UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E
VULNERABILIDADE DO SISTEMA
HIDROGEOLÓGICO CÁRSTICO DA REGIÃO DE
IRECÊ - BAHIA

Francisco Inácio Negrão

Orientadora: Prof^a Dr^a Mária Szikszay

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome
Presidente:	<u>Dr.^a M. Szikszay</u>
Examinadores:	<u>Dr. A.C. Rebouças</u>
	<u>Dr. A.M. Guerra</u>

ass.

Mária Szikszay
[Signature]
[Signature]

São Paulo

1987

A circular library stamp in blue ink. The text "INSTITUTO" is curved along the top-left inner edge, and "CIENCIAS" is curved along the top-right inner edge. In the center, the word "BIBLIOTECA" is printed. Below it, the number "13322.2" is handwritten. At the bottom, "U. S. P." is printed.

i

1

I	- INTRODUÇÃO	1
	1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	2
	2 - OBJETIVOS	2
	3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
	4 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	8
	4.1 - Infra Estrutura de Abastecimento e Saneamento	10
	5 - AGRADECIMENTOS	11
II	- CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
	1 - FISIOGRAFIA, CLIMA, SOLOS E VEGETAÇÃO	14
	1.1 - Fisiografia	14
	1.2 - Clima	14
	1.3 - Solos e Vegetação	15
	2 - QUADRO GEOLÓGICO	15

	ii
III - O SISTEMA HIDROGEOLÓGICO CÂRSTICO	19
1 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS	20
2 - PADRÃO EVOLUTIVO E TIPOS DE DOBRAMENTOS	20
2.1 - Tipos de Dobramentos	22
3 - AS FEIÇÕES CÂRSTICAS	23
4 - HIDROQUÍMICA DO PROCESSO DE CARSTIFICAÇÃO	25
4.1 - Água e Solo	28
4.2 - O CO ₂ da Atmosfera	29
4.3 - O CO ₂ do Solo	29
4.4 - A solubilização dos Calcários	30
4.4.1 - Os Ácidos Húmicos	30
4.5 - Litologia	32
5 - CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS DE CAMPO	33
IV - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	36
1 - SISTEMÁTICA DE OBTENÇÃO DOS DADOS	37
2 - ORIGEM DOS ELEMENTOS E COMPOSTOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	37
2.1 - A Água de Chuva	37
2.2 - Águas Subterrâneas	38
3 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	47
3.1 - Roteiro Metodológico	47
3.2 - Tipos Hidroquímicos e Zonas de Fluxo	50
3.3 - Circulação Cárstica, Pluviometria e Composição Química das Águas	61
4 - POLUIÇÃO	64
4.1 - Principais Fontes Potenciais de Poluição	

	iii
da Região	64
4.1.1 - Agricultura e Pecuária	64
4.1.2 - Fontes Pontuais de Poluição	66
4.2 - Índícios de Poluição por Nitratos	66
 V - IMPACTO AMBIENTAL E VULNERABILIDADE DO AQÜÍFERO CÁRS TICO	68
1 - INTRODUÇÃO	69
2 - PROGNÓSTICOS PARA O IMPACTO AMBIENTAL DO DESEN- VOLVIMENTO URBANO	69
2.1 - Tipos de Poluição Gerados por Desenvolvi- mento Urbano	70
2.2 - Despejos Domésticos	70
2.3 - Despejos Sólidos	71
2.4 - Escoamento Superficial	71
2.5 - Vazamentos Acidentais	71
3 - VULNERABILIDADE	71
3.1 - Metodologia do Impacto Ambiental	72
3.1.1 - Delimitação de Áreas Vulneráveis.	72
3.1.2 - Manejo das Águas Servidas	72
3.1.3 - Manejo dos Despejos Sólidos	73
3.1.4 - Controle de Vazamentos Acidentais	73
3.1.5 - Padrões Modernos de Conservação e Construção Urbana	73
3.1.6 - Uso Restrito de Fertilizantes e Pesticidas	73
3.1.7 - Instalação de Sistemas de Monito- ramento	74
3.2 - Mapa de Vulnerabilidade à Poluição	74

VI - CONCLUSÕES	iv 78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	I.	1 - Mapa de Localização da Área	3
Figura	II.	1 - Mapa Geológico do Grupo Bambuí na Área de Estudo	17
Figura	III.	1 - Estrutura Regional da Zona Norte da Área	21
Figura	III.	2 - Padrão Evolutivo das Estruturas Dobradas	21
Figura	III.	3 - Principais Tipos de Dobramentos	24
Figura	III.	4 - Campos de Lapiás e Fraturas de Dissolução	26
Figura	III.	5 - Dolinas Alongadas sobre Eixos de Dobramentos	26
Figura	III.	6 - Dolinas Circulares e Sumidouros	27
Figura	III.	7 - Vale Cego e Engrunamento	27
Figura	IV.	1 - O Ciclo do Nitrogênio no solo e na Cama da não Saturada	46
Figura	IV.	2 - Zonas de Fluxo	49
Figura	IV.	3 - Diagrama Piper - Conjunto de Amostras..	51
Figura	IV.	4 - Diagrama Piper - Amostras da Zona 1 ...	52
Figura	IV.	5 - Diagrama Piper - Amostras da Zona 2 ...	54
Figura	IV.	6 - Diagrama Piper - Amostras da Zona 3 ...	55
Figura	IV.	7 - Diagrama Piper - Amostras da Zona 4 ...	56
Figura	IV.	8 - Diagrama Piper - Amostras da Zona 5 ...	58
Figura	IV.	9 - Diagrama Piper - Amostras da Zona 6 ...	59

		vi
Figura	IV. 10 - Diagrama Piper - Amostras da Zona 7 ...	60
Figura	IV. 11 - Perfil Esquemático da Circulação Local e Regional no Sistema Cárstico da Região de Irecê	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela	I. 1 - População dos Municípios da Região	9
Tabela	I. 2 - Sedes de Municípios Abastecidos	10
Tabela	IV. 1 - Dados da Composição Química de Água de Chuva da Região de Irecê e da Água Subterrânea dos Quartzitos	38
Tabela	IV. 2 - Dosagem de Aplicação de Nitrogênio em Fertilizantes Recomendada pelo Ministério da Agricultura	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê - Bahia até 1982	87
Anexo	II - Mapa de Distribuição da Composição Química das Águas Subterrâneas do Carste Bambuí e Quartzitos Chapada Diamantina	
Anexo	III - Mapa de Vulnerabilidade à Poluição	

A
Maria Célia,
Iansã e Inara,
minha mulher
e filhas.

Bernadete,
minha mãe
e José,
meu pai.

R E S U M O

No presente trabalho são utilizados os dados de 160 análises químicas de águas de poços, mapa geológico e superfície potenciométrica do sistema hidrogeológico cárstico da Região de Iracê, para investigar os mecanismos de evolução da composição química da água subterrânea e delimitar as áreas de maior ou menor grau de vulnerabilidade do aquífero aos poluentes e contaminantes introduzidos no sistema pela atividade humana. Os resultados obtidos mostraram que essas águas são originárias da infiltração, tanto da precipitação direta sobre os terrenos calcários Bambuí, quanto indireta através dos quartzitos Chapada Diamantina. A evolução hidroquímica no carste mostrou-se caracterizada pela circulação muito rápida, trajetos curtos entre as zonas de recarga e descarga, consequente da distribuição local de fluxos. Tais fatos são reforçados pela evolução hidroquímica incompleta da água subterrânea em seu percurso, pois apenas dois tipos predominantes de água, as Bicarbonatadas cálcicas e as cloro-sulfatadas cálcicas se alternam nas várias zonas de fluxos locais, restritas ao sistema cárstico da área. Por outro lado as águas da zona de contato entre os calcários e os quartzitos têm caráter misto promovido pelo aporte de águas quartzíticas doces. O mapa de vulnerabilidade do aquífero mostra os limites das zonas a serem prioritariamente protegidas e/ou monitoradas na área de estudo, além dos indícios de poluição do sistema por nitratos.

A B S T R A C T

This paper presents the results of a study on groundwater chemistry. For this reason samples from 160 wells, geological maps, potentialmetric surface maps of the karstic hydrogeologic system of Irece Region were used. The aims of the investigation were to study the evolution of the chemical composition of the groundwater and to establish the aquifer vulnerability caused by the environmental impact of the human activity. This research has confirmed that the origins of this ground-water are from direct infiltration of rainfall over the Bambui limestone and indirectly from the Chapada Diamantina quartzites. The hydrogeochemical evolution of karstic terrains was marked by rapid circulation flows and short pathways between its recharge and discharge zones due to local waterflow distribution. These observations are confirmed by the observed hydrochemical evolution of ground-water in flowpath, where two ground-water types have been identified so far in the studied area: the calcium bicarbonate and calcium-chlorine-sulfate types. On the other hand, ground-waters from the contact zone between limestones and quartzites have their hybrid character promoted by mixing with quartzitic fresh waters. The vulnerability map of the aquifer shows the limits of the zones to be monitored and protected against the effects of the advanced agricultural and urban development of the Region.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O presente trabalho está praticamente limitado à zona de afloramentos do Carste Bambuí na Região de Irecê. Recobre uma área de cerca de 15.000 km² no centro do Estado da Bahia e está limitada pelas coordenadas, 11°00' - 12°30' de latitude sul e 41°20' - 42°20' de longitude oeste.

As principais rodovias que cortam a região são: BA-052 (Estrada do Feijão) que liga Feira de Santana a Xique-Xique, passando por Morro do Chapéu e Irecê, e a BR-242, Salvador - Brasília que corta a parte centro sul da Chapada passando por Itaberaba, Lençóis e Seabra, veja Fig. I-1 (Mapa de Localização da Área).

2 - OBJETIVOS

O presente estudo é conduzido com a finalidade de examinar a composição química da água subterrânea e o impacto da atividade humana na Chapada de Irecê.

A região é o principal polo produtor de feijão, tanto para o Estado da Bahia quanto para outros Estados do Norte e Nordeste. Tal fato, deve-se à grande fertilidade dos solos desenvolvidos a partir dos terrenos calcários que afloram desde as proximidades da cidade de Seabra, no extremo sul da área de estudo, até a calha do rio São Francisco ao norte. Por outro lado, apesar da grande fertilidade do solo, as precipitações na área são muito irregulares e inferiores a 750mm/ano, geralmente concentradas nos períodos de novembro a abril.

Assim sendo a irregularidade das chuvas é o fator climático preponderante na Região, causando enormes prejuízos à sua atividade agrícola. E, tal fato tem norteado a maioria dos estudos hidrogeológicos e hidroquímicos.

A estrutura geológica da área pode ser considerada regionalmente como um grande conjunto de rochas carbonáticas dobradas em diferentes graus de intensidade. Tal conjunto encontra-se encaixado em um amplo sinclínório, cujos flancos estão representados pelos metassedimentos do Grupo Chapada Diamantina.

LEGENDA

QUATERNÁRIO-TERCIÁRIO

TQd Depósitos detríticos

PROTEROZÓICO SUPERIOR Grupo Bambuí

Bs Conjunto Carbonático
Pelítico não dividido

Bbe Formação Bebedouro

PROTEROZÓICO MÉDIO Grupo Chapada Diamantina

Em Formação Morro do Chapéu

Ecb Formação Coboclo

Et Formação Tombador

Localização da Área

Fonte: Modificado do Mapa Geológico do Estado da Bahia
SME/CPM - 1978

Figura 1.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Nesse contexto geológico procura-se analisar a evolução da composição química da água subterrânea, no sistema de fluxo, admitindo-se a sua entrada a partir tanto da superfície quanto em sub superfície nos seus limites leste, oeste e sul, representados pelo conjunto meta-sedimentar do grupo Chapada Diamantina, até suas possíveis saídas em fontes naturais de descarga. Além desta visão generalizada procura-se determinar: 1 - as fácies hidroquímicas da água subterrânea; 2 - as zonas de recarga e descarga do sistema aquífero; 3 - as prováveis fontes de poluição pontuais ou dispersas no aquífero a partir do conteúdo em nitratos existente na água subterrânea e mapa de vulnerabilidade do aquífero cárstico como contribuição para a preservação do manancial imprescindível à sobrevivência das comunidades existentes na região.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A primeira descrição dos metassedimentos da região da Chapada Diamantina deve-se a Derby (1905) que estudando as ocorrências de diamante, denominou-os de Série Lavras. Em 1906 o mesmo autor subdivide a sequência em Grupos: Lavras e Paraguaçu e faz referências aos calcários dos rios Una e Utinga. Em 1910, Branner estudando seções geológicas na porção norte da Chapada, denominou uma sequência de folhelhos vermelhos de Formação Caboclo e arenitos soto postos de Tombador, sendo estes correlacionáveis a série Lavras de Derby. Trabalhos posteriores como os de Kegel (1959) e vários outros, foram se acumulando, quase sempre descrevendo seções geológicas isoladas do contexto global da bacia, devido à inexistência dos atuais mapeamentos geológicos regionais.

Dos trabalhos mais recentes, onde os autores procuram unificar as diversas colunas geológicas propostas para a região por mais de meio século de estudos, destacam-se os de Brito Neves (1967) Geologia das Folhas de Upamirim e Morro do Chapéu; Mascarenhas (1969) Contribuição à Estratigrafia da Chapada Diamantina na região de Irecê e Seabra; Schobbenhaus e Kaul (1971) Contribuição à Estratigrafia da Chapada Diamantina Bahia-Central; Pedreira A. J. (1975) Projeto Bahia; Inda e Barbosa (1978) Mapa Geológico do Estado da Bahia; Misi (1979); O Grupo Bambuí no Estado da Bahia.

É interessante observar que, em contraste com a grande quantidade de estudos geológicos sobre a Chapada Diamantina e o Grupo Bambuí; os trabalhos sobre a Hidrogeologia dos calcários são recentes, iniciados na década de 60 e em número muito menor.

Em vista deste fato, acredita-se oportuno incluir aqui um breve resumo das conclusões apresentadas por alguns, senão a maioria desses trabalhos na região.

Brito Neves (1965), em "Notas Preliminares da Geologia e Hidrogeologia da Série Bambuí na Região Central da Bahia" faz considerações pertinentes à hidrogeoquímica das águas subterrâneas destacando que:

Em 29 amostras de água de poços analisados, o resíduo seco predomina entre 500 mg/l e 1.000 mg/l; elementos traços como Pb e As estão ausentes. Quanto à detecção de nitrogênio na água informa que, "a suspeição levantada pela presença de nitritos é refutada nos itens posteriores, tendo ainda a acrescentar, que as quantidades assinaladas estão muito aquém dos teores recomendados (10 mg/l)". Referindo-se às análises bacteriológicas efetuadas em água de poços o autor conclui: "de uma maneira geral, aerobaecter aerógenes (habitat solo) está presente em todos os poços. Notamos, em apenas quatro poços a presença Escherichia feundie (habitat solo), que são Campo Alegre, Presidente Dutra, Norte e Queimadas do Rufino. O NMP de bactérias é muito variável, de dezenas a milhares, não podendo ser definido por números médios. Não houve nenhuma ocorrência de Escherichia Coli (habitat fezes), ou outra patogênica similar".

Brito Neves (1967), em "Água Subterrânea na Região Central da Bahia - Condicionamento e Demanda" conceitua o aquífero Bambuí da seguinte forma: "A série calcária apresenta primeiramente um sistema de juntas, e um sem número de fendilhamentos que se acentuam nos dobramentos secundários da estruturação "Bambuí", bem como pelos fenômenos cársticos ... Trata-se naturalmente de um aquífero não isotrópico, com transmissibilidade variando de ponto a ponto ao sabor da intensidade do fendilhamento. Podemos conceituá-lo como aquífero livre tais suas relações com as águas superficiais. Quanto à alimentação, circulação e descarga do aquífero assinala que: "Os rios que conhecemos só se comportam como influentes no período das chuvas, passadas as quais, funcionam como afluentes sendo

o lugar geométrico da descarga da linha de fluxo, e de grande evapotranspiração". Suas contribuições ao aquífero são temporárias e posteriormente retomadas. E, enfatiza em suas conclusões que "a presença de barreiras, a descontinuidade lateral e vertical da transmissibilidade torna certas áreas em aquíferos isolados para reações instantâneas. Uma maior densidade distributiva dos poços minimizará os rebaixamentos e será a maneira mais racional e equitativa de exploração desse aquífero.

Lins Marinho (1977) em seu trabalho de "Reconhecimento Geofísico da Região de Irecê-Bahia, conclui, dentre outras que" a espessura do Grupo Bambuí é muito variável, acompanhando as calhas existentes sobre o Grupo Chapada Diamantina, atingindo em alguns trechos cerca de 2,5 km. A bacia é mais espessa do lado oeste da área com cerca de 5 - 7 km de profundidade. O autor sugere que sondagens elétricas verticais com espaçamento máximo de $\frac{AB}{2} = 20$ km e a atualização da interpretação gravimétrica poderão esclarecer com mais detalhe a geologia de sub-superfície da bacia.

No estágio atual, é desaconselhável a exploração hidrogeológica do Grupo Chapada Diamantina, devido a que o topo desse Grupo se encontra a grandes profundidades. Desta maneira é aconselhável que a exploração hidrogeológica seja concentrada no Grupo Bambuí.

Gomes (1978) em seu estudo sobre a "Aplicação de isótopos do Urânio como traçadores de água subterrânea do Bambuí-Bahia", conclui dentre outras observações que a tendência geral do fluxo da água subterrânea na região de Irecê é para norte, bem como definiu para a região dois sistemas hidrogeológicos: o das "águas da região calcária" e o das "águas dos flancos", proveniente dos quartzitos.

Cabral (1978) em seu trabalho sobre "o uso dos isótopos do Carbono no estudo das águas subterrâneas do calcário Bambuí Região Central da Bahia", conclui que o sistema hidrogeológico cárstico da região de Irecê, "é constituído de águas, cujas idades carbono-14 variam de moderna a 13.000 anos". Indica as zonas de maiores recarga e descargas do aquífero coincidentes ao sul com o anticlinal de Iraquara e ao Norte (pouco além do rio Jacaré) com a zona de borda do platô de Irecê. Outra zona (denominada pelo autor de zona I) existente ao norte de Irecê e a leste da cidade de Jussara

"parece não existir fluxos subterrâneos", podendo o fato ser verificado pela existência de uma amostra localizada bem próxima daque a área possuir idade da ordem de 13.000 anos.

Siqueira (1978) no seu trabalho sobre "O Uso dos Dados I sotópicos e Químicos como Indicadores da Origem das Águas e Sais Dissolvidos no aquífero Calcário Bambuí, Irecê-Bahia"; conclui que As águas de recarga são originárias de precipitações provenientes da direção NE-SW; a recarga ocorre, em geral, de forma rápida através de sistemas de fraturas, não havendo possibilidade de evaporação significativa, a não ser em casos isolados; não existe homogeneidade química ou isotópica no sistema aquífero o que é evidenciado pela tendência ao agrupamento que apresentam essas águas; dos grupos observados, um deles tem claramente a composição química controlada por aluviões, enquanto que as amostras do outro grupo evidenciam o intemperismo do calcário.

Plata, B. A. & Silva, B. A. (1980) em trabalho utilizando técnicas isotópicas no estudo do aquífero cárstico da região de Irecê-Iraquara conclui que: em 48 poços, estudados na região, encontrou-se uma profundidade média de 66m, estimando-se uma porosidade relativa aos trechos fendilhados de 3,2%. As perfilagens isotópicas dos poços também mostraram que "se trata de um aquífero muito pouco carstificado, encontrando-se a maior parte do sistema de fendas entre 5 a 35m de profundidade. E, "as medições das concentrações de trítio no aquífero permitiram a determinação do tempo de renovação da água, concluindo que as águas da zona sul da área são mais jovens do que as da zona norte.

Tavares (1983), faz estudos isotópicos e hidroquímicos em águas na Bacia do Rio Verde (região ao norte de Irecê, em direção à calha do rio São Francisco) onde conclui que, dados de piezômetros, construídos e observados sistematicamente no período de julho de 1972 a outubro de 1980, mostraram que os níveis d'água subterrânea, situam-se em cotas inferiores aos elementos de drenagem, em particular ao reservatório de Sobradinho. Datações através de carbono 14 revelaram idades compreendidas entre recente e 7.440 anos. Hipóteses sobre a natureza do fluxo e idades C-14 permitiram estimar uma velocidade mínima para a circulação da água subterrânea em torno de 3m/ano.

Guerra (1986), "Processos de Carstificação e Hidrogeologia do Grupo Bambuí na Região de Irecê-Bahia", faz em resumo, uma visualização do "comportamento de cada um dos três fatores fundamentais do processo de carstificação: água, composição química da rocha e elementos estruturais. A água é representada pelas precipitações pluviométricas, tem sua distribuição espacial variando em volume de norte para sul e borda leste. Com maiores precipitações ao sul e na borda leste, aparecendo toda porção central e norte com precipitações iguais ou inferiores a 600mm/ano. A rocha não apresenta grandes variações regionais na sua composição química, seu efeito se faz sentir de maneira localizada. No quadro estrutural, destaca-se como característica a maior intensidade da rede fissural na porção central e sul da área, tornando-se bem mais rarefeita de Irecê para norte.

Como resultado da integração desses elementos, temos na área, um carste pouco desenvolvido em toda porção norte, em fase evolutiva juvenil, e evoluindo gradativamente em direção ao sul. Na região de Iraquara, extremo sul da área, ocorre um carste já em fase madura. O mesmo acontecendo na borda oriental, por efeito, principalmente, de maiores precipitações do que da contribuição subterrânea dos quartzitos Chapada Diamantina.

Vale ressaltar também que são feitas avaliações detalhadas sobre as potencialidades do aquífero, volume da demanda, práticas de prospecção da água subterrânea, qualidade química, uso e preservação.

