíte Met. Cambai	Gnaiss	0,8	2,9	3,6	1,7	0,5	0,7	8,5	1,6	12,2	4,8	70,0	9,0	50	1,4	73,2	
64	Irati	Siltito Arg. Folhelho	5,6	4,6	4,6	5,3	0,4	0,3	11,4	12,9	17,1	5,0	59,0	14,0	122	3,3	115,4	



3.6.3 - Aquíferos

Os aquíferos em rochas do embasamento cristalino, representados pelas rochas cristalinas da Suíte Metamórfica Cambaí, têm sua capacidade de armazenamento e circulação da água intimamente relacionada com a existência de juntas e fraturas abertas, bem como com a intercomunicação entre elas.

Os aquíferos em rochas sedimentares compreendem as Formações Rio Bonito (correspondendo ao melhor aquífero da seqüência sedimentar ocorrente na área de estudos), Palermo, Irati, Estrada Nova e os sedimentos inconsolidados do Terciário e Quaternário.

Durante o referido projeto da CPRM, foram cadastrados 64 pontos de água, sendo 01 (1,6%) poço tubular, 21 (32,8%) poços escavados, 25 (39,1%) nascentes e 17 (26,5%) pontos em rios, cujos dados correspondentes estão indicados no Catálogo Geral de Pontos de água (Quadro 3.6). A densidade média é de um ponto de água para cada 3,8 km². Por litologia, para um total de 21 poços escavados, 28,6% estão nas rochas do embasamento cristalino e 71,4% nas rochas sedimentares. Quanto às 25 nascentes cadastradas, 4% estão localizadas no embasamento cristalino e 96,0% nas rochas sedimentares; dentre os 17 pontos de rios, 29,4% estão no embasamento e 70,6% nas rochas sedimentares. Foram nivelados pela topografia 43 pontos, sendo 01 poço tubular, 20 poços escavados e 22 nascentes (Machado; Peruffo; Lima, 1984).

O relacionamento existente entre geologia e água subterrânea depende de uma série de fatores que caracterizam cada unidade geológica como provável fornecedora de água; tais fatores são o meio físico, modo de ocorrência, forma dos depósitos, condições de circulação da água e parâmetros hidráulicos.

Assim, o projeto da CPRM (1984) distingue dois tipos de aquíferos:

- aquíferos em rochas cristalinas ou fraturadas;
- aquíferos em rochas sedimentares.

Aquíferos no Embasamento Cristalino

As rochas cristalinas são geralmente compactas e resistentes, e possuem uma permeabilidade primária praticamente nula, o que dificulta a infiltração e o escoamento das águas subterrâneas.

O meio aquífero das rochas fraturadas, muito fraco no que se refere a armazenamento e produção de água, depende da existência de juntas, fraturas e da extensão e litologia do manto de intemperismo sobrejacente.

A formação do sistema de fraturas nas áreas cristalinas depende da sua evolução tectônica.

Os sistemas de fraturas longitudinais são afetados posteriormente por esforços de tensão que dão origem a fraturas paralelas e angulares transversais à direção dos estratos, propiciando a interconexão entre os sistemas de fraturas considerados. As do segundo tipo, mais abertas, dão origem a razoáveis depósitos de água subterrânea. No conjunto, essas fraturas constituem uma verdadeira rede de fissuras interligadas onde ocorre o armazenamento da água subterrânea. Acredita-se que a comunicação hidráulica entre as fendas se processa apenas na parte superior do aquífero, devido a elas tenderem a se fechar com a profundidade em consequência da pressão litostática. Estudos estatísticos de alguns autores comprovam esse fato e argumentam que



as possibilidades de se encontrar água em terrenos cristalinos diminuem consideravelmente a partir dos 40 metros de profundidade.

Nos aquíferos fraturados as rochas são maciças, praticamente impermeáveis e não porosas, dando-se o acúmulo de água ao longo das fraturas e diáclases. A Suíte Metamórfica Cambaí, constituída predominantemente por gnaisses a biotita, compreende este tipo de aquífero na área.

Na área de ocorrência das rochas do embasamento cristalino, o projeto da CPRM cadastrou e catalogou 07 pontos de água, sendo 06 poços escavados e 01 nascente, além de 05 pontos em rios, para estudo da qualidade das águas superficiais. A profundidade dos 06 poços escavados variou entre 3,40 m e 10,70 m e, a dos níveis estáticos, entre 0,15 m e 3,40 m.

- Condições de alimentação

O principal agente regenerador das reservas de água subterrânea na recarga do sistema aquífero dos terrenos cristalinos é o sistema hidrográfico superficial que, atuando nas zonas de coincidência fratura-drenagem, pode assegurar uma constante realimentação através dos aluviões, durante os períodos de maior intensidade de chuvas.

Na área de estudos verifica-se que a alimentação sofre algumas restrições, pois a rede hidrográfica não é muito densa, o manto de intemperismo é pouco espesso e os aluviões são pouco expressivos na área abrangida pelas rochas cristalinas.

- Escoamentos e exutórios

As rochas fraturadas originam dois tipos de reservatórios, quais sejam: - resultante do fraturamento superficial;

- originado das fraturas que ocorrem em profundidade.

As fraturas mais próximas à superfície originam um sistema denso. Este sistema, na maioria das vezes, possui conexão direta com o manto de intemperismo e constitui um aquífero livre, sendo a topografia o principal fator que controla a circulação. O fraturamento em profundidade, apresentando fraturas individualizadas que dão origem a uma trama rarefeita, pode oferecer condições de confinamento onde as paredes das fraturas orientam e controlam a circulação.

Na área de estudos, onde ocorrem as rochas cristalinas, por haver somente poços escavados e nascentes, não é possível tecer maiores considerações sobre o escoamento, pois isso requereria informações sobre entradas de água que iriam definir o maior ou menor grau de fraturamento dessas rochas (CPRM, 1984).

Os principais exutórios que atuam nos depósitos de água subterrânea, no âmbito de ocorrência das rochas cristalinas são os rios, as nascentes e a evapotranspiração. A drenagem superficial na área onde ocorrem essas rochas é pouco densa e, por esse motivo, sua atuação na descarga dos depósitos de água subterrânea não é significativa.

As nascentes, que também contribuem para a perda natural de água dos aquíferos, ocorrem no contato do manto de intemperismo com as rochas do embasamento. Na área de estudos, onde ocorrem as rochas cristalinas, foi cadastrada apenas uma nascente, o que impede uma explanação mais detalhada sobre esse exutório, pois ele é puntual e não representa toda a área (CPRM, 1984).



A evapotranspiração, outro fator de descarga dos aquíferos, consiste da perda de água através da transpiração das plantas. Na área onde ocorre o embasamento cristalino, a contribuição desse exutório na perda de água dos aquíferos não pôde ser avaliada por falta de dados.

- Capacidade de produção dos poços

Durante os trabalhos de campo executados no projeto da CPRM (1984) foi constatado, através de informações dos usuários, que os poços escavados, cadastrados na área do embasamento cristalino, apresentam uma variação pouco acentuada no nível estático, no período inverno/verão, e ainda conservam certo volume de água mesmo nas estiagens mais acentuadas.

Embora os dados obtidos na área sejam relativos a poços escavados pode-se salientar que, quanto à capacidade de produção dos poços, sua utilização diária mostra, segundo informações dos usuários, serem capazes de suprir as necessidades da população rural.

Aquíferos em Rochas Sedimentares

Em razão do pequeno número de dados de que se dispõe para cada uma das formações pertencentes à seqüência, o estudo do comportamento hidrogeológico será realizado de maneira geral, apenas procurando destacar as características hidrogeológicas da Formação Rio Bonito, que representa o principal aquífero da região.

O projeto da CPRM cadastrou e catalogou na área de ocorrência de rochas sedimentares, 40 pontos de água, sendo 01 poço tubular, 15 poços escavados e 24 nascentes, além de 12 pontos em rios para efeito de estudo da qualidade das águas superficiais.

O poço tubular é surgente e os 15 poços escavados mostram profundidades variando entre 1,80 m e 9,40 m, sendo que os níveis estáticos variam de 0,25 m a 6,45 m.

- Condições de alimentação

A alimentação do aquífero Rio Bonito se processa principalmente através da infiltração direta a partir das precipitações.

As condições geológicas reguladoras da recarga na área em estudo apresentam-se muito favoráveis. Nas áreas onde aflora essa formação, constituída de arenitos quartzosos finos, siltitos, folhelhos e carvão, predomina uma topografia plana, formando as coxilhas, cobertas por um solo arenoso de espessura mínima e boa permeabilidade.

A alimentação por infiltração através da drenagem superficial não se verifica, pois, aliado à pouca densidade de drenagem, os rios têm caráter efluente, ou seja, recebem contribuição das águas subterrâneas.

Para o aquífero Palermo, a alimentação dá-se através da infiltração direta das águas da chuva e, também, da contribuição do aquífero inferior por filtração vertical. Essa formação, cobrindo uma pequena porção no quadrante sudeste da área, pelo fato de apresentar uma alternância de siltitos e arenitos finos, finamente intercalados, comporta-se como uma camada confinante do aquífero Rio Bonito em profundidade.

A Formação Irati constitui um sistema aquífero fraco com escassas possibilidades de armazenar e fornecer água. Sua alimentação ocorre também através de infiltração direta das águas de chuva nas áreas de afloramento.



Assim como a Formação Irati, a Formação Estrada Nova, constituída principalmente por siltitos e folhelhos com algumas intercalações de arenitos, ocorre em pequena extensão, formando o topo das coxilhas. Consiste de um sistema aquífero também fraco cuja alimentação se processa através da infiltração direta das precipitações.

Os depósitos terciário-quaternário, ocorrente em pequena extensão sobre o embasamento cristalino, e quaternário, ocorrente principalmente ao longo do arroio Candiota no sul da área, são constituídos de areias, cascalhos, sedimentos aluvionares e siltico-argilosos ou siltico-arenosos inconsolidados, que, dependendo da espessura, poderiam constituir sistemas aquíferos expressivos; não se dispõe, porém, de dados sobre as dimensões desses depósitos. Sua alimentação é feita através da infiltração direta pelas águas da chuva.

- Escoamentos e exutórios

A elaboração da superfície piezométrica na área de Candiota foi obtida através de medidas dos níveis estáticos dos pontos cadastrados e de seu nivelamento topográfico (Machado; Peruffo; Lima, 1984).

Estando a maior parte dos pontos nivelados localizada em área onde aflora a Formação Rio Bonito, o projeto da CPRM deu maior destaque ao escoamento desta unidade geológica. Na área em questão, 60,5% dos pontos nivelados estão na parte onde aflora a Formação Rio Bonito e, por esse motivo, foi dado maior destaque ao escoamento nessa formação.

Elaborada a superfície piezométrica do aquífero Rio Bonito, com o traçado das linhas equipotenciais e das linhas de fluxo do aquífero freático, foi verificado que a superfície freática é controlada topograficamente com linhas de fluxo convergentes em direção aos mananciais superficiais. Os gradientes hidráulicos são baixos, variando de 0,6 m/km a 32,0 m/km, situando-se a maioria abaixo de 10 m/km.

Nos locais onde a Formação Rio Bonito está confinada pelas demais formações da seqüência, a água sob pressão dá origem a poços surgentes, conforme pode ser constatado no único poço tubular cadastrado (ponto 42).

Para o restante da área, coberta pelas formações Palermo, Irati, Estrada Nova e pelos depósitos terciário-quaternários e quaternários, as linhas equipotenciais e as linhas de fluxo, indicam que o escoamento se processa em direção aos principais cursos de água que drenam a região.

Os principais exutórios que atuam na descarga natural dos aquíferos são os rios, as nascentes e a evapotranspiração. No caso dos rios, essa descarga ocorre de maneira pouco efetiva em razão da pequena densidade de drenagem.

Na área de afloramento da Formação Rio Bonito foram cadastradas 17 nascentes (68% do total) e, embora não tendo sido coletados dados acerca das vazões dessas nascentes, pode-se salientar que esses exutórios contribuem para a descarga natural do aquífero (CPRM).

Com relação à evapotranspiração, os dados relativos a esse exutório dizem respeito à estação climatológica de Bagé, de onde foram obtidos os valores de evaporação utilizados no cálculo da ETr (evapotranspiração real). Portanto, a atuação desse exutório na área em estudo como agente de descarga natural do aquífero não pôde ser comprovada efetivamente, devido à inexistência de postos de observação dentro dessa área.



Para as demais formações, pertencentes à seqüência sedimentar e aos depósitos terciário-quaternário e quaternário, que ocorrem na área em estudo, os exutórios que poderiam atuar na descarga natural desses aquíferos seriam as nascentes e os rios, que contribuem para a descarga por terem caráter efluente.

3.6.4 - Lixiviação Dos Elementos Contaminantes

O processo de queima do carvão em usinas termelétricas é uma fonte constante de poluentes ambientais que afetam tanto o ar quanto o solo e água. Um dos problemas mais críticos refere-se à acidificação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Caso não sejam adotadas medidas mitigadoras adequadas, pode ocorrer a solubilização dos metais presentes nas cinzas.

A drenagem do carvão também apresenta pequeno potencial poluidor em termos de metais. O pH da drenagem situa-se acima de 4,0, devido tanto ao baixo teor de enxofre pirítico, quanto à morfologia da pirita, que é massiva, sem a presença de pirita framboidal.

O projeto da CPRM pôde comprovar, através dos resultados de ensaios de lixiviação, que as cinzas volantes de Candiota I possuem baixos teores de S e Ca, resultando um efluente levemente ácido com pequenas concentrações de metais. Estas cinzas praticamente não representam perigo para os recursos hídricos.

Por outro lado, as cinzas recentes da Usina Presidente Médici A (volantes e pesadas) possuem o teor de S um pouco superior ao de Ca, resultando um efluente ácido.

Baseado nos resultados apresentados no Quadro 3.7, o projeto da CPRM pode afirmar que o potencial poluidor dos rejeitos de Candiota é inferior ao do carvão catarinense.

QUADRO 3.7 - Lixiviação de carvão e cinzas das termelétricas de Candiota (concentrações em µg/L.kg de cinzas ou carvão)

	CINZAS VOLANTES DE CANDIOTA I	CARVÃO	CINZAS VOLANTES E PESADAS DA UTPM-A
teor de enxofre (%)	0,17	pirítico 0,3 orgânico 1,2	0,58
teor de cálcio (%)	0,1	0,1	0,2
pH da drenagem	4,5	4,7	3,5
Cu	1	2	22
Pb	2	3	2
Zn	430	120	2900
Cd	1	1	1
Fe	10	6	120
Mn	30	200	2200
Be	1	1	2
As	14	5,4	1

Fonte: Machado; Peruffo; Lima, 1984, p. 242.

Nota: a denominação "Cinzas volantes de Candiota I" refere-se à material depositado há cerca de 20 anos.

Assim, a leve acidez das águas subterrâneas, observada em Candiota, deve-se à disposição inadequada das cinzas pesadas das termelétricas em operação, que carregam a pirita não volatilizada do carvão. Esta pirita, disposta inadequadamente no ambiente, tem uma parcela de participação na acidez que já começa a comprometer os recursos hídricos de Candiota.

3.6.5 - Hidroquímica

No estudo do comportamento hidroquímico das águas subterrâneas na área de Candiota, o projeto da CPRM procurou obter dados que permitissem determinar a qualidade dessas águas para fins de consumo humano, dessedentação de animais e irrigação.

Durante a etapa de trabalho de campo, foram coletadas 34 amostras, sendo 01 em poço tubular, 17 em poços escavados e 16 em nascentes. Segundo a litologia, foram coletadas 06 amostras em poços escavados e 01 amostra em nascente no embasamento cristalino (Suite Metamórfica Cambaí). Na área abrangida pelas rochas sedimentares (Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova, Terciário-Quaternário Indiviso e Quaternário Indiviso), foram coletadas 01 amostra em poço tubular, 11 amostras em poços escavados e 15 amostras em nascentes.

As análises químicas foram utilizadas para realizar as seguintes determinações: alcalinidade, acidez, resíduo seco a 110 °C e constituintes principais (mg/L) Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Fe^{-2} , Fe total, HCO_3^- , CO_3^{-2} , Cl^- e SO_4^{-2} .



O pH e a condutividade elétrica foram determinados "in loco" durante os trabalhos de campo, utilizando um medidor de pH Metronic ES-B2 e um condutivímetro Antar S/01. Os valores de condutividade foram corrigidos para a temperatura de 25 °C, através de fatores de conversão fornecidos pelo manual do aparelho para temperaturas da água no momento da coleta no intervalo de 10 a 31 °C.

Os resultados das análises são apresentados no Catálogo Geral de Pontos de Água (Quadro 3.9). Na interpretação desses resultados, quando necessário, esses valores foram convertidos em miliequivalentes por litro (meq/L), representado por "r".

Na elaboração deste estudo foram considerados os resultados de 33 amostras que se encontram dentro dos limites do erro permissível, tendo sido eliminada uma que ultrapassou esses limites.

- Características químicas das águas

A observação do conjunto de amostras analisadas mostra a predominância do bicarbonato (50%) sobre os demais ânions; em relação aos cátions, não existe um predominante.

Os resultados das análises indicam que, consideradas em conjunto, apenas 39,4% das águas amostradas possuem condutividade elétrica inferior a 100 micromhos/cm, sendo o valor médio de 320,4 micromhos/cm. Os valores mais elevados estão concentrados nas áreas de mineração do carvão (quadrante noroeste da área de estudos) e também em áreas onde ocorre a Formação Irati (quadrante sudeste).

O grau de salinização das águas é baixo, sendo o resíduo seco médio de 180,7 mg/L. No Quadro 3.8, onde está representada a distribuição de frequência dos resíduos secos, verifica-se que 84,9% das amostras apresentam um valor de resíduo seco inferior a 300 mg/L, sendo que apenas 3,0% ultrapassam 500 mg/L.



QUADRO 3.8 - Distribuição de freqüência dos resíduos secos

RESÍDUO SECO (mg/L)	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA	
		RELATIVA (%)	ACUMULADA (%)
0 - 100	1	48,5	48,5
100 - 200	11	33,4	81,9
200 - 300	1	3,0	84,9
300 - 400	1	3,0	87,9
400 - 500	3	9,1	97,0
> 500	1	3,0	100,0

Os valores mais elevados de resíduo seco estão relacionados com as áreas de mineração do carvão e de ocorrência da Formação Irati.

Quanto ao pH, as águas procedentes de poços escavados variam de ácidas a alcalinas (4,8 a 7,8), as de nascentes variam de ácidas a quase neutras (3,1 a 6,1), a do único poço tubular amostrado é neutra (6,8). Apenas 3,0% dos valores são superiores a 7,0, sendo 7,8 o valor máximo e 3,1 o mínimo.

O mapa hidrogeológico (Mapa 3.11) mostra que nas áreas de mineração do carvão predominam as águas ácidas e no restante da área de estudo essas águas variam de ácidas a alcalinas.

A dureza, expressa em miligramas de CaCO_3 por litro ou em graus franceses (ºf), é calculada através da fórmula $D = (\text{Ca}/20 + \text{Mg}/12) \times 50$ (Custódio, 1976) com os valores de cálcio e magnésio em mg/L. O valor médio encontrado foi 82,1 mg CaCO_3 /L, ou seja, 8,2 ºf. Segundo a classificação de dureza de Klut Olszewski (Quadro 3.9), 78,8% das águas são classificadas como muito moles, 9,1%, algo duras e 12,1%, muito duras.

QUADRO 3.9 - Classificação de dureza de Klut Olszewski

Dureza até 7 ºf	água muito mole
Dureza de 7 a 12 ºf	água mole
Dureza de 12 a 20 ºf	água algo dura
Dureza > 20 ºf	água muito dura

Obs.: 1 ºf = 10 mg CaCO_3 /L

A acidez (expressa em mg CaCO_3 /L) apresenta um valor médio de 68,7 mg CaCO_3 /L. Do total de amostras consideradas 54,5% apresentam valores inferiores a 50 mg/L e apenas 6,1% estão acima de 100 mg/L.

Em relação à alcalinidade (também expressa em mg CaCO_3 /L), o valor médio é de 64,8 mg CaCO_3 /L; 78,8% dos valores são inferiores a 50 mg/L e 18,2% ultrapassam 100 mg/L.



- Embasamento cristalino

As 07 amostras coletadas na área abrangida pela Suíte Metamórfica Cambaí mostram uma condutividade elétrica média de 163,8 micromhos/cm e baixo grau de salinização, com resíduo seco médio de 108,2 mg/L.

Quanto ao pH, as águas amostradas variam de ácidas a neutras (4,8 a 6,8), sendo 5,9 o valor médio.

A dureza apresenta valores baixos, sendo o valor médio 44,5 mg CaCO₃/L, ou seja, 4,4 °f. A classificação de dureza de Klut Olszewski (Quadro 3.9) mostra que 85,7% das amostras são classificadas como muito moles e os restantes 14,3% são algo duras. A acidez média, na área abrangida pelas rochas do embasamento, é 48,1 mg CaCO₃/L e a alcalinidade média, 49,1 mg CaCO₃/L.

- Composição química das águas

Na determinação dos tipos químicos (grupos e subgrupos) das águas amostradas, foi utilizado o diagrama de Piper (Custódio, 1976) (Figuras 3.4 e 3.5), plotando-se os percentuais dos miliequivalentes de cátions e ânions. No Quadro 3.10 estão relacionados os grupos e subgrupos determinados, além do número de amostras de cada subgrupo e a frequência relativa.

QUADRO 3.10 - Tipos Químicos de águas

GRUPOS E SUBGRUPOS	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA RELATIVA (%)
ÁGUAS BICARBONATADAS		
Bicarbonatada cálcica	1	14,3
Bicarbonatada magnesiana	1	14,3
Bicarbonatada sódica	1	14,3
Bicarbonatada sódio-magnesiana	1	14,3
ÁGUAS BICARBONATADAS CLORETADAS		
Bicarbonatada cloretada magneso-sódica	1	14,3
ÁGUAS CLORETADAS		
Cloretada magnesiana	1	14,3
ÁGUAS CLORETADAS BICARBONATADAS		
Cloretada bicarbonatada magneso-sódica	1	14,3
TOTAL	7	100,0



- Rochas sedimentares

No âmbito de ocorrência das rochas sedimentares (incluindo-se aqui os sedimentos terciário-quaternários e quaternário), foram coletadas 27 amostras, sendo consideradas para esse estudo apenas 26, pelo fato de uma amostra estar acima do erro permissível.

Os valores de condutividade elétrica indicam que apenas 30,7% das águas amostradas apresentam valores inferiores a 100 micromhos/cm, sendo o valor médio de 362,5 micromhos/cm. A salinidade dessas águas é baixa, com um resíduo seco médio de 200,2 mg/L. No Quadro 3.11, onde está representada a distribuição de freqüência dos resíduos secos, nota-se que 80,8% das amostras estão abaixo de 300 mg/L e apenas 3,8% ultrapassam 500 mg/L.

QUADRO 3.11. - Distribuição de freqüência dos resíduos secos

RESÍDUO SECO (mg/L)	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA	
		RELATIVA (%)	ACUMULADA (%)
0 - 100	11	42,3	42,3
100 - 200	10	38,5	80,8
200 - 300	0	0,0	80,8
300 - 400	1	3,8	84,6
400 - 500	3	11,6	96,2
> 500	1	3,8	100,0

Em relação ao pH, as águas amostradas variam de ácidas a alcalinas (3,1 a 7,8). Apenas 3,7% dos valores são superiores a 7,0.

A dureza apresenta um valor médio de 92,2 mg CaCO₃/L, ou seja, 9,2 °f. De acordo com a classificação de dureza de Klut Olszewski (Quadro 3.9) 76,9% das águas são classificadas como muito moles, 7,7% algo duras e 15,4% muito duras.

A acidez média das amostras provenientes das rochas sedimentares é de 74,2 mg CaCO₃/L. Nota-se que 53,8% das amostras são inferiores a 50 mg/L e apenas 7,7% superiores a 100 mg/L.

Para a alcalinidade, a média dos valores é de 69,1 mg CaCO₃/L. Verifica-se que a alcalinidade de 80,8% das amostras é inferior a 50 mg/L e a das restantes superior a 100 mg/L.

