



Continuação

Ponto	Coordenadas UTM		Estruturas	Descrição
46	0440521E	7745327N		Calcarenito de granulometria média a fina, com cor cinza escura média, apresentando porções ora bandadas outrora maciças. Ocorrem marcas de dissolução superficial pouco desenvolvidas. Blocos e matações basculados.
47	0440560E	7745277N	Contato	Calcarenito de granulometria média a fina, com cor cinza escura média, apresentando porções ora bandadas outrora maciças, coberto por sedimentos quaternários.
48	0440591E	7745310N		Cobertura quaternária.
49	0440606E	7745342N		Cobertura quaternária.
50	0440596E	7745399N		Cobertura quaternária.
51	0440231E	7745520N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura média, muito duro, laminado subhorizontal.
52	0440219E	7745527N	Fratura 094/84	Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura média, muito duro, laminado subhorizontal. Ocorrem fraturas de direção N-S subverticais, marcadas por dissolução.
53	0440215E	7745548N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
54	0440165E	7745539N		Calcarenito apresentando granulometria média a grossa, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
55	0440338E	7745468N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura média, muito duro, laminado subhorizontal.
56	0440412E	7745340N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.



*Continuação*

Ponto	Coordenadas UTM		Estruturas	Descrição
57	0440410E	7745393N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
58	0440394E	7745414N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
59	0440439E	7745306N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
60	0440407E	7745285N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal. Ponto marcado em borda de dolina de abatimento.
61	0440459E	7745253N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal. Ocorrem estruturas de dissolução tipo lapiás.
62	0440449E	7745231N	Fratura: 092/88	Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal. Ocorrem estruturas de dissolução tipo lapiás.
63	0440399E	7745215N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
64	0440370E	7745195N		Calcarenito apresentando granulometria média a grossa, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
65	0440346E	7745164N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura média, muito duro, laminado subhorizontal.



Continuação

Ponto	Coordenadas UTM		Estruturas	Descrição
65	0440346E	7745164N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura média, muito duro, laminado subhorizontal.
66	0440390E	7745254N		Calcarenito apresentando granulometria média a grossa, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.
67	0440449E	7745281N		Calcarenito apresentando granulometria média a grossa, com cor cinza escura média, muito duro, laminado subhorizontal.
68	0440476E	7745288N		Calcarenito apresentando granulometria média a fina, com cor cinza escura, muito duro, laminado subhorizontal.

#### 4.2.3. Geomorfologia

##### 4.2.3.1. Geomorfologia Regional

Constituindo o quadro geomorfoestrutural do Cráton do São Francisco, a Unidade Depressão do Alto São Francisco (RADAMBRASIL 1983) caracteriza-se por um relevo que expressa relações litoestruturais de sua infra-estrutura geológica (Felix & Freitas Jr. 2000).

O arranjo espacial das formas de relevo da Depressão do Alto São Francisco resulta da conjugação de fatores litológicos e estruturais associados a eventos de dissecação, aplainamento, acumulação fluvial e dissolução das rochas.

A dissecação do relevo é mais marcante à sudoeste da Unidade, onde os litotipos do Grupo Bambuí são interceptados pela cadeia dobrada da Serra da Canastra. Em toda a região restante, a ação da drenagem resulta em colinas com vertentes recobertas por formações superficiais resultantes da alteração *in situ* dos pacotes sedimentares. Os aplainamentos pleistocênicos, fracamente marcados pela drenagem, sobressaem-se ao longo do curso do rio São Francisco e representam sucessivas fases de erosão que



resultaram na morfologia de morros com topos e vertentes alongadas. As planícies e terraços, como modelados de acumulação fluvial, encontram-se concentrados ao longo do alto curso do rio São Francisco a partir de sua confluência com o rio Ajudas em direção a jusante (RADAMBRASIL 1983).

A região de Pains foi mapeada como carste descoberto em exumação, com modelados de dissolução, ocupando, também, setores dos municípios de Arcos, Doloresópolis e Iguatama (Felix & Freitas Jr. 2000). O carste caracteriza-se por extensos maciços calcários com escarpamentos desenvolvidos em ângulos de 90° e paredões marcados por diferentes tipos de lapiás e estruturas ruiformes, drenagem predominantemente subterrânea com sumidouros e ressurgências de cursos d'água, *canyons*, depressões do tipo dolinas, muitas vezes ocupadas por lagos.

Usando como critérios as características geológicas-geomorfológicas, Pizarro (1998) subdivide, de leste para oeste, a então denominada "Província Espeleológica de Arcos-Pains-Doloresópolis", em quatro blocos identificados pelos principais cursos d'água que os cortam.