4 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

A área de estudo, se insere na denominada Micro-Região de Irecê (SEPLANTEC, 1974) recobrando total ou parcialmente os municípios de Irecê, América Dourada, Ibititá, Canarana, Barro Alto, Jusara, Central, Presidente Dutra, Ibipeba, Cafarnaum, Souto Soares e Iraquara.

A região tem como centro de influência sócio-econômica o município de Irecê, que apresenta atualmente uma população de cerca de 150.000 habitantes. Caracteriza-se como uma das principais re

giões produtoras de cereais do Nordeste e possui uma área cultivada de cerca de 280.000 ha, onde se destacam as culturas de feijão, milho, mamona, mandioca, fumo e algodão.

Por outro lado a carência e/ou a inconstância dos recursos hídricos em grande parte da sua extensão, aliados a uma estrutura fundiária marcada pela presença acentuada dos minifúndios constituem fatores obstaculizantes ao maior desenvolvimento das suas atividades agrícolas.

Segundo dados do Censo Demográfico, IBGE, 1980, o quadro populacional dos municípios dentro da área estudada é o seguinte: Tabela I.1.

TABELA I.1 - POPULAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO

MUNICÍPIO	P O P U L A Ç Ã O		
	URBANA	RURAL	TOTAL
Irecê	37.413	50.529	87.942
Canarana	4.614	21.132	25.746
Cafarnaum	5.941	14.084	20.025
Central	5.098	8.758	13.856
Ibititá	2.647	12.956	15.603
Presidente Dutra..	5.738	7.407	13.145
Souto Soares	1.255	11.021	12.276
Ibipeba	2.232	9.245	11.477
Iraquara	2.400	11.954	14.354
Barro Alto	1.661	5.328	6.989
América Dourada ..	819	11.846	12.665
Jussara	7.201	5.611	12.812
T o t a l	77.019	168.871	246.890

Fonte: IBGE - Censo Demográfico 1980

4.1 - Infra-Estrutura de Abastecimento e Saneamento

Dados recentes sobre o abastecimento de água nas sedes dos municípios e número de poços perfurados por sede, são fornecidos pela EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento) e CERB (Companhia de Engenharia Rural da Bahia) e apresentados no seguinte quadro.

TABELA 1.2 - SEDES DE MUNICÍPIOS ABASTECIDOS

MUNICÍPIOS	Nº DE LIGAÇÕES (SEDE)	Nº DE POÇOS NA (SEDE)
Irecê	3.389	8
Canarana	629	Captação/Rio
Cafarnaum	1.007	8
Central	-	2
Ibititá	451	3
Presidente Dutra..	577	13
Souto Soares	-	04
Ibipeba	442	03
Iraquara	370	2
Barro Alto	336	2
América Dourada ..	209	1
Jussara	581	6

Quanto ao esgotamento sanitário dos municípios observa-se que "não existe qualquer localidade com sistema de esgotos sanitários, nem se prevê a sua instalação, a curto ou mesmo a médio prazo". Por sua vez o serviço de coleta de lixo urbano é deficiente, "apenas Irecê dispõe de varredores de rua, fazendo-se a coleta diariamente. Em Canarana não há dia certo para a coleta, em Cafarnaum o lixo é coletado em carroças, 3 vezes por semana", (SEPLANTEC-1974)

Dados mais recentes sobre a cidade de Irecê, quanto ao esgotamento sanitário e drenagem assinalam que, "constatou-se, em vários pontos da cidade, águas servidas escorrendo a céu aberto, criando inúmeros pontos de empoçamento. Dentre as áreas mais críticas estão: o local denominado de Lagoa de Vivi, que apresenta diversos pontos de empoçamento, constituídos pelas águas das chuvas e pelas águas servidas; o bairro Lagoa do Tió, que apresenta um grande empoçamento; e a rua Severiano Moitinho". Quanto à limpeza urbana, "existe grande acúmulo de lixo nas áreas periféricas e ao longo das rodovias. O destino final do lixo ocorre em diversos locais, de forma tecnicamente incorreta, sendo um dos pontos de acúmulo a cabeceira da pista do aeroporto", (SEPLANTEC/INTERURB-1984).

5 - AGRADECIMENTOS

A execução deste trabalho só foi possível graças ao apoio recebido de diversos órgãos estatais, Empresas, Laboratórios de Análises e à inestimável ajuda e incentivo de colegas de profissão, amigos e amigas. Agradeço a todos com sincero reconhecimento e em especial:

- À Professora Dra. Mária Szikszay, pela orientação recebida no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, acompanhando, incentivando e dando o seu pleno apoio, sem o qual não seria possível a execução deste trabalho;

- À CERB - Companhia de Engenharia Rural da Bahia, nas pessoas dos seus Presidentes, Diretor Técnico, Geólogo Amaury Mauro de Oliveira, pelo total apoio recebido. Em especial aos colegas e mestre Dr. Ari Medeiros Guerra, que decisivamente contribuiu para a execução deste trabalho, Paulo Roberto Penalva dos Santos, Jairo Éverton Moreira Cunha, José de Castro Melo, Alda Moraes Durães, Ana géllica Lacerda Leite, Ivana Aparecida Lins Gesteira, Maria Margarida Drubi e Roberto Luz Meyer, pelo apoio recebido em todas as fases deste trabalho.

- Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e seus funcionários pela acolhida e apoio recebidos.

- Ao Professor Dr. Aldo da Cunha Rebouças do Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada do I. G. USP. pelo inestimável apoio e incentivo recebido.

- Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela bolsa de estudos oferecida.

CAPÍTULO II
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

1 - FISIOGRAFIA, CLIMA, SOLOS E VEGETAÇÃO

1.1 - Fisiografia

O relevo da região se caracteriza por duas feições platiformes. A unidade calcária, denominada Chapada de Irecê, com altitudes variando entre 600 e 800m. E a unidade quartzítica do Grupo Chapada Diamantina, topograficamente mais elevada com cerca de 1.100m em Morro do Chapéu.

O modelado da unidade calcária, objeto do estudo, caracteriza-se por um conjunto de planos rampeados contendo formas de dissolução expostas com ocorrência de carste em exumação ou coberto, quando mascarado por argilas, produtos de descalcificação, areias e solos (Brasil. 1983).

A zona de afloramento dos calcários, carste em exumação, se caracteriza pela grande variedade de feições cársticas como dolinas, úvalas e vales cegos. Na região norte da área próxima à cidade de Irecê, são comuns as estruturas de dobras secundárias, produzindo relevo localmente ondulado.

A drenagem da área é comandada pelo rio Jacaré ou Vereda do Romão Gramacho, que se apresenta encaixado descrevendo angulosidades, sugerindo um controle estrutural. O rio se origina no sudoeste da área a partir dos quartzitos da Chapada Diamantina, é alimentado por águas provenientes do lençol subterrâneo no calcário, aumentando de nível na época chuvosa. Ele atravessa o centro da área no sentido SO-NE até o reverso da Chapada, onde passa a explorar o contato litológico, dirigindo-se à calha do rio São Francisco.

1.2 - Clima

Os tipos climáticos predominantes na área segundo Kooppen in Andréa, R. (1962) são:

BSh - Ocorre em quase toda a extensão da área de estudo. Caracteriza-se por precipitações inferiores a 750mm/ano, período chuvoso de novembro a abril e temperatura média anual variando entre 25 e 26°C.

AW - Quente úmido. Ocorre em uma pequena porção ao sul da área. Caracteriza-se por precipitações superiores a 700mm/ano, com duas estações bem definidas: Seca de maio a outubro e chuvosa de novembro a abril.

1.3 - Solos e Vegetação

Os solos da área de estudo são particularmente férteis devido a sua origem calcária e segundo descobertas recentes estão também associados a extensas faixas mineralizadas com fosfatos de origem marinha. Segundo o Mapa Exploratório de Reconhecimento de Solos (EMBRAPA-1973), nas proximidades de Souto Soares e Iraquara os solos são do tipo Latossolo vermelho escuro, eutróficos em associação com cambissolo eutrófico, textura média a argilosa em relevo plano e suave ondulado sob vegetação de caatinga hipoxerófila. Na região de Cafarnaum e Jussara, topograficamente pouco mais elevada aparecem cambissolos eutrófico rasos e vérticos, associados a afloramentos de rocha em relevo plano e suave ondulado. Nas proximidades de Irecê, Presidente Dutra e América Dourada predominam os cambissolos eutróficos geralmente associados a relevo plano e suave ondulado.

A vegetação predominante na área é a caatinga rala ou caatinga hipoxerófila das regiões secas. Existe entretanto, associadas aos vales dos rios que bordejam as encostas leste e oeste da área bem como ao longo do rio Jacaré ao sul, o desenvolvimento de matas.

2 - QUADRO GEOLÓGICO

Os aspectos geológicos mais importantes para o estudo hidrogeológico dos carstes de Irecê são sem dúvida a composição mineralógica dos calcários em relação aos teores em argila e carbonato de cálcio e as direções predominantes de fraturamento das estruturas dobradas, sendo estas últimas de maior importância na zona norte da área.

Como se observou no capítulo anterior (Revisão Bibliográfica), a geologia da Chapada Diamantina e conseqüentemente do Grupo Bambuí, vem sendo estudada há quase um século, persistindo, ain

da, muitos problemas de ordem cronoestratigráfica, sedimentológica etc. Adota-se portanto neste trabalho a divisão estratigráfica proposta por Misi (1979), que em seu estudo sobre o Grupo Bambuí no Estado da Bahia, subdividiu os calcários Bambuí da Chapada de Irecê nas seguintes unidades litoestratigráficas, a partir da base para o topo, como mostra o mapa geológico apresentado na Figura II.1.

Formação Bebedouro

Encontra-se em nítida discordância erosiva com o substrato quartzítico da Chapada Diamantina. Sendo portanto a base do Grupo Bambuí. Na Chapada de Irecê, pode ser acompanhada ao longo de toda a sua borda, sendo mais expressiva ao longo da borda leste. A Formação Bebedouro é principalmente caracterizada pela presença de metassedimentos siltico-argilosos os quais se associam lentes relativamente contínuas de metagrauvaca conglomerática, com seixos de formas angulosas, tamanhos variáveis e de diversos tipos, esparsamente distribuídos na matriz silto argilosa.

Formação Salitre

Unidade C

Está bem representada na borda leste da área, a partir de Cafarnaum para Norte. Caracterizam esta unidade dolomitos e calcários dolomíticos vermelhos muito argilosos, com intercalações milimétricas e centimétricas de metargilito verde ou vermelho. A espessura da Unidade é variável, entre 0 a 60m.

Unidade B

Está bem representada na área, principalmente na região sul de Canarana. Caracteriza-se pela presença predominante de calcários cinza-claros, muito finos e bem laminados, laminações essas que refletem a existência de finíssimos leitões argilosos, bem destacados pela alteração superficial. Estima-se uma espessura de 100 a 200m para esta Unidade.

Unidade B1

FONTE: Extratido e modificado de MISI, A. (1979)

Figura II.1 – MAPA GEOLÓGICO DO GRUPO BAMBUÍ NA ÁREA DE ESTUDO

Ocorre de modo descontínuo porém amplamente representada na área de estudo. É constituída de doloarenitos e dololutitos sílicos, com níveis frequentemente individualizados de sílex. Estes assumem considerável expressão na borda oeste (próximo a Barra do Mendes).

Uma característica marcante e intrínseca desta Unidade é a presença de fluorita nos dolomitos, quer na forma disseminada ou em pequeníssimos núcleos com calcita, quer na forma de preenchimento de pequenas fraturas, geralmente com calcita. Nessas fraturas, é muito frequente, também a ocorrência de galena.

Unidade A

Esta Unidade tem sua área de ocorrência mais representativa na borda oeste da área, próximo da cidade de Ibipêba. Caracteriza-se pela predominância de metargilitos calcíferos, de coloração cinza-escura, quando não alterados, ou cinza-avermelhados, quando alterados. A presença de pirita associada a essa unidade é muito frequente. A espessura da Unidade pode alcançar cerca de 100m.

Unidade A1

Esta unidade aflora em mais de dois terços da área de estudo. Formada por calcilutitos maciços, pretos, e calcários oolíticos e pisolíticos, que se caracterizam também por apresentarem forte odor de SO_2 , quando percutidos com o martelo.

As "fácies" mais representativas dessa unidade podem ser caracterizadas como micritos, e apresentam, geralmente, intensa recristalização. A espessura desta unidade pode ser estimada em mais de 150m na maior parte da área.

CAPÍTULO III
O SISTEMA HIDROGEOLÓGICO CÁRSTICO

1 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

O sistema hidrogeológico cárstico da região de Irecê, está intimamente ligado à estrutura tectônica regional. Segundo Guerra, (1986), as formas cársticas da região estão fortemente adaptadas aos estilos dos dobramentos a que os calcários foram submetidos.

Regionalmente a sequência carbonática apresenta-se dobrada em dois estilos formando blocos tectonicamente distintos e separados pelo rio Jacaré que secciona a área ao meio na direção SO-NE. No bloco norte os dobramentos são intensos, com dobras de forte mergulho e eixos orientados na direção este-oeste em uma sequência de anticlinais e sinclinais. No bloco sul as camadas calcárias estão quase sempre horizontalizadas ou suavemente dobradas formando uma estrutura sinclinorial ampla que tem o seu eixo adaptado na direção N-S entre as cidades de Souto Soares e Canarana, onde encontra o seu limite, representado pelo rio Jacaré (vide mapa geológico, Figura II.1, anterior).

Corroborando tal situação Pedreira, (1985) em recente mapeamento geológico no Projeto Bacia de Irecê mostra que as principais feições estruturais do bloco norte, são três sinclínórios separados por anticlinórios e limitados a sul, ao longo de uma linha leste-oeste que passa aproximadamente por Lapão, por uma ampla estrutura deste último tipo, sobre a qual são bem definidos sinclinais que contêm as unidades Lapão, Irecê e a sub-unidade Sarandi. Todas estas estruturas tem o eixo B (regional) de direção leste-oeste, o qual pode ser traçado com precisão na mais setentrional de todas, denominada sinclínório de Jussara, pelo fato da cidade homônima estar situada no prolongamento ocidental do seu eixo, (Figura III.1).

2 - PADRÃO EVOLUTIVO E TIPOS DE DOBRAMENTOS

A discrepância entre a estrutura regional Norte-Sul da Chapada Diamantina e o dobramento leste-oeste da área de Irecê tem sido notada desde os primeiros trabalhos como os de, Branner 1910 e outros.

Figura III.1 — ESTRUTURA REGIONAL DA ZONA NORTE DA ÁREA

Figura III.2 — PADRÃO EVOLUTIVO DAS ESTRUTURAS DOBRADAS

Ainda segundo Pedreira (1985), os últimos dobramentos que afetaram as camadas de topo do Grupo Bambuí, que ocasionaram a inversão dos planos axiais das dobras podem ser explicados como produto de tectônica de deslizamento gravitacional. (Figura III.2).

Tal tectônica de deslizamento tem lugar a cerca de 5Km a oeste de Jussara (fora da área estudada) onde foi mapeada uma falha de alto ângulo (mergulhando 80° para norte) que se prolonga para leste e tem sua maior expressão no local denominado Morro da Fome, cuja litologia é semelhante as rochas do Grupo Chapada Diamantina. Tal falha, é uma falha inversa, cujo bloco baixo a sul está na área de estudo, serviu de anteparo ao deslizamento gravitacional.

Segundo De Sitter (1956, in Pedreira, 1975), este tipo de tectônica pode ser entendido como abrangendo todos os fenômenos nos quais a força da gravidade tenha sido a causa do movimento de partes superficiais da crosta relativamente grandes e coerentes. E, algumas das características das estruturas de deslizamento deste modelo podem ser comparadas com as da região de Irecê, como por exemplo: i) Existência de um nível lubrificante sobre o qual a massa desliza: na base do Bambuí está a Formação Bebedouro composta de conglomerado lítico, o qual apresenta grande plasticidade devido ao seu alto teor de argila; ii) Existência de uma superfície cujo ângulo de inclinação guarda uma proporção inversa com a massa deslizante: a falha do Morro da Fome servindo de anteparo ao deslizamento; iii) Presença de estruturas caóticas, discrepantes da estrutura geral, uma vez que partes da mesma massa podem deslizar independentemente: como a sudoeste da área onde existem dobramentos de direção Norte-Sul, possivelmente resultante da primeira deformação que atuou na região, formando eixos de dobramentos, b₁ (Figura III.2)

Desta forma pode-se concluir que os últimos dobramentos que afetaram a região de Irecê foram produzidos por uma combinação de compressão lateral pela falha do Morro da Fome e por deslizamento gravitacional, sendo a causa primeira a compressão e secundária o deslizamento. (Figura III.2 anterior).

2.1 - Tipos de Dobramentos

Os principais tipos de dobramentos que afetaram a área, ainda segundo Pedreira, (1985), são flexural paralelo. Onde os planos axiais são em geral verticais ou mergulham fortemente para norte ou para sul. Os flancos das dobras na maior parte da área têm a mesma espessura que as charneiras e localmente existe o desenvolvimento de clivagem de fratura, formando um leque.

Particularmente no sinclínório de Irecê, em determinados níveis onde existe alternância de calcilutitos e margas, as dobras já não são concêntricas, mostrando uma diminuição da espessura nos flancos e espessamento na charneira dos níveis de calcilutito, com deformação inversa nos níveis margosos. Nesta mesma estrutura também pode ser comprovada a diminuição do tamanho das dobras à medida que aumenta a profundidade do dobramento, por falta de espaço no núcleo da estrutura.

A situação esquemática da Figura III.3 (A e B) mostram dois níveis da mesma estrutura localizada na zona norte da região de Irecê. Na primeira, que está na cota 750m, ocorrem calcilutitos e margas interestratificadas; na segunda estas rochas ocorrem apenas nos flancos enquanto o núcleo da dobra é formado por calcilutitos e está na cota de 720 metros. As dobras dos tipos S, Z e M que ocorrem no nível mais alto são comprimidas no núcleo da estrutura, transformando-se em "chevron" no nível mais inferior.

A identificação destas estruturas no campo têm importância fundamental nos critérios de locação de poços. A experiência tem mostrado que poços locados nos eixos anticlinais de dobras, principalmente as do tipo M e "chevron" tem apresentado péssimos resultados. Entretanto quando os poços estão locados mais afastados dos núcleos das dobras, em situações S ou Z têm apresentado melhores resultados. Deve-se levar em conta também que a associação dos planos de estratificação dos dobramentos (afastados dos núcleos) com possíveis planos de fraturas ortogonais a estas fornecerá resultados mais positivos quanto à locação de poços nesta área.

3 - AS FEIÇÕES CÁRSTICAS

O sistema hidrogeológico da Região de Irecê como foi sa-

Fonte: Proj. Bacia de Irecê, Rel. I - 1985 - A.J. Pedreira / L. Bomfim

Figura III-3 — PRINCIPAIS TIPOS DE DOBRAMENTOS

lietado anteriormente está intimamente ligado às características estruturais do calcário. Tais características, praticamente controlam o modelamento das formas típicas da carstificação. Segundo Guerra (1986) a carstificação resulta da ação de um elemento ativo, a água, age sobre a rocha carbonática, solubilizando-a e transportando os produtos. A intensidade do processo, depende do volume, qualidade química da água, composição da rocha e dos fatores geológicos estruturais, além do clima.

No bloco norte da área as formas cársticas são tipicamente em sua grande maioria, juvenis, apresentando-se por vezes associadas às fraturas, ou a alinhamentos de eixos de dobras e planos de estratificação, que permitem a concomitância do processo de solubilização com os planos de fraqueza da rocha, Figuras III. 4 e III. 5. Apesar disto o carste nesta zona é menos desenvolvido porque a precipitação pluviométrica diminui desde 1.200mm anuais na borda sul (Região de Iraquara) até 600 ou mesmo abaixo de 600mm na zona norte (Região de Jussara e Central).

As feições do bloco sul se caracterizam por demonstrarem o padrão evolutivo do carste de norte para sul. Nestas zonas, onde o calcário se encontra menos intensamente dobrado do que ao norte, começam a predominar as dolinas arredondadas mais profundas, dolinas conjugadas, sumidouros, cavernas e vales cegos com estruturas de desabamento evidenciando a fase madura do carste, (Figuras III.6 e III.7).

Pode-se estabelecer a zona do vale do rio Jacaré que corta obliquamente o centro da área de Canarana para América Dourada, como limite entre o bloco norte intensamente dobrado e menos carstificado e o bloco sul, com dobramentos suaves e carste bem mais desenvolvido.

4 - HIDROQUÍMICA DO PROCESSO DE CARSTIFICAÇÃO

O aquífero cárstico é basicamente o resultado da ação solubilizadora da água sobre as rochas carbonatadas. A água provém basicamente da chuva, do escoamento superficial e do próprio fluxo subterrâneo. O elemento rocha é o substrato da ação da água e

Figura III.4 - Campos de lapiáz e fratura de dissolução
Escala de afloramento, início de carstificação.
(Zona norte da área).

Figura III.5 - Dolinas alongadas sobre eixos e flancos de dobramentos
Carstificação incipiente sobre eixo de anticlinal
(Zona norte da área).

Figura III.6 – Dolinas circulares e sumidouros
Carstificação intensa com formação de cavernas.
(Zona sul da área).

Figura III.7 – Vale cego, engorçamento.
Formação de estruturas de desabamento, grandes
cavernas, fase senil do carste: (Zona sul da
área)

tem características físicas e químicas próprias que vão determinar a maior ou menor intensidade do processo de carstificação no pacote rochoso como um todo.

4.1 - Água e Solo

A água no processo de carstificação está principalmente relacionada ao seu volume e qualidade química. Segundo Lladó (in Guerra - 1986) nas regiões calcárias sujeitas a precipitações superiores a 1.000mm/ano, os fenômenos cársticos são de elevada atividade ao passo que quando as precipitações são inferiores a 200mm/ano, a circulação hídrica é particularmente nula e os fenômenos cársticos, quando existentes são mortos ou desenvolvidos em outras épocas.