- Composição Química das Águas

Utilizando o diagrama de Piper (Custódio, 1976), foram determinados os tipos químicos (grupos e subgrupos) das águas amostradas, plotando-se os percentuais dos miliequivalentes de cátions e ânions. No Quadro 3.12 estão relacionados os grupos e subgrupos determinados, além do número de amostras de cada subgrupo e a freqüência relativa.



QUADRO 3.12. - Tipos químicos de águas

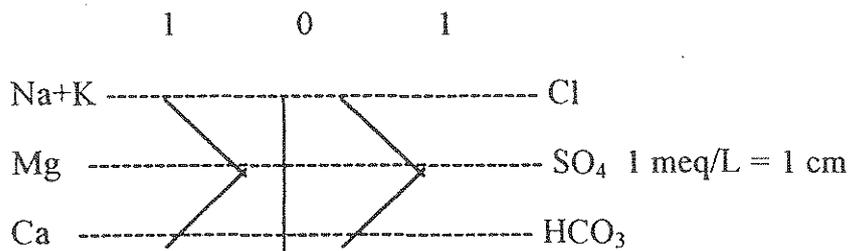
GRUPOS E SUBGRUPOS	Nº DE AMOSTRAS	FREQÜÊNCIA RELATIVA (%)
ÁGUAS BICARBONATADAS		
Bicarbonatada sódica	4	15,6
Bicarbonatada cálcica	3	11,6
Bicarbonatada sódio-magnesiana	2	7,8
Bicarbonatada sódio-cálcica	1	3,8
Bicarbonatada calco-magnesiana	1	3,8
Bicarbonatada magneso-sódica	1	3,8
ÁGUAS BICARBONATADAS CLORETADAS		
Bicarbonatada cloretada mista	1	3,8
Bicarbonatada cloretada sódio-magnesiana	1	3,8
Bicarbonatada cloretada magneso-cálcica	1	3,8
ÁGUAS CLORETADAS		
Cloretada sódio-magnesiana	3	11,6
Cloretada magnesiana	2	7,8
Cloretada calco-sódica	1	3,8
Cloretada mista	1	3,8
ÁGUAS CLORETADAS BICARBONATADAS		
Cloretada bicarbonatada magnesiana	1	3,8
Cloretada bicarbonatada magneso-sódica	1	3,8
ÁGUAS SULFATADAS		
Sulfatada cálcica	1	3,8
ÁGUAS MISTAS		
Mista sódio-cálcica	1	3,8
TOTAIS	26	100,0



- Diagramas de Stiff

Segundo Custódio, os diagramas de Stiff permitem uma representação plana das características químicas e dos diferentes tipos de água.

Este diagrama é obtido utilizando-se valores de miliequivalentes por litro dos cátions Ca, Mg, Na⁺, K e ânions Cl, SO₄ e HCO₃. Esses valores são plotados em três eixos horizontais e, unindo-se os pontos, obtém-se um diagrama conforme mostrado a seguir:



Na área de Candiota, os tipos químicos de água estão intimamente relacionados à litologia. Isto pode ser verificado nos pontos 34, 42, 52 e 56, que representam águas bicarbonatadas, e estão relacionados à Formação Irati, o ponto 57, que também representa uma água bicarbonatada, está relacionado às lentes carbonáticas que ocorrem na Suíte Metamórfica Cambaí. O ponto 01, situado próximo à área de mineração do carvão, identifica uma água sulfatada, que mostra um grande aporte de sulfatos provenientes da alteração da pirita existente no carvão.

- Relações iônicas e índice de troca de bases

As relações entre os íons dissolvidos em água podem guardar certa relação com o terreno de onde provém, indicar a ação de fenômenos modificadores ou salientar uma característica específica da água considerada. Essas relações são obtidas com os valores em miliequivalentes por litro identificados pela letra "r".

No projeto da CPRM, foram abordadas as relações rMg/rCa , rK/rNa , $rCl/rHCO_3$, rSO_4/rCl e o índice de troca de bases (itb) definido pela expressão:

$$itb = \frac{rCl - (Na + K)}{rCl}$$

cujos valores são mostrados no Quadro 3.13.

Analisando essas relações e o itb para a área de Candiota, conclui-se o seguinte:

- a relação rMg/rCa , cujos valores mais freqüentes estão entre 0,3 e 1,5, mostra que 70,6% dos valores obtidos estão entre esses limites mais freqüentes, representando águas continentais;
- para a relação rK/rNa os valores podem variar de 0,001 a 1 e, no caso presente, para um total de 34 valores, apenas 1 está fora desses limites;
- na área em estudo a relação $rCl/rHCO_3$ para as águas continentais varia de 0,1 a 5, estando apenas um valor fora desse intervalo. Esta relação é de grande utilidade quando se necessita conhecer o mecanismo de concentração de sais no sentido do fluxo subterrâneo;
- no caso da relação rSO_4/rCl , os valores mais comuns variam de 0,1 a 5 e, para a área em questão, apenas um valor está fora desses limites;



- o índice de troca de bases (itb) para a área varia de + 0,4 a - 7,8, sendo indicativo de águas pouco salinas. Os baixos valores apresentados são indícios da existência de troca de Ca^{++} e Mg^{++} por Na^+ , com o conseqüente abrandamento da água.



QUADRO 3.13. - Relações iônicas - Área de Candiota

PONTO	RELAÇÕES IÔNICAS - ÁREA DE CANDIOTA				
	rMg/rCa	rK/rNa	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	$itb = \frac{rCl - (Na - K)}{rCl}$
01	0,8	0,1	0,2	82,4	-2,2
15	1,2	0,1	0,8	0,2	+0,3
17	0,2	0,1	0,8	0,3	-0,3
18	1,5	0,1	0,3	0,3	-0,9
19	1,5	0,2	1,6	0,3	0
20	0,5	0,1	0,2	1,1	-2,8
21	2,8	3,1	1,4	0,3	+0,1
22	0,8	0,3	0,8	0,4	+0,1
24	0,7	0,1	1,1	0,1	-0,1
25	1,2	0,1	0,2	0,6	-4,0
27	1,9	0,1	1,7	0,1	+0,4
28	3,5	0,1	1,4	0,1	-0,1
29	2,5	0,3	1,2	0,6	-0,1
30	1,2	0,2	1,8	0	+0,4
31	0,5	0,8	1,2	0,2	+0,3
32	0,7	0,2	0,4	0,1	-0,8
33	0,9	0,3	0,3	0,8	-0,7
34	0,6	0,3	0,1	1,1	-1,7
36	3,5	0,1	1,4	0,1	-0,1
37	1,2	0,4	14,5	0,1	+0,3
39	0,7	0	0,1	0,4	-7,8
41	1,2	0,1	0,2	0,4	-2,5
42	0,4	0,2	0,1	2,6	-2,1
43	0,7	0	0,5	0	-0,3
52	0,5	0,1	0,2	0,3	+0,3
56	0,4	0,2	0,2	0,3	+0,1
57	0,3	0,1	0,1	0,4	0
58	1,2	0	0,2	0,1	-1,9
59	1,7	0,2	1,3	0,3	+0,3
60	4,7	0,1	0,7	0,2	+0,1
61	1,7	0,1	0,8	0,2	-0,1
62	1,9	0,2	0,8	0,1	+0,2
63	5,9	0,3	1,2	0,1	+0,2
64	1,4	0,6	1,1	0,8	0



- Qualidade das águas para consumo humano

Na determinação da qualidade das águas para fins de consumo humano procura-se analisar suas características físicas, químicas e bacteriológicas. No projeto da CPRM, foram analisadas apenas as características físicas e químicas. O conhecimento das características químicas possibilita determinar a potabilidade, que indica se uma água é ou não adequada para consumo humano.

A potabilidade foi determinada através dos padrões estipulados por Schoeller (1955) (Quadro 3.14). Neste método, são considerados os principais parâmetros das águas (teores em miligramas por litro) quais sejam, Ca, Mg, Na, Cl e SO_4^{-2} , resíduo seco e dureza (grau hidrométrico) em graus franceses (°f). Utilizou-se também o diagrama logaritmico de Schoeller-Berkaloff que, além de Ca, Mg, Na, Cl, SO_4 e dureza (°f), considera também K, HCO_3^- e pH (Figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 e 3.14).

QUADRO 3.14. - Padrões de potabilidade segundo Schoeller

	POTABILIDADE PERMANENTE				POTABILIDADE
	BOA	PASSÁVEL	MEDÍOCRE	MÁ	MOMENTÂNEA
Sabor a 20°C (pesada, amarga, salgada etc.)	Agradável	Fracamente perceptível	Pouco pronunciado	Pouco de- sagradável no máximo	Desagradável
Resíduo seco	0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000
Na	0-115	115-230	230-460	460-920	920-1840
Mg/12+Ca/20	0-5	5-10	10-20	20-40	40-80
Em grau hidro- métrico (dureza)	0-25	25-50	50-100	100-200	200-400
Cl ⁻	0-177,5	177,5-355	355-710	710-1420	1420-2840
SO_4^{-2}	0-144	144-288	288-576	576-1152	1152-2304



- Embasamento cristalino

Para as 07 amostras coletadas na área abrangida pelas rochas do embasamento cristalino, não existe restrições no que se refere a potabilidade, pois todas as amostras estão dentro dos limites estabelecidos por Schoeller (Quadro 3.14) para potabilidade permanente boa.

Analisando essas mesmas amostras frente ao diagrama logarítmico de Schoeller-Berkaloff, verifica-se que nenhuma apresenta restrições quanto a potabilidade em relação aos parâmetros Ca, Mg, dureza, Na, K, Cl^- , SO_4^{2-} e HCO_3^- , pois estão dentro dos limites de potabilidade boa. Em relação ao pH, as amostras de números 60 (pH 4,9) e 63 (pH 4,8) estão fora dos limites propostos para esse parâmetro; vale citar que o pH de águas subterrâneas pode estar situado no intervalo de 6,5 a 8,5 (Custódio, 1976), embora alguns autores considerem o intervalo de 5 a 9.

- Rochas sedimentares

Os resultados das análises das 26 amostras coletadas na área onde ocorrem as rochas sedimentares face aos critérios de potabilidade de Schoeller mostram que, em relação a sódio e cloreto, as amostras apresentam potabilidade permanente boa.

Em relação ao resíduo seco, 96,2% das amostras possuem potabilidade permanente boa, enquanto que os 3,8% restantes apresentam potabilidade permanente medíocre.

Quanto à relação $\text{Mg}/12 + \text{Ca}/20$ (dureza), 88,5% das amostras apresentam potabilidade permanente boa, 7,7% potabilidade permanente passável e 3,8% potabilidade permanente medíocre.

Para o sulfato, 96,2% das amostras apresentam potabilidade permanente boa e 3,8% potabilidade permanente má.

No caso do diagrama logarítmico de Schoeller-Berkaloff, verifica-se que, em relação a sódio e a cloreto, as águas apresentam potabilidade boa.

Para o cálcio, apenas 3,8% das amostras apresentam potabilidade passável, o mesmo acontecendo com o magnésio. A dureza contribui para que 7,7% das águas sejam passáveis e 3,8% medíocres. O sulfato mostra apenas 3,8% das águas com potabilidade medíocre e, no caso do bicarbonato, 11,5% das águas são passáveis e 11,5% medíocres.

Em relação ao pH, apenas 15,4% das amostras estão fora da faixa de potabilidade.

Os resultados das análises mostraram valores de ferro total superiores aos limites estabelecidos pela O.M.S. (Custódio, 1976), que considera como valor conveniente 0,3 mg/L e, como valor admissível, 1,0 mg/L, para a potabilidade no que diz respeito ao consumo humano.

Nas rochas do embasamento cristalino, verifica-se que 42,8% das amostras de água não ultrapassam o limite mínimo, 14,4% estão entre os limites considerados e 42,8% são superiores ao valor admissível, sendo essas impróprias para o consumo humano.



- Qualidade das águas para consumo animal

Em se tratando de animais, os limites de potabilidade são mais amplos e se baseiam somente nos valores de resíduo seco. No Quadro 3.15 são apresentados esses limites conforme utilizados na Austrália Ocidental.

QUADRO 3.15 - Limites de potabilidade para animais (Austrália Ocidental)

LIMITES DE POTABILIDADE PARA ANIMAIS	
DISCRIMINAÇÃO	RESÍDUO SECO(mg/L)
Aves	2.860
Porcos	4.290
Cavalos	6.435
Gado leiteiro	7.150
Gado de corte	10.000
Carneiros	12.900

Conforme o Quadro 3.15, conclui-se que as águas amostradas não apresentam restrições para os animais.

- Qualidade das águas para irrigação

A determinação da qualidade das águas para fins de irrigação foi baseada na classificação americana do U.S. Salinity Laboratory (1954). Essa classificação é feita através de um gráfico semi-logarítmico onde são plotados em abscissas, os valores da condutividade elétrica em micromhos/cm a 25 °C e, em ordenadas, a razão de adsorção de sódio (SAR). A razão SAR é definida pela expressão:

$$SAR = \frac{rNa}{(0,5(rCa + rMg))^{0,5}}$$

onde rNa, rCa e rMg representam respectivamente os meq/L de Na, Ca e Mg.

Os tipos de água são definidos para os determinados tipos de solo e culturas a irrigar.

- Classificação das Águas para Irrigação

Para a área estudada, os tipos de água, conforme a condutividade elétrica e a razão de adsorção de sódio, são os seguintes:

- $C_0 - S_1$: compreende águas de salinidade fraquíssima cuja condutividade é inferior a 100 micromhos/cm a 25 °C, pobres em sódio e passíveis de serem utilizadas sem restrição na irrigação. Os riscos de teores de sódio passíveis de troca são mínimos;



- b) $C_1 - S_1$: abrange as águas de salinidade baixa, com condutividade entre 100 e 250 micromhos/cm a 25 °C, e fracamente sódicas. Podem ser usadas na irrigação da maioria das culturas em quase todos os tipos de solo com poucas possibilidades de incidentes de sanilização, exceto no caso de um solo de permeabilidade muito fraca. Os riscos de teores nocivos de sódio susceptível de troca são mínimos;
- c) $C_2 - S_1$: reúne as águas de salinidade média, condutividade entre 250 e 750 micromhos/cm a 25 °C, e fracamente sódicas. Seu uso na irrigação está condicionado à lixiviação moderada do solo, podendo ser empregada mesmo para o caso de plantas de fraca tolerância salina. Os riscos de sódio são mínimos;
- d) $C_3 - S_1$: define águas de alta salinidade, condutividade entre 750 e 2.250 micromhos/cm a 25 °C, e fracamente sódicas. Sua utilização se restringe aos solos com bom sistema de drenagem; ainda assim, devem ser tomados cuidados especiais de defesa contra a salinidade e apenas as plantas de boa tolerância salina devem ser cultivadas. É muito remoto o risco de teores nocivos de sódio passível de troca.

As 33 amostras plotadas em 02 gráficos do SAR, sendo 1 relativo às rochas do embasamento cristalino (Figura 3.15) e 1 às rochas sedimentares (Figura 3.16), não apresentam restrições quanto a sua utilização na irrigação, exceto para 15,2% das águas das rochas sedimentares classificadas como pertencentes ao tipo $C_3 - S_1$. No Quadro 3.16 estão relacionados os tipos de água para irrigação ocorrentes na área, com os respectivos números de amostras e percentuais para cada litologia.

QUADRO 3.16 - Distribuição de frequência dos tipos de água para irrigação

TIPOS	LITOLOGIA			
	EMBASAMENTO CRISTALINO		ROCHAS SEDIMENTARES	
	Nº DE AMOSTRAS	%	Nº DE AMOSTRAS	%
$C_0 - S_1$	4	12,1	9	27,3
$C_1 - S_1$	2	6,1	10	30,3
$C_2 - S_1$	1	3,0	2	6,1
$C_3 - S_1$	-	-	5	15,1

No embasamento cristalino predominam as águas do tipo $C_0 - S_1$, enquanto nas rochas sedimentares são mais frequentes as dos tipos $C_1 - S_1$ e $C_0 - S_1$.



- Elementos maiores e menores - metais pesados

Os depósitos de carvão normalmente contêm uma série de metais, inclusive metais pesados, associados à pirita. Quando a pirita se oxida, esses metais são liberados juntamente com o ferro.

Para investigar a contaminação das águas subterrâneas e superficiais por tais metais, o projeto da CPRM incluiu análises químicas de 45 amostras coletadas em águas de Candiota, cujos resultados constituem o Quadro 3.17.

O Quadro 3.17 apresenta os resultados de análise, cujos valores mínimos e máximos para cada elemento são os seguintes:

ferro.....	0,3 e 2,3 mg/L
cobre.....	< 0,003 e 0,012 mg/L
chumbo.....	< 0,005 e 0,013 mg/L
zinco.....	< 0,01 e 0,06 mg/L
cobalto.....	todos os valores < 0,004 mg/L
cádmio.....	todos os valores < 0,001 mg/L
manganês.....	0,001 e 0,003 mg/L
cromo.....	todos os valores < 0,005 mg/L
vanádio.....	todos os valores < 0,02 mg/L
alumínio.....	0,07 a 0,44 mg/L
estrôncio.....	0,014 e 0,08 mg/L
níquel.....	< 0,004 e 0,01 mg/L.

Comparando-se os resultados do Quadro 3.17 com os limites máximos recomendáveis, verifica-se que apenas o Fe e o Zn apresentam valores acima desses limites.

Na área abrangida pela seqüência sedimentar, os valores mínimos e máximos de cada elemento são:

ferro.....	0,05 a 2,5 mg/L
cobre.....	< 0,002 e 0,03 mg/L
chumbo.....	< 0,005 e 0,018 mg/L
zinco.....	< 0,01 e 1,8 mg/L
cobalto.....	< 0,004 e 0,64 mg/L
cádmio.....	< 0,001 e 0,004 mg/L
manganês.....	< 0,001 e 6,1 mg/L
cromo.....	< 0,005 e 0,02 mg/L
vanádio.....	todos os valores < 0,02 mg/L
alumínio.....	0,02 e 36,0 mg/L
estrôncio.....	0,01 e 1,5 mg/L
níquel.....	< 0,004 e 0,80 mg/L.

Pode-se observar que os valores máximos foram registrados no ponto 01.

É possível notar que chumbo, cádmio, cromo e vanádio apresentam valores dentro dos limites recomendáveis, enquanto ferro, manganês, alumínio, estrôncio, níquel e zinco eventualmente ultrapassam os limites recomendados.



QUADRO 3.17 - Resultados de análise - Área de Candiota

PONTO	TIPO	ELEMENTOS MAIORES E MENORES - METAIS PESADOS (mg/L)												
		Ca	Fe	Cu	Pb	Zn	Co	Cd	Mn	Cr	V	Al	Sr	Ni
01	NC	152,3	0,6	0,030	0,020	1,8	0,64	0,004	6,1	0,02	0,02	36	1,5	0,80
03	Rio	1,6	1,2	0,004	<0,005	0,01	<0,004	<0,001	0,001	<0,02	<0,02	0,06	0,016	<0,004
06	Rio	4,8	2,8	0,004	<0,005	0,02	<0,004	<0,001	0,003	<0,02	<0,02	0,44	0,036	<0,004
08	Rio	37,7	8,8	0,011	0,008	0,20	0,092	0,002	1,8	<0,02	<0,02	6,3	0,22	0,12
09	Rio	5,6	0,7	0,003	<0,005	0,02	0,010	<0,001	0,32	<0,02	<0,02	0,17	0,035	0,006
10	Rio	6,4	3,0	0,004	<0,005	0,05	0,020	<0,001	0,48	<0,02	<0,02	1,0	0,53	0,022
15	PE	4,8	0,3	0,003	<0,005	0,03	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,08	0,032	<0,004
17	NC	1,2	0,6	0,004	0,010	0,03	<0,004	<0,001	<0,001	<0,02	<0,02	0,06	0,017	<0,004
18	PE	1,4	0,9	0,004	0,005	0,01	<0,004	<0,001	0,010	<0,02	<0,02	0,10	0,019	<0,004
19	NC	1,2	0,2	<0,002	<0,005	<0,01	<0,004	<0,001	0,009	<0,02	<0,02	0,05	0,016	<0,004
20	NCo	7,0	2,5	0,008	<0,005	0,02	<0,004	<0,001	0,003	<0,02	<0,02	0,02	0,035	<0,004
21	NC	1,6	1,9	0,008	0,018	<0,01	<0,004	<0,001	0,008	<0,005	<0,02	0,62	0,024	0,008
22	PE	4,0	1,0	0,008	0,013	0,01	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,26	0,029	0,008
24	NC	2,4	0,7	0,005	<0,005	0,02	<0,004	<0,001	0,023	<0,02	<0,02	0,13	0,030	0,006
25	NC	2,4	2,3	0,006	<0,005	0,02	<0,004	<0,001	0,003	<0,02	<0,02	0,72	0,057	<0,004
27	NC	2,4	1,6	0,003	<0,005	<0,01	<0,004	<0,001	<0,001	<0,005	<0,02	0,04	0,027	<0,004
28	NC	3,2	0,9	0,005	0,008	0,02	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,07	0,035	0,004
29	NC	0,6	0,3	<0,003	0,005	0,01	<0,004	<0,001	0,011	<0,02	<0,02	0,07	0,010	<0,004
30	NC	5,2	0,2	0,014	0,015	0,01	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,10	0,070	0,018
31	NC	5,6	0,9	0,006	0,005	0,01	<0,004	<0,001	0,003	<0,02	<0,02	0,16	0,048	<0,004
32	PE	4,0	2,4	0,007	<0,005	0,04	<0,004	<0,001	0,001	<0,02	<0,02	0,04	0,035	<0,004
34	PE	103,1	0,15	0,005	0,008	0,01	<0,004	<0,001	0,003	<0,02	<0,02	0,03	0,49	<0,004
36	NC	0,8	0,5	0,003	<0,005	<0,01	<0,004	<0,001	0,001	<0,005	<0,02	0,22	0,012	<0,004
37	PE	10,4	N.D.	0,011	<0,005	0,03	<0,004	<0,001	0,024	<0,005	<0,02	0,03	0,11	<0,004
39	PE	41,7	0,5	0,005	0,010	<0,01	<0,004	<0,001	0,003	<0,005	<0,02	0,04	0,55	0,004
41	NC	3,2	2,4	0,003	<0,005	0,02	<0,004	<0,001	0,001	<0,02	<0,02	0,12	0,028	<0,004
42	PT	60,9	0,2	0,003	0,013	<0,01	<0,004	<0,001	0,046	<0,005	<0,02	0,04	0,36	<0,004
43	PE	8,0	0,1	0,012	<0,005	0,03	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,02	0,045	<0,004
44	PE	5,6	0,1	0,005	<0,005	0,01	<0,004	<0,001	0,017	<0,02	<0,02	0,05	0,046	<0,004
50	Rio	3,2	2,0	0,007	0,005	0,02	<0,004	<0,001	0,003	<0,02	<0,02	0,27	0,028	<0,004
52	PE	82,6	1,2	0,003	0,008	0,03	<0,004	<0,001	0,002	<0,02	<0,02	0,02	0,15	<0,004
56	PE	52,1	0,05	0,005	0,010	0,01	<0,004	<0,001	0,003	<0,02	<0,02	0,03	0,17	<0,004
57	PE	61,7	N.D.	0,012	0,013	<0,01	<0,004	<0,001	0,003	<0,005	<0,02	0,07	0,080	<0,004
58	PE	4,8	0,5	0,005	0,005	0,04	<0,004	<0,001	0,001	<0,005	<0,02	0,23	0,038	0,004
59	PE	3,2	0,3	0,004	<0,005	0,01	<0,004	<0,001	0,001	<0,005	<0,02	0,20	0,035	<0,004
60	NC	0,8	1,3	<0,003	<0,005	0,02	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,35	0,015	<0,004
61	PE	3,2	2,3	0,003	<0,005	0,06	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,44	0,065	<0,004
62	PE	2,4	0,3	0,008	<0,005	0,05	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,09	0,033	0,004
63	PE	0,8	1,2	0,010	<0,005	0,06	<0,004	<0,001	0,002	<0,005	<0,02	0,34	0,014	0,010
64	NC	5,6	0,7	0,005	0,008	0,02	<0,004	0,001	0,021	<0,02	<0,02	0,05	0,072	<0,004