### **Bloco São Miguel**

Corresponde à porção da Província, onde é possível a visualização de toda a seqüência estratigráfica da Fácies Carbonática de Muzzi Magalhães (1989). Apesar das ocorrências de calcário mais contínuos predominarem, há porções onde as intercalações de rochas pelíticas estão presentes.

Este bloco apresenta os maiores e mais contínuos maciços, atingindo alguns quilômetros de extensão e alturas de até 50m. São freqüentes as feições exocársticas, os sistemas de sumidouros-ressurgências, dolinas de dissolução e de abatimento, uvalamentos, feições ruiformes (torres, pináculos, banquetas e verrugas) e lapiás (*shichtenkarrens*, *rillenkarrens*, *rinenkarrens*, *rain pits*, *spitzkarrens* e *kamenitza*). As principais estruturas que controlam o endocarste são as diáclases subverticais e os planos de acamamentos. Este Bloco engloba cerca de 70% do total de cavidades (Guano-Speleo 1996). Destacam-se as grutas do Éden, Coqueiro I, II e III, Isaías e Paraíso.





### **Bloco Intermediário**

Compreende uma faixa norte-sul, a Oeste do Bloco São Miguel, limitado a leste pela localidade de Mina, a sudoeste na Vila Costina, a oeste na Vila Capoeirão e localidade dos Cunhas.

Geomorfologicamente constitui colinas e cristas suaves, típicas de rochas pelíticas, com afloramentos de rochas calcárias esparsas e/ou maciços calcários. O padrão das drenagens é geralmente dendrítico a sub paralelo, orientado principalmente segundo direções E-W e NE-SW, apresentando sistemas de sumidouros-ressurgências com lagoas cársticas. São comuns dolinas de carste subjacente e de dissolução.

O Bloco é dividido em dois domínios:

**-Domínio Centro-sul:** caracterizado por lentes de calcários esparsos (com dimensões de afloramentos métricos a maciços isolados) em rochas pelíticas

**-Domínio Norte (Faixa Capoeirão):** É constituído por um conjunto de maciços contínuos a nordeste da Vila Capoeirão e a leste da localidade de Cunhas. Tectonicamente, já representa um bloco mais deformado (afetado por falhas transcorrentes de direções NW-SE do lineamento Doresópolis-Pains, superpostas ao falhamentos de empurrão N-S Brasileiro).

As cavernas são controladas principalmente por estruturas como plano axial de dobras, clivagens de fraturas e planos de falhas. Na porção leste as principais cavernas são: Ressurgência e Sumidouro da Loca D'água. A oeste destacam-se a Gruta do Davi e Toca do Capoeirão, com desenvolvimento superior a 400m.

### **Bloco Ribeirão dos Patos**

Caracterizado por duas faixas de maciços calcários (Faixa Quilombo e Vila Costina), de direções NW-SE, separadas por um "corredor" constituído de rochas pelíticas.



Estruturalmente, apresenta maciços calcários contínuos, orientados segundo direções NW-SE, decorrentes de sistemas de falhamentos transcorrentes relacionados ao lineamento Doresópolis-Pains.

A geomorfologia é caracterizada pelos maciços calcários com as menores dimensões e continuidades da região.

O elevado grau de deformação superimposto à área (gerando estruturas que serviram de controle ao processo cárstico) e a freqüente intercalação de rochas pelíticas, confere uma particularidade a este bloco.

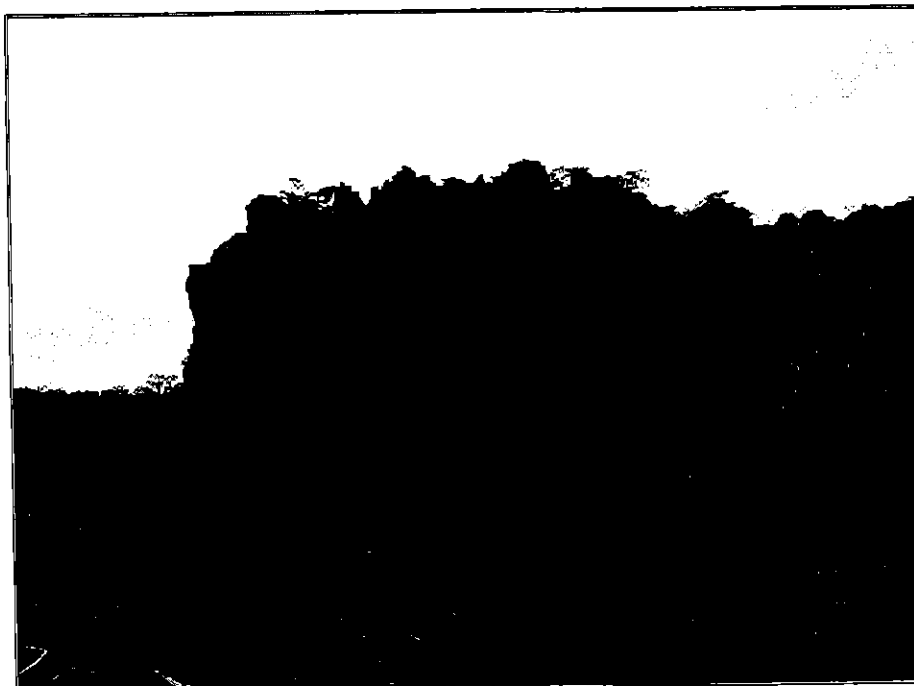
As cavernas mais representativas são: Gruta do Brega, Santuário e do Zezinho Beraldo.