Desde que exista volume suficiente, a qualidade química da água assumirá o desenvolvimento do processo.

Segundo Krauskopf (1972) as relações entre o ácido carbônico e os minerais carbonatados, determinam as condições sobre as quais as rochas carbonáticas se dissolvem ou se formam, obedecendo a seguinte reação geral:

Segundo Shoeller (1969), as origens do gás carbônico das águas subterrâneas são múltiplas e algumas delas são muito mais importantes do que outras. Por outro lado a sua magnitude também pode variar durante o percurso da água desde a superfície até as zonas mais profundas da crosta. Ainda segundo Shoeller, as principais fontes de gás carbônico das águas subterrâneas a partir da atmosfera para os aquíferos, são as seguintes:

- Gás carbônico do ar atmosférico;
- CO₂ produzido por reações biológicas e oxidação química de matéria orgânica recente nos horizontes pedológicos;
- CO₂ originário dos carbonatos, dos calcários e dolomitos em particular, atacados por diversos ácidos, especialmente na parte su

perior do horizonte pedológico "C";

- CO₂ livre nas águas subterrâneas vadasas, produzido através de fenômenos físicos, químicos ou físico-químicos;
- CO₂ de origem metamórfica;
- CO₂ de origem magmática.

No caso da dissolução dos calcários na área de estudo, tem-se uma certa produção de CO₂ na atmosfera, que dá início ao processo. Porém as reações bioquímicas decorrentes da decomposição da matéria orgânica no solo e a formação de ácidos húmicos liberam CO₂ em muito maior quantidade do que a atmosfera.

4.2 - O CO₂ da Atmosfera

O gás carbônico dissolvido na água proveniente do ar atmosférico, não poderia existir ali, senão em proporção muito pequena, porque a pressão de CO₂ do ar não é maior do que 0,0003 a 0,0004 atm. Assim a água de chuva não contém mais do que pequenas quantidades de CO₂ dissolvido, entre 0,5 e 0,8 mg/l, dependendo da temperatura. (Shoeller - 1969). Consequentemente os valores de HCO₃⁻ serão muito baixos e da ordem de 0,14 a 0,22 mg/l.

4.3 - O CO₂ do Solo

O gás carbônico produzido pelas reações biológicas e químicas da matéria orgânica nos horizontes pedológicos é a principal fonte de CO₂ das águas subterrâneas. Nos solos agrícolas, a pressão do CO₂ é muito mais elevada do que no ar atmosférico, varia entre 0,001 e 0,1 atm., dependendo da natureza da cobertura vegetal. Nos climas europeus se observam os seguintes valores em diversos tipos de solos (Shoeller, 1962 in Shoeller, 1969).

Tipos de Solo	Valores extremos em atm.	Médios em atm.
Solos agrícolas não cultivados	0,017 - 0,0037	0,0026
Solos cultivados não queimados	0,0022 - 0,0086	0,0040
Solos cultivados	0,0010 - 0,0267	0,0103
Solos cultivados queimados	0,0018 - 0,0974	0,0269

Por outro lado a pressão do CO_2 da atmosfera no solo não é função apenas do seu teor em matéria orgânica, porosidade ou dimensão dos poros. É função também do clima e das estações do ano, isto é, da temperatura e da quantidade de água umidificante do solo. Desse modo, o teor em CO_2 no solo aumenta, desde que aumente a temperatura e a umidade.

4.4 - A Solubilização dos Calcários

Os ácidos orgânicos do solo e da água do solo, produzidos durante o crescimento das plantas e liberados após a morte das mesmas (ácidos húmicos) e os ácidos resultantes da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias como os ácidos butírico, fórmico, acético, lático etc., são os principais solventes dos carbonatos para as águas subterrâneas. A colocação dos carbonatos em solução através desses ácidos pode ser de 1 a 10 vezes maior do que pelo CO_2 (Shoeller - 1969).

4.4.1 - Os Ácidos Húmicos

O humo é uma mistura complexa e muito resistente de substâncias amorfas e coloidais de cor castanha ou castanho-escuro que foram modificadas dos tecidos originais das plantas ou sintetizadas pelos diversos organismos do solo. São constituídos de lignina (material ceroso ou resinoso que impregna as paredes das células vegetais à medida que envelhecem) e de compostos orgânicos conhecidos como polissacarídeos ou poliuronídeos. Tais compostos são muito resistentes a decomposição rápida por ocasião da morte dos organismos. E, por conseguinte podem corresponder ao grosso do material presente nos solos. O humo é um complexo coloidal muito semelhante à argila e conduz cargas negativas muito numerosas. Porém ao invés de constituídas principalmente de Si, O, Al e Fe, como no caso dos argilo-minerais, as micelas húmicas são compostas de C, H, O, N, S, P e outros elementos.

As cargas negativas resultam dos grupos - COOH e OH expostos, nos quais o hidrogênio pode ser substituído por troca iônica.

As micelas húmicas, como as partículas de argila, contém

um enxame de cátions adsorvidos (Ca^{+2} , H^+ , Mg^{+2} , Na^+ etc). Assim o humo coloidal pode ser representado por uma fórmula estrutural semelhante à da argila:

Há uma característica do humo que merece atenção especial que é a sua capacidade de saturar-se em ions H^+ . Tudo indica que o hidrogênio do humo, como no caso do hidrogênio da argila, atua como ácido normal e pode reagir na presença dos minerais do solo de forma a extrair suas bases (Buckman & Bready - 1968). Os ácidos húmicos são dotados de capacidade excepcional para levar a efeito tais transferências uma vez que os ácidos orgânicos são comparativamente fortes. Uma vez realizada a troca de ions, as bases assim atacadas são retiradas em condições de frouxa adsorção e ficam disponíveis com facilidade tanto para os vegetais superiores quanto para o seu carreamento para a zona vadosa.

A seguinte reação serve para esclarecer esta importante função dos humos, usando-se um calcosilicato como exemplo de minerais do solo deste modo influenciados:

Tal processo, demonstra a capacidade dos ácidos húmicos de participar ativamente no processo de dissolução das rochas.

De forma bastante análoga à reação anterior, na área de estudo, onde predominam terrenos calcários, os ácidos húmicos devem participar com grande intensidade na dissolução dos carbonatos através da seguinte reação:

Além disso, outros ácidos também podem se formar nos solos por oxidação de sulfetos: das piritas em particular. O ácido sulfúrico liberado ataca os carbonatos e libera CO_2 , realimentando o processo.

Por outro lado um semelhante ataque de carbonatos por esses diversos ácidos deve-se dar com maior intensidade em solos agrícolas ou nas vizinhanças destes, sobretudo no horizonte "C". Com efeito o fenômeno de oxidação é máximo no solo, ou na vizinhança da fonte de oxigênio ou seja o ar atmosférico. Na zona de aeração ou seja na zona de infiltração compreendida entre o solo e o nível d'água o oxigênio pode chegar por difusão e respiração do solo ou transportado pela água de infiltração alimentando a produção de CO_2 . Na zona de saturação, isto é, no aquífero, a dificuldade de chegada do oxigênio e as condições oxi-redutoras reduzem aí, ao máximo a produção de CO_2 .

4.5 - Litologia

Os calcários em geral, existentes na natureza não são puros. Possuem em maior ou menor teor principalmente o magnésio, a silica, feldspatos, argilas, óxido de ferro, fosfatos, sulfetos e matéria orgânica muitas vezes fósfil.

Na área de estudo, como se observou no item II.3 anterior, os sedimentos carbonáticos possuem composição extremamente variada onde são individualizadas cinco unidades lito-estratigráfi-cas de composição mineralógica diferentes. Entretanto uma destas unidades a unidade A_1 (Misi-1979), recobre cerca de 80% da área de estudo é constituída predominantemente de calcários oolíticos e psolíticos que apresentam forte odor de SO_2 com intercalações frequen-tes de metargilito calcífero. Por outro lado a Unidade B_1 , segunda em expressão na área (veja mapa geológico Figura II.1) possui composição mineralógica predominante de calcários e calcários dolomíticos com intercalações ora finíssimas ora bastante espessas de lei-tos argilosos. Observa-se ainda que o grau de dolomitização dessa unidade aumenta da base para o topo, pressupondo possibilidade de aumento da carstificação com a profundidade. Acrescenta-se que, pesudomorfos de gipsita preenchidos com quartzo microcristalino, além de cristais de pirita foram observados com frequência nessa Unida-de.

As outras unidades, apesar de apresentarem expressão are-al menor, possuem composição mineralógica muito mais diversificada

como por exemplo a unidade B₁ caracterizada pela presença de dolomitos e dololutitos silicosos descontínuos porém persistentes ao longo do mesmo nível estratigráfico. Uma característica marcante desta unidade é a presença de fluorita, associada a dolomitos, barita, galena, chumbo e zinco, constituindo-se em ocorrência, algumas vezes exploráveis, de alguns destes minerais. Recentemente, as ocorrências extensas de fosfato associado provavelmente a formações de corais, estão sendo estudadas.

5 - CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS DE CAMPO

A experiência de campo associada à observação dos diversos extratos faciológicos ocorrentes na área tem mostrado que o maior ou menor grau de pureza em carbonato de cálcio, não exerce influência regional na evolução do sistema hidrogeológico da área. O que se observa na prática é que a evolução cárstica progride de norte para sul, muito mais em função do aumento da pluviometria e do acunhamento do conjunto carbonático entre os quartzitos Chapada Diamantina.

Esse padrão evolutivo do sistema hidrogeológico cárstico da Chapada de Irecê é confirmado nas observações de campo como dependente de três elementos fundamentais: arcabouço estrutural, água e extensão areal da litologia.

O arcabouço estrutural, como foi demonstrado nos itens anteriores está dividido em dois blocos com estilos de dobramentos completamente distintos. O bloco norte intensamente dobrado em uma sequência de anticlinais e sinclinais com planos axiais no sentido leste-oeste e o bloco sul que se constitui praticamente em um amplo sinclinório de plano axial norte-sul. E, limitado pela calha do rio Jacaré que corta a área ao meio no sentido SO-NE. Tal fato, aliado à drástica diminuição do regime pluviométrico no sentido de sul para norte, impõe um sistema aquífero do tipo carste maturo para o bloco sul e sistema fissural-cárstico em fase juvenil para o bloco norte.

A composição mineralógica da litologia tem sua influência na evolução do sistema porém do ponto de vista local. Onde se

observa que o fácies mais carbonático das sequências tendem à solubilização mais acentuada do que os estratos mais argilosos.

Observações de campo mostram que existe uma forte adaptação da carstificação, dolinas (dolinas alongadas e vales cegos) no bloco sul, às estruturas longitudinais N-S, coincidentes com a direção do plano axial do amplo sinclínório, bem como ao "trend" regional do acamamento. Tal fato tem norteado a adoção dessas estruturas como guias para a locação de poços tubulares.

Entretanto no bloco norte da área devido à grande intensidade dos dobramentos aí ocorrentes, as rupturas, representadas pelas falhas e diaclases em geral, desempenham o papel mais importante dos fatores geológicos e hidrogeológicos para o desenvolvimento do carste e no seu comportamento hidrogeológico. Pode-se observar que, quanto maior a densidade de fissuras maior é a ação da água sobre a rocha. E, as grandes fissuras ou falhas, transformam-se preferencialmente, nos grandes canais de dissolução, por onde circulam as águas subterrâneas levando inclusive, a carstificação a maiores profundidades (Guerra e Mello, 1986). Além disso, em superfície, a rede fissural representa as próprias formas embrionárias de recarga, iniciando-se preferencialmente por elas os processos de carstificação. Por isso o bloco norte da área se comporta como um aquífero tipicamente fissural ou misto, fissural/cárstico.

A partir de observações de campo e de exemplos de poços perfurados na área de estudo se constataram os seguintes fatos:

- Poços locados em feições cársticas de origem ou associados a estruturas transversais, N-S na parte norte e E-W ao sul da área, possuem mais capacidade de produção.
- Há um aumento no volume de água produzida, por poços tubulares, à medida que suas locações estejam mais afastadas dos eixos dos anticlinais.
- Observa-se também que os poços perfurados nos eixos dos anticlinais, em que se obteve boas vazões, suas locações estão sempre relacionadas a estruturas transversais.
- Outro fator importante no posicionamento dos poços tubulares é a sua localização em relação à própria estrutura cárstica ou fissu

ral. A locação na borda e do lado do mergulho é a mais recomendável. Salvo em áreas de carstificação pouco desenvolvida, o mergulho da estrutura é refletido na morfologia da feição cárstica, isto é, a borda mais inclinada reflete sempre a direção do mergulho, quer seja ele gerado por fraturas ou acamamento.

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

1 - SISTEMÁTICA DE OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados das determinações químicas utilizadas foram gerados a partir do cadastramento de poços tubulares da região da Chapada de Irecê empreendido pela Companhia de Engenharia Rural da Bahia, em Convênio com a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco no ano de 1982. Foram cadastrados cerca de 700 poços tubulares na região. Os registros relativos à perfuração e análises químicas foram obtidos junto à SUDENE, DNOCS, e outras companhias perfuradoras, além da própria CERB que atua com grande intensidade na área.

Durante as campanhas de cadastramento, foram coletadas 124 amostras de água. Sendo 116 nos meses de março, abril e maio de 1982 e 8 em julho do mesmo ano. Tais amostras foram analisadas nos laboratórios do CEPED (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado da Bahia) onde foram determinados os parâmetros físicos e químicos necessários à caracterização hidroquímica dessas águas. Seis amostras de água de chuva também foram coletadas e analisadas no período compreendido entre dezembro de 1981 a fevereiro de 1982.

A partir desses dados foi elaborado um cadastro de análises químicas (Anexo I) onde constam cerca de 237 análises de água dos poços cadastrados, onde foram considerados todos os registros de análises existentes.

No presente estudo foram utilizadas apenas 160 análises triadas a partir das seguintes considerações:

- i. - As análises que não possuem todas as determinações de cátions e ânions maiores foram abandonadas.
- ii.- Admite-se um erro menor do que 10% para cada análise considerada a partir da fórmula:

$$\% e_p = \frac{\epsilon_{\text{anion}} - \epsilon_{\text{cation}}}{\epsilon_{\text{anion}} + \epsilon_{\text{cation}}} \cdot 100$$

2 - ORIGEM DOS ELEMENTOS E COMPOSTOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

2.1 - A Água da Chuva

A Tabela IV.1, seguinte, mostra o resultado de sete amostras de água de chuva analisadas no período compreendido entre novembro de 1981 a fevereiro de 1982. As amostras foram coletadas em pluviômetros localizados na cidade de Irecê e na localidade Segredo, situadas na região dos calcários.

A título de comparação, também são mostrados os resultados de uma amostra de água de poço, localizado na Cidade de Morro do Chapéu na região dos quartzitos da Chapada Diamantina.

TABELA IV.1 - DADOS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DE CHUVA DA REGIÃO DE IRECÊ E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DOS QUARTZITOS (mg/l)

LOCALIZAÇÃO	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	RT
Região dos Calcários								
Segredo I	3,4	0,3	0,9	1,18	< 1,5	< 5	13,2	64
Segredo II	1,1	0,11	0,2	0,38	< 1,5	< 5	5,1	54
Segredo III	3,7	0,3	1,0	1,3	< 1,5	< 5	16	66
Irecê IV	2,3	0,7	1,8	1,1	4,5	< 5	6	64
Irecê V	0,4	0,1	0,6	0,6	< 1,5	< 5	1,6	56
Irecê VI	1,4	0,4	6,4	3,8	8	< 5	5,5	138
Irecê VII	0,6	0,3	0,7	1,3	< 1,5	< 5	3,4	34
Região dos Quartzitos								
Morro do Chapéu								
Poço tubular	2,4	2,2	8	0,4	14	< 5	9,7	100

Observa-se na Tabela IV.1 que os valores de cálcio e bicarbonato das águas de chuva da região calcária são anormalmente altas em relação às próprias águas subterrâneas dos quartzitos adjacentes. Tal fato provavelmente deve-se ao enriquecimento da água de chuva em espécies carbonáticas antes mesmo de chegar ao solo, por conta da poeira carbonática levada ao ar pelos fortes ventos que ocorrem na região antes das chuvas.

2.2 - Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas da região de Irecê, apresentam ca-

características químicas condicionadas primeiramente pelo mecanismo de mineralização e secundariamente pela ação do clima.

A mineralização se processa pelo ataque das substâncias contidas nos calcários e outras rochas associadas, que a água atravessa onde certamente ocorrerá: hidratação, hidrólise, oxidação ou redução.

Segundo Szikszay (1981), depois dos fenômenos de ataque e dissolução durante o seu percurso a água sofre fenômenos modificadores, tais como reações químicas e ação de micro organismos, redução dos sulfatos, troca de bases, adsorção de potássio e amônio que são energicamente fixados por certos argilo minerais. O outro fenômeno modificador importante, principalmente na região estudada é a concentração que ocorre por dissolução de novas quantidades de sais e por evaporação, onde cabe ao clima o papel preponderante do processo.

Nas águas subterrâneas da área de estudo foram analisados (Anexo 1) os parâmetros físico-químicos tais como: pH, condutividade, resíduo total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, bicarbonato, carbonato, sulfato, cloreto, nitrito, nitrato, arsênico e fluoreto. Da análise de cada um desses parâmetros para o conjunto de amostras verifica-se que:

- pH

Do total de 221 análises observa-se que o pH situa-se entre 5,4 e 8,5 sendo que a grande maioria dos valores estão acima de 7 de notando o pH, geralmente elevado, das águas cálcicas.

- Condutividade Elétrica

Observa-se que a condutividade elétrica de cerca de 213 análises situa-se entre 60 a 20.000 $\mu\text{mho/cm}$. Valores abaixo de 600 $\mu\text{mho/cm}$ estão relacionados a algumas análises de água dos quartzitos, enquanto a grande maioria dos valores estão acima de 1.000 $\mu\text{mho/cm}$ e estão relacionadas às águas emergentes de rochas calcárias. Valores anormalmente altos estão relacionados tanto com a profundidade de alguns poços quanto com a dissolução de níveis mineralizados nos calcários.

- Cálcio

Evidentemente o cálcio é o componente mais importante nos calcários. Segundo Guerra (1986) o mapa de isolinhas de CaO da região construído a partir de 55 amostras de rocha, mostrou que os teores de óxido de cálcio variam de 35 a 50% entre os extremos sul e norte da área.

Nas águas subterrâneas os valores de cálcio variam entre 2 e 4.500 mg/l para 221 análises. E, cerca de 37% das amostras estão fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela OMS - Organização Mundial de Saúde.

- Resíduo Total

O resíduo total das águas dos terrenos cársticos são em geral e levados. Valores muitas vezes extremamente elevados são resultados da grande facilidade de solubilização dos calcários.

Do total de 221 amostras encontram-se valores entre 26 e 28.054 mg/l. Os valores inferiores a 500 mg/l estão relacionados às águas do quartzito e do contato deste com os calcários. Valores superiores a 500 mg/l são de águas do carste. Valores extremamente altos estão relacionados a poços profundos.

Cerca de 30% das amostras possuem valores acima do padrão de potabilidade.

- Magnésio

As principais fontes de magnésio das águas subterrâneas da área são os calcários dolomíticos, os níveis dolomíticos propriamente ditos, que não possuem grande expressão areal na região e as mineralizações de dolomita. Segundo Guerra (1986), o óxido de magnésio em amostras de rocha da área varia entre 0,23 e 19,53 por cento.

Do total de 221 análises computadas, o magnésio na água subterrânea varia entre 0,7 e 678 mg/l. Valores de Mg muito baixos geralmente inferiores a 20 mg/l estão relacionados às águas dos quartzitos. Quanto à potabilidade cerca de 10% das amostras encontram-se fora do padrão da OMS.

- Sódio

Em geral a principal fonte de sódio das águas subterrâneas são os feldspatos do tipo albita geralmente encontrados em pegmatitos e os feldspatoides tipo nefelina, provenientes de fonólitos, nefelina sienitos e nefelina basaltos.

A predominância de rochas carbonáticas na área de estudo não justifica a presença de altos teores desse elemento nas águas subterrâneas, apesar de existirem também sedimentos associados aos carbonatos onde o sódio pode estar presente como impureza no material de cimentação ou como cristais de sais de sódio depositados durante e após a sedimentação.

Do total de 221 amostras analisadas cerca de 10% destas possuem sódio acima de 400 mg/l (padrão OMS), com teores mínimos e máximos variando entre 4,1 e 1205 mg/l.

Concentrações muito elevadas de sódio nas águas do carste Bambuí da região estão muito provavelmente relacionadas a fenômenos de evaporação - concentração, ligados ao clima e a precipitação pluviométrica. Verifica-se por exemplo que as amostras de águas da região sul da área onde as precipitações são mais elevadas, a apresentam teores de sódio mais baixos do que a região norte (Irecê) onde os índices pluviométricos não ultrapassam 600 mm/ano.

- Potássio

Segundo Szikszay (1981), quase todas as águas naturais contêm mais sódio do que potássio. E, apesar de pertencerem ao mesmo grupo de metais alcalinos, seus comportamentos nos processos de solubilização são diferentes. O sódio persiste dissolvido nas águas subterrâneas e o potássio é facilmente re combinado com materiais de argila e sedimentos hidrolisados.

As principais fontes de potássio nas águas subterrâneas são os feldspatos potássicos como o ortoclásio a microclina etc. Estando presente também nos feldspatoides e em certos tipos de mica.

O potássio existente nas águas subterrâneas da região de Irecê, provavelmente estão sendo fornecidos pelos minerais argilosos existentes na grande quantidade de margas calcíferas da área.

As concentrações de potássio nessas águas variam entre 0,2 e 96 mg/l sendo que em 19 amostras (10% do total) estão acima do padrão de potabilidade (10 mg/l).

- Ferro Total

O ferro ocorre nas águas em dois estados de oxidação, cujos comportamentos são diferentes (Szikszay, 1981).