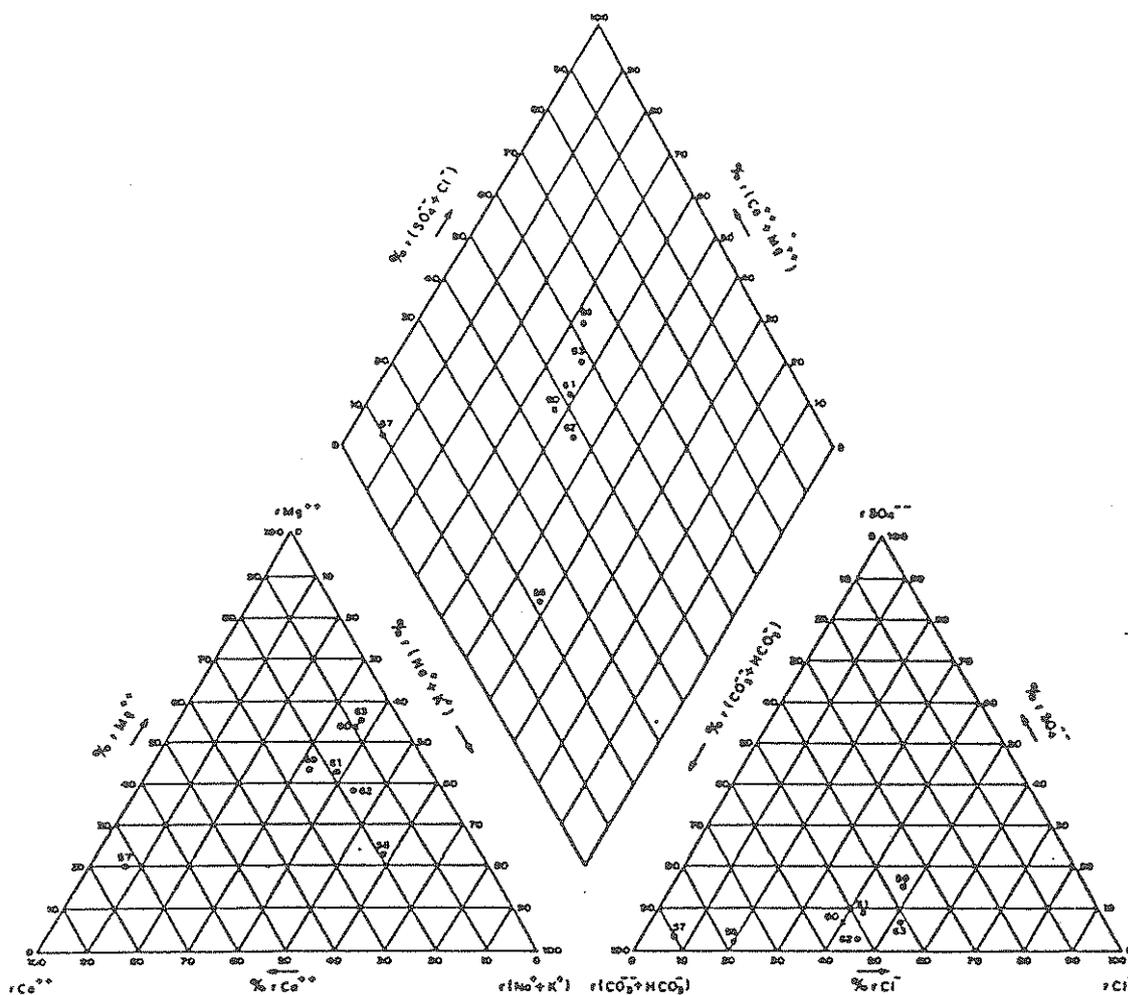
NC - Fonte, nascente PE - Poço escavado



O Quadro 3.18 -valores críticos dos elementos maiores e menores - Metais pesados.

PONTO	TIPO	Fe	Cu	Pb	Zn	Co	Cd	Mn	Cr	Va	Al	Es	Ni
01	N	x	x		x	x		x			x	x	x
03	R	x											
06	R	x			x	x							
08	R	x						x					
09	R	x			x	x		x					
10	R	x						x					
15	P												
17	N	x											
18	P	x											
19	N												
20	N	x											
21	N	x											
22	P	x											
24	N	x											
25	N	x											
27	N	x											
28	N	x											
29	N												
30	N												
31	N	x											
32	P	x			x								
34	P												
36	N	x											
37	P												
39	P	x											
41	N	x											
42	P												
43	P												
44	P												
50	R	x											
52	P	x											
56	P												
57	P												
58	P	x			x								
59	P												
60	N	x											
61	P	x			x								
62	P				x								
63	P	x			x								
64	N	x											

N - Nascente P - Poço R - Rio



LEGENDA

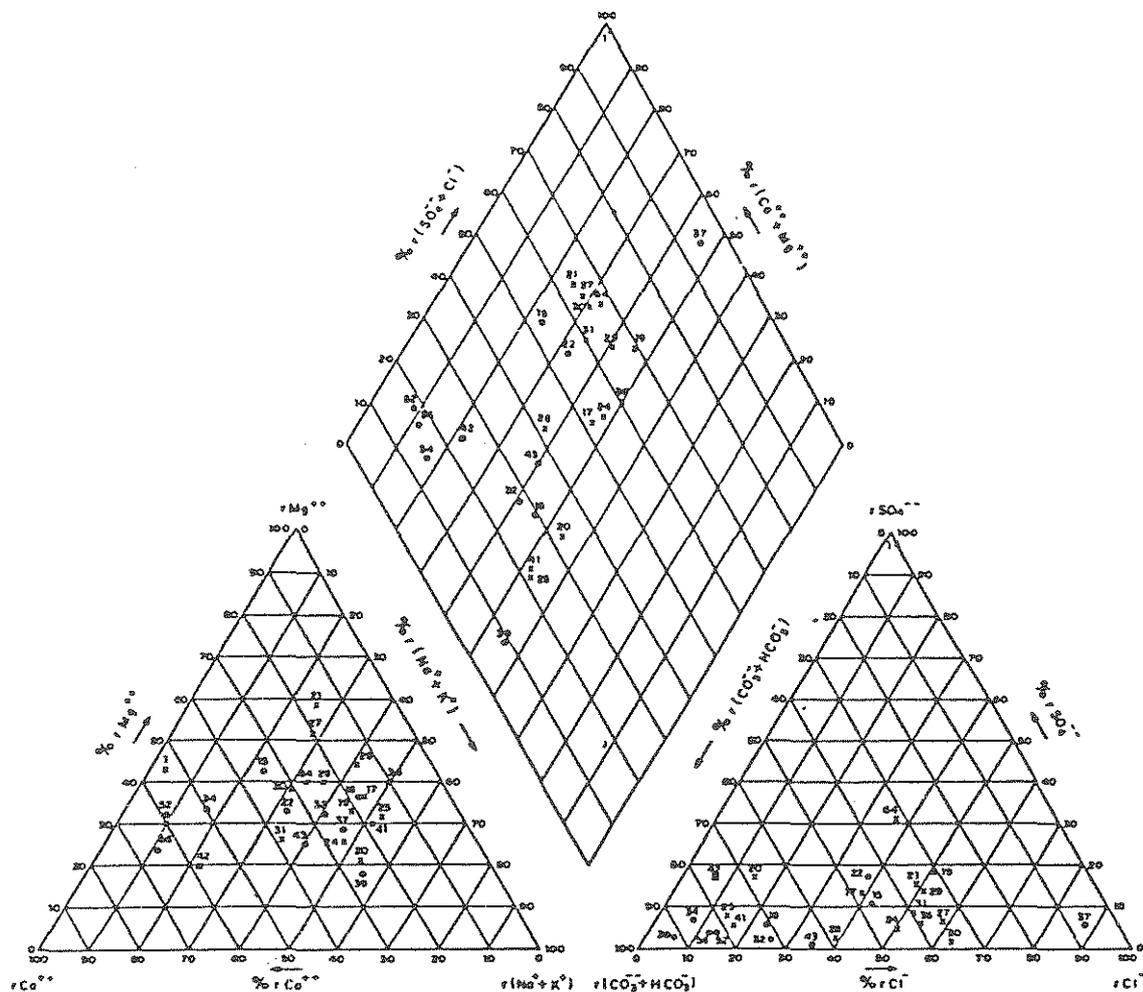
- Nascente
- Poço escavado

DNPM
DEPARTAMENTO NACIONAL
DA PRODUÇÃO MINERAL

PROJETO ESTUDO DA VULNERABILIDADE
À CONTAMINAÇÃO DOS MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS
DECORRENTE DA EXTRAÇÃO DO CARVÃO MINERAL

DIAGRAMA DE PIPER
EMBASAMENTO CRISTALINO
ÁREA DE CANDIOTA

FIGURA 3.4



LEGENDA

- Nascente
- Poço escavado
- ◐ Poço tubular

DNPM
DEPARTAMENTO NACIONAL
DA PRODUÇÃO MINERAL

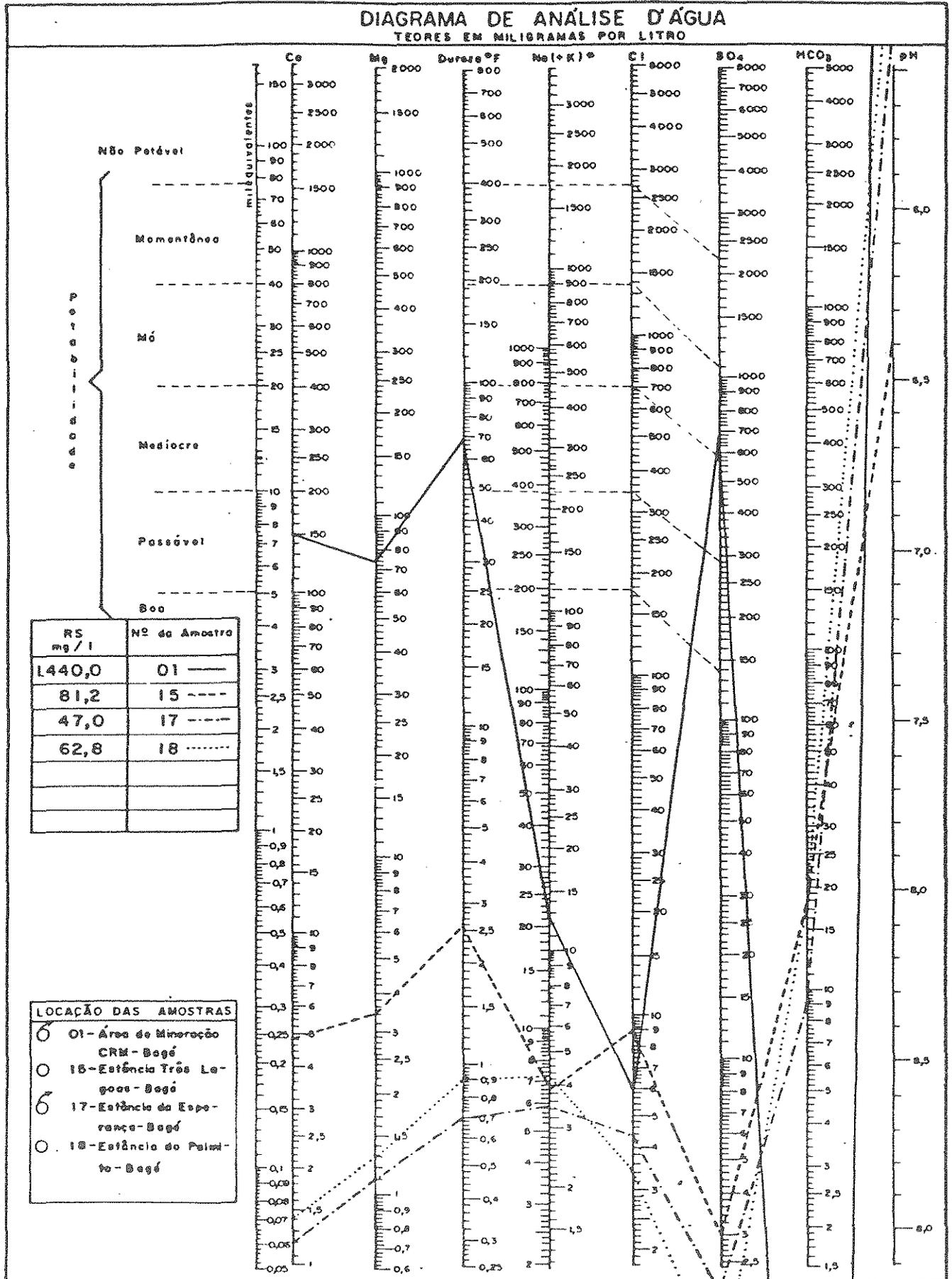
PROJETO ESTUDO DA VULNERABILIDADE
À CONTAMINAÇÃO DOS MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS
DECORRENTE DA EXTRAÇÃO DO CARVÃO MINERAL