Em condições de redução o ferro tende ao estado ferroso, sendo que sais ferrosos são instáveis na presença de oxigênio do ar oxidam-se para o estado férrico precipitando-se. Entre o pH 6-8 a quantidade de ferro férrico em solução é teoricamente limitada pela solubilidade do hidróxido férrico, de cerca de 4×10^{-10} - 5×10^{-6} mg/l de ferro (Mason, 1952 in Szikszay 1981). Parece que o ferro no estado férrico nas águas alcalinas e fracamente ácidas não se encontra como Fe^{3+} dissolvido (Hem 1959 in Szikszay 1981), mas como Fe_2O_3 coloidal na maioria dos casos.

Nas águas subterrâneas dos calcários Bambuí da região de Irecê os teores de Fe encontram-se entre 0,15 - 24 mg/l. Dez amostras, cerca de 7% do total possuem ferro total acima de 1 mg/l, apresentando um valor extremo (24 mg/l) no poço da localidade Lambedor em Cafarnaum.

Tais valores muito altos de ferro nessas águas provavelmente devem-se à presença de Fe_2O_3 coloidal, que pode estar sendo determinado em laboratório como ferro total.

- Bicarbonato

A origem do bicarbonato nas águas subterrâneas do carste está relacionada ao próprio processo de carstificação como foi visto no capítulo III item 4, anterior. O gás carbônico proveniente um pouco da atmosfera e mais das reações biológicas e químicas ocorrentes no solo dissolvem-se na água formando o ácido carbônico que por sua vez vai atacar os carbonatos dissociando-os em cation Ca^{+} e anions HCO_3^{-} .

Do total de 221 amostras, analisadas os valores de bicarbonato na água subterrânea variam entre 9 - 878,7 mg/l, sendo que 154 amostras, cerca de 70% do total encontram-se acima da 250 mg/l (padrão OMS).

- Carbonato

Como foi observado no Capítulo III o carbonato das águas subterrâneas também estão associados principalmente à dissolução dos calcários.

Entretanto o carbonato nas águas só é detectável pelos métodos usuais de análise quando pH da água está entre 8,1 e 8,4 ou acima desta faixa.

Do total de 142 amostras analisadas, 10, cerca de 7% apresentaram teores de carbonato acima de zero. Sendo interessante observar que o pH dessas águas varia entre 8,1 e 8,5. Apresentando um valor máximo de 54 mg/l, bem abaixo do padrão OMS.

- Sulfato

A principal fonte de sulfato na água subterrânea na região de Irecê é sem dúvida a presença da Unidade A₁, constituída de calcilutitos maciços, pretos, e calcários oolíticos e pisolíticos que se caracterizam por apresentarem forte odor de SO₂, quando percutidos com o martelo (Misi 1979). Muitas vezes bolsões de pirita e calcopirita são encontrados disseminados nos calcários, bem como zonas de maiores concentrações de sulfetos são muitas vezes atravessadas por poços tubulares.

Do total de 221 amostras analisadas os teores de sulfato variam entre 3,5 - 1659 mg/l. Em 20 amostras cerca de 9% do total os teores se apresentam acima do padrão (400 mg/l).

Teores de sulfato muito elevados estão em geral, na área do carste, associados a águas de poços profundos e que atravessam zonas mineralizadas com sulfetos.

- Cloreto

A principal fonte de cloreto das águas subterrâneas da região parece ser as próprias precipitações pluviométricas. Na composição química das rochas existentes na área (calcários e dolomitos) não há grandes possibilidades da existência de minerais clorados (sodalita ou apatita).

As observações de campo entretanto, tem mostrado a existência de concentrações consideráveis de cloreto de sódio ao longo dos lei

tos secos dos riachos, principalmente na zona norte da área.

A origem de tais depósitos superficiais de sais, parece estar intimamente ligada aos contínuos e prolongados processos de precipitação - evaporação - concentração de sais, tanto na superfície quanto nas gretas e fissuras do calcário.

Em 221 amostras de água de poços analisadas em toda a área, os teores de cloreto, variam de 4 - 3.433 mg/l. Em cerca de 14% das amostras o cloreto encontra-se abaixo de 600 mg/l (padrão OMS). Os teores de cloreto mais baixos, não superiores a 10 mg/l são provenientes de águas do quartzito ou do contato deste com os calcários. Observa-se entretanto um aumento gradativo dos teores de cloreto para norte da área correlacionável com a diminuição dos índices pluviométricos.

- Nitrito e Nitrato

A presença de nitrogênio nas águas subterrâneas reveste-se de particular interesse porque é o principal indicador de poluição dessas águas pelo NO_3 (nitrato). Os compostos nitrogenados como o amônio (NH_4) etc., existentes no solo, podem oxidar-se para nitrito (NO_2) que em seguida passa a nitrato (NO_3) que é a fase final e estável do nitrogênio, geralmente encontrado com teores elevados em águas subterrâneas poluídas.

Os teores de nitrito das 140 amostras de água subterrânea da região situam-se entre 0,01 - 30,6 mg/l.

A presença invariável de nitritos nessas águas demonstra que existe uma poluição recente por matéria orgânica, bem como denuncia a alta vulnerabilidade do aquífero cárstico onde os materiais de superfície são carregados para o aquífero com extrema rapidez.

Quanto aos teores de nitrato observa-se que 221 amostras analisadas para esse parâmetro variam entre 0 - 132 mg/l. Sendo que 75 amostras cerca de 34% do total encontram-se fora dos padrões de potabilidade.

É importante observar que teores extremamente elevados de nitratos nessas águas estão associados a poços que abastecem em geral os povoados e até cidades maiores como Irecê, Lapão e outras.

Os nitratos quando encontrados em excesso nas águas de abastecimento, podem causar "crianças azuis" (methemoglobinemia). Em adição, a possível formação de "nitrosamine" - substância cancerígena - no estômago, é aumentada com o consumo de água de concentração elevada de nitratos, e pode causar câncer de estômago, em adultos.

De acordo com as normas para água potável o limite de concentração de nitrato é de 45 mg/l (10 mg/l expresso em N) para quase to dos os países.

O ciclo do nitrogênio no solo e na camada não saturada dos aquíferos é a melhor ilustração da variada gama de processos por que passa este elemento desde a atmosfera até o aquífero.

A Figura IV.1 seguinte mostra o ciclo do nitrogênio a partir do N_2 gasoso da atmosfera e dos diversos compostos em que o nitrogênio pode estar presente em geral a partir da decomposição da matéria orgânica.

Segundo Szikszay (1981) o amônio, por exemplo, é um produto de decomposição de proteínas. O gás amônia (NH_3) é facilmente solúvel na água e produz hidróxido de amônio (NH_4OH) que é parcialmente dissociado fornecendo ions NH_4^+ e OH^- . O NH_4^+ é adsorvido nos solos, podendo por processo de nitrificação passar a NO_3^- (nitrato) sendo uma parte consumida pelas plantas, outra sofre processos de denitrificação e volta à atmosfera em forma de N_2 gasoso. E, o restante, chega ao aquífero por lixiviação.

- Arsênico

Das 135 amostras analisadas para arsênico nas águas subterrâneas da região, observou-se em 5 amostras a presença desse elemento variando entre 0,05 e 0,3 mg/l. Tais teoers estão fora dos limites de potabilidade (0,05 mg/l) para águas de abastecimento e podem se constituir em um grande risco à saúde das populações que se abastecem desses poços. É importante observar que se faz necessá-rio o monitoramento desses poços para que tais teores sejam verificados em novas análises.

- Fluoreto

Figura IV. 1 - O ciclo do nitrogênio no solo e na camada não saturada

A principal fonte de fluoreto nas águas é a presença dos minerais fluorita e apatita (Szikszay 1981).

Segundo Misi (1981), a unidade B₁ dos calcários Bambuí ocorre de modo descontínuo porém está amplamente representada na área. É constituída de dolomititos silicosos, com níveis frequentemente individualizados de silex e tem como característica marcante e intrínseca a presença de fluorita nos dolomititos.

Das 132 amostras analisadas para esse parâmetro observam-se teores variando entre 0,2 - 3,8 mg/l. Em 23 amostras cerca de 17% do total observam-se valores superiores ao padrão de potabilidade (1,5 mg/l).

3 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

3.1 - Roteiro Metodológico

Para denotar o aspecto químico diagnóstico das soluções ocorrentes na água subterrânea no sistema hidrogeológico cárstico foi utilizado o termo fácies hidroquímica (Back, 1966 in Krothe, 1981).

Um método usual de análise da resposta das águas em um determinado sistema é a avaliação do caráter químico predominante das águas que estão relacionadas com litologias semelhantes. Basicamente consiste em se determinar os cátions e ânions dominantes, expressos e miliequivalentes por litro e classificar a água pelo seu caráter químico como p. ex.: Sulfatada-cálcica onde o ânion Sulfato SO_4^{-2} e o cátion cálcio Ca^{+2} são predominantes.

No presente estudo, para representar a fácies química das águas da região, foi utilizado o diagrama de Piper onde cada análise é representada por um ponto, no triângulo dos cátions e ânions respectivamente. Os pontos são plotados em cada triângulo a partir das porcentagens de cada elemento em relação ao somatório dos cátions e ânions determinados em mg/l e transformados em meq/l. No losângulo, plota-se a partir da intersecção de duas retas passando pelos pontos marcados nos triângulos um ponto que representa a composição da água em relação aos seus elementos maiores.

Por outro lado, a representação espacial da composição química das águas subterrâneas no aquífero foi feita através do diagrama de Stiff (Anexo II). Nesse diagrama, cada análise é representada em uma escala graduada em meq/l, onde à direita figuram os ânions maiores e à esquerda os cátions maiores. Desta forma fica representada uma figura hexagonal, cujos vértices mostram a predominância de determinados íons ou grupos de íons sobre os demais, na composição química global da água.

Um outro parâmetro hidrogeológico que pode ser deduzido do diagrama Piper e verificado através do diagrama de Stiff é o caminho do fluxo da água subterrânea no aquífero.

Sabe-se que na evolução normal das águas de circulação regional, vão dominando sucessivamente os seguintes íons (Custódio e Llhamas 1975):

Mais um fator, também importante e que influencia decisivamente na classificação bem como na interpretação do caráter químico das águas subterrâneas principalmente no nordeste semi-árido é sem dúvida a pluviometria.

Com o objetivo de integrar esses diversos fatores na caracterização e interpretação hidroquímica das águas do carste foi utilizado um mapa potenciométrico (Figura IV.2) construído a partir de dados de níveis obtidos através de 226 poços tubulares (Guerra 1986), para estabelecer as zonas de recarga e descarga do aquífero na área estudada. Desta forma se esboçaram sete zonas de saída ou entrada de fluxo no aquífero.

Quanto ao fator pluviometria, foi observado, através de mapa de isoietas anuais da região (Guerra 1986) que as chuvas progredam de sul para norte da área em um intervalo entre 700 a 1.000 mm/ano ao sul, abaixo da localidade de Iraquara, estabilizando-se em 600mm/ano nas proximidades da localidade Souto Soares até Jussara no extremo norte, da área de estudo.

O passo inicial para a classificação das águas subterrâneas da região foi plotar todas as análises de água de poços em um

FIGURA IV.2 - ZONAS DE FLUXO

único diagrama Piper (Figura IV.3) onde se observou que quase todas as amostras são do tipo bicarbonatada - cálcica ou magnesiânica ou cloro-sulfatada cálcica ou magnesiânica. Em seguida, foram selecionados em mapa (Anexo II) todos os dados de análises químicas pertencentes a cada uma das sete zonas de fluxo estabelecidas. Cada grupo de análises foi então plotado em um diagrama Piper separadamente, com o objetivo de associar proporcionalmente os dois tipos de água predominantes, com o caminho do fluxo e a maior ou menor precipitação pluviométrica de cada zona evidenciando sua influência.

Em complementação foram plotados em mapa (Anexo II) as concentrações anormalmente altas de nitratos com o objetivo de detectar áreas com indícios de poluição.

3.2 - Tipos Hidroquímicos e Zonas de Fluxo

Constituiu-se um diagrama Piper para cada grupo de análises localizado em cada zona de entrada e saída de fluxo, sendo a primeira zona situada no extremo sul da área e a sétima sobre os quartzitos da Chapada Diamantina e região da borda da Bacia.

Z o n a 1

Localizada no extremo sul da área, abrange a região do município de Iraquara e está situada entre as linhas potenciométricas 725 e 662m. A zona se caracteriza pelo divisor de águas subterrâneas situado na região de Souto Soares (bacia do Paraguaçu) onde quase todo o fluxo se dirige para sudeste convergindo para a fonte da Pratinha com descarga pontual em torno de 1.700 l/s (Guerra 1976)

O diagrama Piper desta zona (Figura IV.4) mostra que: cinco amostras são do tipo Bicarbonatada-cálcica ou magnesiânica e quatro são do tipo cloro-sulfatada cálcica ou magnesiânica. Tais águas parecem obedecer razoavelmente ao esquema de circulação normal no aquífero, porém não chegam a enriquecer-se em cloreto de sódio, devido, provavelmente, à circulação rápida em zona intensamente carstificada, superfície areal reduzida e altos índices pluviométricos.

Z o n a 2

DIAGRAMA PIPER

Figura IV 3 - Conjunto de amostras de água de poços da região dos calcários e quartizitos da Chapada Diamantina.

x - Amostras da zona 1	● - Amostras da zona 5
* - Amostras da zona 2 e 3	+ - Amostras da zona 6
o - Amostras da zona 4	◐ - Amostras da zona 7

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

DIAGRAMA PIPER

Figura IV.4 -- Amostras da Zona 1

(Extremo Sul da Área)

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

Localiza-se na região intermediária entre o rio Vereda que corta a área de oeste para leste a partir de Barra do Mendes até América Dourada e o divisor de águas (Souto Soares) da Zona 1, compreendida entre as curvas equipotenciais 818 e 725 metros.

O Diagrama Piper (Figura IV.5) mostra que:

- Oito amostras são do tipo Bicarbonatada-cálcica ou magnesiânica.
- Dez amostras são do tipo Cloro-sulfatada cálcica ou magnesiânica.
- Uma amostra, correspondente ao poço 733, é do tipo Cloro-sulfatada sódica, permitindo supor que esta água pode ser proveniente de entradas mais profundas do que as normalmente captadas nesta área onde a média de profundidade dos poços está em torno de 70m.

As demais enquadram-se no esquema de evolução normal e circulação local.

Z o n a 3

Localiza-se em toda a margem direita do rio Vereda. Pode ser considerada como um prolongamento da Zona 2, constituindo-se área de descarga.

O Diagrama Piper (Figura IV.6) mostra que:

- Cinco amostras são do tipo Bicarbonatada-cálcica ou magnesiânica.
- Seis amostras são do tipo Cloro-sulfatada cálcica ou magnesiânica.

Enquadram-se no esquema de evolução normal e circulação local.

Z o n a 4

Situada no quadrante nordeste da área e acima do rio Vereda onde o fluxo se torna radial desde a linha potenciométrica 818 até 725m.

No diagrama Piper (Figura IV.7) 17 amostras são do tipo Bicarbonatada-cálcica ou magnesiânica e 19 são do tipo Cloro-sulfatada cálcica ou magnesiânica, denotando-se um certo enriquecimento em cloretos.

Z o n a 5

DIAGRAMA PIPER

Figura IV.5 — Amostras da Zona 2

(Souto Soares — Rio Vereda)

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

DIAGRAMA PIPER

Figura IV.6 - Amostras da Zona 3

(Margem direita do Rio Vereda)

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

DIAGRAMA PIPER

Figura IV.7 — Amostras da Zona 4

(Quadrante nordeste da área, acima do
Rio Vereda)

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

Situa-se no quadrante sudoeste da área, acima do rio Vereda. O fluxo tem tendência geral para oeste e situa-se entre 787 e 600m.

No Diagrama Piper (Figura IV.8) 7 amostras são do tipo Bi carbonatada-cálcica ou magnesiana e 33, são do tipo Cloro-sulfatada cálcica ou magnesiana.

Observa-se nesta zona um claro desequilíbrio pelo menos estatístico entre os dois tipos de água predominantes mostrando a evolução normal da circulação subterrânea. Também se observa nesta zona um distanciamento maior entre a área fonte e a área de descarga, sugerindo um maior tempo de permanência da água em contato com a rocha.

Z o n a 6

Situa-se no extremo norte da área, abrangendo uma região em forma de leque que tem o seu centro de irradiação nas proximidades da cidade de Irecê. O fluxo geral parte de dois altos subterrâneos localizados nos níveis 725 e 818m.

No Diagrama Piper (Figura IV.9) 7 amostras são do tipo Bi carbonatada-cálcica ou magnesiana, 23 do tipo Cloro-sulfatada cálcica ou magnesiana e uma do tipo Cloro-sulfatada sódica.

Nesta região se observa o mesmo desequilíbrio estático entre os dois tipos predominantes como no caso da zona 5, porém aqui pode-se supor uma evolução tendendo ao tipo regional com uma amostra Cloro-sulfatada sódica. Observa-se que os fluxos nesta região tendem para o regional norte, buscando a calha do rio São Francisco.

Z o n a 7

A zona sete, cobre os poços situados sobre os quartzitos da Chapada Diamantina e zona de contato entre estes e o Grupo Bambuí.

O Diagrama Piper (Figura IV.10) mostra que 8 amostras são do tipo Bicarbonatada-cálcica ou magnesiana, três Cloro-sulfatada cálcica ou magnesiana e duas Cloro-sulfatada sódica.

DIAGRAMA PIPER

Figura IV.8 — Amostras da Zona 5

(Águas do Quadrante sudoeste, acima do
Rio Vereda)

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

DIAGRAMA PIPER

Figura IV.9 — Amostras da Zona 6

(Águas do Extremo norte)

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

DIAGRAMA PIPER

Figura IV.10— Amostras da Zona 7

(Águas do contato e dos quartzitos da
Chapada Diamantina.)

● — Águas do quartzito

○ — Águas do contato

TEORES EM % DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO

Observe-se que a maioria das amostras são do tipo Bicarbonatada-cálcica evidenciando a mistura das águas na zona de contato.

3.3 - Circulação Cárstica, Pluviometria e Composição Química das Águas

A forma de circulação rápida das águas subterrâneas nos terrenos cársticos é um fato concreto. E, foi demonstrado na área de estudo por Guerra (1986), que medindo a variação dos níveis estáticos em poços e a precipitação mensal na região, observou a quase concomitância entre os dois eventos. Além disso parece que a maior parte do volume dessas águas tem circulação restrita aos calcários sendo descarregadas pelo freático, para os leitos dos rios que margeiam as escarpas quartzíticas (sul, leste e oeste) da Chapada Diamantina ou para o leito do rio Jacaré que funciona como uma sub-bacia de circulação dentro da área de estudo.

Entretanto, tal característica de circulação local rápida, pode ser observada apenas entre o extremo norte da área, nas proximidades das cidades de Irecê e ao sul, na fonte da Pratinha e rio Cochô do Malheiro. Diminuindo drasticamente de importância nas proximidades da cidade de Jussara para norte. A partir dessa região, praticamente desaparecem as feições cársticas de superfície e os fluxos localizados começam a abandonar a Chapada de Irecê, tornando-se cada vez mais regionais em direção à calha do rio São Francisco, que é a zona preferencial de descarga das águas de todo o sistema.

A Figura IV.11 demonstra esta possibilidade do sistema de circulação, onde se destaca o caráter descontínuo do aquífero cárstico bem como a distribuição das chuvas na região, que varia entre 1.100mm no extremo sul, estabilizando-se na faixa de 600mm de Souto Soares até Irecê. Deste ponto, até a calha do São Francisco, as precipitações tendem a um ligeiro aumento, variando entre 650 e 750 mm/ano.

Por sua vez a relação entre a composição química das águas do carste, sua circulação rápida e a pluviometria pode ser visualizada a partir do mapa de distribuição química das águas (Anexo II).

Figura IV. 11 — PERFIL ESQUEMÁTICO DA CIRCULAÇÃO LOCAL E REGIONAL NO SISTEMA CÁRSTICO DA REGIÃO DE IRECÊ

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E VULNERABILIDADE
DO AQUIFERO CÁRSTICO DA REGIÃO DE IRECÊ BAHIA.

A análise dos diagramas de Stiff distribuídos espacialmente sobre a área (Anexo II) mostra que a composição química das águas dos poços, varia de acordo com a concentração e com a predominância de cada ion ou grupo de ions maiores, associada à distância em relação à zona de entrada de água no aquífero. E, à variação do índice pluviométrico em toda a área.

Desta forma, podem ser delimitados, espacialmente, vários domínios de fluxo subterrâneo, correlacionáveis aos tipos de águas identificados nos diagramas de Piper (Figuras IV.4 a IV.10):

Zona 1

Águas bicarbonatadas cálcicas (correspondente à amostra 739) passando a sulfatadas cálcicas (764) e cloretadas cálcicas (900) situadas a montante do fluxo ao sul da localidade Lagoa do Boi. Para jusante (região de Iraquara) se observa a mesma tendência no caminho do fluxo, com as águas passando novamente a bicarbonatadas cálcicas (924) na zona do contato dos calcários com os quartzitos.

Zona 2

Águas bicarbonatadas cálcicas (745-740) passando a cloretadas cálcicas (767-748) e mistas (750). Nas proximidades do rio Jacaré passam a bicarbonatadas cálcicas (723) certamente por influência de águas do canal de circulação do rio.

Zona 3

Águas bicarbonatadas cálcicas (760) situadas na margem direita do rio Jacaré, passam a sulfatadas-cálcicas e cloro-sulfatadas cálcicas (822) retornando a bicarbonatadas cálcicas (813), sob influência das águas dos quartzitos.

Zona 4

Águas cloretadas cálcicas (350, 185, 382), certamente influenciadas pela escassez de chuvas da zona norte da área, passam a bicarbonatadas cálcicas (382, 374, 810, 812) à proporção em que o fluxo subterrâneo se aproxima da borda dos quartzitos (817, 814).

Zona 5

Situada no quadrante noroeste da área, acima do rio Jacaré, nesta zona há uma clara predominância de águas do tipo cloreta cálcica. Tal fato sugere uma maior influência da falta de chuvas nesta zona, bem como há um maior distanciamento entre a área

fonte e a área de descarga, tendo como consequência um maior tempo de permanência da água subterrânea em contato com a rocha.

Zona 6

Situa-se no extremo norte da área, com fluxo subterrâneo tendendo para norte em direção à calha do rio São Francisco. As águas de montante são do tipo bicarbonatada cálcica (541, 330, 108) passando a cloretada cálcica (079, 122, 082) sob influência da falta de chuvas nessa zona.

Zona 7

Situada sobre os quartzitos da Chapada Diamantina, se observa claramente as diferenças de composição dessas águas com baixos teores em sais dissolvidos em relação às do calcário Bambuí, águas duras e no contato entre as duas litologias, com teores intermediários.

4 - POLUIÇÃO

4.1 - Principais Fontes Potenciais de Poluição da Região

4.1.1 - Agricultura e Pecuária

A agricultura e subsidiariamente a pecuária é sem dúvida a principal fonte potencial de poluição da região de Irecê.

A atividade agrícola e a pecuária extensiva são consideradas fontes de poluição dispersa e podem comprometer todo o volume do aquífero em prazo bastante longo, porém de maneira irreversível.

Tal fato deve-se principalmente ao grande avanço da agricultura moderna, com a utilização de grandes volumes de fertilizantes químicos nitrogenados (NPK) com o objetivo de aumentar a produção.

Na região de Irecê, como foi referido no Capítulo I, a agricultura é a principal atividade econômica e se desenvolve rapidamente devido à alta fertilidade dos solos calcários e à topografia plana da área.

Como foi visto no item IV.2.2 anterior, o nitrogênio é o principal agente poluidor das águas subterrâneas porque faz parte do ciclo biológico da vida e pode chegar à água subterrânea na forma de nitrato, poluindo essas águas para abastecimento humano, quando os teores em $\text{NO}_3\text{-N}$ ultrapassam 10 miligramas por litro.

A Tabela IV.2 seguinte mostra uma série de dosagens de aplicação de nitrogênio em fertilizantes recomendados pelo Ministério da Agricultura para vários tipos de culturas agrícolas, incluindo o feijão que é a principal cultura da região.

TABELA IV.2 - DOSAGEM DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM FERTILIZANTES RECOMENDADOS PELO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA

TIPOS DE CULTURA	DOSAGEM DE NITROGÊNIO (Kg/ha/ano)
Algodão	40
Arroz	30
Amendoim	40
Citrus	40
Café	170
Cana de Açúcar	90
Cebola	30
Feijão	40
Hortaliças	30
Milho	40
Tomate	50
Soja	40
Sorgo	40
Pastagem Cultivada	14

Fonte: CETESB - 1980

Observando-se que os valores de denitrificação no solo variam entre 0,3 - 0,7 (Kolenbronder J.G. 1975, in CETESB, 1980), pode-se admitir que a quantidade de nitrato que potencialmente chegaria à água subterrânea em uma área cultivada de feijão com a utilização de fertilizantes nitrogenados seria de 12 a 28 kg/ha/ano.

Como evidentemente as plantas consomem uma grande parte do nitrogênio que chega ao solo, somente um balanço do nitrogênio

em áreas cultivadas pode fornecer com a devida precisão a quantidade de $\text{NO}_3\text{-N}$ que chegaria ao aquífero.

4.1.2 - Fontes Pontuais de Poluição

As fontes pontuais de poluição, afetam uma área limitada porém contribuem com cargas elevadas de poluentes nessas áreas res_{tritas}.

As principais fontes pontuais de poluição da Região de Irecê estão em geral concentradas nas zonas urbanas ou pouco afastadas das mesmas, destacando-se as seguintes:

- Lixões urbanos: Na área de estudo apenas a Cidade de Irecê possui uma área definida para depósito de lixo porém sem qualquer tipo de técnica de deposição ou tratamento;
- Despejos líquidos urbanos: Apenas as cidades maiores adotam o sistema de fossas, na maioria das vezes do tipo fossa-negra, para a deposição de dejetos orgânicos e águas servidas;
- Postos de Gasolina e derivados de petróleo: Existem cerca de 26 postos de gasolina distribuídos pelas principais cidades da área de estudo;
- Indústrias: Não existem indústrias de porte poluidor considerável na área de estudo.

4.2 - Indícios de Poluição por Nitratos

Há cerca de vinte anos atrás, Brito Neves (1965) em "Notas Preliminares de Geologia e da Série Bambuí na região Central da Bahia", comenta que a presença de nitratos na água subterrânea da região estariam "muito aquém dos teores recomendados (10 mg/l). E referindo-se às análises bacteriológicas efetuadas na época, diz que "de uma maneira geral *Aerobacter aerógenes* (habitat solo) está presente em todos os poços. Não houve nenhuma ocorrência de *Escherichia Coli* (habitat fezes) ou outra patogênica simile".

Atualmente, como é de se esperar, o quadro de indícios de contaminação do aquífero por nitratos é bastante diferente.

As análises de água de poços da região realizadas pela

SUDENE entre 1960 e 1971, apenas acusam a presença de nitratos nessas águas. Entretanto as análises recentes efetuadas nos laboratórios do CEPED vêm acusando desde 1979 um aumento considerável nos teores e $\text{NO}_3\text{-N}$ nestas águas.

De acordo com o cadastro de análises químicas da região, atualizado até 1982 (Anexo I). De 170 análises efetuadas no período de 1979 a 1982, 73 (43%) estão com teores de nitratos acima do padrão. A média destes teores estava em 39,2 mg/l. Um poço, (localidade Baixão dos Honoratos) apresentou o teor de 132 mg/l de $\text{NO}_3\text{-N}$.

Uma das razões da existência de teores de nitratos tão altos nessas águas sem dúvida é a infiltração quase imediata das águas de chuva para o aquífero, fazendo com que um considerável volume de matéria orgânica seja carregada para o aquífero e lá se decompõe.

Entretanto não se pode deixar de considerar que, o crescente aumento da população nas cidades e a inexistência de saneamento básico aliados à localização da maioria dos poços (muitas vezes situados no centro da localidade), transforma-se no circular problema de auto poluição. Infelizmente não se possuem dados de análises bacteriológicas atuais das águas dos poços.

Outro fator, que tende a agravar a qualidade da água dos poços de campo é a intensificação das culturas sem qualquer medida de proteção do aquífero. Atualmente, encontra-se em grande crescimento na área os pequenos projetos de irrigação por poços tubulares, onde a variedade de culturas, apesar da enorme fertilidade dos solos da região, já começa a solicitar o uso (muitas vezes indiscriminado) de adubos e defensivos agrícolas.

CAPÍTULO V

IMPACTO AMBIENTAL E VULNERABILIDADE DO AQUIFERO CÁRSTICO

1 - INTRODUÇÃO

A bibliografia brasileira relacionada diretamente à poluição de aquíferos é ainda escassa. Nos terrenos cársticos do Estado da Bahia, p. ex.: não foram encontrados dados sobre quaisquer e feitos relativos ao consumo de águas poluídas nestas regiões.

Entretanto, como aqui é demonstrado, sabe-se que águas subterrâneas com níveis elevados, particularmente de nitratos, estão sendo largamente consumidas pelas populações locais.

Não se constitui porém, qualquer novidade o alto índice de contaminação das águas em geral, consumidas no Nordeste brasileiro. As populações das vilas e povoados se abastecem geralmente em barreiros, tanques escavados e pequenas barragens de terra, onde conjuntamente, transita e bebe água toda a criação animal. No caso particular das águas superficiais, as endemias são, há séculos, parte integrante inibidora da expectativa de vida das populações pobres do interior.

Por outro lado, o poço tubular torna-se sem dúvida, a priori, uma fonte alternativa pura. Onde a água extraída pode ser fornecida à população diretamente, sem necessidade de tratamento prévio. Entretanto, no caso particular dos aquíferos cársticos, devido a conexão direta entre superfície e substrato a premissão inicial (fonte-de-água-pura) fica prejudicada quando há desenvolvimento urbano intenso e ausência de saneamento.

Em outros países, como nas regiões cársticas da Iugoslávia, existem registros de 75 epidemias de febre tifóide-paratifóide, por águas de fonte, entre 1925 e 1973 (PokrajCic, 1976).

Portanto, tomando-se como base, vários estudos realizados em regiões cársticas semelhantes, desenvolve-se dois enfoques principais com vistas à caracterização da poluição dos terrenos cársticos de Irecê: Os efeitos negativos, consequentes da atividade humana na superfície e suas possibilidades de proteção.

2 - PROGNÓSTICOS PARA O IMPACTO AMBIENTAL DO DESENVOLVIMENTO URBANO

Segundo Turk, (1976), o desenvolvimento urbano em terre

nos cársticos ameaça seriamente a qualidade da água subterrânea por que uma quantidade muito grande de poluentes dispersos pode ser recolhida pelo escoamento superficial e carregada muito fácil e diretamente para o aquífero. Um estudo hidrogeológico em área urbana, necessita de dados especiais para predizer com precisão o impacto ambiental que será causado por uma determinada atividade humana em terrenos cársticos. Um mapeamento hidrogeológico detalhado deve ser empreendido na região de interesse procurando delinear as áreas sensíveis onde ocorrem maiores quantidades de recarga. Essas áreas, devem ser prioritariamente protegidas das águas superficiais poluídas.

2.1 - Tipos de Poluição Gerados por Desenvolvimento Urbano

As fontes de poluição em geral, geradas a partir do desenvolvimento urbano são: a) despejos líquidos domésticos; b) despejos sólidos; c) escoamento superficial e d) vazamentos acidentais de: i) adutoras; (ii) tanques de armazenamento; (iii) veículos (como p. ex.: caminhões tanques com produtos perigosos). Cada uma dessas fontes de poluição, são especialmente agravadas em zonas cársticas. Porque, os poluentes, podem ser introduzidos no sistema hidrogeológico muito facilmente, devido à interconexão direta da superfície com o substrato. Não é difícil provar por exemplo que devido ao fluxo muito rápido da água através do sistema cárstico, o poluente introduzido em um ponto, pode entrar na corrente do fluxo e ressurgir vários quilômetros adiante.

2.2 - Despejos Domésticos

Os despejos domésticos não tratados são um enorme problema durante a urbanização de uma área cárstica. Os sistemas individuais de disposição de águas servidas, como fossas negras e fossas sépticas, devem ser proibidos sobre as zonas de recarga do aquífero. O vazamento em fossas sépticas pode atingir diretamente o aquífero.

Os despejos municipais, contêm altas concentrações de biodegradáveis e também alguns compostos orgânicos não-biodegradáveis além de nitrogênio, fósforo, metais pesados, vírus e bactérias pa-

togênicas. Portanto, pequenas quantidades de despejos, podem comprometer volumes substanciais de água do aquífero.

2.3 - Despejos Sólidos

O "chorume" é o principal poluente das águas subterrâneas em depósitos de lixo ou aterros sanitários. Em muitas áreas do EUA os lixões têm poluído diretamente os sistemas aquíferos cársticos (Turk, 1976).

2.4 - Escoamento Superficial

O lixo e todo o material em decomposição espalhado nas ruas, nos terrenos baldios e nas áreas em construção das cidades contribuem com grandes quantidades de poluentes tanto orgânicos quanto inorgânicos.

2.5 - Vazamentos Acidentais

Os vazamentos de gasolina e outros líquidos altamente perigosos são fontes pontuais de poluição. Felizmente, tais eventos em muitos casos podem ser prevenidos ou controlados como p. ex.:es tocando-se tais líquidos em tanques enterrados com especiais condições de segurança. Entretanto, esses reservatórios não podem ser construídos em áreas de recarga sob nenhum pretexto.

3 - VULNERABILIDADE

Os vários graus de vulnerabilidade de qualquer manancial de águas subterrâneas estão diretamente relacionados com a distribuição em superfície das áreas de recarga e descarga do aquífero.

Outro fator importante é o tipo litológico e a espessura da cobertura filtrante do sistema. Este parâmetro é de especial utilidade na avaliação de sua capacidade de auto-depuração.

O tipo e a espessura da cobertura, seja arenosa, areno-argilosa ou predominantemente argilosa, como no caso dos terrenos cársticos, vai determinar o tempo de trânsito da água desde a superfície até o nível freático. Durante este período, a água e sua

carga de elementos dissolvidos sofrerá interações com os diversos horizontes do solo e a zona (mais ou menos espessa) permeável ou não-saturado. Nesse tempo a água subterrânea passa por processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos que resultam quase sempre na sua depuração.

3.1 - Metodologia de Controle do Impacto Ambiental

3.1.1 - Delimitação de Áreas Vulneráveis

Para se delimitar as áreas de maior ou menor grau de vulnerabilidade, monta-se sobre mapeamento hidrogeológico uma malha básica na zona ou bacia a ser desenvolvida no carste e os diversos graus de vulnerabilidade do aquífero serão estabelecidos baseados na distribuição espacial das áreas de recarga e descarga delimitadas. Desta forma, por exemplo, em área de fundo de vale, que estão em contato com rochas carbonáticas permeáveis e ao mesmo tempo na zona de recarga do aquífero pode-se estabelecer grau de vulnerabilidade máximo.

Outros parâmetros, ligados à existência de fontes potenciais de poluição, entram na composição dos critérios de delimitação de áreas vulnerais, tais como:

Fontes pontuais de poluição, originárias da atividade urbana, como despejos de águas servidas, fossas, postos de gasolina, lixo urbano, atividade industrial e outras. E fontes dispersas de poluição caracterizada pela atividade agrícola e pastoril extensiva.

3.1.2 - Manejo das Águas Servidas

As fossas sépticas e as fossas negras devem ser evitadas em áreas de carste para reduzir o impacto ambiental.

Seria ideal a construção de um sistema de tratamento centralizado. O sistema coletor de águas servidas não deve ser locado em áreas de vulnerabilidade máxima como os vales dos rios e córregos.

A água parcialmente tratada do sistema poderá ser disposta em solos espessos, que estejam recobrando as rochas carbonáticas.

3.1.3 - Manejo dos Despejos Sólidos

Todos os despejos sólidos devem ser coletados e transportados para aterros sanitários fora das áreas de recarga do aquífero cárstico. Se não for possível, o lixão deve ser perfeitamente revestido para que não haja vazamentos para o aquífero. É perfeitamente possível selar os lados e o fundo do lixão e coletar o chorume, removendo-o para fora da zona de recarga para tratamento.

3.1.4 - Controle de Vazamentos Acidentais

A gasolina ou outros líquidos potencialmente perigosos só poderão ser estocados em terrenos calcários em tanques de segurança máxima. Esses líquidos não poderão ser estocados nem transportados nas zonas de recarga do aquífero.

A inspeção frequente das instalações de estocagem certamente contribuirá para reduzir o seu potencial poluidor.

3.1.5 - Padrões Modernos de Conservação e Construção Urbana

A limpeza urbana em zona cárstica deve ser feita com frequência para reduzir a contribuição de poluentes via escoamento superficial a níveis aceitáveis. Em áreas de vulnerabilidade alta recomenda-se que tal trabalho seja feito semanalmente.

Nas áreas industriais pavimentadas ou de estoque de materiais perigosos, deve-se proceder a lavagem periódica e o material coletado estocado em valas sépticas para posterior tratamento.

A erosão do solo deve ser evitada durante as construções utilizando-se sacos de areia em volta da área construída, desvio de drenagem e construção de pequenas estruturas temporárias de contenção.

3.1.6 - Uso Restrito de Fertilizantes e Pesticidas

Os fertilizantes nitrogenados devem ser limitados a formas que não contenham nitrato, como a amônia, uréia ou compostos orgânicos. Esses fertilizantes liberam nitrogênio lentamente, a uma razão mais compatível com as necessidades das plantas e reduz o au

mento potencial de nitratos na água subterrânea. Os pesticidas e herbicidas devem ser controlados rigorosamente e um sistema de monitoramento no estágio inicial do desenvolvimento da agricultura a juda a determinar as quantidades ótimas de pesticida na área ou con cluir por sua não utilização.

3.1.7 - Instalação de Sistemas de Monitoramento

Tanto para águas de superfície quanto para águas subter-
râneas, devem-se instalar sistemas de monitoramento e amostragem,
tendo-se em conta o mapa básico de vulnerabilidade do aquífero na
área. Deve-se também estabelecer o "background" da qualidade da á
gua e monitorar as contribuições de poluentes gerados pelo desen-
volvimento urbano.

3.2 - Mapa de Vulnerabilidade à Poluição

O mapa de vulnerabilidade do aquífero cárstico da região
de Irecê (Anexo III), foi construído a partir do mapa geológico da
área na escala 1:250.000, SSRH/CPRM/CERB (1982). Na base litológi-
ca foram integrados e realçados os elementos da drenagem formações
geológicas de contato, áreas urbanas mais importantes, mapa de flu-
xo da água subterrânea, mapa de isoietas anuais, mapa de distribui-
ção dos poços tubulares e cadastro de análises químicas da água des-
ses poços, além das observações de campo.

Por outro lado salienta-se que a sequência de cores so-
brepostas aos tipos litológicos bem como as demais considerações
pertinentes à representação do sistema aquífero, obedeceram aos pa-
drões internacionais estabelecidos (Hidrogéologie - 1970) em cartas
de vulnerabilidade a poluição das águas publicadas pelo B.R.G.M.

A delimitação das áreas vulneráveis, obedeceu as seguin-
tes considerações básicas: a presença de nitratos nas águas dos po-
ços da área, acima do padrão de potabilidade é indicativa de polui-
ção e risco para a saúde das populações que se abastecem dessas á-
guas; a recarga do aquífero cárstico da área (principalmente ao sul)
se dá de maneira muito rápida; as zonas dos canais preferenciais de
circulação das águas funcionam, alternadamente, na época das chuvas
e das secas, como zonas de recarga e descarga do aquífero e, as á

guas subterrâneas dos terrenos cársticos como um todo, estão permanentemente expostas à poluição, tanto através de condutos diretos, como engrunamentos, sumidouros, dolinas abertas etc., quanto por meio do fraturamento e fissuramento.

Observando-se o mapa de vulnerabilidade à poluição (Anexo III) pode-se concluir que:

- A principal zona de proteção do aquífero, situa-se exatamente sobre os grandes canais de circulação das águas do escoamento superficial e subterrâneo, como os rio Jacaré e seus afluentes, rio Cochô no extremo sul da área e riacho Baixão do Gabriel e seus afluentes nas proximidades da cidade de Irecê. Além destas, as zonas de circulação que margeiam os contrafortes dos quartzitos Chapada Diamantina também são de particular importância para a preservação do aquífero cárstico, porque são as zonas de recarga ou de recepção de águas subterrâneas doces, provenientes dos quartzitos.
- Abstraindo-se os grandes canais de circulação das águas, coincidentes com as calhas dos rios, tem-se uma visão global do carste quanto aos riscos de poluição, dividida em dois blocos distintos: o bloco sul, abaixo da cidade de Ibititá e Serra Dourada, e o bloco norte, que inclui a região de Lapão, Canal, Irecê, Presidente Dutra, Gabriel, Jussara, Recife, Lagoinhas e Riacho.

O bloco sul é evidentemente mais vulnerável do que o bloco norte. Porque o carste é muito mais desenvolvido nessa área, os pontos de engrunamento ou fuga total ou parcial da água superficial para o aquífero são muito mais numerosos e de maior porte e a quantidade de dolinas maiores, profundas e de fundo aberto também é maior.

Por outro lado deve-se observar que as possibilidades de permanência da pluma poluidora proveniente de focos de poluição locais é menor, devido ao regime de fluxo muito rápido dessas águas através do aquífero.

O bloco norte, por sua vez é relativamente menos vulnerável à poluição porque as suas águas subterrâneas se encontram um tanto mais protegidas do que as do bloco sul. Nesta zona, as feições cársticas começam a se tornar menores, menos desenvolvidas, mais

rasas e o aquífero passa a ter um caráter fissural-cárstico. Observa-se entretanto que, na região norte, onde o consumo de água subterrânea é maior, devido à maior escassez das chuvas, a intensidade de exploração do aquífero é também mais alta principalmente nas proximidades das sedes dos municípios. Tal fato, aliado à ausência de saneamento básico, prioriza a necessidade de medidas de proteção do aquífero, principalmente quando se conjugam outros fatores tais como: recarga deficiente devida a períodos prolongados de seca, rápido crescimento populacional e grande incentivo à expansão da agricultura inclusive irrigada.

- Uma terceira instância de domínio dos terrenos vulneráveis à poluição do aquífero, se refere às coberturas arenosas detríticas e Formação Bebedouro, que aparecem principalmente na zona de contato entre o Bambuí e Chapada Diamantina e ao sul da área. Por vezes as coberturas arenosas se encontram em locais topograficamente elevados, estão relacionadas às zonas de recarga e em geral alimentadas unicamente por águas de chuva. Apesar do caráter filtrante importante desses sedimentos, a necessidade de proteção desses domínios é evidente porque são áreas potenciais de exploração de águas subterrâneas teoricamente mais doces e puras.
- Finalmente, um quarto domínio, onde a poluição pode se propagar diferenciadamente na área são os terrenos relacionados às diferenças faciológicas do calcário Bambuí (margas, argilitos calcíferos, dolomitos, dolomitos silicosos etc.) além dos morros testemunhos dos quartzitos Chapada Diamantina, à oeste da área. Nesses terrenos, em conjunto, a poluição se propaga de maneira muito variável, tanto devido ao caráter fissural misto dos aquíferos envolvidos, quanto à extensão areal dos mesmos. Por exemplo, observa-se em campo, que esses terrenos (dolomitos silicosos) afloram em geral como cristas alongadas e servem, muitas vezes, como anteparos ou barreiras hidrogeológicas entre os diversos compartimentos do aquífero cárstico. Tais particularidades podem favorecer ou não a locação de poços com maiores vazões e melhor qualidade de água, sendo portanto domínios a serem protegidos da poluição de forma localmente estudada.