DIAGRAMA DE PIPER
ROCHAS SEDIMENTARES
ÁREA DE CANDIOTA

FIGURA 3.5

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA

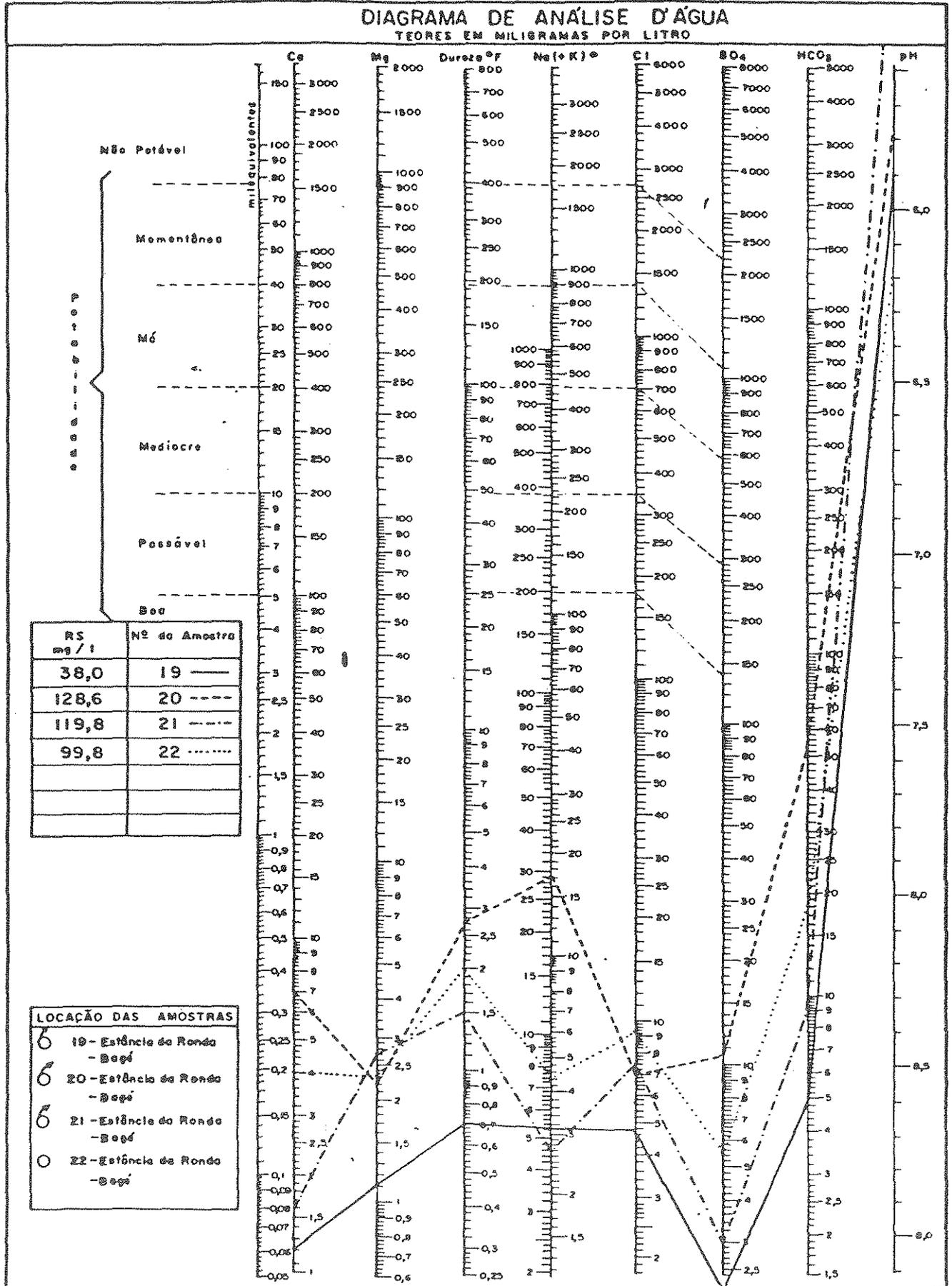


o. Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIGURA 3.6

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA

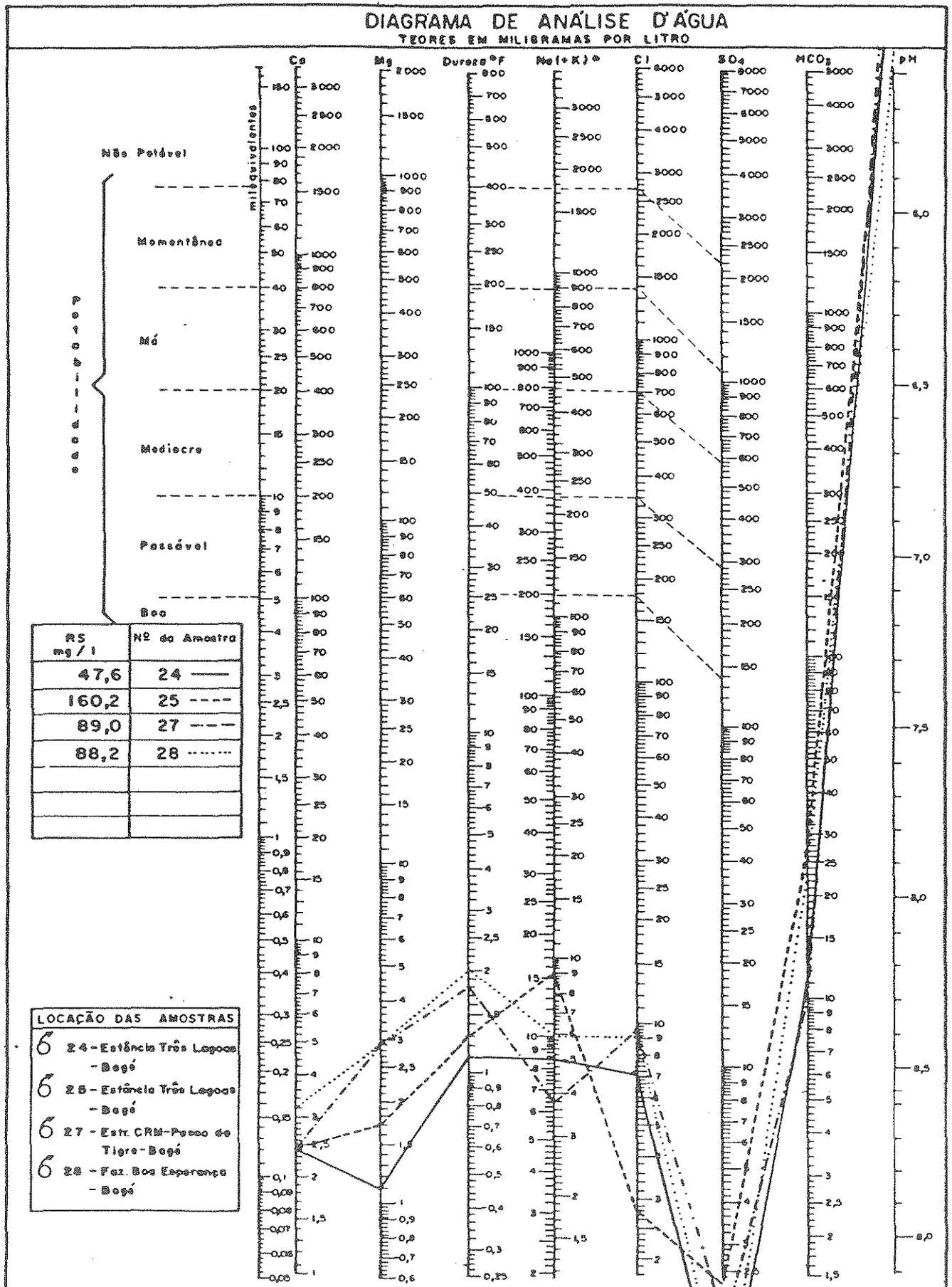


⊖ Na(+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIGURA 3.7

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA

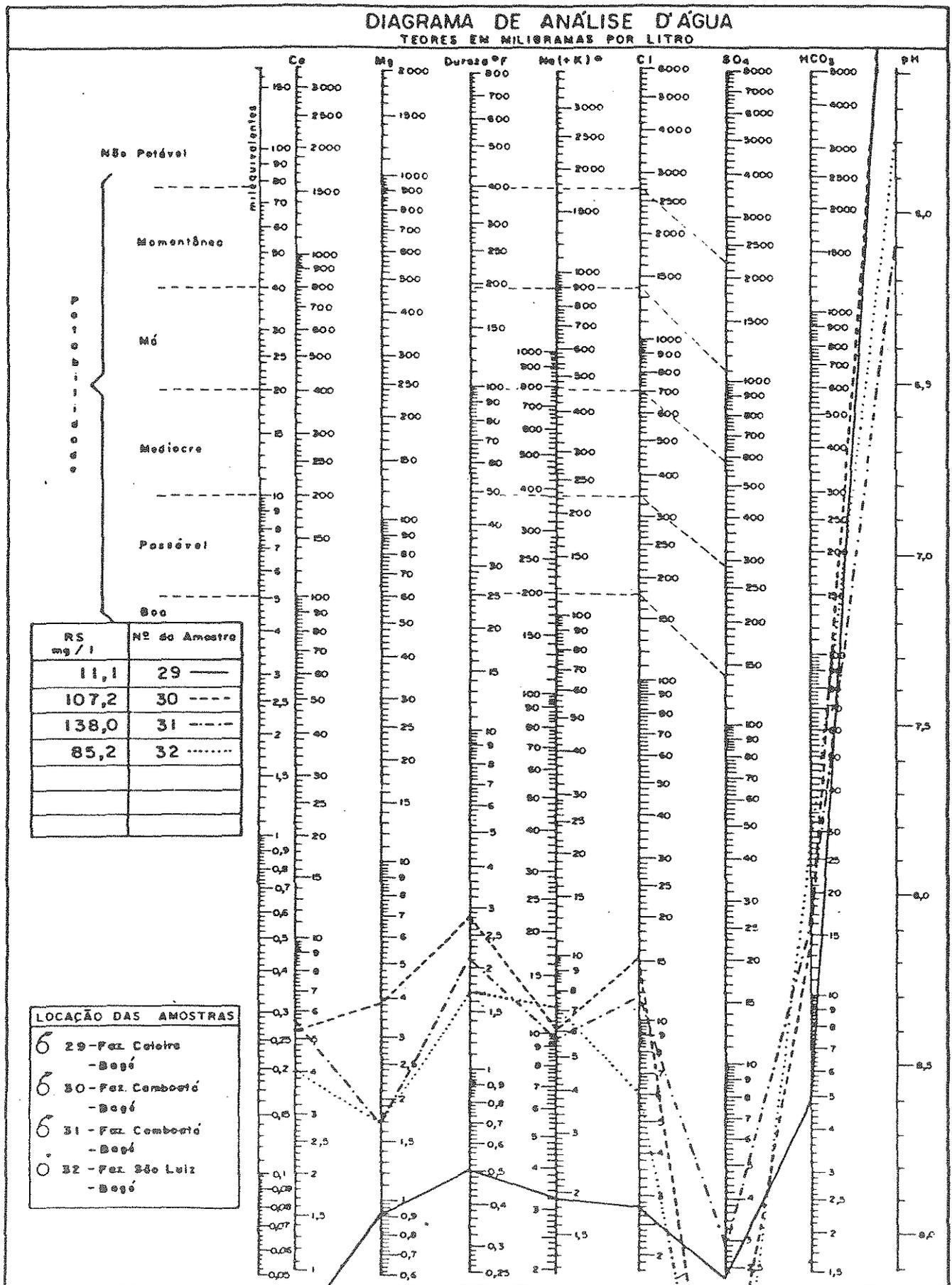


• Na(+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIGURA 3.8

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA

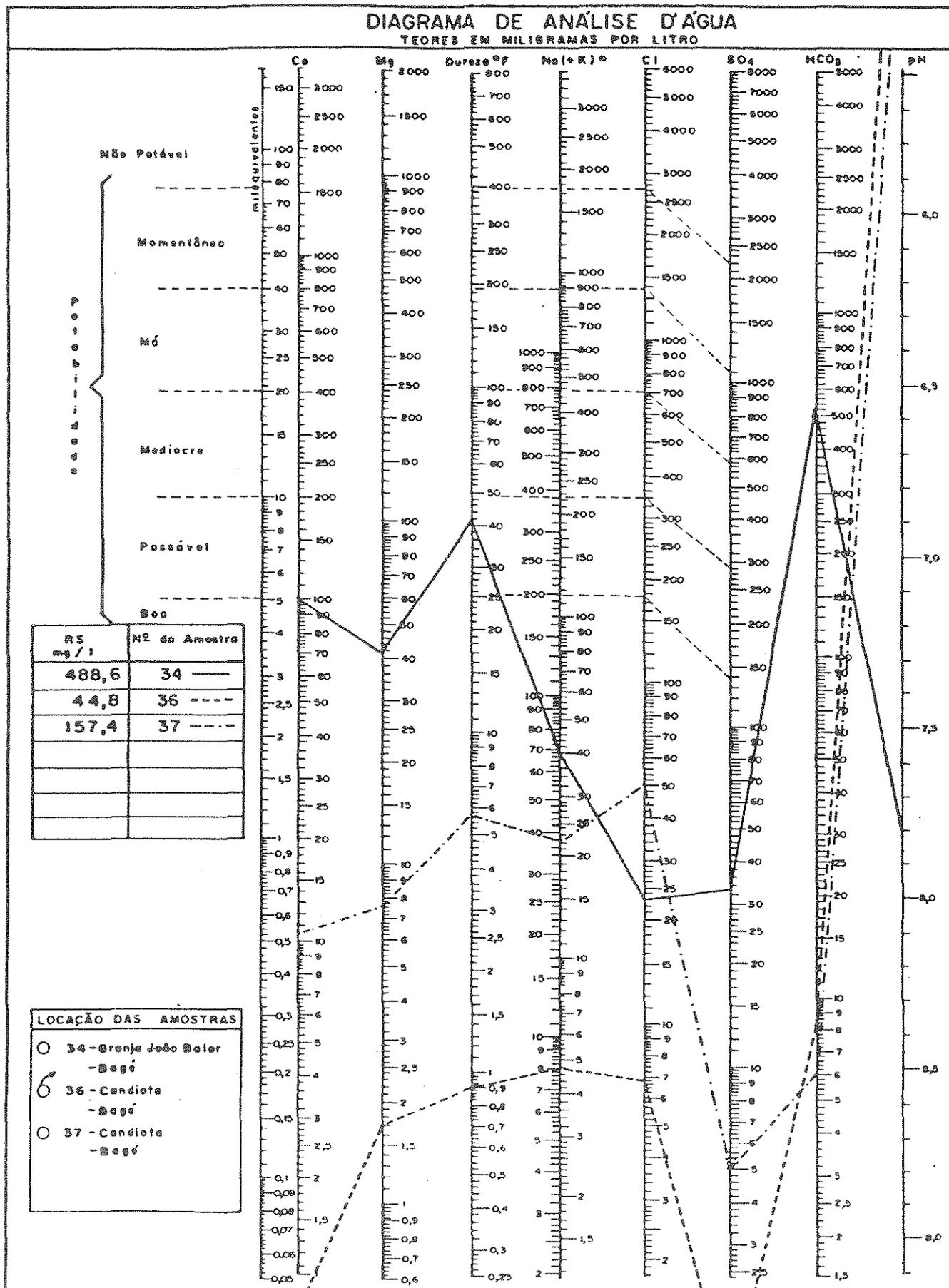


* Na(+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIGURA 3.9

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA

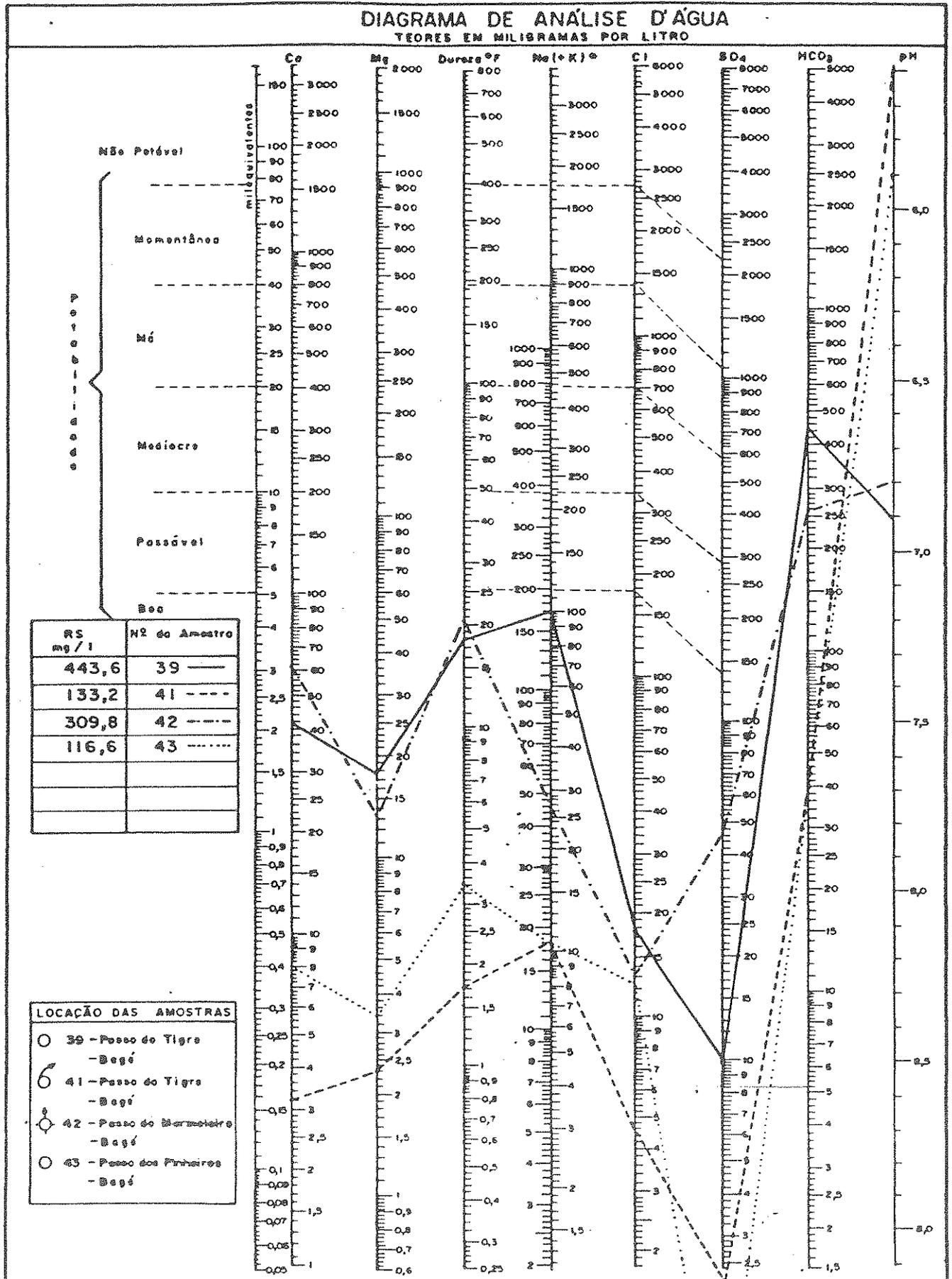


*) Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIGURA 3.10

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA

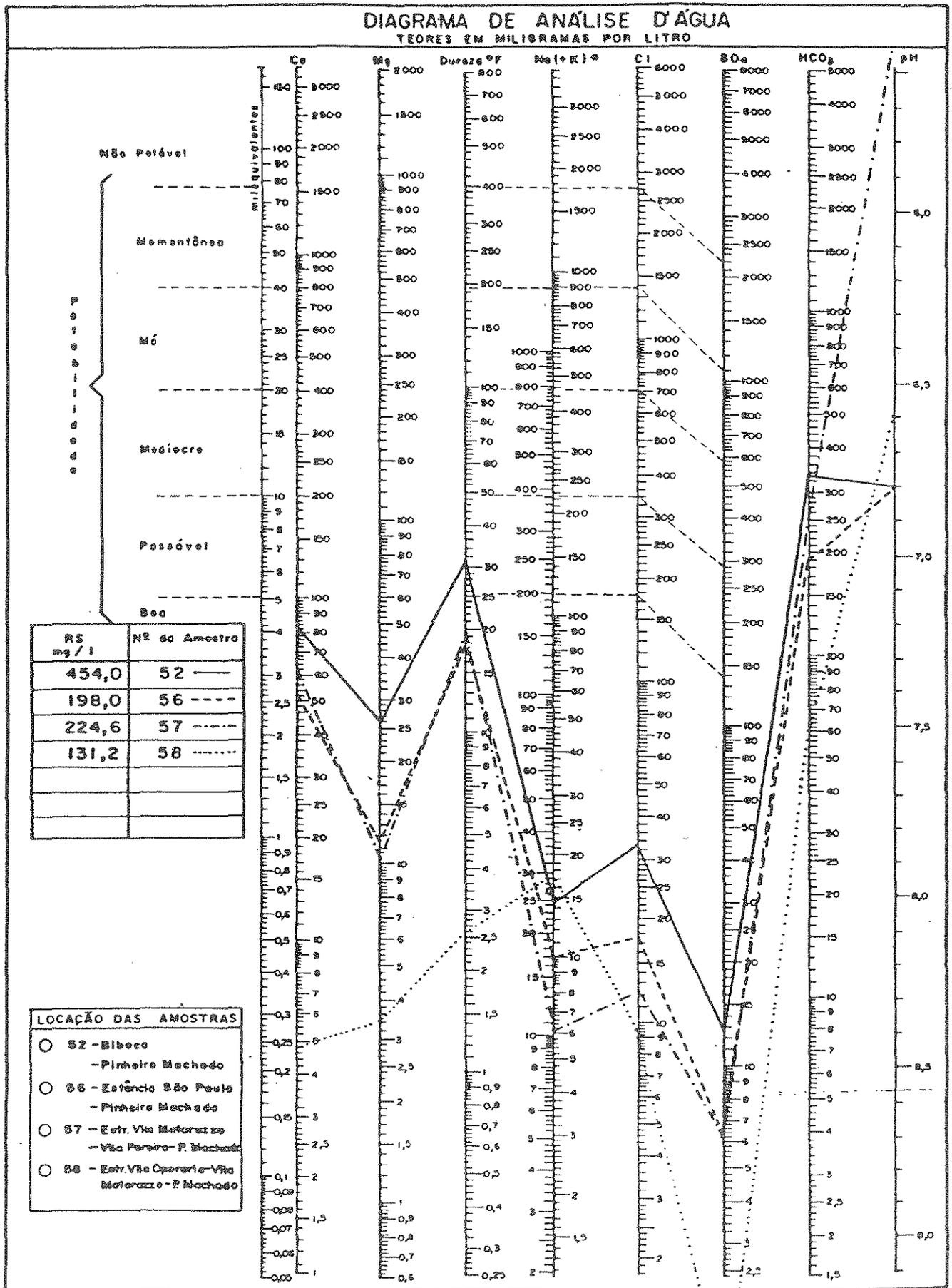


* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIGURA 3.11

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA



* Na(+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIGURA 3.12

DIAGRAMA LOGARÍTMICO DE SCHOELLER-BERKALOFF

ÁREA DE CANDIOTA

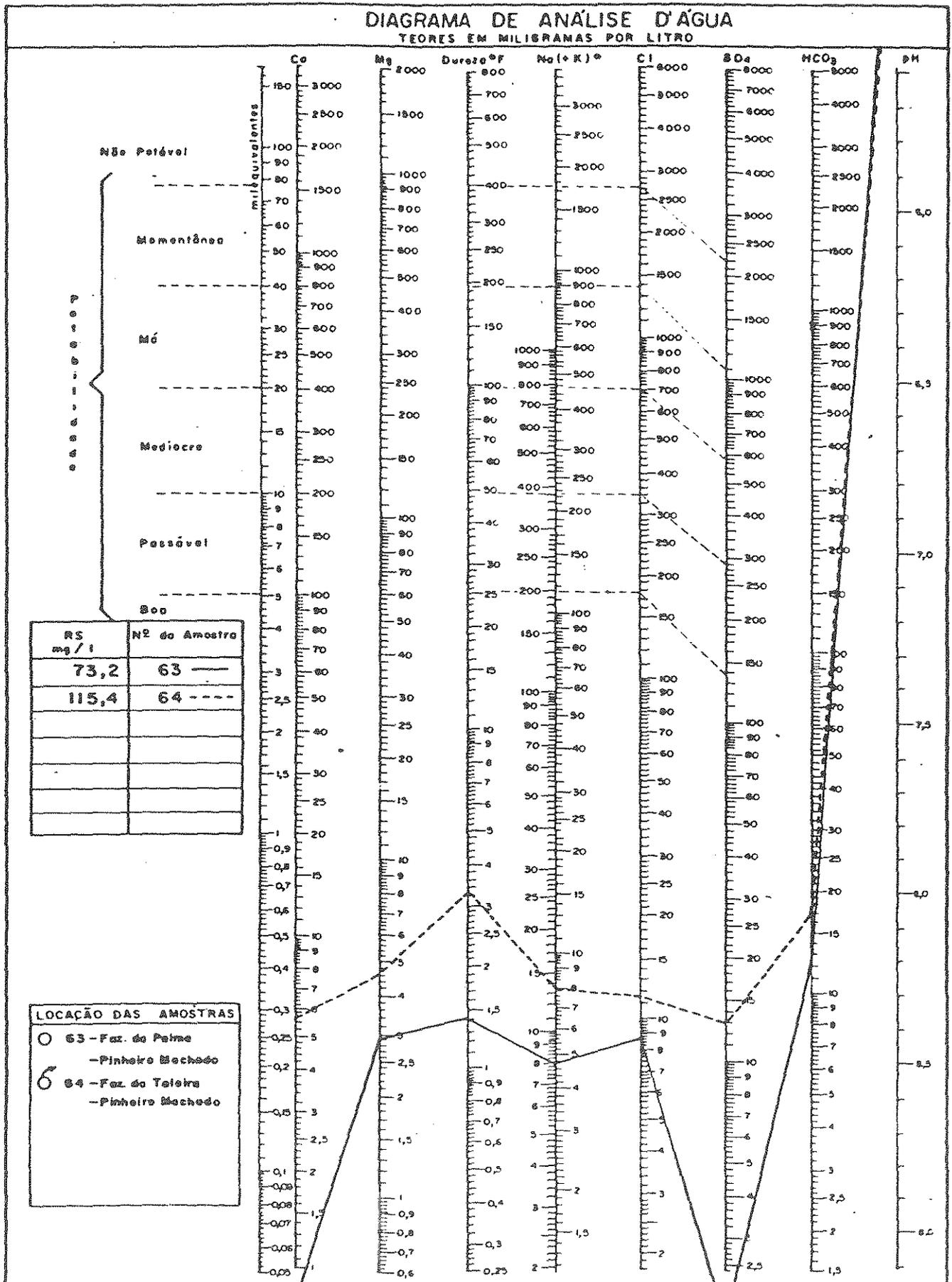


FIGURA 3. 14

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Área de Candiota

Concentração total de cálcio em miliequivalentes por litro

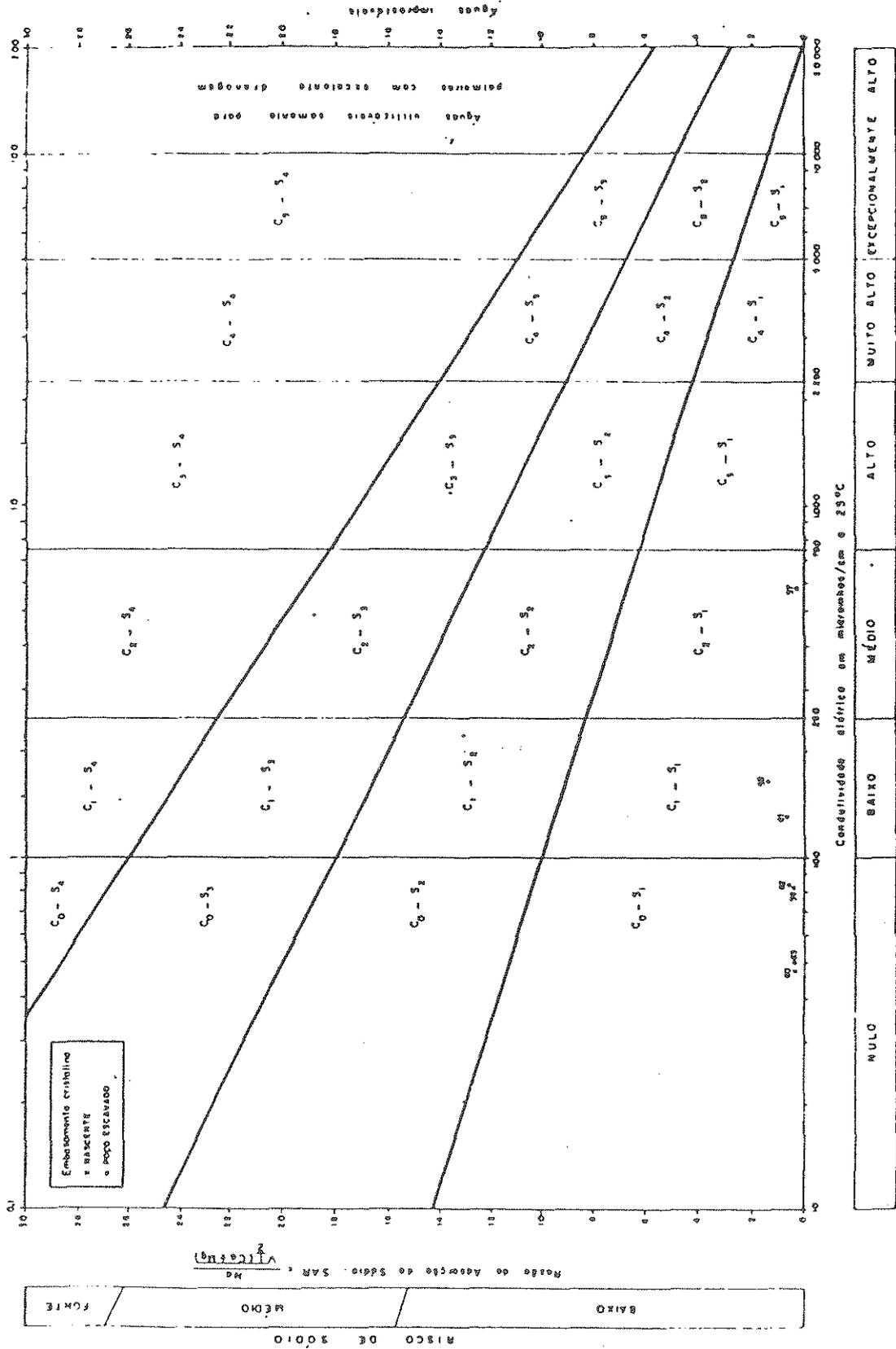


FIGURA 3.15

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Área de Candiota

Concentração total de sólidos em miligramas por litro

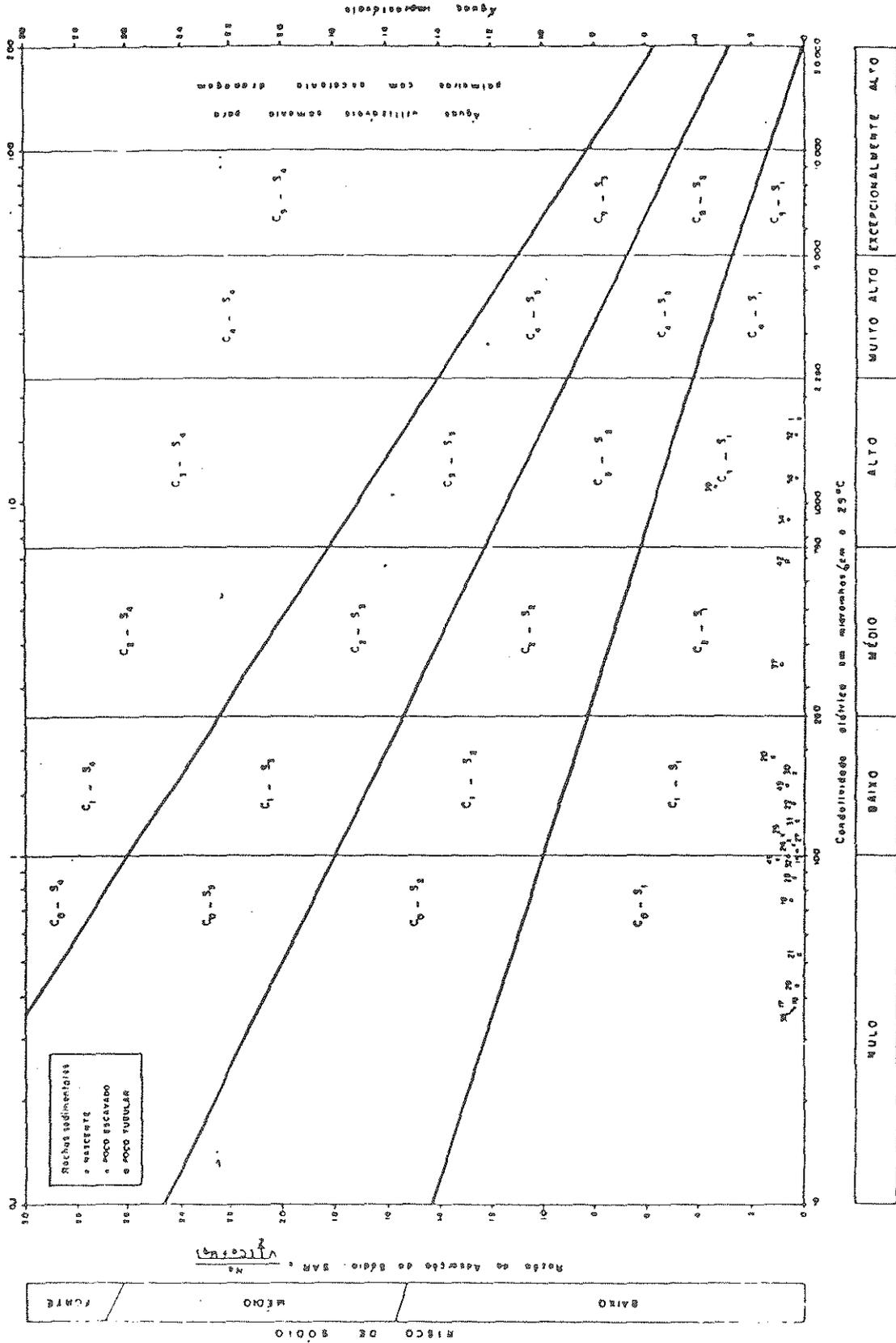


FIGURA 3. 16



FUNDAÇÃO
DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA

Figura 3.16



3.6.6 - Vulnerabilidade dos Aquíferos

Na área de Candiota, os principais focos de contaminação das águas subterrâneas são as áreas de mineração de carvão abandonadas, situadas ao norte e sudoeste da vila da CRM (Dario Lassance).

Durante a lavra e o beneficiamento do carvão, os rejeitos piritosos e de cobertura são depositados em áreas livres utilizadas para disposição desses rejeitos, sem levar em conta os problemas que a alteração da pirita pode ocasionar aos aquíferos e à drenagem superficial. Os elementos contaminantes, principalmente durante as chuvas, são carregados para os aquíferos, através da infiltração, e levados aos mananciais de superfície, pelo escoamento superficial.

Outra fonte potencial de contaminação são as cinzas volantes resultantes da queima do carvão pela UTPM.

Convém salientar, no entanto, que os estudos de dispersão atmosférica realizados não prevêem comprometimento da qualidade do ar ao nível do solo.

A observação do mapa hidrogeológico da área de estudos (Mapa 3.11) mostra claramente que a contaminação das águas subterrâneas se dá principalmente nas áreas diretamente afetadas pela mineração de carvão, confirmando as análises químicas efetuadas.

Nos locais críticos citados, os valores de acidez e pH atingem respectivamente valores de 720,0 mg CaCO_3/L e 3,0. Os dados relativos a sulfatos, condutividade e sólidos totais, também se apresentam acima dos limites recomendáveis para potabilidade, sendo os valores críticos respectivamente de 670,0 mg/L, 1.747,0 micromhos/cm e 1.440,0 mg/L.

Igualmente, os valores de ferro total comprovam essa contaminação pois, para um total de 33 amostras analisadas, segundo os padrões da Organização Mundial de Saúde (OMS), verifica-se que apenas 34,6% apresentam valores inferiores ao limite conveniente (0,3 mg/L), 38,5% estão entre os limites conveniente e admissível (0,3 e 1,0 mg/L) e 26,9% apresentam valores superiores ao limite admissível (1,0 mg/L).

As análises de metais pesados na água, na região de Candiota (CPRM), indicam que ferro, cobre, zinco, cobalto, manganês, alumínio, estrôncio e níquel, apresentam valores considerados críticos em relação aos padrões limites para abastecimento público, vida aquática e irrigação, em alguns dos pontos de amostragem. Os valores críticos para os citados metais foram registrados em, respectivamente, 67,5%, 2,5%, 20%, 7,5%, 10%, 2,5%, 2,5% e 2,5% das amostras.

Para o embasamento cristalino, pelo fato de não existir mineração na área por ele abrangida, os riscos de contaminação do aquífero fraturado são provenientes das cinzas emitidas pela chaminé da UTPM, localizada nesta área. Estas cinzas contêm elementos traços que, transportados pelo vento, precipitam sobre o solo, colaborando para o comprometimento da qualidade das águas subterrâneas. No entanto, com base no estudo de dispersão atmosférica, pode-se afirmar que a participação das cinzas volantes neste processo de contaminação é insignificante.

O principal aquífero da seqüência sedimentar é representado pela Formação Rio Bonito.

O mecanismo de contaminação é acionado a partir do momento em que os rejeitos piritosos e de cobertura são depositados, conforme já mencionado, em áreas livres, utilizadas para



esse fim, e a pirita em contato com o ar entra em processo de oxidação. Além destes fatores, influem ainda no processo as cinzas volantes e pesadas da termelétrica. Os mecanismos de contaminação podem ser visualizados na Figura 3.17.

A vulnerabilidade dos aquíferos na área de estudos (CPRM, 1984) é a seguinte:

- 1 - Aquífero fraturado (embasamento cristalino) - as falhas e fraturas que condicionam a alimentação, circulação e armazenamento de água, também contribuem para a contaminação deste aquífero quando estão presentes os focos ou fatores responsáveis por este processo. Na área de Candiota, devido à posição topográfica um pouco mais elevada, ao fato de ser afetada principalmente pela contaminação provocada pelas cinzas volantes da termelétrica e, ainda, à existência de lentes carbonáticas, onde o cálcio fixa os elementos contaminantes presentes nessas cinzas, o embasamento cristalino apresenta baixa vulnerabilidade à contaminação;
- 2 - Aquífero Rio Bonito - para esse aquífero, as condições de alimentação, circulação e armazenamento, são regidas pela permeabilidade da formação, topografia plana e solo arenoso pouco espesso, que facilitam a infiltração. A contaminação do aquífero, variando de baixa a elevada, é causada pelos rejeitos da mineração do carvão e pelas cinzas volantes emitidas pela termelétrica;
- 3 - Aquífero Palermo - a Formação Palermo ocorre em pequena extensão na porção sul da área de estudos e apresenta condições de alimentação, circulação e armazenamento na porção basal semelhantes às da Formação Rio Bonito, sendo, porém, menos permeável. A Formação Palermo, pelo fato de apresentar menor permeabilidade, por ocorrer em uma área afastada dos focos de contaminação, e ainda pela disposição das curvas de isovalores dos fatores indicativos de contaminação, tem vulnerabilidade baixa;
- 4 - Os aquíferos representados pelas Formações Irati e Estrada Nova, devido a serem praticamente impermeáveis, em decorrência de suas características litológicas e distância dos focos de contaminação, têm baixa vulnerabilidade;
- 5 - Os sedimentos inconsolidados do terciário-quadernário (sudeste da Vila Candiota) e quadernário (porção sul da área de estudos) constituídos principalmente por sedimentos arenosos, são alimentados principalmente pelas chuvas através da infiltração; a contaminação deste aquífero é pouco provável porque sua área de ocorrência está afastada dos focos contaminantes e a disposição das curvas de isovalores dos fatores indicativos de contaminação não mostram evidências de que ela ocorra.

MECANISMO DE CONTAMINAÇÃO
ÁREA DE CANDIOTA

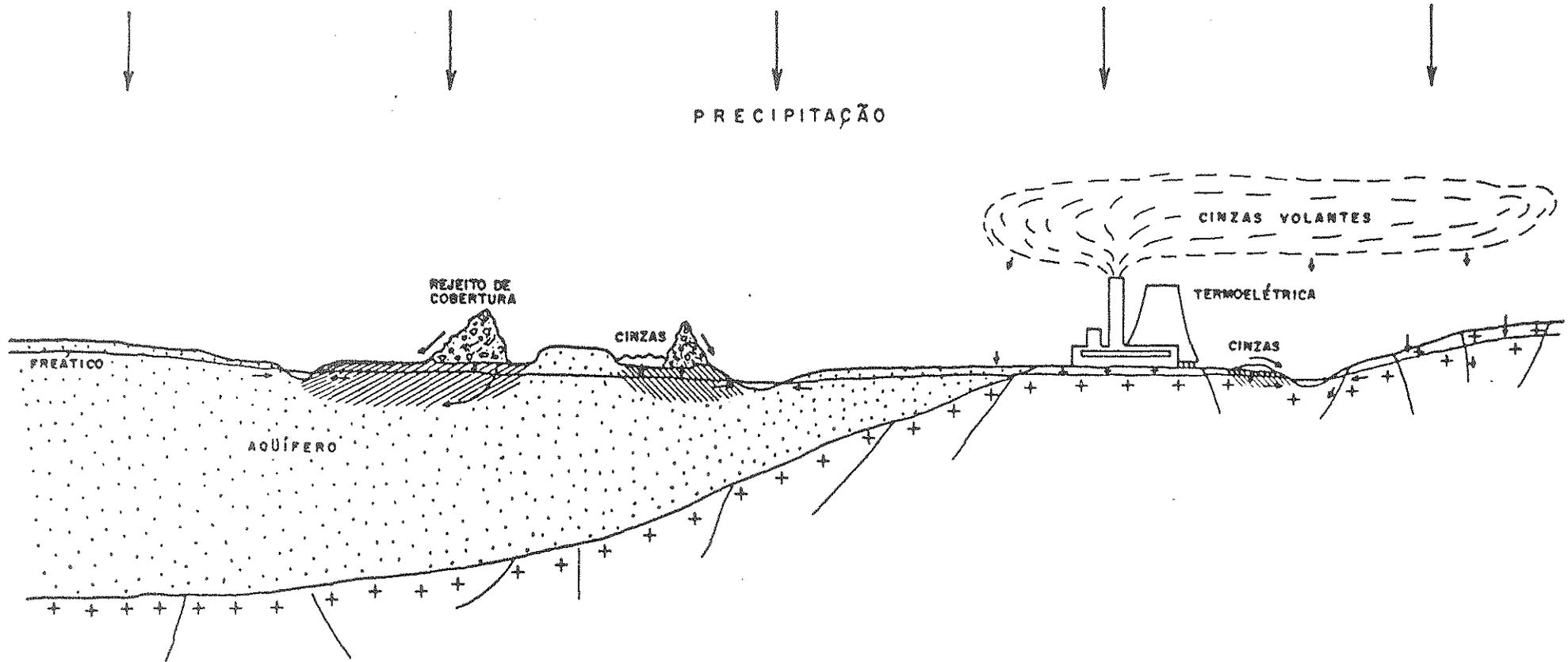


FIGURA 3.17



3.7 - Caracterização dos Materiais

3.7.1 - Cinzas e Carvão

Os materiais a seguir caracterizados, quanto a suas propriedades físicas, químicas, granulométricas e petrográficas, constituem os produtos da extração mineral (carvão) e o sub-produto da queima do carvão (cinzas).

Embora de reconhecida qualidade e até mesmo de valor comercial, as argilas de Candiota, e em especial a argila intermediária, não têm sido suficientemente aproveitadas

QUADRO 3.19 - Análise química das cinzas (425 °C) - Carvão de Candiota

COMPOSIÇÃO %	AMOSTRAS							
	*		**		***		****	
	BS	BL	BS	BL	BS	BL	CAMADA CANDIOTA	
SiO ₂	71,2	71,2	67,7	67,8	65,4	69,6	70,0	
Al ₂ O ₃	19,6	21,4	17,3	15,1	21,1	19,9	20,0	
CaO	0,7	0,5	2,0	1,2	1,3	0,9	0,6	
MgO	0,4	0,5	0,63	0,58	0,9	0,7	0,5	
Fe ₂ O ₃	6,2	4,4	5,6	10,4	6,0	5,1	4,9	
TiO ₂	0,7	0,7	0,65	0,59	0,7	0,9	0,9	
MnO ₂	0,07	0,05	0,021	0,025	-	-	-	
K ₂ O	0,9	0,9	1,5	1,3	1,3	1,1	1,4	
Na ₂ O	0,2	0,2	0,97	1,1	0,2	0,1	0,1	
P ₂ O ₅	0,01	0,02	0,06	0,04	0,2	0,1	0,1	
SO ₃	nd	0,01	1,6	2,1	0,5	0,2	0,2	
Perda ao fogo (950 °C)	0,02	0,02	3,2	2,6	-	-	-	

* CIENTEC (1980)

** Alpern, B.; Nahuys, J.; Martinez, L. (1982)

*** Schneider (1976)

**** CAEEB (1978)



QUADRO 3.20 - Elementos-traços das cinzas e carvão de Candiota

ELE- MENTOS (ppm)	AMOSTRAS							
	*		**		**	**	**	***
	CINZAS (425 °C)		CINZAS (425 °C) MÉDIA		Fe DA CINZA	Fe CROSTA TERRESTRE	CARVÃO	CINZAS VOLANTES
BS	BI	VARIÇÃO						
Ge	tr	tr	21	< 5-165	14,0	1,5	7	< 10
Ni	25	21	32	5-137	0,43	75	13	24
V	60	56	175	60-320	1,30	135	70	79
Be	10	10	21	4-120	7,50	2,80	7	7
Mo	-	-	10	< 5-170	6,70	1,50	< 5	< 2
Sn	-	-	< 10	< 10-39	-	2	< 5	< 10
Zr	190	200	247	00-840	1,50	165	93	275
Cu	21	21	24	12-45	0,44	55	9	33
Y	70	33	83	30-395	2,80	30	23	50
Co	11	10	17	< 10-81	0,68	25	7	15
Mn	200	250	133	< 25-840	0,14	950	54	-
Cr	40	60	74	13-290	0,74	100	30	73
Pb	36	26	27	< 10-195	2,16	12,5	13	< 25
B	-	-	161	70-714	16,10	10	60	65
Sr	90	160	185	47-470	0,49	375	74	120
Ba	170	180	310	175-200	0,73	425	127	330
Ga	15	13	40	23-106	2,70	15	15	15
Zn	nd	nd	171	18-752	2,40	70	71	98
Nb	-	-	< 10	< 10-34	-	20	< 5	15
Sc	12	11	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	-	-	-

* Urdininea, J.; Pintaúde, D. (1972) - Testemunhos de Sondagem - Camada Candiota

** Sánchez, J.; Gomes, A.; Pintaúde, D. (1982) - Estudo sobre 6 Furos de Sondagem - Região da Grande Candiota (Hulha Negra e Seival)

*** Andrade, A. (1985) - Cinzas Abatidas pelo Precipitador Eletrostático - Usina Termelétrica Presidente Médici

BS: Banco Superior

BI: Banco Inferior

FE: Fator de Enriquecimento

tr: traços

nd: não detectado



QUADRO 3.21 - Fusibilidade das cinzas - carvão de Candiota - (CIENTEC, 1980)

FUSIBILIDADE (ATMOSFERA OXIDANTE)	CAMADA	
	SUPERIOR	INFERIOR
Ponto de Amolecimento, °C	1440	1390
Ponto de Semi-Esfera, °C	1560	1490
Ponto de Liquidez, °C	1580	1510



3.7.2 - Caracterização Química dos Solos na Área de Estudos

Métodos Utilizados

Os parâmetros levantados para a caracterização dos solos foram, em sua maioria, baseados nos indicados no Boletim Técnico nº 30 do Ministério da Agricultura.

Desta forma, foram determinados pH por potenciometria (proporção solo:água = 1:2,5), carbono orgânico por volumetria de oxi-redução (método Walkley-Black), fósforo assimilável por absorciometria (extrator Carolina do Norte, proporção solo:água = 1:10), bases trocáveis por espectrofotometria de absorção atômica (cálcio e magnésio) e fotometria de chama (sódio e potássio), sobre o extrato obtido com acetato de amônio pH 7,0, proporção 1:10, e acidez titulável (alúminio + hidrogênio) por volumetria de neutralização, segundo método de Vettori, 1969 (Boletim Técnico nº 7 do Ministério da Agricultura).

Foram ainda determinados enxofre total por combustão direta e nitrogênio total pelo método Kjeldahl.

A partir destes resultados, foram calculados o valor S (soma de bases = $\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$), o valor T (capacidade de troca de cátions = valor S + $\text{Al}^{-3} + \text{H}^+$) e o valor de V (saturação de bases, %).

Os métodos empregados nas determinações foram:

- Hg : espectrofotometria de absorção atômica (técnica do vapor frio);
- demais metais : espectrofotometria de absorção atômica com chama;
- Cl^- : mercurimetria;
- SO_4^{-2} : nefelometria.

Foram realizadas extrações com HNO_3 e ensaios de lixiviação nos arenitos encaixantes e no carvão da Malha III. Também foram realizadas extrações e lixiviações no solo típico ,a Unidade de Mapeamento Candiota.

O procedimento para a extração de metais e espécies aniônicas foi uma solução de HNO_3 0,1N, com agitação de 3 horas à temperatura ambiente em agitador rotatório (Perkin-Elmer AY-1). As amostras foram pulverizadas até a granulometria da peneira ABNT 100.

As lixiviações foram executadas conforme o método CETESB L5-510. As dosagens de metais foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica.

Parâmetros Químicos Levantados

Foram amostrados e caracterizados quimicamente os solos da região, para a elaboração do diagnóstico de sua situação atual. A maioria dos parâmetros levantados são os normalmente indicados em trabalhos de levantamento de solos.

No entanto, a bibliografia disponível sobre a área de estudos não costuma contemplar a caracterização das unidades de mapeamento de solos quanto a teor de enxofre total.

Assim, este dado foi acrescentado no presente trabalho com a finalidade de fornecer subsídios para um monitoramento do enxofre nos solos desta região. Atualmente, os teores são baixos, muitas vezes aquém do limite de determinação imposto pela aparelhagem (0,01%).



A área de estudos compreende principalmente as unidades de mapeamento Candiota, Aceguá, Ponche Verde e a unidade taxonômica Planossol. Em termos de área total de ocorrência, a unidade Candiota é a mais destacada.

Segundo Macedo (1984), a unidade Candiota é constituída por solos classificados como PVA distróficos e eutróficos. Quimicamente, são solos ácidos, com capacidade de troca de cátions (valor T) de média a alta, saturação de bases (valor V) média e bases permutáveis (valor S) em torno de 4,5 meq/100g solo no horizonte superficial, elevando-se ao longo do perfil.

Foram amostrados 4 solos (ST 05, ST 06, ST 07 e ST 08) correspondentes à unidade Candiota, em seus horizontes superficiais, conforme indicado no Quadro 3.22.

A determinação de suas características químicas confirmou o previsto em termos de valores T, S e V. Para o horizonte mais superficial, a média das 4 amostras indicou T = 11,2 meq/100g, S = 4,1 meq/100g e V = 38%.

Quanto a teores de fósforo disponível, Macedo (1984) indica valores baixos.

Os valores encontrados nos horizontes mais superficiais oscilam entre 0,60 a 1,3 ppm, efetivamente baixos, concordando com a natureza ácida do solo (pH entre 4,4 e 5,0), que contribui para a retenção de fósforo na base sólida, em formas não disponíveis.

São baixos também os valores de matéria orgânica, conforme previsto na mesma referência.

Foram igualmente amostrados solos correspondentes às unidades Aceguá (ST 23 e ST 28), Ponche Verde (ST 26) e Planossol (ST 25).

A unidade Aceguá foi descrita (Levantamento de Recursos dos Solos do RS - Boletim Técnico nº 30 - Ministério da Agricultura - 1973) como constituída por solos moderadamente ácidos, com saturação de bases alta e ricos em nutrientes, correspondendo à classificação Vertissolos.

Efetivamente, as amostras analisadas demonstraram pH variando de 5,3 a 8,4 ao longo do perfil, valor T médio de 27,3 meq/100g, saturação de bases chegando a 100% nos horizontes mais profundos e potássio atingindo 0,94% no horizonte superficial de uma das amostras. Conforme previsto na mesma referência, os teores de fósforo disponível são baixos, mesmo nos horizontes menos ácidos.

Os teores de carbono orgânico conferem com o esperado no horizonte superficial de uma das amostras, atingindo 1,1%, e decrescendo ao longo do perfil. Os teores de nitrogênio alcançam 0,12% nos horizontes superiores.

A unidade Ponche Verde é descrita por Macedo como constituída por solos bem providos de nutrientes, com exceção de fósforo disponível, apresentando elevada saturação de bases, correspondendo à classe brunizem hidromórfico vértico.

A amostra tomada apresentou altos valores para T, S e V, em concordância com a descrição citada (Quadro 3.22).

Por outro lado, foram detectados altos valores de fósforo disponível, em contraposição ao indicado por Macedo. Entretanto, a acidez concorda com o esperado, segundo a mesma referência, com o pH partindo de 5,1 no horizonte superior, aumentando com a



profundidade. Esta discrepância pode sugerir, por exemplo, a ocorrência de adubação fosfatada recente na região.

A Unidade Taxonômica Planossol, por sua vez, é descrita como abrangendo solos com capacidade de troca de cátions de média a alta, (sendo o valor V baixo nos horizontes superficiais e alto nos mais profundos), razoáveis quantidades de matéria orgânica, baixos teores de fósforo disponível, pH ácido nos horizontes superficiais, aumentando com o aprofundamento do perfil.

A amostra coletada realmente apresentou valores médios para T; porém, revelou-se mais rica que o esperado em fósforo disponível, registrando um pH igual a 7,6 e saturação de bases de 100% no horizonte superficial. Estes resultados sugerem algumas hipóteses, mas a mais provável é a de uma recente calagem, talvez acompanhada de adubação fosfatada.

Conclui-se que, do ponto de vista químico, em termos gerais a situação dos solos levantados corresponde às descrições publicadas, inclusive em datas não muito recentes, não tendo sido observadas características anormais ou incomuns.

Quadro 3.22. - Caracterização química de solos e rochas

AMOSTRAS	PROF. (m)	pH (23°C)	St (%)	Nt (%)	C ORG (%)	PASS (ppm)	Na ⁺ (mE/100g)	K ⁺ (mE/100g)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ (mE/100g)	Al ⁺⁺⁺ +H ⁺ A ⁺⁺⁺ +M ⁺⁺ /100g	T (CTC)	S	V	UNIDADE DE MAPEAMENTO PEDOLÓGICO/ GEOLOGICO
01 (ST 05)	0,00-0,50	4,4	0,01	0,12	1,4	0,60	0,05	0,81	1,0	0,67	7,7	10,2	2,53	25	Candiota
02 (ST 06)	0,00-1,00	4,9	<0,01	0,09	0,45	0,79	0,05	0,10	2,5	2,7	5,8	11,2	5,35	48	Candiota
03 (ST 06)	1,00-2,00	5,1	<0,01	0,06	0,12	0,42	0,05	0,09	1,8	2,4	5,4	9,7	4,34	45	Candiota
04 (ST 07)	0,00-0,50	4,8	0,01	0,18	1,7	1,0	0,02	0,64	1,8	1,1	8,3	11,8	3,56	30	Candiota
05 (ST 07)	0,50-2,00	4,9	<0,01	0,08	0,32	1,4	0,04	0,11	1,6	1,5	6,3	9,6	3,25	34	Candiota
06 (ST 08)	0,00-0,55	5,0	0,01	0,17	1,7	1,3	0,02	0,65	2,8	1,6	6,4	11,5	5,07	44	Candiota
07 (ST 08)	0,55-2,00	5,0	<0,01	0,08	0,28	0,95	0,08	0,13	2,9	2,5	4,1	9,7	5,61	58	Candiota
11 Quebra- Jugo AM10	Superf.	5,1	<0,01	0,04	0,29	2,4	0,02	0,04	0,51	0,20	1,4	2,2	0,77	35	Jugo
12 Quebra- Jugo AM11	Superf.	5,2	<0,01	0,05	0,34	2,0	0,05	0,29	1,3	0,56	3,7	5,9	2,2	37	Jugo
14 Poacá AM14	Superf.	5,2	0,03	0,05	0,80	7,4	0,11	0,33	0,28	0,10	3,5	4,3	0,82	19	Aluv. Ar. Poacá
15 (ST 23)	0,00-0,50	5,3	<0,01	0,12	0,88	0,83	0,68	0,94	15	9,2	6,8	33	25,8	78	Aceguá
16 (ST 23)	0,50-1,30	5,7	<0,01	0,12	0,34	0,77	0,64	0,64	20	8,4	2,7	32	29,7	93	Aceguá
16-A (ST 23)	1,30-2,00	6,6	0,02	0,07	0,06	14	1,3	0,49	17	7,7	<1	27	26,5	100	Aceguá
17 (ST 25)	0,00-0,55	7,6	<0,01	0,06	0,11	7,7	2,4	0,33	15	4,4	<1	23	22,1	100	Plan. eutrófico
18 (ST 25)	0,55-2,00	5,5	<0,01	0,18	1,8	7,0	0,26	0,23	10	2,6	4,7	17,8	13,1	74	Plan. eutrófico
19 (ST 26)	0,00-0,50	5,1	<0,01	0,15	1,4	20	0,39	0,90	22	8,4	9,9	42	31,7	75	Ponche Verde
20 (ST 26)	0,50-3,00	7,4	<0,01	0,05	0,10	79	0,35	0,90	31	4,9	<1	37	37,2	100	Ponche Verde
21 (ST 28)	0,00-0,50	5,4	<0,01	0,12	1,1	1,3	0,54	0,25	6,0	3,6	6,2	16,6	10,4	62	Aceguá
22 (ST 28)	0,50-1,00	8,4	0,04	0,06	0,14	0,51	2,7	0,36	31	10	<1	44	44,1	100	Aceguá
23 (ST 29)	0,00-1,80	7,2	<0,01	0,03	0,08	76	0,38	0,16	10	4,5	1,6	16,6	15,0	91	Pinheiro Machado
SR 936	11,00	5,5	0,01	-	-	9,7	0,39	2,1	6,5	4,2	3,0	16,2	13,2	81	Form. Rio Bonito
SR 993	13,10	6,3	<0,01	-	-	4,2	0,04	0,30	0,28	0,27	1,4	2,3	0,89	39	Form. Rio Bonito
SR 936	14,50	5,7	0,32	-	-	3,2	0,08	0,11	0,51	0,27	2,7	3,7	0,97	26	Form. Rio Bonito
SR 993	21,50	7,2	<0,01	-	-	2,8	0,02	0,21	0,05	0,02	<1	0,50	0,30	60	Form. Rio Bonito

Obs.: 01. St = enxofre total

02. Nt = nitrogênio total

03. C org = carbono orgânico

04. Pass = fósforo assimilável

05. Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ = sódio, potássio, cálcio e magnésio trocáveis

06. Al⁺⁺⁺+H⁺ = acidez titulável

07. T=CTC = capacidade de troca de cátions

08. S = bases trocáveis

09. V = saturação de bases

10. ppm = partes por milhão; mE = miliequivalentes

11. Os valores precedidos do sinal "<" (menor que) representam os limites das respectivas determinações



Extrações e Lixiviações

Os resultados das extrações e lixiviações realizadas em arenitos encaixantes nas camadas de carvão e no solo Candiota na área da Malha III são apresentados respectivamente nos Quadros 3.23 e 3.24.