Vale ainda salientar aqui, que esta é a primeira tentativa de mapeamento hidrogeológico no carste de Irecê, com vistas à

sua proteção contra a poluição. O mapa leva em conta a vulnerabilidade como fator diretamente dependente do poluente considerado, no caso, nitratos. E, sendo assim, se deverá produzir um mapa para cada tipo de poluente ou contaminante.

Por outro lado tem-se como premissa básica, que um mapa de vulnerabilidade é o resultado de uma ação preservacionista da âgua subterrânea e não uma justificativa para a disposição de poluentes no solo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A caracterização hidrogeoquímica e o mapa de vulnerabilidade do sistema hidrogeológico cárstico da região de Irecê, permite concluir que:

- Quanto à origem, as águas subterrâneas freáticas do carste, são recentes e provenientes em grande parte da precipitação pluviométrica direta com elevado teor em HCO_3^- .
- Quanto às características químicas dos elementos e compostos, as águas estão condicionadas primeiramente pelos mecanismos de mineralização e secundariamente pela ação do clima. A mineralização em espécies carbonáticas (H_2CO_3 , HCO_3^- e CO_3^{--2}) é propiciada pela alta solubilidade dos calcários e por ação do clima através da evapo-concentração, que eleva os teores salinos em zonas de baixa pluviometria da área. Para o conjunto de amostras analisadas, observa-se um aumento dos teores dos principais elementos e compostos na seguinte proporção em relação ao padrão OMS: HCO_3^- 70% Ca 37%; NO_3^- 34%; F 17%; Cl 14%; SO_4 10%; K 10%; Mg 10%; Na 2%.
- Quanto as características físicas o pH das águas situa-se entre 5,4 - 8,5 e, em sua grande maioria entre 7 e 8, mostrando o caráter cálcico dessas águas. A condutividade elétrica encontra-se entre 60 - 20.000 $\mu\text{mho/cm}$ e os valores abaixo de 600 $\mu\text{mho/cm}$, estão relacionadas geralmente às águas doces do quartzito ou mistas do contato.
- Quanto aos tipos hidroquímicos conclui-se que:
 - . Na Zona Sul, predominam águas do tipo bicarbonatada-cálcica evidenciando a predominância da influência da litologia na composição química, circulação rápida, inibindo o enriquecimento em cloretos e diluição por águas do quartzito. Outro fator que merece destaque nesta zona é a menor extensão do carste (acunhamento) em relação ao norte, aliado a um maior volume de precipitações.
 - . Na faixa central da área, observa-se um certo equilíbrio no padrão evolutivo da água subterrânea, predominando águas tanto do tipo bicarbonatada-cálcica como cloro-sulfatada cálcica. Nesta

zona pode-se notar uma menor influência das águas dos quartzitos, com as águas do carste tendendo a um enriquecimento em cloretos.

- . Na região Norte, se observa um claro desequilíbrio entre os dois tipos de água predominantes, onde a maioria das águas são do tipo cloro-sulfatada cálcica. Tal enriquecimento em cloretos se deve aos seguintes fatores: o carste juvenil comportando-se mais como aquífero fissural; alargamento da superfície calcária e consequente diminuição da influência das águas quartzíticas; diminuição do índice pluviométrico e grande irregularidade das chuvas nesta zona, provocando o enriquecimento em cloretos a partir do mecanismo de evapo-concentração.
 - . Quanto às modificações da composição química da água em relação ao seu fluxo subterrâneo se observa que as amostras localizadas nas zonas de recarga direta do aquífero são em geral do tipo bicarbonatada-cálcica. E, ao longo do caminho do fluxo passam a sulfatadas cálcicas ou cloretadas cálcicas. Na zona de contato entre o carste e os quartzitos Chapada Diamantina as águas subterrâneas voltam a bicarbonatadas cálcicas por diluição propiciada pelas águas dos quartzitos.
 - Do ponto de vista da circulação, o sistema hidrogeológico cárstico da região de Irecê, até a profundidade média atual de exploração (cerca de 75m) pode ser considerado como constituído por grandes canais de circulação, interligados entre si por rios engrundados. E, por compartimentos aquíferos de caráter fissural-cárstico, muitas vezes até estanques.
- Os grandes canais de circulação subterrânea, estão representados na área pelos próprios rios principais: Jacaré, Cochô, Baixão do Gabriel e os rios que margeiam o contato com os quartzitos Chapada Diamantina. Já os compartimentos aquíferos do tipo fissural-cárstico aparecem dispersos na área, principalmente ao norte, delimitados por cristas de terrenos dolomíticos e dolomitos silicosos.
- Em síntese, as principais zonas de fluxo subterrâneo existentes na área são:

- . Zona do divisor, Souto Soares para sul (Bacia do Paraguaçu) des carregando na fonte da Pratinha, cerca de $6,1 \text{ M m}^3/\text{h}$.
 - . Zona do divisor, Souto Soares para norte (Bacia do São Francisco) cuja área de descarga é o leito do rio Jacaré e riachos da zona de contato com os quartzitos Chapada Diamantina.
 - . Zona do divisor (domo) de Canal-Irecê, tendo ao sul, como principal área de descarga também o leito do rio Jacaré principalmente. E, seguindo para o extremo norte a calha do rio São Francisco.
- O Mapa de Vulnerabilidade da área mostra que:
- . Toda a zona dos grandes canais de circulação da água subterrânea é de prioridade I para a proteção do aquífero cárstico. Deve ser preservada do contato com: despejos urbanos, lixões e indústrias sem o tratamento adequado de seus efluentes, postos de gasolina e depósitos de produtos químicos perigosos. Quanto à agricultura irrigada desenvolvida nesta zona, recomenda-se um controle efetivo da aplicação de fertilizantes nitrogenados e uso restrito de pesticidas.
 - . As demais áreas de afloramento dos calcários como um todo, são de prioridade II. Porém se deve levar em conta as características locais de cada área, como por exemplo a intensidade de carstificação ao sul e o caráter fissural-cárstico ao norte. A deposição de material poluente deve ser evitada ou controlada via tratamento prévio, principalmente nas proximidades de dolinas de fundo aberto, sumidouros e engrunamentos.
 - . Se faz necessário e urgente um monitoramento adequado e planejado, dos poços de toda a região estudada, principalmente nas áreas que abastecem cidades e vilas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREA, R. - 1962 - Chuvas na Bahia - DNOCS. Salvador.
- BRANNER, J.C. - 1910 - The Tombador Escarpment in the State of Bahia, Brasil. Am. Jour. Sci., 30 (179): 335 - 343.
- BRASIL. M.M.E. SEC. GERAL, PROJ. RADAMBRASIL (1983) - Folhas S. C. 24/25 Aracaju/Recife; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro.
- BRITO NEVES, B.B. (1965) - Notas Preliminares da Geologia e Hidrogeologia da Série Bambuí na Região Central da Bahia. SUDENE/CONESP Relatório Técnico nº 13 - Recife - PE.
- _____ (1967) - Geologia das Folhas de Upamirim e Morro do Chapéu, Bahia - SUDENE/CONESP, Relatório Técnico nº 17 - Recife-PE.
- _____ (1967) - Água Subterrânea na Região Central da Bahia - Condicionamento e Demanda. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE/CONESP, Relatório Técnico nº 21, Recife-PE.
- BUCKMAN, H.O. & BREADY, C.N. (1968) - Natureza e Propriedade dos Solos. Trad. Américo B.N. Figueiredo. 2 ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1968. 594p.
- CABRAL, F.C.F. (1978) - O uso do Isótopos do Carbono no Estudo das Águas Subterrâneas do Calcário Bambuí - Região Central da Bahia. Tese de Mestrado; UFBA/Programa de Pós-Graduação em Geofísica. Salvador, Bahia.
- CETESB/ENCO/DAEE (1980) - Projeto Ribeirão Preto - Controle da Poluição das Águas Subterrâneas. Vol. 1. CETESB, São Paulo, SP.
- CUSTÓDIO, E. LLAMAS, M.R. - 1975 - Hidrologia Subterrânea. 2 v., Ediciones Omega, Barcelona.
- DERBY, O.A. - 1905 - Lavras Diamantinas. Rev. Inst. Geográfico e Histórico da Bahia. Salvador 11 (30): 113 - 1135.
- EMBRAPA (1973) - Mapa exploratório de Reconhecimento de Solos; Sec. da Agricultura do Estado da Bahia - Salvador - Bahia.
- GARRELS, M.R.; CHRIST, L.C. - 1965 - Solutions, Minerals and Equi-

libria. Harper & Row. Publishers. New York.

- GOMES, F.V.M. (1978) - Aplicação dos Isótopos de Urânio como Traçadores de Água Subterrânea do Bambuí - Bahia. Tese de Mestrado; UFBA/Programa de Pós-Graduação em Geofísica. Salvador, Bahia.
- GUERRA, A.M. (1986) - Processos de Carstificação e Hidrogeologia do Grupo Bambuí na Região de Irecê - Bahia - Tese de Doutorado; Instituto de Geociências - USP - 1986.
- GUERRA, A.M. & MELLO, J.C. (1986) - Locação de Poços com Base na Relação entre Estrutura e Feições Cársticas - Grupo Bambuí - Irecê Ba. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 4º, Brasília, ABAS/DNAEE/DNPM.
- HEM, D.J. (1970) - Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water; U.S. Geological Survey Water-Supply Paper, 1473, U.S. Gov. Printing Office, Washington.
- HYDROGÉOLOGIE, (1970) - Qualité des Eaux-Pollution. Bulletin du B.R.G.M. - Bureau de Recherches Géologiques e Minières - Section III, Nº 4.
- INDA, H.A.V.; BARBOSA, U.F. (1978) - Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia, SME/CPM - Salvador - BA.
- KEGEL, W. (1959) - Estudos Geológicos na Zona Central da Bahia, DNPM DGM, Bol. 198, Rio de Janeiro.
- KRAUSKOPF, KONRAD BATES (1972) - Introdução à Geoquímica; Trad. Michal L. e Paulo S.C. Bogus. São Paulo. Polígono Ed. da USP.
- KROTHER, C.N. e BERGERON, P.M. - 1981 - Hydrochemical Facies in a Tertiary Basin in Milligan Canyon Area, Southwest Montana. Vol. 19, nº 4 - Ground Water - July - August, 1985.
- LINS MARINHO, J.M. (1977) - Reconhecimento Geofísico da Região de Irecê - Bahia. Tese de Mestrado; UFBA/Programa de Pós-Graduação em Geofísica. Salvador - BA.
- MASCARENHAS, J.F. (1969) - Contribuição à Estratigrafia da Chapada Diamantina na Região entre Itaetê e Seabra-Ba. In: Cong. Bras. de

Geologia, 23. Boletim Especial nº 1. Salvador. SBG.

- MISI, A. (1979) - O Grupo Bambuí no Estado da Bahia. In SME/SPM. Geologia de Recursos Minerais do Estado da Bahia, Textos Básicos. V. 1, O. 120 - 154. Salvador.
- PEDREIRA, A.J. (1975). Projeto Bahia - Geologia da Chapada Diamantina - Relatório Final - Vol. I - DNPM/CPRM - Salvador.
- PEDREIRA, A.J.; DOURADO, A.J.; TORRES, J.; MORAIS FILHO, J.; BONFIM L.F. (1985) - Projeto Bacia de Irecê - Relatório I Etapa - CPRM Salvador.
- PLATA, B.A. & SILVA, BRAZ. A. (1980) - Utilização de Isótopos Ambientais na Pesquisa de Recursos Hídricos Subterrâneos no Karst da Região do Jaíba, Norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Geociências. Vol. 10, nº 4. o. 276.
- POKRAJ CIC, B. (1976) - Hydric Epidemics in Karst Areas of Yugoslavia, Caused by Spring Water Contaminations. Karst Hydrology and Water Resources Vol. 2 - Water Resources Publications - Fort Collins, Colorado 80522, USA.
- SEPLANTEC (1974) - Micro-Região Programa 12. Resumo do Diagnóstico Estratégia Programação Indicativa, Gov. do Estado/SEPLANTEC/CPE Salvador - BA.
- SEPLANTEC/INTERURB (1984) - Plano de Ação Integrada - PAI. Diagnóstico da Cidade de Irecê; Sec. do Desenvol. Urb. e Municipal Gov. do Est. da Bahia; Salvador, BA.
- SCHOBENHAUS, C. e KAUL, P.F.T. (1971) - Contribuição à Estratigrafia da Chapada Diamantina - Bahia Central. Min. Met. 53 (315) : 116 - 129.
- SCHOELLER, H (1969) - L'acide Carbonique des Eaux Souterraines. Bulletin du B.R.G.M. (deuxième Série) Section III, nº 1, p. 1-32.
- SIQUEIRA, A.F. (1978) - O Uso dos Dados Isotópicos e Químicos como Indicadores de Origem das Águas e Sais Dissolvidos no Aquífero Calcário Bambuí, Irecê - Bahia. Tese de Mestrado; UFBA/Programa

de Pós-Graduação em Geofísica. Salvador, Bahia.

SSRH/CPRM/CERB (1982) - Geologia do Grupo Una, Bahia - Secretaria do Saneamento e Recursos Hídricos/CERB, Salvador-Ba.

SZIKSZAY, M. (1981) - Hidrogeoquímica das Fontes de Águas da Prata Estado de São Paulo, Vol. I. Tese de Livre Docência apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - São Paulo.

TAVARES, G.A. (1983) - Estudos Isotópicos e Hidroquímicos em Águas na Bacia do Rio Verde - Bahia. Dissertação de Mestrado apresentada à UFBA - Inst. de Geociências - Salvador - BA.

TURK, J.L. (1976) - Predicting the Environmental Impact of Urban Development in a Karst Area - Hydrology and Water Resources, Vol. 2 - Water Resources Publications - Fort Collins, Colorado-80522 USA.

A N E X O I

CADASTRO DE ANÁLISES QUÍMICAS

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA						DETERMINAÇÕES																
Nº POÇO	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	CE u Mo/cm	DUREZA	RT	CA	Mg	RA	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	AS	F
002	FL. PROGRESSO	UIBAÍ	2298	08.05.82	CEPED	7,4	2.920	1.057	2.136	267	95	136	2,8	265	0,0	189	690	39,3	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,52
003	QUINABEIRA	UIBAÍ	1151	05.03.82	CEPED	7,0	3.170	1.467	2.668	370	132	180	13,6	336	0,0	312	595	60,0	< 0,01	0,3	< 0,02	2,1
006	CURRALINHO	PRESIDENTE DUTRA	3157	-	CEPED	8,5	1.210	-	1.075	31	97	75	10,0	273	44,0	132	160	< 0,04	< 0,01	< 0,2	0,1	3,8
008	FL. GOMES	UIBAÍ	1536	05.04.82	CEPED	7,3	2.860	1.210	2.066	325	97	113	2,1	293	0,0	260	545	58,0	0,12	0,3	< 0,02	0,86
011	BAIXINHA	UIBAÍ	2299	08.05.82	CEPED	7,4	3.140	1.307	2.402	415	66	55	5,4	217	0,0	87	850	28,6	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,32
013	FL. FLÓRESTA	CENTRAL	1152	04.03.82	CEPED	7,2	2.745	1.152	2.206	244	132	292	32,0	550	0,0	712	290	0,7	1,5	0,5	0,154	3,4
014	GAVIÃO	CENTRAL	1537	30.03.82	CEPED	7,2	1.320	611	1.140	220	15	16	1,4	308	0,0	59	185	22	0,34	< 0,2	< 0,02	0,28
017	FL. MARÍLIA	CENTRAL	1538	30.03.82	CEPED	7,6	1.765	690	1.464	232	27	63	1,4	228	0,0	53	295	45	0,02	< 0,2	< 0,02	< 0,2
018	FL. BOA SORTE II	CENTRAL	0649	28.02.80	CEPED	6,6	4.400	-	3.536	592	90	191	4,8	348	0,0	230	1.200	71	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,1
			1872	14.05.81	CEPED	7,2	4.365	-	3.676	540	120	210	5,8	269	0,0	90	1.100	64	< 0,01	0,3	0,3	1,6
023	LARGINHA	CENTRAL	1539	31.03.82	CEPED	7,9	2.390	1.132	1.628	259	118	90	7,6	332	0,0	340	350	0,58	< 0,01	0,2	< 0,02	1,9
029	FL. NOVO HORIZONTE	CENTRAL	1153	04.03.82	CEPED	7,0	5.355	2.136	5.156	605	152	551	2,7	308	0,0	441	1.430	72,9	0,01	< 0,2	< 0,02	3,0
047	QUEIMADAS	CENTRAL	1540	30.03.82	CEPED	7,9	1.935	743	1.382	202	58	98	3,7	246,9	0,0	170	355	10,6	0,013	< 0,2	< 0,02	1,6
051	FL. DOS DOIS	JUSSARA	1541	30.03.82	CEPED	7,7	2.950	1.161	2.182	190	167	319	8,2	276	0,0	454	585	5,8	0,11	< 0,2	< 0,02	2,7
057	NOVA VISTA	CENTRAL	1154	06.03.82	CEPED	7,7	1.685	743	1.118	179	72	94	8,1	280	0,0	185	317	18,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	2,2
062	SEDE II	JUSSARA	1542	31.03.82	CEPED	7,5	904	415	1.236	150	10	36	1,7	135,6	0,0	43	112	22,0	< 0,01	2,1	< 0,02	0,46
067	FL. MORRINHO	JUSSARA	1543	31.03.82	CEPED	7,4	1.595	566	1.004	141	52	83	2,8	180	0,0	51	325	31,4	0,05	< 0,2	< 0,02	0,22
077	FL. CALDEIRÃO	CENTRAL	1544	31.03.82	CEPED	7,2	6.880	2.755	6.082	698	246	458	3,5	201	0,0	329	2.075	80,0	0,19	< 0,2	< 0,02	2,8
078	FL. 3 IRMÃS	JUSSARA	1545	31.03.82	CEPED	7,1	1.705	760	1.488	250	33	40	1,1	175	0,0	63	242	45,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,72
079	FL. B. HONORATO	IRECÊ	1546	01.03.82	CEPED	7,3	7.400	2.678	6.468	767	234	467	8,7	110	0,0	320	2.275	78,0	0,19	< 0,2	< 0,02	0,96
080	FL. DIAMANTE	JUSSARA	1547	01.03.82	CEPED	7,2	3.230	1.230	2.818	432	37	124	2,5	118	0,0	87	755	59,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2
080	FONTE DO TARECO	AMÉRICA DOURADA	1155	06.03.82	CEPED	7,2	401,5	180	256	41	19	11	8,5	148	0,0	6	29	0,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2
081	FL. GURGUÊIA I	JUSSARA	1548	01.03.82	CEPED	8,1	1.700	253	1.134	39	38	213	2,2	163	24,4	110	372	0,9	0,015	< 0,2	< 0,02	0,6
082	FL. GURGUÊIA II	JUSSARA	1549	01.04.82	CEPED	7,2	2.930	1.064	2.628	348	47	135	2,4	112,3	0,0	112	695	69	0,28	< 0,2	< 0,02	< 0,2
083	FL. CEM TAREFAS	IRECÊ	2580	20.05.82	CEPED	7,3	2.340	976	2.046	279	68	72	3,9	205	0,0	61	450	0,55	0,15	< 0,2	< 0,02	0,46
101	MOCOZEIRO	IRECÊ	-	27.06.71	SUDENE	7,3	1.120	-	617	131	77,6	50,8	3,2	639,4	-	92,6	132,4	ausente	-	-	-	-
108	FL. BONINA	IRECÊ	-	27.06.71	SUDENE	6,8	1.270	-	763	163,3	40,4	39,3	3,4	597,9	-	26,7	745,4	ausente	-	-	-	-
110	VARIANTE	IRECÊ	-	27.06.71	SUDENE	6,8	1.523	-	766,6	197,6	154,1	97,8	9,0	878,7	-	412,3	288,1	ausente	-	-	-	-
116	B. DOS HONORATOS	IRECÊ	2581	19.05.82	CEPED	7,5	5.930	2.533	4.692	815	121	141	5,7	240	0,0	154	1.700	132,0	0,09	< 0,2	< 0,02	0,39
121	FL. BANDEIRA	IRECÊ	-	06.07.71	SUDENE	8,0	728	-	432	62,1	47,4	17,8	3,4	407,0	-	72	52,4	ausente	-	-	-	-
122	FL. BANDEIRA	IRECÊ	1550	01.04.82	CEPED	7,9	2.560	943	2.136	139	145	143	8,5	163	0,0	269	570	17,0	1,06	< 0,2	< 0,02	2,7

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA								DETERMINAÇÕES														
Nº POÇO	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	C E M/MO/CM	M G / L														
								DUREZA	RT	CA	MG	NA	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	AS	F
124	ANGICAL	IRECÊ	3762	09.07.82	CEPED	7,6	2.545	1.040	2.012	179	144	161	10,0	344	0,0	306	415	44,5	< 0,01	< 0,2	< 0,05	2,6
127	FZ. TÁBUA DO MOINHO	IRECÊ	-	28.07.71	SUDENE	7,0	1.494	-	944,4	192,7	60,4	51,8	2,8	584,6	-	110,9	220,4	ausente	-	-	-	-
137	GAMEL. DO JACARÉ	IRECÊ	-	16.01.60	SUDENE	7,0	-	-	725	80	44,7	39,5	-	458,2	-	19,3	100,0	ausente	-	-	-	-
141	LAGOINHA	IRECÊ	-	14.07.64	SUDENE	6,0	666	-	996	21,6	80	61,1	-	480,1	-	34,7	110,0	presente	-	-	-	-
				23.07.71	SUDENE	7,5	2.685	-	1.850	224,5	119,5	125,1	4,3	491,0	-	160,3	746,9	ausente	-	-	-	-
142	EUREKA	IRECÊ	-	27.11.74	SUDENE	6,0	1.776,4	-	562	66,4	28,2	20,3	96,0	196,3	-	56,0	140,0	presente	-	-	-	-
147	FAZ. LAGEDINHO	IRECÊ	-	-	SUDENE	6,9	2.300	-	1.623,2	199,2	220,6	97,8	8,3	898,1	-	407,0	310,1	ausente	-	-	-	-
148	MOÇOZEIRO	IRECÊ	-	23.06.71	SUDENE	7,8	1.800	-	1.165,8	179,4	101,6	63,3	4,5	760,9	-	158,5	231,0	ausente	-	-	-	-
150	TRÊS LAGOAS	IRECÊ	-	07.07.71	SUDENE	7,6	760	-	426	72,9	26,5	44,9	2,7	281,2	-	28,4	121,8	ausente	-	-	-	-
151	FAZ. BOA SORTE	IRECÊ	-	07.07.71	SUDENE	7,5	1.119	-	694,0	100,1	57,7	70,9	3,6	606,8	-	65,8	136,6	ausente	-	-	-	-
156	DESCOB. PIROCAS	IRECÊ	-	30.06.71	SUDENE	7,2	2.100	-	1.179,2	239,9	67,3	50,3	8,3	335,2	-	80,6	573,7	ausente	-	-	-	-
				30.06.71	SUDENE	7,1	1.500	-	1.876	178,6	65,5	41,2	7,6	611,4	-	82,0	377,9	presente	-	-	-	-
162	ALTO B. QUINABEIRA	IRECÊ	3156	-	CEPED	7,5	20.000	-	28.054	4.500	678	1.205	12	90	0,0	706	8.700	81,4	0,25	< 0,2	< 0,02	1,2
163	QUEIMADAS	IRECÊ	1870	13.05.81	CEPED	7,5	1.010	-	764	148	42	16	1,6	382	0,0	59	36	< 0,04	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,7
165	FAZ. QUESIMADAS	IRECÊ	-	30.06.71	SUDENE	6,7	3.960	-	3.237	352	299,3	186,9	13,3	845,8	-	945,4	794,7	ausente	-	-	-	-
181	NOVA DESCOBERTA	IRECÊ	-	10.10.64	SUDENE	7,0	964,3	-	658	11,2	71	23	-	482	-	15,4	21,0	presente	-	-	-	-
				01.07.71	SUDENE	7,9	1.187	-	745,6	76,7	101,8	54,6	4,9	451,4	-	73,0	129,8	ausente	-	-	-	-
183	FAZ. INDEPENDÊNCIA	IRECÊ	-	30.06.71	SUDENE	8,7	1.100	-	666	96	53,5	71,4	6,2	532,8	-	52,7	175,3	ausente	-	-	-	-
185	FAZ. NORTE	IRECÊ	-	19.09.71	SUDENE	7,5	1.855	-	1.290,8	219,6	70,4	76,2	7,2	384,8	-	82,9	521,5	ausente	-	-	-	-
186	FAZ. UBERLÂNDIA	IRECÊ	-	01.07.71	SUDENE	7,4	1.300	-	839,8	84,7	67	113,1	4,0	562,3	-	188,6	137,3	ausente	-	-	-	-
190	FAZ. VARGINHA	IRECÊ	-	06.07.71	SUDENE	6,9	2.344	-	1.451	240,4	120,7	90,6	1,4	796	-	255,5	353	ausente	-	-	-	-
191	FAZ. LAGOA DO MEIO	IRECÊ	-	11.11.71	SUDENE	7,1	1.300	-	677,4	152,3	20,1	14,7	4,4	306	-	51,2	155	ausente	-	-	-	-
193	FAZ. CAJUEIRO	IRECÊ	-	05.07.71	SUDENE	7,0	1.172	-	1.172	167,8	105,7	87,7	5,2	673,4	-	236,2	286,9	ausente	-	-	-	-
194	FAZ. BOM PRAZER	IRECÊ	-	06.07.71	SUDENE	7,1	1.609	-	1.022,8	186,4	76,7	69	4,5	658,6	-	75,1	96	ausente	-	-	-	-
198	FAZ. SANTA ADÍLIA II	IRECÊ	-	03.07.71	SUDENE	7,3	1.660	-	986,4	99,4	86,8	106,4	3,5	569,7	-	216	218,6	ausente	-	-	-	-
199	FAZ. SANTA ADÍLIA I	IRECÊ	-	03.07.71	SUDENE	7,0	1.547	-	1.403	153,3	88	96,3	3,2	680,8	-	326,1	127,5	ausente	-	-	-	-
202	CARROS	PRESIDENTE DUTRA	2300	06.05.82	CEPED	7,1	3.255	1.117	2.660	324	75	164	1,2	263	-	110	765,0	64,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,8
203	FAZ. MONTANHA	PRESIDENTE DUTRA	1156	05.03.82	CEPED	6,9	1.430	718	1.206	212	46	41	2,3	312	0,0	105	195	24,6	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,3
213	SEDE II	PRESIDENTE DUTRA	1553	05.04.82	CEPED	7,0	2.860	1.050	2.470	302	72	193	2,7	237,4	0,0	215	505	61,0	0,018	0,3	< 0,02	2,6
225	UMBUIZEIRO	IRECÊ	-	12.03.75	SUDENE	8,6	1.050	-	859	67,1	52,6	48,6	20,7	142,7	-	114,2	144	presente	-	-	-	-
226	ITAPICURU	IRECÊ	-	11.01.72	SUDENE	6,9	2.200	-	1.559,4	283,2	84,4	72,8	4,7	460,7	-	125,7	467,3	ausente	-	-	-	-

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA										DETERMINAÇÕES												
Nº POÇO	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	CE µMHO/CM	DUREZA	RT	CA	MG	NA	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	AS	F
229	Faz. Nova	Irecê	-	28.07.71	SUDENE	7,4	1.328	-	994,0	153,3	63,2	64	15,6	414,4		144,2	4,4	ausente				
235	SÍTIO XODÓ	Irecê	-	22.07.71	SUDENE	7,3	2.679	-	1.986	246,6	26,4	186,8	12,7	754,8		537,8	389,4	ausente				
245	GABRIEL	Irecê	1554	01.04.82	CEPED	7,3	2.960	1.329	2.456	422	27	70	2,7	268	0,0	57	695	31,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,29
247	GABRIELINHO	Irecê	-	05.11.64	SUDENE	6,5	-	-	1.489	78,4	148,7	88,4	-	205,3		48,2	575,0	presente				
317	Faz. MEIA HORA	Irecê	1157	05.03.82	CEPED	7,2	1.445	725	976	208	50	52	1,9	408	0,0	70	175	11	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,52
322	ACHADO	Irecê	-	25.10.64	SUDENE	6,5	-	-	199	16,8	10,9	4,1	-	154,7		15,4	6	ausente				
324	ACHADO	Irecê	0653	01.03.80	CEPED	7,2	1.150	-	794	136	39	33	3,8	398	0,0	87	84	0,05	< 0,01	< 0,2	< 0,02	2,4
			1871	14.05.81	CEPED	8,3	872	-	538	50	54	49,67	5,1	231	10	52	88	0,04	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,7
326	Faz. EVARISTO	Irecê	-	02.09.75	SUDENE	7,7	800	-	612	54,6	48,5	49,7	6,3	286,6		68,6	200	ausente				
327	Faz. HARMONIA	Irecê	-	04.07.71	SUDENE	7,5	2.650	-	1.730	280,3	88,7	125,1	5,6	614,1		183,7	626,2	ausente				
330	Faz. MARACANÁ	Irecê	-	30.06.71	SUDENE	7,7	1.057	-	654	130,5	66,6	41,2	1,5	606,8		42,2	148	ausente				
336	Faz. PLANALTIMA	Irecê	-	05.07.71	SUDENE	6,9	2.500	-	1.772,4	254,1	84,7	151,4	22,8	570,1		168,9	265,8	ausente				
342	Faz. BANDEIRA	Irecê	-	06.07.71	SUDENE	8,0	728	-	432	62,1	67,4	17,8	3,4	4,7		72	52,4	ausente				
343	2 IRMÃS	Irecê	-	06.07.71	SUDENE	7,5	1.057	-	730	111,9	61,6	56,5	4,5	407		112,2	134,3	ausente				
345	Faz. ALTO ALEGRE	Irecê	-	07.07.71	SUDENE	7,9	1.075	-	650	110,1	63,2	52	3,5	525,4		27,4	220,9	ausente				
350	ALTO BONITO	Irecê	1158	05.03.82	CEPED	6,7	2.845	1.339	2.946	408	78	81	3,9	368		89	695,0	39,6	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,38
355	GUANABARA	Irecê	-	05.07.71	CEPED	8,2	1.790	-	1.160,8	72,5	55,3	23,3	7,8	510,6		60,5	47,8	ausente				
358	Faz. NORTE	Irecê	-	24.01.65	CEPED	7,0	720,4	-	928	150	24,3	31	-	550,4		34,7	96	presente				
			-	04.07.71	CEPED	7,5	1.994	-	1.308,6	165,1	77,1	66,7	3,8	288,6		30,9	357,5	ausente				
359	Faz. NORTE	Irecê	-	07.10.71	CEPED	7,3	970	-	510,6	72,6	17,1	12,7	2,2	534,4		16,2	72,6	ausente				
367	LAGOA	Irecê	-	20.07.71	CEPED	7,1	980	-	609	118,1	59,8	14,1	9,2	643,7		16,5	91,1	ausente				
			-	04.05.75	CEPED	8,3	950	-	735	118	40,4	21,4	8,6	513,4		4,4	125	presente				
374	ESTEVINHO	Irecê	1555	03.04.82	CEPED	7,3	901,5	417	622	88	48	17	4,2	376	0,0	20	62	2,7	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,2
375	Faz. POUSO NOVO	Irecê	-	26.07.71	CEPED	7,6	966,9	-	608,8	103,6	70,4	19,8	4,2	599,4		35,0	111,6	ausente				
382	Faz. PRIMAVERA	Irecê	1556	02.04.82	CEPED	7,3	1.750	706	1.210	189	57	53	6,1	203,4	0,0	99	297	24,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,47
384	SOARES	Irecê	-	18.02.65	CEPED	7,0	772,0	-	901	80	44,2	54,2	-	546,2		19,3	56	presente				
			-	21.07.71	CEPED	6,9	1.014	-	706,8	178,2	27,7	20,4	4,5	525,5		34,8	84,6	ausente				
385	SERTÃO BONITO	Irecê	-	01.07.71	CEPED	6,8	1.906	-	1.272	242	70,4	14,9	6,1	644,1		49,2	350,7	ausente				
387	FLORESTA	Irecê	-	01.07.71	CEPED	7,5	1.700	-	1.026,2	166,6	63,2	93,9	4,7	515,4		69,5	283,5	ausente				
393	Faz. ANDUZEIRO	Irecê	1557	02.04.82	CEPED	7,2	1.180	562	948	123	62	30	29	402	0,0	35	87	22	< 0,01	< 0,3	< 0,02	0,9
395	Faz. SANTO ANTÔNIO	Irecê	-	02.07.71	CEPED	6,9	1.682	-	1.078,4	215,4	62,9	60,4	5,1	629,0		52,5	309,7	ausente				

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA								DETERMINAÇÕES														
Nº POÇO	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	CE μMHO/CM	MG / L														
								DUREZA	RT	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	As	F
398	NOVO NORTE	IRECÊ		01.07.71	CEPED	7,9	2.068	-	1.293	87,1	95,3	122,2	5,0	288,6		216,0	514,0	ausente				
400	TANQUINHO	IRECÊ		12.03.75	CEPED	8,2	700	-	581	53	43,2	23,5	1,9	267,7		46,6	71,0	ausente				
404	LAGOA DO URUBU	IRECÊ		14.03.75	CEPED	8,2	500	-	321	45,7	23,2	28,3	2,3	172,5		39,5	40,0	presente				
408	LAGOA DOS PATOS	IRECÊ		14.03.75	CEPED	8,0	3.200	-	2.343	338,7	95,7	161,0	3,1	371,9		51,1	840,0	presente				
411	FAVELEIRA	IBITITÁ	1159	06.03.82	CEPED	6,9	3.650	1.571	3.664	560	42	157	1,6	264	0,0	225	870	76,6	0,03	< 0,2	< 0,02	0,52
415	QUEIMADA DO IVARI	IRECÊ	1160	06.03.82	CEPED	6,7	2.170	1.054	1.630	302	73	79	8	416	0,0	157	335	31,5	0,04	< 0,2	< 0,02	0,98
421	CIRCO	IBITITÁ	1161	06.03.82	CEPED	7,2	3.446	1.628	3.124	428	136	211	3,4	328	-0,0	547	705	48,7	0,05	< 0,2	< 0,02	0,96
428	ALTO DA CRUZ	UIBAI	1558	05.04.82	CEPED	7,6	994	509	716	153	31	16	5,3	454	0,0	51	39	0,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,78
429	LAGOA DAS PEDRAS	IBITITÁ	1559	06.04.82	CEPED	7,5	4.070	1.624	3.274	418	141	226	3,4	221,4	0,0	272	1.030	38,0	0,036	< 0,2	< 0,02	2,1
431	PEDRA LISA	IBITITÁ	1162	09.03.82	CEPED	7,7	621,5	245	474	82	10	28	4,2	248	0,0	48	20	10,0	< 0,01	< 0,02	< 0,02	1,2
432	QUENAS	IBITITÁ		20.08.75	SUDENE	7,4	1.000	-	872	97,6	34	48,5	8,2	208,2		34,3	166	ausente				
438	ALFREDO REDONDO	IBITITÁ	2301	11.05.82	CEPED	7,5	1.620	648	1.212	179	49	45	3,0	312	0,0	93	285	13,5	0,015	< 0,2	< 0,02	0,42
440	FAZ. SANTA MÔNICA	IBITITÁ	1163	09.03.82	CEPED	7,3	2.040	1.025	1.694	302	66	69	5,2	304	0,0	53	415	21,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,52
443	LAGOA DO LEITE	IBITITÁ		02.07.75	SUDENE	6,9	1.600	-	1.020	201,1	92,4	55,6	11,2	593,5		498	124	ausente				
			3763	11.07.82	CEPED	7,3	1.790	930	1.520	225,0	89,4	50,0	10,0	376,0	0,0	454	160	2,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,68
453	LAGOA DO CEDRO	IBITITÁ	1165	09.03.82	CEPED	7,1	3.705	1.495	3.304	421	108	219	5,9	300,0	0,0	432	840	0,05	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,84
456	SEDE	IBIPEBA	1560	04.04.82	CEPED	7,1	1.565	638	1.296	193	38	69	2,0	258,9	0,0	102	227	14,0	< 0,01	0,3	< 0,02	0,76
458	CEARENSE	IBITITÁ	3764	11.07.82	CEPED	7,3	2.000	900	1.584	212	90	108	7,8	484,0	0,0	289	285	0,51	< 0,01	< 0,2	< 0,02	2,2
460	LAGOA DO J. MENDES	IBITITÁ	1561	04.04.82	CEPED	7,0	1.455	614	1.078	172	45	46	8,5	302,5	0,0	61	137	33,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,85
462	LAGOA GRANDE	IBIPEBA	1562	04.04.82	CEPED	7,1	615	255	444	53	30	14	6,9	249	0,0	6	41	1,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2
464	SERRA GRANDE	IBIPEBA	1563	04.04.82	CEPED	6,7	239,5	90	164	18	11	8	3,2	82	0,0	5	19	0,3	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2
465	SEDE I	IBITITÁ		15.04.64	SUDENE	7,1	-	-	310,4	380	172,5	168,8	35	470		474,9	85	presente				
				20.06.71	CEPED	7,1	2.700	-	205,8	349,5	60,4	169,6	26,7	398,2		199,4	50,9	ausente				
467	QUIXABA	IBITITÁ	1167	09.03.82	CEPED	7,2	2.165	864	1.624	224	74	198	4,2	356	0,0	233	345	24,4	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,64
503	FAZ. SETE CASCA	IRECÊ	1168	07.03.82	CEPED	7,4	885	432	748	137	22	11	35	316	0,0	49	36	30,6	0,01	< 0,2	< 0,02	0,74
504	TIRIRICA	IRECÊ	1169	06.03.82	CEPED	7,5	824,5	564	670	170	34	23	1,4	356	0,0	37	53	18,9	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,37
507	AGUADA NOVA	IRECÊ		21.07.71	SUDENE	7,6	1.120	-	710	90,1	66	58,9	10,4	226,4		142,2	135	ausente				
513	LAGEADO II	IRECÊ	1170	06.03.82	CEPED	7,0	2.360	1.176	2.046	303	102	93	5	388	0,0	299	405	13,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,4
514	LAGEADO I	IRECÊ	1171	06.03.82	CEPED	7,0	1.180	515	830	159	41	32	1,1	376	0,0	33	67	30,4	0,1	0,3	< 0,02	0,45
516	BABILÔNIA	IRECÊ		06.03.75	SUDENE	8,5	750	-	562	499	44,9	24,1	5,5	205,3		33,6	84	presente				
519	BELO CAMPO	IRECÊ		22.06.71	SUDENE	6,0	1.100	-	794,8	162,4	18,9	44,3	12,7	421,7		52	146	ausente				

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA								DETERMINAÇÕES															
Nº POÇO	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	C E u MHO/CM	M G / L															
								DUREZA	RT	CA	Mg	NA	K	HCO ₃	CO ₂	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	AS	F	
521	FAZ. LIMOEIRO	IRECÊ		22.06.71	SUDENE	6,9	2.000	-	1.292,4	235,3	75,8	74,8	3,4	554,4		69,5	3.433	ausente					
522	TRES IRMÃS	IRECÊ		22.06.71	SUDENE	8,0	1.100	-	667,5	91,6	59,4	88,2	4,6	570,1		118,1	106,3	ausente					
539	CONQUISTA I	IRECÊ		22.06.71	SUDENE	7,0	1.080	-	639,0	157,2	36,7	15	1,8	443,9		34,6	77,9	ausente					
541	CONQUISTA II	IRECÊ		23.06.71	SUDENE	7,4	1.170	-	722	167,3	20,8	13,8	8,0	443,9		48,3	98,6	ausente					
542	LAGEDÃO	IRECÊ		19.12.71	SUDENE	7,1	960	-	546,4	108,2	56,7	10,4	10,9	616,9		56,2	39,9	ausente					
545	FAZ. MULUNGU	IRECÊ		22.06.71	SUDENE	7,0	1.532	-	1.035,2	180,3	85,5	47,4	7,4	621,6		42,4	332,5	ausente					
547	LAGOINHA	IRECÊ	1172	07.03.82	CEPED	7,0	1.605	871	1.586	273	46	44	3,7	348	0,0	76	262	30,6	30,6	< 0,2	< 0,02	< 0,2	
553	CAMPO ALEGRE	IRECÊ		06.03.75	SUDENE	8,5	1.500	-	1.242	60,5	90,7	75,9	3,5	224,6		32,1	328	ausente					
557	CAMPO LARGO	IRECÊ		08.07.71	CEPED	6,7	1.700	-	1.080	243,6	48,0	39,1	2,7	554,4		58,0	194,9	ausente					
559	FAZ. CAMPO LARGO	IRECÊ	1173	07.03.82	CEPED	7,3	620	354	438	97,4	27	13	1,3	284	0,0	16	37	11,3	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,25	
562	FAZ. MÃE VELHA	IRECÊ		23.06.71	SUDENE	7,2	1.330	-	809	180,2	44,1	32,6	6,2	516,3		29,2	114,2	ausente					
568	FAZ. SABINO	IRECÊ		22.06.71	SUDENE	6,9	1.200	-	794,0	181,1	39,2	22,4	4,2	562,3		41,6	93	ausente					
569	FAZ. SABINO	IRECÊ		01.06.64	SUDENE	7,0		-	772,0	112,0	21,9	25,6		443,3		50,2	53	presente					
				23.06.71	SUDENE	6,9	1.200	-	773,4	143,6	48	35,1	3,0	406,1		59,7	135,1	ausente					
572	CAMPO ALEGRE	IRECÊ		22.09.64	SUDENE	7,0	924	-	578	136,7	39,4	14,4	6,5	584,6		35,6	88,8	ausente					
576	BOM RETIRO	IRECÊ		18.07.71	SUDENE	7,2	1.200	-	761,8	123	49,8	69	3,6	585,7		66,9	146,2	ausente					
578	PREVINIDO	IRECÊ		25.08.64	SUDENE	7,0	873	-	1.002	129,6	52,5	38,1	6,3	743,7		19,2	85	presente					
				23.08.71	SUDENE	7,0	2.445	-	759	145	62,9	38,7	2,4	577,2		51,8	107,3	presente					
				04.05.75	SUDENE	8,4	650	-	546	65,2	29,2	38,1	0,2	168,1		35,0	80,0	presente					
579	FAZ. HERMANO	IRECÊ	3765	10.07.82	CEPED	7,6	1.640	710	1.326	189,0	58,0	47,0	3,6	382,0	0,0	87,0	232,0	26,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,92	
581	FAZ. TANQUE I	IRECÊ	1564	02.04.82	CEPED	7,5	1.495	676	954	177	57	40	4,6	248	0,0	74	132,0	55,0	0,02	< 0,2	< 0,02	0,76	
				02.10.64	SUDENE	7,0		-	688	64	62,2	49,8		265,1		127,4	100,0	presente					
				20.07.71	SUDENE	7,3	1.209	-	773,2	128,5	65,4	74,8	3,4	673,4		96,5	132,1	ausente					
597	FAZ. VISTA ALEGRE	IRECÊ	1565	03.04.82	CEPED	7,8	1.245	525	938	128	50	48	1,9	289	0,0	42	138	14,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,58	
603	BAFAVA	IBIPEBA	1175	09.03.82	CEPED	7,5	1.860	781	1.640	234	48	84	4,0	296	0,0	100	380	12,0	0,04	< 0,2	< 0,02	0,8	
607	FAZ. SANTO ANTÔNIO	BARRA DO MENDES	1566	05.04.82	CEPED	7,3	2.630	833	1.898	197	83	205	2,6	277	0,0	115	535	40,0	0,01	< 0,2	< 0,02	0,33	
609	Q. DO MENDES	BARRA DO MENDES	1567	04.04.82	CEPED	7,4	1.875	676	1.470	177	57	127	4,7	430	0,0	177	217	21,6	0,01	< 0,2	< 0,02	2,8	
613	RECIFE	IBIPEBA	1568	04.04.82	CEPED	7,7	1.340	611	1.020	146	60	49	4,4	349	0,0	251	97	0,25	< 0,01	< 0,2	< 0,02	2,0	
614	SEDE I	BARRA DO MENDES	1569	05.04.82	CEPED	7,2	1.465	519	1.128	165	26	77	7,4	292	0,0	118	194	28,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,38	
620	PEIXE	BARRA DO MENDES	1570	04.04.82	CEPED	7,5	511,5	225	348	72	11	9	2,3	245	0,0	5	14	0,04	0,01	2,9	< 0,02	< 0,2	
621	FAZ. PAS. DE AREIA	BARRA DO MENDES	2302	08.05.82	CEPED	6,2	60	7,9	26	2	0,7	4,3	0,9	9,7	0,0	5	9	0,19	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2	