Avaliando-se os resultados do Quadro 3.23 quanto à concentração de metais extraíveis nas amostras coletadas da zona de mineração, podemos verificar comportamentos diferentes para cada metal, quais sejam:

- as amostras de arenito de ambas as camadas possuem concentração de Cr, Fe e Mn elevadas em comparação com os demais extratos analisados;
- para os metais Co, As, Ni, Pb, Mo e Hg não há diferenças acentuadas na concentração dos extratos das amostras analisadas;
- as amostras de carvão da 1ª camada são responsáveis pelos extratos mais concentrados em vanádio.

Por meio dos resultados apresentados no Quadro 3.23, que indicam as concentrações de metais resultantes dos ensaios de lixiviação, encontra-se o poder de toxicidade de cada amostra para cada metal:

- as camadas de arenito de ambas as profundidades são responsáveis por uma acentuada lixiviação de Fe, Mn e Cr;
- as camadas de carvão SR 936, de ambas as profundidades, apresentam grande lixiviação de Pb.



Quadro 3.23 - Teor de metais extraíveis de arenitos encaixantes das camadas de carvão e do solo Candiota na área da Malha III

AMOSTRAS	METAIS (ppm)														
	Fe	Mn	Al	Se	Zn	Cu	Co	V	Cr	As	Ni	Pb	Mo	Cd	Hg
SR 993 ARENITO 22,90 m	2.736	362	29,2	5,4	1,2	2,9	1,4	1,5	32,6	1,9	2,2	0,29	0,25	0,015	0,007
SR 993 ARENITO 18,50 m	2.633	356	24,3	5,1	1,7	3,1	1,3	1,6	35,5	2,0	2,7	0,36	0,43	0,027	0,009
SR 993 CARVÃO 1ª camada	878	21,4	3,3	4,6	2,1	1,4	3,7	11,8	0,28	2,8	3,1	0,54	0,23	0,021	0,008
SR 993 CARVÃO 2ª camada	298	9,3	3,5	2,9	1,7	1,1	0,66	1,9	0,11	0,40	0,58	0,16	0,16	0,011	0,009
SR 936 CARVÃO 1ª camada	1.308	14,3	5,8	6,1	2,0	1,8	5,4	13,5	0,35	4,1	3,0	0,26	0,28	0,031	0,007
SR 936 CARVÃO 2ª camada	970	11,5	4,0	3,4	1,7	1,0	0,58	1,6	0,19	0,46	0,55	0,16	0,14	0,010	0,009
SOLO CANDIOTA TÍPICO	26,5	0,78	40,0	3,1	1,2	0,76	0,45	0,57	0,06	0,66	0,15	0,47	0,12	0,007	0,006



Quadro 3.24 - Teor de metais lixiviados de arenitos encaixantes, das camadas de carvão e do solo Candiota na área da Malha III

AMOS- TRAS	METAIS (ppb)														
	Fe	Mn	Al	Se	Zn	Cu	Co	V	Cr	As	Ni	Pb	Mo	Cd	Hg
SR 993 ARENITO 22,90 m	35.600	10.600	120	394	22	766	56	31	24	12	67	0,46	3,6	0,11	0,70
SR 993 ARENITO 18,50 m	38.100	12.500	150	72	26	2.300	640	22	13	7,5	211	1,2	3,0	0,10	0,64
SR 993 CARVÃO 1ª camada	112	289	114	40	22	278	70	18	0,94	8,7	19	0,45	4,2	0,12	0,82
SR 993 CARVÃO 2ª camada	51	63	305	95	11	43	44	13	0,23	3,8	1,7	0,46	7,3	0,09	0,80
SR 936 CARVÃO 1ª camada	133	181	419	83	14	147	95	11	0,09	2,5	15	27	11	0,13	0,94
SR 936 CARVÃO 2ª camada	89	61	682	110	7,4	128	45	9,0	0,09	1,5	1,8	26	6,6	0,09	0,51
SOLO CANDIOTA TÍPICO	70	12	653	1,5	10	0,18	57	6,8	0,82	1,2	1,5	4,6	0,12	0,05	0,50



Sedimentos de Corrente

Foram coletadas amostras de sedimentos de corrente do Arroio Poacá e do Arroio Quebra-Jugo (cascalho e areia).

O Poacá tem seu curso muito próximo da zona de mineração (Malha I) podendo, portanto, apresentar em seu leito depósitos que evidenciem comprometimento.

Por outro lado, o Arroio Quebra-Jugo não tem contato direto com as áreas atingidas pela extração de carvão.

Efetivamente, a análise química dos sedimentos, conforme indicado no Quadro 3.25, mostra presença considerável do ânion sulfato no material procedente do Arroio Poacá. Esta espécie química deve originar-se da pirita que impurifica o carvão, oxidada pela exposição ao ar e intempéries. Nas amostras provenientes do Arroio Quebra-Jugo, o teor de sulfato ficou abaixo do limite de determinação do método de análise empregado.

O ânion cloreto não se apresentou em teores determináveis pela metodologia adotada em nenhuma das três amostras.

Dentre os metais pesados, destaca-se a presença de chumbo, cobre e zinco na amostra de cascalho do Arroio Quebra-Jugo, embora os dois primeiros tenham sido também detectados nas demais amostras. Contudo, os teores encontrados não são preocupantes. Para o Arroio Quebra-Jugo, observa-se que a fase areia, mais "lavada" que o cascalho, apresenta menores concentrações de metais indicados.

QUADRO 3.25 - Análises em sedimentos de corrente

AMOSTRAS	METAIS E ESPÉCIES ANIÔNICAS EXTRAÍDAS EM SEDIMENTOS DE CORRENTE (ppm)								
	Hg	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
Arroio Poacá	<0,01	<0,1	<0,5	0,3	2,0	2,6	<1	<10	299
Arroio Quebra-Jugo (cascalho)	<0,01	<0,1	<0,5	0,5	2,9	2,2	9,9	<10	<120
Arroio Quebra-Jugo (areia)	<0,01	<0,1	<0,5	<0,3	1,2	0,5	<1	<10	<120



3.8 - Quadro Atual da Contaminação do Solo

3.8.1 - Emissões Aéreas sobre o Solo

Histórico

A existência em solos de certos metais em quantidades diminutas (traços), dentre os quais os metais pesados, é conhecida desde o século XIX. Forchhammer (1855), citado por Swaine (1969), manifestou haver detectado elementos tais como zinco, chumbo, níquel, cobre e outros em solos.

Além dos elementos mais abundantes, a crosta terrestre contém um grande número de elementos em pequenas quantidades, alguns deles distribuídos de forma aproximadamente homogênea em solos, outros extremamente concentrados em alguns poucos pontos da superfície do globo.

Os elementos-traços em solos podem provir ou da rocha-mãe, ou de resíduos de plantas e animais, ou ainda de águas naturais e materiais que chegam da atmosfera. Nesta categoria, podemos considerar os transferidos de um ponto a outro da superfície terrestre pela ação dos ventos e os a serem oportunamente adicionados, por exemplo, através de meteoritos. Resta ainda levar em conta as adições propositais ao solo, tais como corretivos, fertilizantes e pesticidas.

As formas em que os elementos-traços se apresentam nos solos incluem numerosos minerais primários e secundários, encontrando-se parte deles combinada com a fase orgânica do solo.

No entanto, os teores totais destes elementos não costumam ser do mais alto interesse do cientista preocupado com o solo. Na verdade, a maior parte destes teores totais é inócua ou indiferente, não trazendo limitação ao uso do solo.

A explicação para isto é simples: as formas fixas ou não-móveis no solo são inertes e, na maior parte das vezes, não consideradas.

Sendo assim, várias tentativas têm sido feitas ao longo do tempo para caracterizar os solos quanto ao conteúdo de elementos móveis; estes são os que realmente interessam, porque podem ser facilmente absorvidos e assimilados por plantas e animais, ou ainda lixiviados, lavados pela chuva e carregados para mananciais de abastecimento.

Extratores suaves tais como ácidos diluídos, acetato de amônio 1 N (pH 7), cloreto de potássio e outros, têm sido empregados para determinar essa porção móvel.

Há muitas razões para a determinação de elementos-traços em solos, incluindo os interesses agrícola, geológico, pedológico e da química ambiental.

É interessante observar que alguns destes elementos são necessários, enquanto micronutrientes, para as lavouras. Tais elementos incluem o boro, cobalto, cobre, manganês, molibdênio e zinco. No entanto, presentes em excesso, podem ser danosos. Por outro lado, a ausência de um micronutriente pode arruinar por completo a colheita. Cabe mencionar que as plantas respondem positivamente à adição de micronutrientes até atingir um nível ótimo. A partir deste nível, o excesso pode simplesmente nada mudar ou vir a ser prejudicial.



Pratt (1966) e Lindsay (1979) apresentam quadros contendo teores de alguns elementos menores na crosta terrestre e em solos, e sugerem teores médios destes elementos para solos. Um resumo desses dados encontra-se no Quadro 3.26.



QUADRO 3.26 - Conteúdo de vários elementos em solos

ELEMENTO	FAIXA DE VARIÇÃO EM SOLOS (ppm)	MEDIA SUGERIDA PARA SOLOS (ppm)
Ag	0,01-5	0,05
Al	10.000-300.000	71.000
As	1-50	5
B	2-100	10
Ba	100-3.000	430
Be	0,1-40	6
Br	1-10	5
C	-	20.000
Ca	7.000-500.000	13.700
Cd	0,01-0,70	0,06
Cl	20-900	100
Co	1-40	8
Cr	1-1.000	100
Cs	0,3-25	6
Cu	2-100	30
F	10-4.000	200
Fe	7.000-550.000	38.000
Ga	5-70	14
Ge	1-50	1
Hg	0,01-0,3	0,03
I	0,1-40	5
K	400-30.000	8.300
La	1-5.000	30
Li	5-200	20
Mg	600-6.000	5.000
Mn	20-3.000	600
Mo	0,2-5	2
N	200-4.000	1.400
Na	750-7.500	6.300
Ni	5-500	40
O	-	490.000
P	200-5.000	600
Pb	2-200	10
Rb	50-500	10
S	30-10.000	700
Sc	5-50	7
Se	0,1-2	0,3
Si	230.000-350.000	320.000
Sn	2-200	10
Sr	50-1.000	20
Ti	1.000-10.000	4.000
V	20-500	100
Y	25-250	50
Zn	10-300	50
Zr	60-2.000	300



Por outro lado, na última década, tem-se registrado crescente interesse em estudos visando à utilização do solo como receptor final de uma enorme gama de resíduos sólidos, oriundos de processos industriais ou da esfera da municipalidade (lixo urbano e dos lodos de estações de tratamento de esgoto doméstico).

Em países fortemente industrializados, nos últimos anos surgiram proposições de diretrizes para a disposição em solos de resíduos, objetivando prevenir contaminações inaceitáveis do solo agrícola, principalmente causadas por metais e, ainda, impedir disseminação de doenças, desconforto público e poluição da água.

Com esta preocupação, foram sugeridos na Inglaterra os limites toleráveis de contaminantes metálicos em solo arável encontrados no Quadro 3.27.

QUADRO 3.27 - Limites de contaminantes metálicos em solos

METAL	LIMITE (mg/L)
Arsênio	10
Cádmio	3,5
Cromo	600
Cobre	280 (pH solo > 7) 140 (pH solo < 7)
Mercúrio	1
Molibdênio	4
Níquel	70 (pH solo > 7) 35 (pH solo < 7)
Chumbo	550
Selênio	3
Zinco	560 (pH solo > 7) 280 (pH solo < 7)

Obs.: Cu, Ni e Zn extraíveis com EDTA.

Em publicação de 1986, o Official Journal of the European Communities indica os valores limites mostrados no Quadro 3.28.



QUADRO 3.28 - Limites para metais pesados em solos

METAIS	(LIMITE mg/kg)
Cádmio	1 a 3
Cobre	50 a 140
Níquel	30 a 75
Chumbo	50 a 300
Zinco	150 a 300
Mercúrio	1 a 1,5
Cromo	A ser fixado

Área de Estudos

Para a consecução de um diagnóstico dos solos da área de estudos relativo à presença de elementos menores, especialmente metais pesados, foram executadas extrações com ácido nítrico 0,1 N em agitador rotatório durante 3 horas, em amostras de solos da região. A proporção empregada foi 10 g solo:100 mL ácido.

Conforme registrado anteriormente, a opção por metais extraíveis é explicada pelo fato de se tratar da porção de cada elemento que é móvel no solo e, portanto, ativa e de interesse.

O Quadro 3.29 apresenta as concentrações de alguns elementos determinados nos extratos obtidos.



Quadro 3.29 - Controle da hipótese de emissões aéreas sobre o solo

AMOSTRAS	METAIS E ESPÉCIES ANIÔNICAS EXTRAÍDOS DO SOLO									UNIDADE DE MAPEAMENTO PEDOLÓGICO
	Hg ppm	Cd ppm	Cr ppm	Ni ppm	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cl ⁻ %	SO ₄ ²⁻ %	
PL01 (ST 18)	<0,01	<0,1	<0,5	<0,3	2,7	1,4	<1,0	<0,001	nd	Candiota
PL02 (ST 19)	<0,01	<0,1	<0,5	0,6	3,8	1,7	2,9	0,001	nd	Candiota
PL03 (ST 20)	<0,01	<0,1	<0,5	0,4	2,5	1,7	<1,0	0,002	nd	Candiota
PL04 (ST 21)	<0,01	<0,1	<0,5	3,2	0,5	1,4	2,4	0,001	nd	Aceguá
PL05 (ST 22)	<0,01	<0,1	<0,5	2,1	1,8	2,6	2,5	0,001	nd	Aceguá
PL06 (ST 23)	<0,01	<0,1	<0,5	1,2	4,1	3,6	1,5	0,001	nd	Aceguá
PL07 (ST 24)	<0,01	<0,1	<0,5	1,8	3,5	3,6	2,2	0,006	nd	Aceguá Planossol
PL08 (ST 25)	<0,01	<0,1	<0,5	1,3	1,4	1,6	2,2	0,001	nd	Eutrófico
PL09 (ST 26)	<0,01	<0,1	<0,5	1,2	5,2	3,1	1,5	0,005	nd	Ponche Verde Pinheiro
PL10 (ST 27)	<0,01	<0,1	12	1,6	4,1	1,8	2,1	0,002	nd	Machado
PL11 (ST 28)	<0,01	<0,1	0,7	0,6	3,4	1,0	1,0	0,005	nd	Aceguá Pinheiro
PL12 (ST 29)	<0,01	<0,1	7,5	1,1	2,2	1,8	15	0,002	nd	Machado
PL13 (ST 30)	<0,01	<0,1	0,6	<0,3	3,6	2,0	2,0	0,003	nd	Candiota Pinheiro
PL14 (ST 31)	<0,01	<0,1	<0,5	<0,3	3,4	1,4	14	0,005	nd	Machado
PL 15 (CT PL 15)	<0,01	<0,1	0,5	2,2	2,6	2,4	5,2	<0,001	0,069	Poacá

- Obs.: 1. O limite de determinação de sulfato em solo é de 0,012% (ou 120 ppm);
2. nd = não detectado; ppm = partes por milhão;
3. Os valores precedidos do sinal < (menor que) representam os limites das respectivas determinações.



Conforme pode ser verificado, os teores de todos os elementos pesquisados estão muito aquém dos limites europeus, considerando disposição direta de resíduos sólidos.

O bom estado atual dos solos quanto a metais pesados confirmou a pequena probabilidade prevista de sua contaminação por tais metais por via aérea devido a contaminação seca ou úmida.

Foram igualmente determinados os teores de cloretos e sulfatos solúveis em água nas mesmas amostras de solos, cujos resultados encontram-se igualmente no Quadro 3.48.

Verifica-se que os valores encontrados para cloretos e sulfatos são também muito baixos, perfeitamente normais para solos.

3.8.2 - Lixiviação de Materiais e Bioindicação Vegetal

A combustão de carvão pode acarretar o incremento da concentração de metais pesados no meio físico e ecossistemas naturais. Para avaliar o grau de contaminação por metais pesados na região de abrangência da UTPM, o Grupo Análises do Centro de Ecologia realizou os seguintes estudos:

- análise química de plantas bioindicadoras para determinar a concentração de metais acumulados na vegetação;
- análise dos solos em contato com a vegetação quanto ao teor de metais extraíveis e lixiviados;
- avaliação da toxicidade dos resíduos sólidos da usina através de testes de extração e lixiviação de metais;
- exame do potencial de contaminação na área de mineração quanto à extração e lixiviação de metais em diferentes amostras.

O método deste estudo baseia-se, assim, na comparação da concentração de metais entre amostras de locais atualmente impactados e de locais não impactados pela UTPM, sendo, porém, todas as espécies vegetais da mesma região. Assim é possível verificar o real incremento do acúmulo de metais em bioindicadores da região, acúmulo devido apenas à atividade da termelétrica.

Locais-Tipo

Os locais-tipo de amostragem de solos são apresentados no Mapa 3.4.

- Local-Tipo 1

Esta região amostrada está localizada em um ponto de pequena incidência da emissão da UTPM, conforme o modelo matemático de isopletras fornecido pela CEEE; é uma região de campo natural, com terras para agricultura e pastoreio. Neste relatório, esta área passará a ser a prova em branco, ou seja, plantas e solos testemunhas do real ecossistema natural da região.

Neste local coletaram-se amostras da vegetação: vassoura-branca (*Baccharis dracunculifolia*), chirca (*Eupatorium buniifolium*) e do solo em contato com as plantas (Foto 3.5).



FOTO 3.5 - Local-Tipo 1 amostrado - "branco" da região.

- Local-Tipo 2

A área conhecida como Fazenda Candiota é o local onde será construída a Usina Termelétrica Candiota III.

Esta região recebe média influência da emissão dos gases da chaminé da UTPM, é campo natural, tendo sido intensamente usada como zona de pastoreio. Em alguns pontos de campo mais baixo pode-se visualizar veios de carvão aflorando na superfície, por exemplo, às margens do arroio Quebra-Jugo.

Nesta área coletaram-se as seguintes espécies de plantas: vassoura-branca, chirca, gramíneas, eucalipto, imbira (*Daphnopsis racemosa*), ariera (*Lythraea brasiliensis*), branquilha (*Sebastiania klotzschiana*) e amostras de solo.



- Local-Tipo 3

Pelo estudo do modelo matemático de isopletas, esta área recebe a maior incidência dos gases emanados pela chaminé da UTPM. É igualmente uma região de campo natural, com intenso pastoreio e algumas áreas de plantação de fazendas particulares. Esta área contém a antiga Estação Candiota.

Nesta área coletaram-se amostras de solo e de vegetação do tipo vassoura e chirca.

- Local-Tipo 4

Nesta área onde foi realizada, há cerca de 10 anos, uma revegetação com eucalipto, diretamente sobre cinzas provenientes da termelétrica. Com o tempo, formou-se uma camada em torno de 20 cm de solo orgânico, tendo a área sido invadida por espécies arbustivas nativas (Fotos 3.6 e 3.7).

Esta área recebe pequena influência via emissão da UTPM, mas grande absorção via radicular dos metais contidos nas cinzas enterradas. Neste local coletou-se solo e amostras de vassoura-branca, chirca, eucalipto e gramíneas. Também foram amostradas cinzas enterradas, a que nos referiremos como cinzas antigas.



FOTO 3.6 - Aspecto da revegetação no Local-Tipo 4.



FOTO 3.7 - Local-Tipo 4. Amostragem de cinzas antigas

- Local-Tipo 5

A fração de cinzas leves abatidas pelo precipitador eletrostático da UTPM não aproveitada por outras indústrias, é depositada a céu aberto em área isolada destinada para este fim. Formam-se pilhas de rejeitos onde as cinzas permanecem até a reconstituição da topografia alterada do terreno, através de revegetação.

Neste ponto, coletaram-se amostras de cinzas recentes e de água de percolação natural da água da chuva ao longo de caminhos preferenciais nas pilhas de rejeitos (chamada de lixiviação natural).

- Local - Tipo 6

Este local consiste da planta da UTPM. O interesse é a coleta das cinzas abatidas pelo precipitador eletrostático antes de sua remoção do sistema. Para isso, realizou-se a amostragem de cinzas leves diretamente em um dos amostradores do precipitador .

As cinzas pesadas, por sua vez, foram amostradas em sua saída da câmara de combustão .

Esta coleta foi realizada em dois momentos: um quando a usina operava na fase A (1ª coleta) e o outro, quando a usina estava operando na fase B (2ª coleta), de maior potência.



- Local-Tipo 7

Esta área consiste da zona de mineração, sendo as amostras de rejeitos provenientes das Malhas I e II.

Análises Realizadas

- Amostras de vegetação

Definido o local de coleta, amostravam-se dez indivíduos de cada espécie e coletava-se uma amostra composta representante da área em estudo. As amostras eram identificadas no local e trazidas para o laboratório perfeitamente acondicionadas em sacos de papel. Em laboratório, após lavagem com água deionizada em ultra-som por 15 minutos, as amostras eram colocadas em sacos de polietileno e mantidas em estufa a 60 °C até o atingimento de peso seco. Em cada amostra, separava-se a raiz, caule e folhas.

Em cada órgão da planta foi realizada uma digestão nítrica em bomba de Tolg, sob pressão, a 140 °C por duas horas. Após, o material digerido era transferido quantitativamente para um balão volumétrico e levado a volume com água deionizada.

- Amostras de solos e cinzas

Para cada amostra de vegetação coletava-se a parte do solo em contato com a raiz. Desta forma, foi composta uma amostra de solo representativa de cada local.

As amostras de solo eram acondicionadas em frascos de polietileno de boca larga, identificadas e levadas para laboratório.

Análises químicas realizadas:

- extração com HNO₃ 0,1N a temperatura ambiente por três horas, sob agitação; os resultados expressos como metais extraíveis na proporção 1:10 solo e solução extratora (Perkin Elmer AY-1);
- lixiviação para resíduos sólidos com ácido acético 0,5N sob constante agitação durante 24 horas (CETESB L5-510).

O mesmo tratamento foi aplicado às amostras de carvão, arenito e estéreis.

- Metais analisados

A dosagem de metais foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica em aparelho modelo Perkin Elmer 2380. As seguintes técnicas foram empregadas:

- chama de ar-acetileno: para Zn, Cu, Fe, Mn, Co;
- chama de acetileno-óxido nitroso: para Al;
- forno de grafite HGA.400: para Cd, Cr, Pb, Ni, As, Se, V, Mo;
- analisador de voláteis MHS-10: para Hg.

Nas amostras compostas de solo e vegetação, e de cinzas leves e pesadas, recentes e antigas, analisaram-se os metais pesados de maior interesse em termos de contaminação ambiental para regiões com influência direta de termelétricas, quais sejam, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, As e Hg.



Para o estudo da potencialidade da carga poluidora das amostras de carvão, arenito e estéréis da zona de mineração, analisaram-se estes mesmos metais, acrescidos de Fe, Mn, Co, Se, V e Mo.

Resultados

Os resultados das análises químicas dos metais analisados encontram-se registrados nos quadros seguintes.

QUADRO 3.30 - Teor de metais para amostras de vegetação da região de Candiota
Local-Tipo 2
1ª Coleta - 22-23 setembro 1987 (UFRGS)

ESPÉCIE	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	
Vassoura Branca	raiz	0,081	0,19	7,14	1,53	5,55	49,4	4,46	0,128
	caule	0,135	2,43	5,87	0,67	6,76	167,1	3,62	0,163
	folha	0,066	0,88	5,05	0,39	6,91	46,7	1,73	0,066
Gramínea	raiz	0,086	1,33	3,55	0,58	2,32	36,5	3,13	0,128
	folha	0,057	1,22	2,40	0,44	3,50	29,9	2,84	0,209
Eucalipto	raiz	0,035	1,84	1,13	1,11	1,33	9,15	0,62	0,098
	caule	0,039	1,37	6,04	0,56	3,80	18,8	0,53	0,069
	folha	0,035	3,93	3,23	0,38	4,42	27,7	0,98	0,102
Chirca	raiz	0,137	2,19	27,9	1,45	4,57	31,5	5,61	0,105
	caule	0,389	4,11	7,41	0,40	6,41	52,4	1,11	0,069
Imbira	folha	0,226	0,63	4,14	0,51	2,75	74,6	3,34	0,117
	caule	0,086	1,34	2,35	0,64	5,03	36,5	0,72	0,137
Aroeira	folha	0,057	1,07	2,37	0,41	7,17	29,9	0,90	0,068
	caule	0,076	0,47	2,08	0,42	1,93	23,5	0,34	0,126
Branquilho	folha	0,049	0,61	1,01	0,30	3,34	11,0	0,39	0,092
	caule	0,093	1,01	7,42	0,34	4,71	49,2	0,85	0,195
	folha	0,042	8,17	5,58	0,29	9,84	39,8	0,63	0,381



QUADRO 3.31 - Teor de metais em amostras de vegetação da região de Candiota
Local-Tipo 4
1ª Coleta - 22-23 setembro 1987 (UFRGS)

ESPÉCIE	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
raiz	0,258	1,03	64,4	2,14	6,13	28,5	6,03	0,143
Vassoura Branca caule	0,111	1,07	8,34	1,19	4,04	36,2	3,42	0,213
folha	0,145	0,79	5,30	0,73	6,70	64,6	2,20	0,196
Gramínea raiz	0,126	1,12	6,39	1,45	5,79	197,6	2,27	0,294
folha	0,050	0,79	3,04	0,31	6,06	27,0	4,46	0,169
raiz	0,097	0,48	0,69	0,18	3,46	11,9	0,39	0,138
Eucalipto caule	0,156	0,88	11,9	0,47	7,79	19,7	0,38	0,355
folha	0,193	0,56	16,9	1,29	10,73	40,6	1,29	0,309

QUADRO 3.32 - Teor de metais extraíveis de solos e cinzas residuais na região de Candiota
Coletas: 22-23 - setembro 1987 (UFRGS)
24 - outubro 1987 (UFRGS)

AMOSTRA/LOCAL	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
Solo Tipo 2	0,011	0,08	0,79	2,77	0,42	1,79	0,86	0,0238
Solo Tipo 4	0,013	0,09	1,16	1,96	0,41	1,80	1,17	0,0370
Cinza antiga Tipo 4	0,006	0,07	0,64	0,94	0,94	0,44	0,94	0,0297
Cinza recente Tipo 5	0,068	1,71	1,39	1,39	9,11	6,13	6,36	0,0346
Cinza leve Fase A - Tipo 6	0,022	0,62	2,69	0,49	0,57	11,31	10,32	0,0377
Cinza pesada Fase A - Tipo 6	0,012	0,33	0,55	0,72	2,00	4,26	1,69	0,0133
Cinza leve Fase B - Tipo 6	0,039	3,10	6,56	0,69	24,61	8,83	21,87	0,0101
Cinza pesada Fase B - Tipo 6	0,070	2,99	9,98	0,67	4,79	8,31	1,22	0,0079



QUADRO 3.33 - Teor de metais lixiviados de solos e cinzas residuais na região de Candiota
Coletas: 22-23 setembro 1987 (UFRGS)
24 outubro 1987 (UFRGS)

AMOSTRA	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
Solo Tipo 2	0,0022	0,002	0,018	0,173	0,158	0,01	0,005	0,0007
Solo Tipo 4	0,0004	0,009	0,008	0,004	0,028	0,03	0,051	0,0010
Cinza antiga Tipo 4	0,0005	0,001	0,001	0,006	0,011	0,01	0,004	0,0014
Cinza recente Tipo 5	0,0024	0,001	0,001	0,022	0,050	0,03	0,016	0,0016
Cinza leve Fase A - Tipo 6	0,0007	0,006	0,112	0,022	0,034	0,61	0,077	0,0014
Cinza pesada Fase A Tipo 6	0,0004	0,001	0,001	0,002	0,179	0,03	0,011	0,0015
Cinza leve Fase B - Tipo 6	0,0018	0,014	0,199	0,045	0,939	0,28	0,149	0,0018
Cinza pesada Fase B Tipo 6	0,0020	0,001	0,004	0,001	0,193	0,13	0,005	0,0011
Lixiviação natural Tipo 5	0,0045	0,008	0,045	0,017	0,99	1,62	0,104	0,0086

QUADRO 3.34 - Teor de metais extraíveis em estéreis da Malha I e Malha II
Coleta: novembro 1987 - CIENTEC
Metais (ppm)

AMOSTRAS	Fe	Mn	Al	Se	Zn	Cu	Co	V	Cr	As	Ni	Pb	Mo	Cd	Hg
Estéril Malha I - AB II	57	13,2	410	25,8	7,4	7,8	3,2	5,5	0,68	3,7	3,7	0,26	0,65	0,09 3	0,01 7
Estéril Malha II - AB I	205	32,3	94,1	4,4	4,6	7,7	1,8	2,9	0,24	1,3	1,4	0,53	0,16	0,04 4	0,00 9



QUADRO 3.35 - Teor de metais lixiviados em estéreis da Malha I e Malha II
Coleta: novembro 1987 - CIENTEC
Metais (ppb)

AMOSTRAS	Fe	Mn	Al	Se	Zn	Cu	Co	V	Cr	As	Ni	Pb	Mo	Cd	Hg
Estéril Malha I - AB II	121	623	1.800	924	282	5.350	1.580	231	9.3	68	490	5.0	28	4.2	2.1
Estéril Malha II - AB I	152	365	358	415	21	3.570	293	43	0.85	14	12	3.8	2.3	0.31	1.5

QUADRO 3.36 - Teor de metais em amostras de vegetação da região de Candiota
3ª Coleta: 13 - 14 janeiro 1988 (UFRGS)
Espécie: vassoura-branca - amostra composta

LOCAL	ÓRGÃO	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
Tipo 1	raiz	0,158	0,54	5,58	1,62	33,3	0,97	3,29	0,109
	caule	0,249	0,61	3,64	1,88	58,9	0,60	1,57	0,041
	folha	0,143	0,38	10,57	3,24	49,6	1,01	2,18	0,026
Tipo 2	raiz	0,277	0,45	7,14	1,41	15,0	1,36	3,67	0,125
	caule	0,313	0,95	6,45	4,53	37,6	0,87	1,71	0,029
	folha	0,308	0,90	9,98	5,33	70,2	0,67	2,01	0,070
Tipo 3	raiz	0,145	0,66	5,64	6,75	13,5	1,29	6,21	0,121
	caule	0,448	0,56	8,61	7,55	50,3	0,72	1,02	0,029
	folha	0,338	0,64	10,46	5,31	27,2	0,70	3,62	0,116
Tipo 4	raiz	0,368	1,26	9,96	8,76	37,4	3,10	7,92	0,281
	caule	0,489	0,96	8,10	7,28	42,3	3,52	2,66	0,124
	folha	0,467	1,03	13,88	8,07	82,3	1,54	5,91	0,212



QUADRO 3.37 - Teor de metais em amostras de vegetação da região de Candiota
3ª coleta: 13 - 14 janeiro 1988 (UFRGS)
Espécie: chirca - amostra composta

LOCAL	ÓRGÃO	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
Tipo 1	raiz	0,274	0,49	7,96	4,46	40,4	0,64	4,43	0,124
	caule	0,295	0,60	8,14	2,13	38,3	1,16	2,39	0,018
	folha	0,298	0,75	13,91	4,16	73,4	2,00	3,29	0,054
Tipo 2	raiz	0,276	0,78	8,58	4,28	37,1	2,17	2,08	0,110
	caule	0,286	0,19	3,75	5,55	52,8	2,97	2,33	0,108
	folha	0,268	0,46	9,64	5,73	33,7	1,36	3,18	0,028
Tipo 3	raiz	0,418	0,57	3,76	5,10	29,8	1,85	5,10	0,184
	caule	0,300	0,40	3,84	6,27	34,0	1,82	6,27	0,105
	folha	0,230	0,51	14,29	5,03	81,3	1,51	5,03	0,107
Tipo 4	raiz	0,337	1,14	14,65	8,27	29,1	3,23	9,42	0,350
	caule	0,392	0,67	7,22	7,09	21,7	1,31	2,03	0,173
	folha	0,528	1,28	18,54	8,83	90,4	1,66	8,63	0,249

QUADRO 3.38 - Teor de metais extraíveis de solos da região de Candiota
Coleta: 13-14 janeiro 1988 (UFRGS)

LOCAL	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
Tipo 1	0,038	0,97	1,48	0,42	1,8	0,09	1,87	0,0229
Tipo 2	0,048	2,80	2,51	0,41	2,1	0,10	1,94	0,0308
Tipo 3	0,047	2,45	2,35	0,56	1,7	0,14	1,34	0,0357
Tipo 4	0,046	2,37	2,27	0,68	3,5	0,23	2,39	0,0437



QUADRO 3.39 - Teor de metais lixiviados de solos da região de Candiota
Coleta: 13-14 janeiro 1988 (UFRGS)

LOCAL	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
Tipo 1	1,1	2,2	1,4	12,5	5,1	0,30	8,5	1,5
Tipo 2	1,7	3,8	9,3	26,0	8,9	1,0	8,2	1,6
Tipo 3	1,2	1,6	8,2	29,0	10,2	1,8	17,1	1,7
Tipo 4	1,3	4,1	38,4	45,5	60,1	22,2	25,8	3,0

Discussão dos Resultados

- Resíduos sólidos da termelétrica

São representantes dos resíduos sólidos da UTPM as amostras coletadas de cinzas antigas, cinzas recentes, cinzas abatidas pelo precipitador eletrostático, cinzas leves e pesadas das fases A e B da UTPM.

As análises químicas realizadas para ensaio de metais extraíveis (Quadro 3.32) e para metais lixiviados (Quadro 3.33) estão graficamente representadas nas Figuras 3.18 e 3.19, respectivamente.

Através destes resultados, é possível elaborar os seguintes quadros comparativos.



QUADRO 3.40 - Comparação da concentração de metais extraíveis em cinzas residuais da UTPM, cinzas antigas e cinzas recentes

METAIS	PODER DE EXTRAÇÃO DE METAIS		
	ACENTUADO	MÉDIO	PEQUENO
Cd	recentes	leve A	antigas
	pesada B	leve B	pesada A
Cr	leve B	recentes	antigas
	pesada B	leve A pesada A	
Cu	leve B	recentes	antigas
	pesada B	leve A	pesada A
Pb	-	antigas - leve A leve B - recentes	-
		pesada A pesada B	
Ni	leve B	recentes	antigas
		pesada B	leve A pesada A
Zn	-	recentes - leve A	antigas
		pesada A leve B pesada B	
As	leve B	leve A	antigas
		recentes	pesada A pesada B
Hg	antigas	leve B	-
	recentes	pesada A	
	leve A	pesada B	

Pela interpretação do Quadro 3.40, podemos dizer que a ordem decrescente da capacidade poluidora por metais extraíveis destes resíduos sólidos analisados é a seguinte:

- cinzas leves fase B, cinzas pesadas fase B, cinzas leves fase A, cinzas pesadas fase A, cinzas recentes e cinzas antigas.

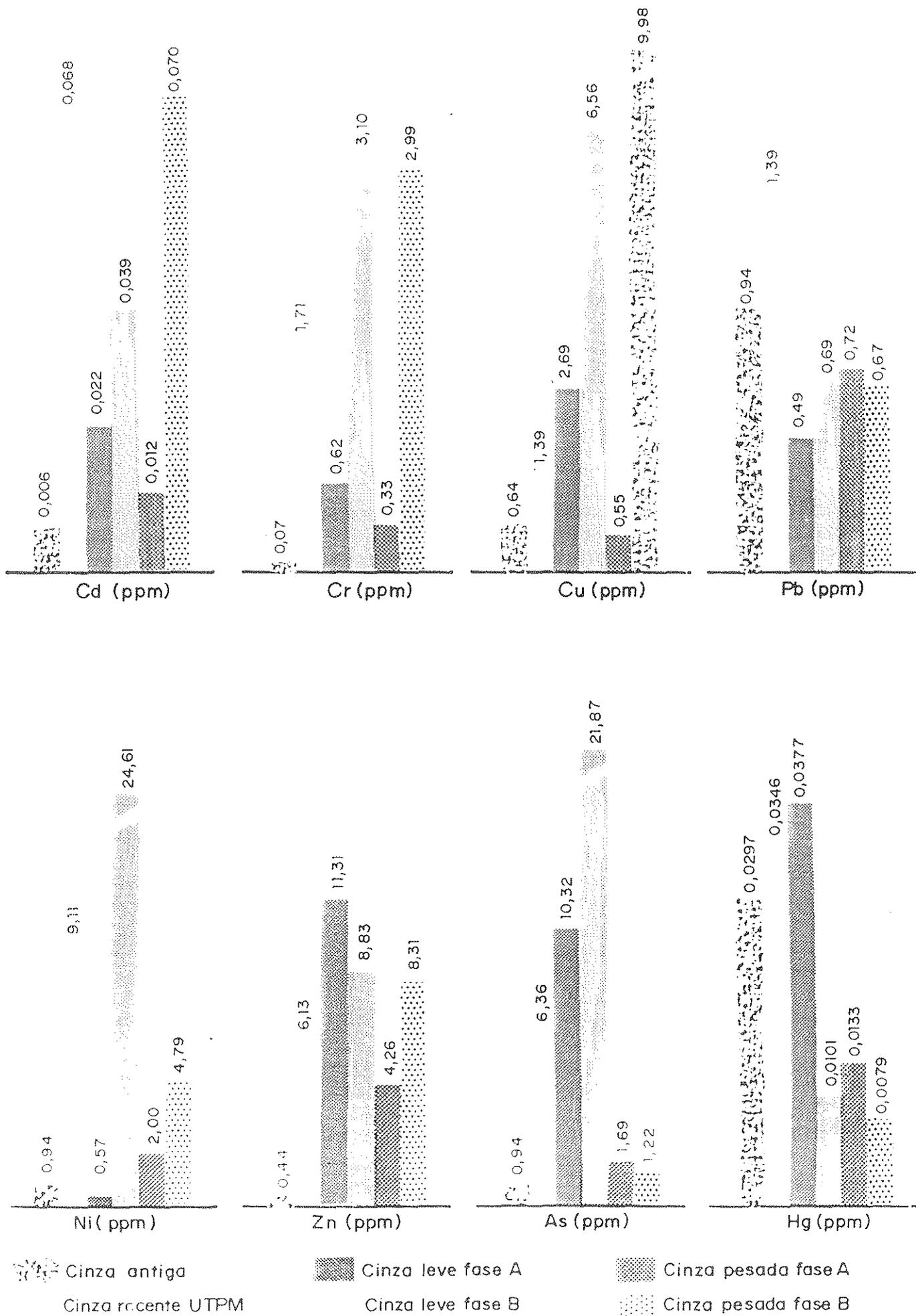


FIGURA 3.18

METAIS EXTRAÍVEIS EM CINZAS RESIDUAIS DA UTPM E DE "CINZAS ANTIGAS"

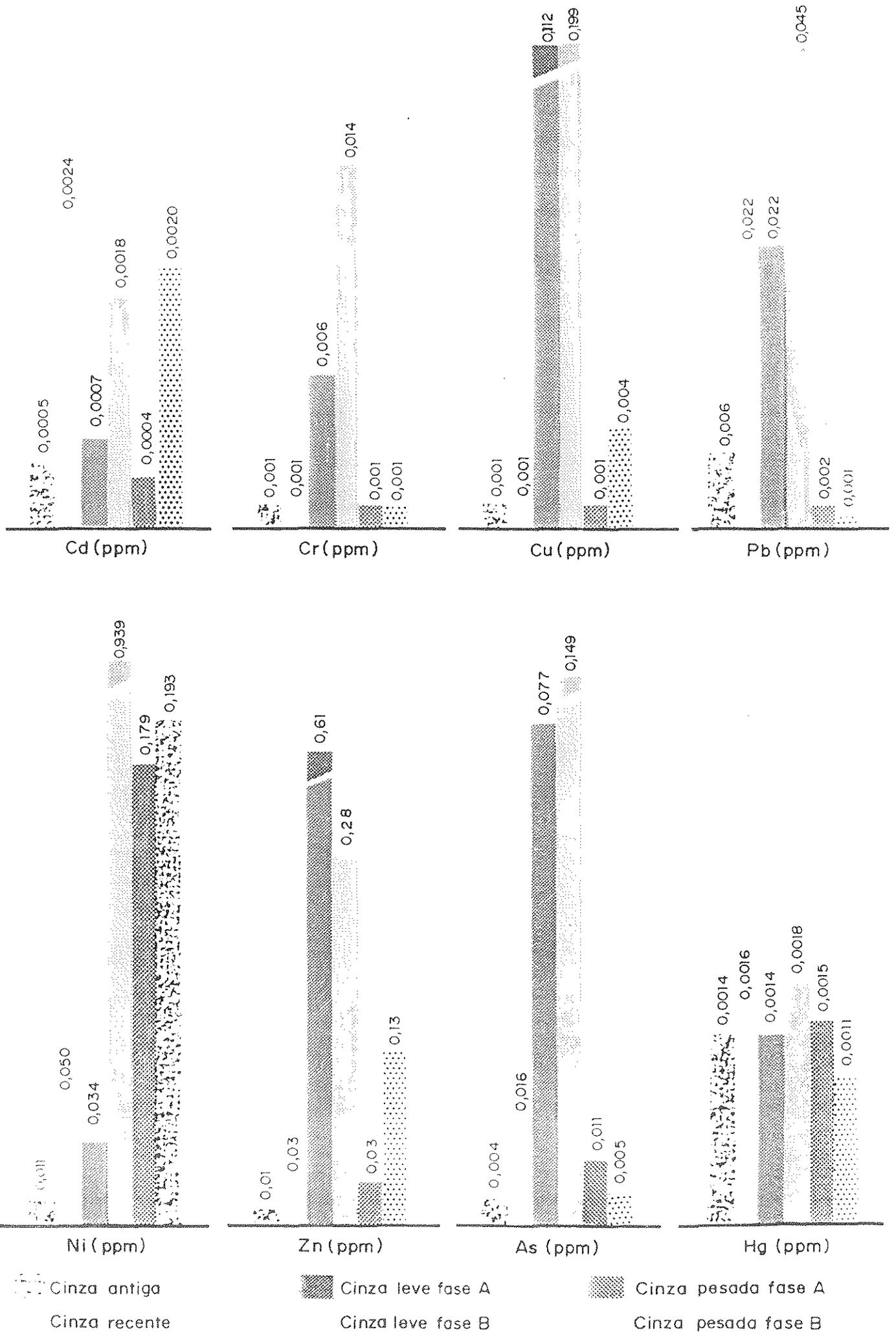


FIGURA 3 19

- METAIS LIXIVIADOS EM CINZAS RESIDUAIS DA TERMOELÉTRICA NA
REGIÃO DE CAMPINA



QUADRO 3.41 - Comparação da concentração de metais lixiviados em cinzas residuais da UTPM e cinzas antigas

METAIS	PODER DE LIXIVIAÇÃO DE METAIS	
	MÉDIO	PEQUENO
Cd	recentes	antigas
	leve B	leve A
	pesada B	pesada A
Cr	leve A	antigas, recentes
	leve B	pesada A, pesada B
Cu	leve A	antigas, recentes
	leve B	pesada A, pesada B
Pb	-	leve A, leve B
		antigas, recentes
		pesada A, pesada B
Ni	recentes	antigas, leve A
	leve B	pesada A, pesada B
Zn	recentes	antigas
	leve A, leve B	
	pesada A, pesada B	
As	leve A	antigas, recentes
	leve B	pesada A, pesada B
Hg	-	leve A, leve B
		antigas, recentes
		pesada A, pesada B

Pela interpretação do Quadro 3.41, pode-se afirmar que a ordem decrescente da capacidade de contaminação por lixiviação de metais nestes resíduos sólidos analisados é a seguinte:
- cinzas leves fase B, cinzas leves fase A, cinzas recentes, cinzas pesadas fase B, cinzas pesadas fase A e cinzas antigas.

Em todos os casos, a concentração de metais no lixiviado é pequena em relação ao permitido pela norma ambiental para lixiviação de resíduos sólidos industriais.



- Amostras de estéreis

Avaliando-se o resultado dos Quadros 3.33 e 3.34 quanto a concentração de metais extraíveis nas amostras de estéreis, verifica-se que:

- as maiores concentrações de Al, Se, Zn, Cu e Cd são encontradas nos extratos das Malhas I e II;
- as amostras de estéreis, principalmente a da Malha I - (AB II, segundo nossa identificação) são responsáveis pelo mais alto grau de toxicidade para Al, Se, Zn, Cu, Co, V, Ni, Cd, Hg, Mo e As em seu lixiviado.

- Seleção das espécies bioindicadoras

Pelo estudo do Quadro 3.30, foram determinadas as concentrações de metais pesados em várias espécies de plantas de uma mesma área, local-tipo 2, ou seja, com média incidência da emissão da UTPM.

A espécie bioindicadora procurada seria a que pudesse acumular uma maior quantidade de metal em sua biomassa, sem sofrer danos aparentes. A seguir, são apresentadas em ordem decrescente as três concentrações maiores encontradas nas espécies do local para cada metal:

Cádmio -	caule - chirca	- 0,389 ppm
	folha - chirca	- 0,226 ppm
	raiz - chirca	- 0,137 ppm
Cromo -	folha - branquilha	- 8,17 ppm
	caule - chirca	- 4,11 ppm
	folha - eucalipto	- 3,93 ppm
Cobre -	raiz - chirca	- 27,9 ppm
	caule - branquilha	- 7,42 ppm
	caule - chirca	- 7,41 ppm
Chumbo -	raiz - vassoura-branca	- 1,53 ppm
	raiz - chirca	- 1,45 ppm
	raiz - eucalipto	- 1,11 ppm
Níquel -	folha - branquilha	- 9,84 ppm
	folha - imbira	- 7,17 ppm
	folha - vassoura-branca	- 6,91 ppm
Zinco -	caule - vassoura-branca	- 167,1 ppm
	folha - chirca	- 74,6 ppm
	caule - chirca	- 52,4 ppm
Arsênio -	raiz - chirca	- 5,61 ppm
	raiz - vassoura-branca	- 4,46 ppm
	caule - vassoura-branca	- 3,62 ppm
Mercúrio -	folha - branquilha	- 0,381 ppm
	caule - branquilha	- 0,195 ppm
	caule - vassoura-branca	- 0,163 ppm

Verifica-se que, dentre as sete espécies coletadas, sempre existiram duas espécies que, para todos os metais analisados, estavam dentre as três maiores acumulações no tecido vegetal. Estas espécies são: chirca (*Eupatorium buniifolium*) e vassoura-branca (*Bacharis dracunculifolia*).



Estas espécies estão representadas em toda a região estudada e, sobretudo, existem em grande número na área, condições requeridas para a seleção de bioindicadores.

Portanto, para as coletas sucessivas de plantas concentrou-se na amostragem destas duas espécies: chirca e vassoura-branca.