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA										DETERMINAÇÕES													
Nº Poço	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	C E pH-MO/CM	MG / L															
								DUREZA	RT	CA	Mg	NA	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	AS	F	
625	FAZ. CABOCLLO	BARRA DO MENDES	1571	05.04.82	CEPED	7,3	2.590	1.060	2.008	232	117	131	5,2	428	0,0	170	495	13,5	0,03	< 0,2	< 0,02	0,73	
626	FAZ. BELO	BARRA DO MENDES	1572	05.04.82	CEPED	7,7	1.425	590	1.048	149	53	56	2,7	299	0,0	131	207	5,6	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,44	
634	BARREIRO	CANARANA		27.08.75	SUDENE	7,6	700	-	517	70,4	19,8	29,2	1,2	130,9		7,1	185	ausente					
635	LAGOA DO ARROZ	IBIPEBA	1573	05.04.82	CEPED	7,2	772,5	376	554	116	21	8	3,9	329	0,0	12	46	0,5	0,024	0,4	< 0,02	0,6	
643	BARRO ALTO	CANARANA	0651	28.02.80	CEPED	8,2	1.340	-	1.028	168	53,5	40,5	4,4	388	36	152	114	5,4	< 0,01	< 0,2	< 0,028	0,9	
645	QUEIMADA DO RUFINO	CANARANA		04.10.64	SUDENE	6,0	-	-	684	92	51	10,4		559,3		20,2	46	ausente					
				05.05.75	SUDENE	3,5	650	-	407	59	58,7	10,1	5,8	455,2		6,8	24	presente					
646	MANDACARU	CANARANA	1574	05.04.82	CEPED	7,1	770,5	341	564	112	15	9	2,5	344	0,0	9	32	1,0	< 0,01	0,2	< 0,02	0,49	
647	PE-DE LINÃO II	CANARANA	1575	06.04.82	CEPED	7,1	1.125	545	808	141	47	13	2,2	447	0,0	76	60	1,0	0,15	< 0,2	< 0,02	0,64	
648	FEIRA NOVA	IBITITÁ		09.03.82	CEPED	7,0	1.640	818	1.298	209	72	86	3,7	396	0,0	178	266	0,3	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,39	
700	LAJ. DO P. D'ARCO	IRECÊ	1177	07.03.82	CEPED	7,2	1.810	777	1.220	206	64	114	1,6	404	0,0	112	242	41,6	0,14	0,4	< 0,02	0,58	
702	RODAGEM	IRECÊ	1178	08.03.82	CEPED	7,3	1.435	740	1.212	191	64	29	3,4	192	0,0	133	278	10,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,3	
704	BON VISTA	IRECÊ	1179	10.03.82	CEPED	7,2	1.875	1.068	1.834	316	68	61	3,0	268	0,0	190	345	45,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,43	
705	FAZ. MOSQUITO	IRECÊ		23.07.71	SUDENE	7,3	1.700	-	1.167	208,9	74,7	69	3,2	624,7	-	109,6	332,2	ausente					
708	FAZ. SANTA ROSA	IRECÊ	1180	08.03.82	CEPED	7,5	1.945	-	1.784	297	86	54	3,8	240	0,0	260	360	22,9	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,42	
709	LAGOA BONITA	IRECÊ	3766	12.07.82	CEPED	8,2	1.520	719	1.310	189	60	65	2,9	351	33,0	116	214	9,9	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,43	
714	TRAIÁAS II	IRECÊ	1576	02.04.82	CEPED	7,3	1.655	1.607	2.008	367	168	160	3,4	276	0,0	652	740	5,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,66	
720	HONORATO	CANARANA	1577	06.04.82	CEPED	7,5	1.355	605	1.018	165	47	23	1,8	375	0,0	101	150	3,7	0,01	4,9	< 0,02	0,44	
723	CARREIRA DA VAÇA	CANARANA	1182	08.03.82	CEPED	7,8	1.175	556	842	134	54	67	5,4	272	0,0	211	101	3,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,5	
728	LAGOA DO AGOSTINHO	CAFARNAUM	1183	10.03.82	CEPED	7,4	778	537	612	146	42	13	2,3	332	0,0	53	75	2,4	0,03	< 0,2	< 0,02	0,2	
729	REC. DE J. ANDRÉ	CAFARNAUM	1184	10.03.82	CEPED	7,1	1.530	662	1.084	183	50	94	4,3	320	0,0	156	166	36,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2	
733	UMB. DO QUERER	CAFARNAUM	1185	10.03.82	CEPED	7,6	1.108	166	714	42	15	165	2,7	352	0,0	92	178	0,2	0,03	< 0,2	< 0,02	3,7	
735	SANTA ISABEL	CAFARNAUM	1186	10.03.82	CEPED	7,3	1.050	519	782	114	57	44	5,8	300	0,0	118	118	< 0,04	< 0,01	< 0,2	< 0,02	2	
736	CANUDOS	CAFARNAUM	2304	07.05.82	CEPED	7,3	2.905	873	2.430	264	52	215	4,0	180	0,0	180	760	7,3	2,07	12,1	< 0,02	0,26	
739	GAMELEIRA	CANARANA	1578	06.04.82	CEPED	7,2	1.135	450	864	154	16	65	5,3	275	0,0	87	138	3,5	0,035	< 0,2	< 0,02	0,68	
740	LAGOA VELHA	CANARANA	1187	10.03.82	CEPED	7,0	1.180	476	886	158	20	46	1,9	348	0,0	70	115	37,8	0,34	< 0,2	< 0,02	1,2	
745	SALOBRO	CANARANA	0652	28.02.82	CEPED	6,7	965	-	746	152	14,6	9,3	3,4	294	0,0	32	22	23,0	< 0,01	< 0,2	0,34	0,6	
				1873	14.05.81	CEPED	7,3	1.525	-	1.142	200	45	73,67	2,3	283	0,0	73	168	20,0	< 0,01	1,2	< 0,02	1,0
748	BARRIGUDA	CANARANA	1188	08.03.82	CEPED	7,0	1.935	874	1.850	235	70	55	2,8	304	0,0	170	370	19,3	0,3	< 0,2	< 0,02	0,5	
750	CAPIVARA	CANARANA	1189	10.03.82	CEPED	7,3	1.635	1.607	2.164	400	148	228	7,2	116	0,0	564	770	< 0,04	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,1	
751	LAGOA BRANCA	CANARANA	1579	06.04.82	CEPED	7,9	1.265	562	930	115	67	35	3,4	310	0,0	190	122	1,7	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,41	

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA										DETERMINAÇÕES												
Nº POÇO	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	C E uMHO/CM	M G / L														
								DUREZA	RT	CA	Mg	NA	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	AS	F
754	QUEIMADA CLARA	CANARANA	1190	11.03.82	CEPED	7,1	2.445	1.241	2.104	372	76	101	7,0	336	0,0	376	425	2,0	0,03	< 0,2	< 0,02	0,64
756	MORRINHOS	CANARANA	1580	06.04.82	CEPED	7,3	1.325	652	996	136	76	16	9,0	434	0,0	120	110	2,9	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,96
759	BATATAS	IBITITÁ	1581	06.04.82	CEPED	7,2	3.255	1.441	2.348	381	119	88	3,6	310	0,0	227	710	31,0	0,014	< 0,2	< 0,02	0,7
760	BOA VISTA	CAFARNAUM	1191	08.03.82	CEPED	7,4	742	403	502	109	32	6,4	1,8	328	0,0	34	55	13,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,4
762	EURÍPEDES	IRECÊ	1192	09.03.82	CEPED	6,9	3.195	1.194	3.246	368	67	146	6,6	308	0,0	259	735	55,0	0,2	< 0,2	< 0,02	1,1
763	UMBURANINHA III	CAFARNAUM	3766	12.07.82	CEPED	7,4	2.620	1.357	2.480	288	155	112	7,8	364	0,0	788	340	1,12	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,3
764	FAZ. BALIZA	CANARANA	1194	11.03.82	CEPED	7,4	1.710	1.192	1.598	326	92	21	3,6	256	0,0	882	48	0,3	< 0,01	0,2	< 0,02	1,3
766	LAGOA CLARA	CANARANA	1195	10.03.82	CEPED	8,3	875,5	514	648	122	51	17	1,2	220	0,0	47	94	4,3	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,58
767	FAZ. QUIXABA	CANARANA	1196	11.03.82	CEPED	7,4	2.270	1.198	1.910	302	108	99	7,5	404	0,0	294	337	< 0,04	0,02	0,2	< 0,02	1,4
768	LAGOA DO ESTEVO	CANARANA	3768	11.07.82	CEPED	7,2	673	394	512	125	20	5	4,5	406	0,0	24	8	1,18	0,046	0,4	< 0,02	0,5
800	RIBICHO	IRECÊ	1582	02.04.82	CEPED	7,5	2.175	912	1.352	263	62	61	2,7	244	0,0	88	275	76,0	0,029	< 0,2	< 0,02	0,41
801	RODAGEM	IRECÊ	1869	13.05.81	CEPED	7,3	990	-	710	124	38	20,46	2,9	224	0,0	58	62	27,6	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,45
802	LAGOA DOS LUNDUS	IRECÊ	1583	02.04.82	CEPED	7,8	1.850	693	1.234	131	89	143	3,9	336	0,0	260	225	2,7	0,018	< 0,2	< 0,02	0,72
803	FAZ. BOA ESPERANÇA	IRECÊ	1584	02.04.82	CEPED	7,5	1.110	422	778	110	36	43	2,2	241	0,0	51	110	16,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,66
805	TERRA NOVA	IRECÊ	3769	10.07.82	CEPED	7,4	1.805	717	1.356	175	68	103	4,5	364	0,0	147	198	59,4	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,62
806	FAZ. 3 CANTOS	IRECÊ	-	06.12.71	SUDENE	7,1	1.500	-	1.044	166,6	63,2	93,9	5,2	570,1	-	227,5	150,6	ausente	-	-	-	-
807	FAZ. LAGOA VERDE	IRECÊ	1586	02.04.82	CEPED	7,4	2.525	913	2.064	267	60	135	2,8	164	0,0	127	485	49,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,29
808	BAIXA VERDE	IRECÊ	2306	07.05.82	CEPED	7,1	2.750	1.113	2.458	324	74	96	3,9	330	0,0	76	620	50	0,06	< 0,2	< 0,02	0,2
809	SOARES	IRECÊ	-	02.07.71	SUDENE	7,5	1.213	-	775,2	178,3	45,2	33,3	3,1	629	-	55,7	91,1	ausente	-	-	-	-
810	SOARES	IRECÊ	1197	05.03.82	CEPED	7,4	1.160	505	774	158	27	32	3,6	384	0,0	17	72	28,5	< 0,01	0,8	< 0,02	0,32
812	FAZ. MACAMBIRA	IRECÊ	1587	03.04.82	CEPED	7,2	1.520	638	1.068	165	55	52	1,4	430	0,0	47	154	22,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,77
813	SÃO RAFAEL	MORRO DO CHAPEU	1866	15.05.81	CEPED	6,6	352	-	224	17,4	17	9,24	8,3	110	0,0	5	26	0,04	0,15	< 0,2	< 0,02	< 0,2
			1198	06.03.82	CEPED	6,9	367	105	222	16	16	9,2	8,3	32	0,0	5	25	0,4	< 0,01	0,8	< 0,02	< 0,2
814	BRAÇO DO FELIX	MORRO DO CHAPEU	1199	05.03.82	CEPED	8,3	571	171	398	54	9	31	7,5	160	24	5	71	< 0,04	< 0,01	0,7	< 0,02	< 0,2
816	BARRIGUDA	IRECÊ	-	27.02.75	CEPED	8,3	850	-	627	71,9	33,4	33,8	4,7	388,2	-	17,1	81	presente	-	-	-	-
817	FAZ. BOA ESPERANÇA	IRECÊ	1200	05.03.82	CEPED	7,4	1.090	566	858	156	43	34	5,9	420	0,0	54	57	40,6	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,28
818	LAGEDINHO	IRECÊ	-	12.10.64	SUDENE	7,0	815	-	862	54,4	85	11,7	-	232	-	137	155	presente	-	-	-	-
			-	03.07.71	SUDENE	6,8	2.300	-	1.646	224,9	157,9	95,8	8,3	937,1	-	421,4	301,2	ausente	-	-	-	-
820	FAZ. BOA VISTA	IRECÊ	1201	05.03.82	CEPED	7,1	1.255	557	888	141	59	48	2,8	284	0,0	47	178	31,6	0,02	< 0,2	< 0,02	0,52
821	FAZ. BOA VISTA	IRECÊ	-	07.02.75	SUDENE	8,4	750	-	587	38,5	45,7	27,4	2,3	196,3	-	4	76	presente	-	-	-	-
822	AMÉRICA DOURADA	IRECÊ	1868	15.05.81	CEPED	7,6	2.420	-	1.990	200	122	130	7,9	194	20,4	250	800	5,0	0,01	0,2	< 0,02	0,5

ANEXO I - Cadastro de Análises Químicas dos Poços da Região de Irecê / Bahia Até 1982

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA						DETERMINAÇÕES																
Nº POÇO	LOCAL	MUNICÍPIO	Nº	DATA	LABORATÓRIO	PH	C E uMHO/CM	MG / L														
								DUREZA	RT	CA	MG	NA	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	CL	NO ₃	NO ₂	FE	AS	F
			1202	06.03.82	CEPED	7,2	2.960	1.356	2.580	319	136	172	6,5	256	0,0	421	565	21,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,62
824	PÓ SÓ II (SEDE)	MORRO DO CHAPÉU	3770	12.07.82	CEPED	5,9	76,4	15	100	2,4	2,2	8	0,4	9,7	0,0	< 5	14	0,49	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2
825	KM - 02	MORRO DO CHAPÉU	1867	15.05.81	CEPED	7,4	246	-	176	39	2,6	7,48	1,0	96	0,0	< 5	14	0,04	< 0,01	7,5	< 0,02	< 0,2
826	NOVA AMÉRICA	IRECÊ		16.07.74	SUDENE	7,5	1.280	-	914	129,6	80,7	62	3,2	482,6		138	178	presente				
828	FAZ. M. DE AREIA	MORRO DO CHAPÉU	1203	05.03.82	CEPED	7,2	875,5	453	642	109	44	11	2,6	332	0,0	60	29	0,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,41
830	OURICURI (FZ. BELOARI)	MORRO DO CHAPÉU	1204	04.03.82	CEPED	7,6	765,5	394	542	97	37	13	2,9	280	0,0	83	57	3,2	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,33
831	LAPA CERCADA	CAFARNAUM	1205	04.03.82	CEPED	7,2	388	159	190	39	15	8	3,5	148	0,0	< 5	25	1,0	< 0,01	< 0,2	< 0,02	0,2
834	LAPA CERCADA IV	CAFARNAUM	1206	04.03.82	CEPED	7,4	537	231	300	53	24	13	4,8	208	0,0	7	33	1,4	< 0,01	0,2	< 0,02	< 0,2
835	CONQUISTA	CAFARNAUM	1207	10.03.82	CEPED	7,3	1.055	424	664	127	26	35	5,6	336	0,0	40	175	2,0	< 0,01	0,2	< 0,02	< 0,2
841	FAZ. MELANCIA	CAFARNAUM	1210	10.03.82	CEPED	7,1	1.085	393	736	85	44	44	14	164	0,0	46	194	4,5	< 0,01	< 0,2	< 0,02	< 0,2
846	LAMPEDOR	CAFARNAUM	2583	18.05.82	CEPED	7,9	1.840	542	1.210	95	74	148	3,8	448	0,0	56	310	0,13	< 0,01	24	< 0,02	0,37
850	QUEINADA NOVA	MORRO DO CHAPÉU	1211	04.03.82	CEPED	6,9	3.140	2.138	3.396	606	152	28	4	224	0,0	1.659	152	< 0,04	< 0,01	< 0,2	< 0,02	1,7
900	SEGREGO	SOUTO SOARES	-	27.08.72	SUDENE	0,01	1.950	-	1.252	296	27	55,5	5,5	417		178	332	presente				
				02.08.74	SUDENE	7,4	1.660	-	1.296	284,8	25,3	62	5,2	417,7		206	336	presente				
916	CAJAZEIRA	IRAQUARA	1607	18.05.79	CEPED	7,8	1.225	-	1.113	174,3	49,9	7,5	2,74	193	0,0	493	4	0,21	0,021	1,5		
918	V. DA CANABRAVA	IRAQUARA	1274	26.08.78	CEPED	5,4	79	-	63	4,12	4,75	5,52	4,25	9	0,0	3,5	14	< 0,01	< 0,001		< 0,02	
919	SEDE	IRAQUARA	1597	26.08.78	CEPED	7,2	385	-	259,6	39,65	16,81	6,3	8,47	146	0,0	6	36	0,1	< 0,001		< 0,02	
			1276	14.05.79	CEPED	8,0	333	-	221	32,62	14,4	5,3	4,4	132	0,0	9,6	16	0,125	< 0,001	0,61		
922	QUIXABA	IRAQUARA	1605	12.05.79	CEPED	7,2	1.620	-	1.276	153,5	64,9	73,44	1,78	329	0,0	70	264	18,3	< 0,001	5,11		
924	IRAPORANGA	IRAQUARA	1124	08.08.78	CEPED	8,1	1.620	-	1.177,7	16,98	62,86	69,67	1,97	266	54	53,8	260	0,08	0,0		0,0	
			1602	14.05.79	CEPED	7,3	670	-	482	82,66	11,9	16,87	3,45	315	0,0	1,25	28	1,12	0,19	3,58		
926	MUL. DO PIRES	IRAQUARA	1600	14.05.79	CEPED	7,6	551	-	363	38,5	23,9	35,94	7,26	229	0,0	24	30	< 0,001	1,83			
928	BAIXA REDONDA	IRAQUARA	1596	12.05.79	CEPED	7,6	465	-	289	46,0	19,4	7	3,45	187	0,0	7,75	28	0,72	< 0,001	< 0,15		
929	CAPÃO DE MADEIRA	IRAQUARA	1492	18.09.78	CEPED	8,5	501	-	331	47,33	19,71	8,13	2,56	169	12	11	58	0,1	0,02	0,1	< 0,02	
			1603	17.05.79	CEPED	8,2	521	-	335	51	23,4	10,94	3,45	177	20	11,6	40	3,6	0,216	< 0,15		
930	FAZ. TALHÃO	IRAQUARA	1608	20.05.79	CEPED	7,9	992	-	840	109,3	16,9	37,19	2,86	69	0,0	70	280	6,8	0,092	< 0,15		
931	C. DO MALHEIRO	SEABRA	1599	13.05.79	CEPED	7,3	1.800	-	1.494	149,3	81,9	143,44	4,05	352	0,0	257,5	260		0,008	5,39		
			2218	31.05.81	CEPED	7,6	1.160	-	1.147	124	74	114	3,9	371	0,0	213	225	1,0	< 0,001	< 0,2	< 0,02	< 0,2
934	PAU FERRO	SOUTO SOARES		02.07.74	SUDENE	6,9	3.550	-	2.357	282	217,0	155	10,0	586,4		454	758	presente				
				06.05.75	SUDENE	7,6	4.000	-	3.722	327,8	218,6	147,5	10,5	342,1		373,2	336,0	presente

LEGENDA

CALCÁRIOS BAMBUÍ

QUARTZITOS CHAPADA DIAMANTINA

diagrama de Stiff de análises
de água subterrânea no
ponto de amostragem

745 Número
23 NO₃-N(mg/l)

POÇO TUBULAR

DIREÇÃO DE FLUXO

ZONAS DE FLUXO

CIDADES

CIDADES MENORES OU VILAS

RIOS E RIACHOS TEMPORÁRIOS

RIACHOS E ENGRUNAMENTOS

0 5 10 15 20 25Km

MAPA BASE: PROJETO RADAM-BRASIL; BASES PLANIMÉTRICAS
FOLHAS: SC-24-Y-C; SD-24-V-A; SC-23-ZD

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E VULNERABILIDADE
DO SISTEMA HIDROGEOLOÓGICO CÁRSTICO DA REGIÃO
DE IRECÊ-BAHIA

ANEXO II — Mapa de distribuição da Composição Química das Águas Subterrâneas do Carste Bambuí e Quartzitos Chapada Diamantina

Anexo III - mapa de vulnerabilidade à poluição

0 5 10 15 20 25 km
1:250.000

Fonte: Geologia, mod. compilada de: Geologia da Grupo Una (Bacia de Irecê) SSRN/CPRM - 1982

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E VULNERABILIDADE DO SISTEMA HIDROGEOLOÓGICO CÁRSTICO DA REGIÃO DE IRECÊ - BAHIA