Bioindicadores Vegetais

- Vassoura-Branca

O estudo comparativo do resultado das análises de metais, nos diferentes órgãos dos indivíduos coletados, nos diferentes locais, com variado nível de impacto contaminante (Quadro 3.35) com os valores habitualmente encontrados em tecido vegetal, segundo Allen (Figuras 3.29, 3.30, 3.31 e 3.32), fornece:

- os teores de Pb, Cu e Zn estão dentro da normalidade para todos os pontos amostrados;
- os metais Ni e Cd encontram-se dentro dos limites habituais nos pontos 1 e 2, ou seja, para pequena e média incidência da pluma da chaminé da UTPM. Com o incremento do impacto da emissão, ponto 3, observa-se que, em determinados órgãos, as concentrações de Cd e Ni ultrapassam os valores habituais. Através da absorção radicular (ponto 4), todos os limites são ultrapassados, sendo em média 55% mais elevados que os valores habituais;
- a concentração de Hg nas raízes das amostras ultrapassa os valores normais em 10% para o ponto 1, 25% e 21% para os pontos 2 e 3 e 150% para o ponto 4. Caule e folhas têm concentração dentro do habitual nos pontos 1 e 2, sendo que nas folhas dos pontos 3 e 4 estes valores são ultrapassados;
- As e Cr, já no primeiro ponto (que representa o branco da região), apresentam valores mais elevados do que os habituais em raiz, caule e folhas. As concentrações de As e Cr também aumentam com o grau de impacto.

Apresentamos a seguir em ordem decrescente os metais de maior acúmulo no tecido vegetal de vassoura-branca em relação ao normal: As, Cr, Hg, Ni, Cd, Zn, Cu e Pb.

- Chirca

Pelo estudo do Quadro 3.31 e das Figuras 3.20, 3.21, 3.22 e 3.23, e realizando para chirca o mesmo estudo realizado para a vassoura-branca, temos:

- os teores de Pb, Cu e Zn estão dentro da normalidade para todos os pontos amostrados;
- os metais Ni e Cd encontram-se na faixa da normalidade nos locais 1 e 2. Com o aumento do impacto via emissão, ponto 3, observa-se que, em determinados órgãos, as concentrações de Ni e Cd ultrapassam os valores habituais. Para o ponto 4, estas concentrações na raiz, caule e folha ultrapassam os valores habituais em 50%, em média;
- para Hg, verificamos também que as raízes são acumuladoras do metal, atingindo os valores limites já no primeiro ponto, com um incremento de 250% no ponto 4. Para o caule e folhas tem-se os valores dentro do habitual, com exceção do ponto 4;
- As e Cr também no primeiro ponto (o branco da região) apresentam valores bem mais elevados do que os habituais em todos os órgãos das plantas. Existe um significativo aumento da concentração destes metais com o aumento do impacto de metais.

Portanto, verifica-se também para a chirca a mesma ordem decrescente de acúmulo de metais no tecido vegetal, qual seja: As, Cr, Hg, Ni, Cd, Zn, Cu e Pb.



Solos

- Metais Extraíveis

Pelo estudo do Quadro 3.37 e comparação destes resultados com os obtidos quando da extração de uma amostra de solo orgânico usado na agricultura local (Figura 3.24), tem-se:

- para todos os metais analisados, o extrato do solo orgânico típico tem concentrações bem inferiores às das amostras dos pontos 1, 2, 3 e 4;
- dentre os 4 locais amostrados, o ponto 1 sempre apresenta concentrações mais baixas em relação aos outros locais para todos os metais;
- o ponto 4 apresenta para Zn, Ni, Cr, As e Hg maior poder de extração que os demais pontos.

- Metais Lixiviados

Pelo exame do Quadro 3.39 e a comparação destes resultados com os da lixiviação de uma amostra de solo típico usado para a agricultura na região (Figura 3.25), verifica-se que:

- Pb e Cd nos lixiviados de todos os pontos amostrados estão na mesma faixa de concentração que o solo típico da região;
- Zn e Cr nos lixiviados dos pontos 1, 2, 3 e solo típico têm a mesma concentração; o lixiviado do ponto 4, por sua vez, atinge valores de Zn e Cr em torno de 15 vezes superior aos dos demais pontos;
- As, Hg, Cu e Ni estão presentes nos lixiviados dos pontos 1, 2, 3 e 4 em concentrações muito superiores às no lixiviado do solo típico. Foi detectada no ponto 4 uma maior concentração destes metais em relação aos demais pontos.

Análise Estatística

Para avaliar estatisticamente os resultados das análises de metais nos diferentes órgãos dos indivíduos, coletados em locais de variado nível de impacto contaminante, aplicou-se o teste não-paramétrico de Concordância de Kendall (Siegel, 1975).

Este coeficiente (W) exprime o grau de associação entre Ks variáveis, sendo um índice que ressalta a divergência entre a concordância efetiva acusada pelos dados obtidos e a concordância máxima possível (perfeita). Um valor elevado ou significativo de W expressa que as N amostras obedeceram a um mesmo padrão de comportamento quando ordenadas em pontos.

No caso em estudo, aplicou-se esse teste aos dados de concentrações de Cd, Cu, Pb, Ni, Cr, As, Zn e Hg (K = 8) nas amostras de vegetação e solo, onde N = 4 (Locais-Tipo 1, 2, 3, e 4).



Os resultados encontram-se no Quadro 3.42.

QUADRO 3.42 - Coeficientes de Concordância de Kendall (W) e teste de significância (S) para as dosagens de metais

AMOSTRA		W	S CALCULADO	TESTE DE SIGNIFICÂNCIA
Vassoura-branca:	folha	0,53	168	Significativo
	caule	0,31	98	Não-significativo
	raiz	0,64	206	Significativo
Chirca:	folha	0,64	204	Significativo
	caule	0,06	18	Não-significativo
	raiz	0,31	98	Não-significativo
Solos:	lixiviação	0,69	222	Significativo
	extração	0,40	126	Significativo

N = 4 K = 8
S tabelado = 101,7 com $\alpha = 0,05$

Obtiveram-se valores elevados e significativos do coeficiente de Concordância de Kendall (W) quando se testou o grau de associação entre os oito metais analisados em:

- folhas e raízes da espécie vassoura-branca;
- folhas da espécie chirca;
- lixiviados e extrações ácidas dos solos coletados.

Este resultado estatístico viabiliza o uso destes elementos como bioindicadores dos metais pesados analisados, pois existe concordância entre os metais de amostras de diferentes locais. Isto significa que, se a amostra de determinado ponto apresenta concentrações baixas de Cádmio, também as concentrações de Pb, Cu, Ni, Cr, As, Zn e Hg são baixas, demonstrando concordância entre os dados obtidos.

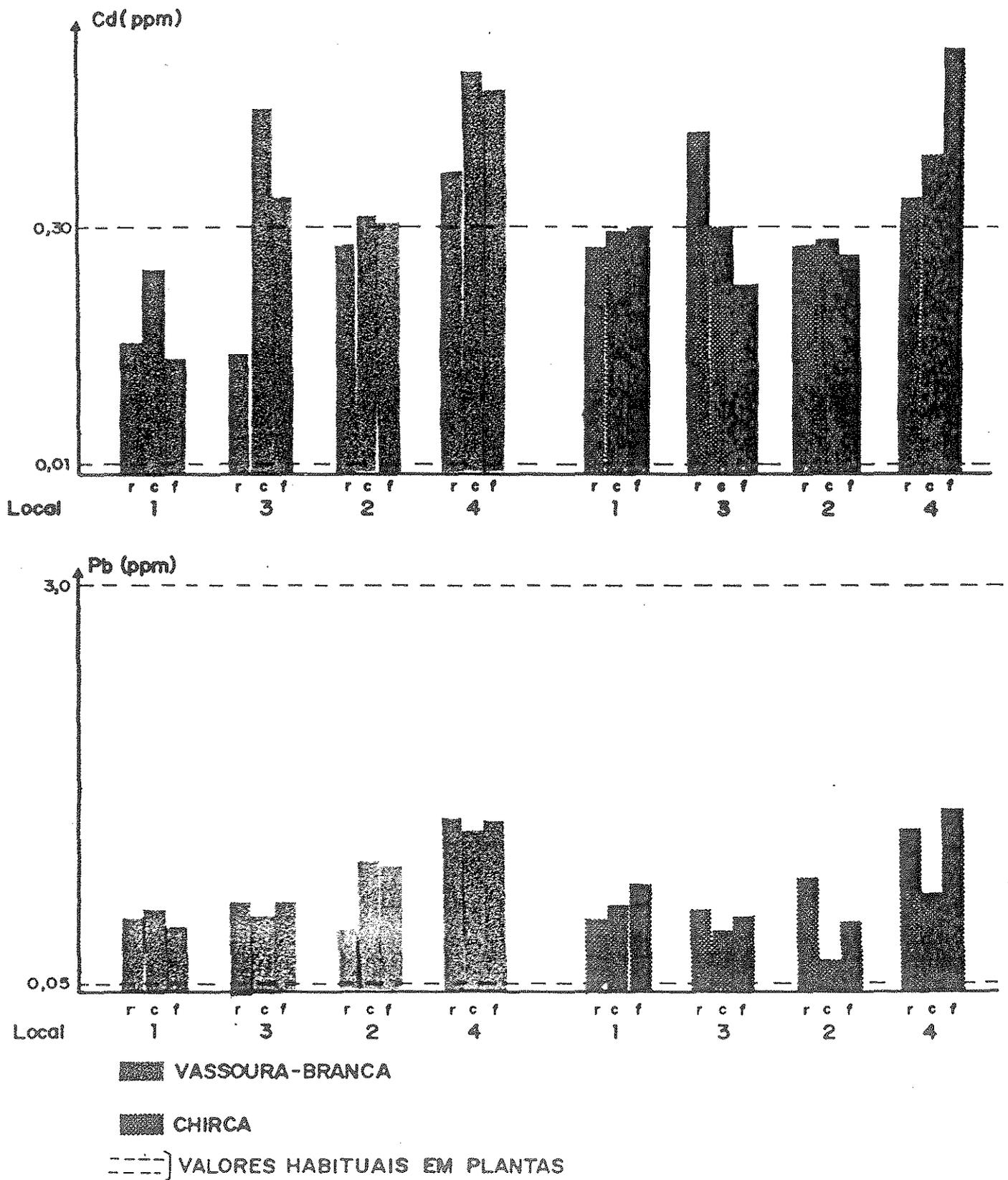


FIG. 3.20 - TEOR DE CÁDMIO E CHUMBO EM BIOINDICADORES DE ÁREAS IMPACTADAS E NÃO-IMPACTADAS

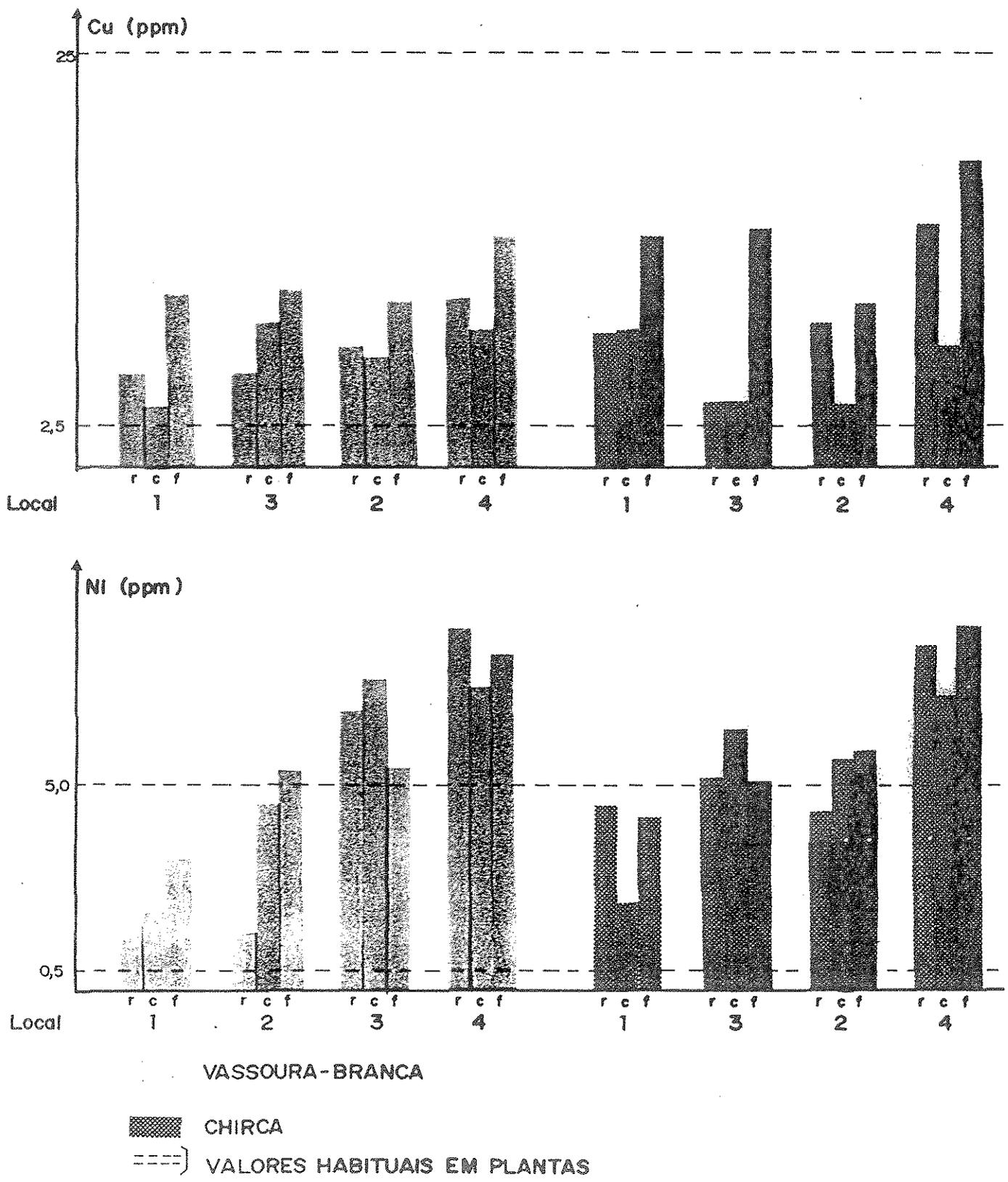


FIG. 3. 21 - TEOR DE COBRE E NÍQUEL EM BIOINDICADORES DE ÁREAS IMPACTADAS E NÃO-IMPACTADAS

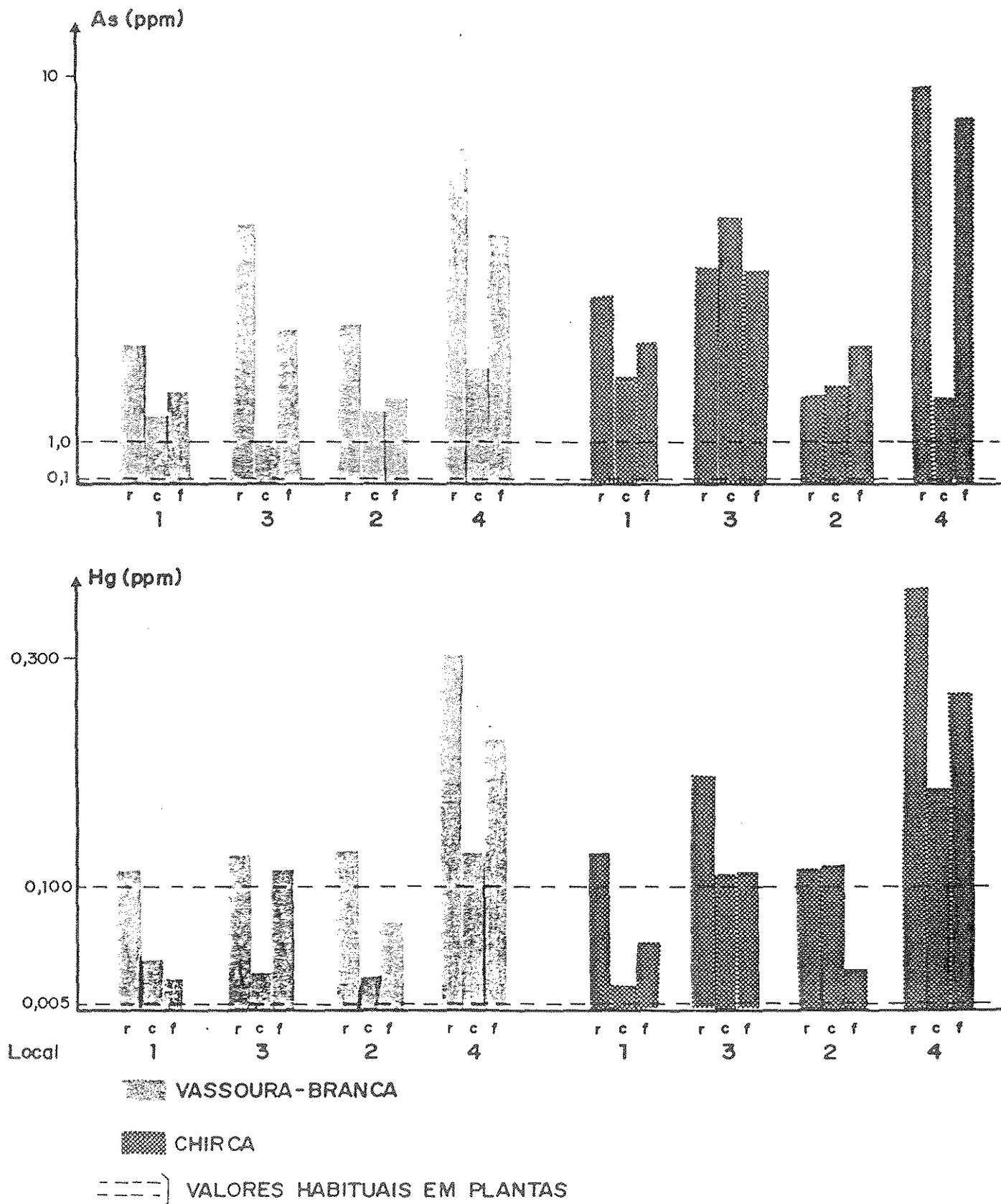


FIG. 3.23

- TEOR DE ARSÊNIO E MERCÚRIO EM BIOINDICADORES DE ÁREAS IMPACTADAS E NÃO-IMPACTADAS

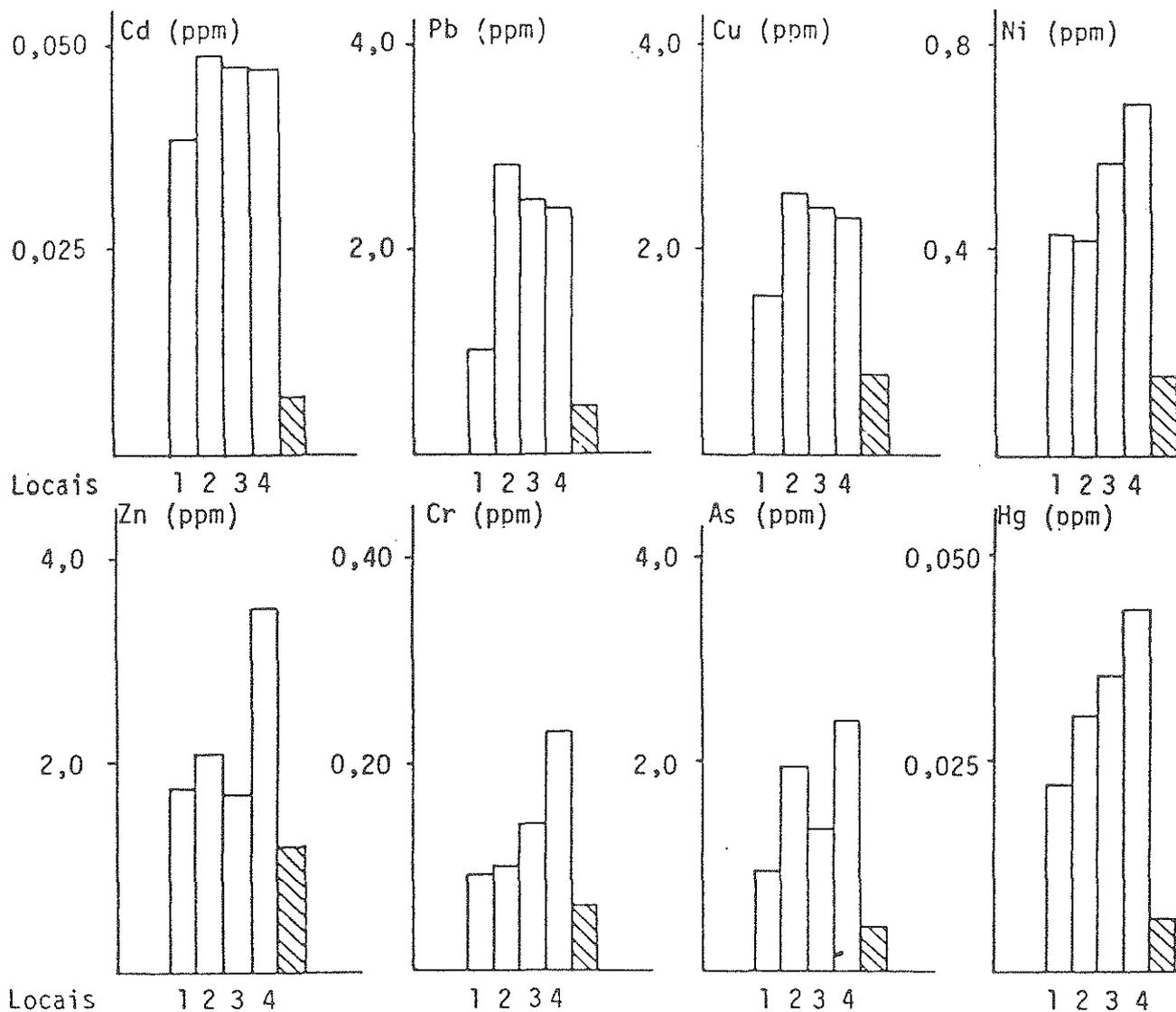


Fig. 3.24 - Teor de metais extraíveis em solos de áreas impactadas e áreas não-impactadas



Conclusões

A partir do estudo de lixiviação dos materiais e bioindicação vegetal, é possível chegar às seguintes conclusões:

- para os resíduos sólidos da UTPM, a ordem decrescente quanto à concentração de metais extraíveis é: cinzas leves fase B, cinzas pesadas fase B, cinzas leves fase A, cinzas pesadas fase A, cinzas recentes e cinzas antigas;
- a ordem decrescente dos resíduos sólidos da UTPM quanto à concentração de metais lixiviados é: cinzas leves fase B, cinzas leves fase A, cinzas recentes, cinzas pesadas fase B, cinzas pesadas fase A e cinzas antigas;
- a lixiviação de Hg, As, Zn, Ni, Pb, Cu, Cr e Cd pelos resíduos sólidos da UTPM está dentro dos limites das normas ambientais;
- as espécies da região que foram identificadas por testes de acumulação de metais e abundância na região como bioindicadores, são: *Eupatorium buniifolium* (chirca) e *Baccharis dracunculifolia* (vassoura-branca);
- nas espécies bioindicadoras encontram-se concentrações de Hg, As, Zn, Ni, Pb, Cu, Cr e Cd bem mais elevadas em plantas onde houve absorção via raiz, (ponto 4), em comparação com as plantas do ponto branco da região;
- nas espécies amostradas do ponto 3, há acumulação de Hg, As, Zn, Ni, Pb, Cu, Cr e Cd em alguns órgãos da planta. Existe, então, um incremento gradual na absorção de metais por via aérea em comparação com as plantas do branco da região;
- as concentrações de As e Cr, já no ponto-testemunho da região, estão acima dos valores habitualmente encontrados em tecido vegetal;
- os metais Pb, Cu e Zn estão dentro dos valores habituais para tecido vegetal em todos os 4 locais amostrados;
- existe um aumento gradual na concentração de metais extraíveis dos solos dos locais amostrados com o aumento do impacto da contaminação por metais;
- será necessário o monitoramento da vegetação por tempo mais prolongado para se poder avaliar e quantificar este gradual acúmulo de metais em plantas de locais até agora pouco impactados;
- as raízes e folhas de vassoura-branca e folhas de chirca mostraram-se indicadas para avaliar o grau de bioacumulação por Cd, Pb, Cu, Cr, As, Ni, Hg e Zn com índices significativos de concordância de Kendall de 0,64; 0,53 e 0,64 respectivamente.