#### **Bloco São Francisco (Extremo W)**

É constituído por dois tipos de ocorrências de calcários, às margens do rio São Francisco:

**Faixa Canyon do São Francisco:** Os calcários apresentam-se contínuos deformados, constituindo o canyon do referido rio (situado a 2,5 Km à sudoeste da cidade de Doresópolis). Destaca-se o alinhamento N-S de dolinas nas proximidades do canyon.

**Faixa Arraial Novo:** É caracterizado por maciços isolados, localizados principalmente na margem esquerda do rio (a nordeste da localidade de Arraial Novo), sendo as rochas desta unidade fortemente tectonizadas. A área mapeada encontra-se inserida no Bloco São Miguel da Província Cárstica do Alto São Francisco (Pizarro 1998), situada a 8 km a SW do município de Pains Predominam maciços calcários contínuos separados por colinas suaves, com cotas altimétricas variando entre 820 – 870 m. Ocorrem feições exocársticas tipo dolina de abatimento, lapiás torres e mesetas, além de feições endocársticas, com a presença de cavernas e abrigos.



*Foto 05 - Vista geral do maciço no sentido NW-SE*



*Foto 06 - Conjunto de feições de dissolução tipo lapíás – Ponto 21*





Imagem 08 – Mapa Geológico do Objeto de Estudo

Processo: 52348/2002/018/2011  
Documento: 267531/2012



Pag.: 088

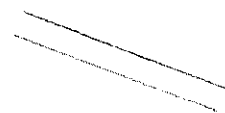




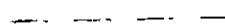
PONTO DESCRITO EM  
MAPEAMENTO GEOLÓGICO



PÉ E CRISTA DE PEDREIRA



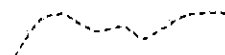
ESTRADA



CERCA DE ARAME



LINHA DIVISÓRIA



PÉ DE PEDREIRA



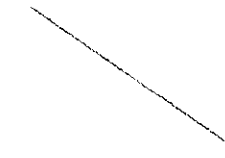
11

PROCESSO DNPM

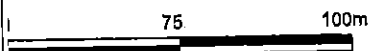


11°

ACAMAMENTOS



FRATURAS E  
FALHAS INDISCRIMINADAS



ORIGINAL 1:1000



Rua Assulino Batista de Melo, 257  
Centro - Arcos/MG - CEP 35588-000  
Telefax: (37) 3351-3150  
E-mail: ecosystem@ecosystem.ind.br

CLIENTE:



PROJETO:

EIA/RIMA  
DNPM 830.374/1985

TÍTULO:

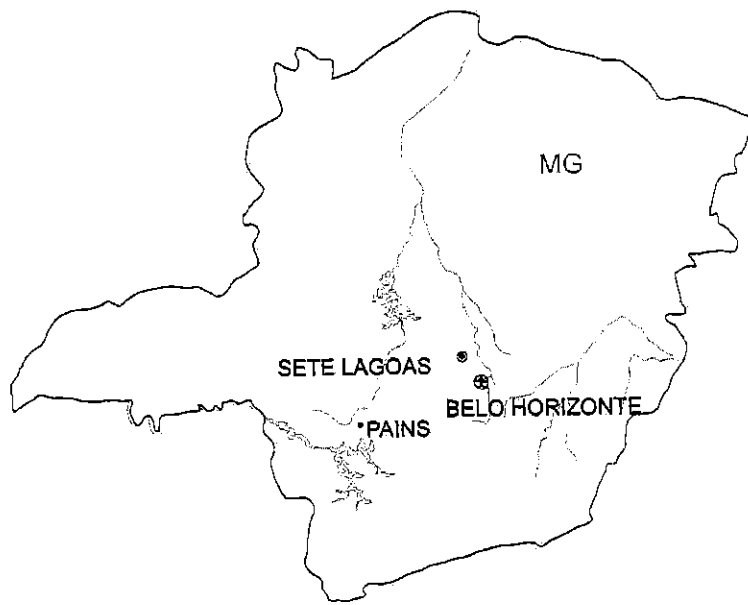
MAPEAMENTO GEOLÓGICO

EMIÇÃO

RESP.: RICARDO AUGUSTO SCHOLZ CIPRIANO - GEÓLOGO - CREA MG-79599/D

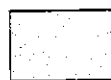
ELABORAÇÃO: LEONCIO JUNIO ALVES

DISTR.  
QTD/EMP



UMAPA DE LOCALIZAÇÃO  
Sem escala

### LEGENDA



COBERTURAS QUATERNÁRIAS



CALCARENITO



CAVERNA/ABRIGO

FICAÇÃO

HERDEIROS DE

VIGENTE COSTA

DISTR.  
CITE/TIPO

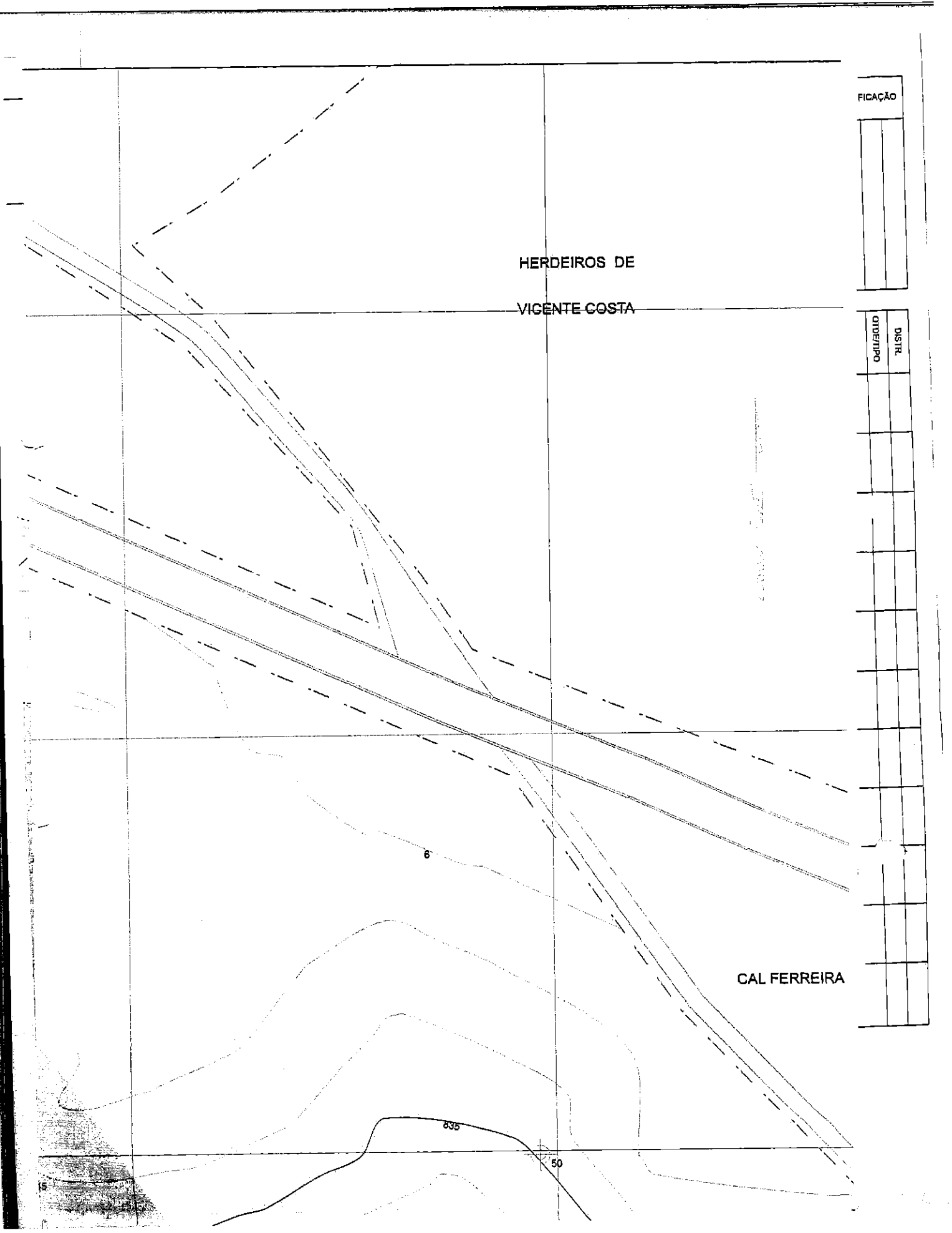
CAL FERREIRA

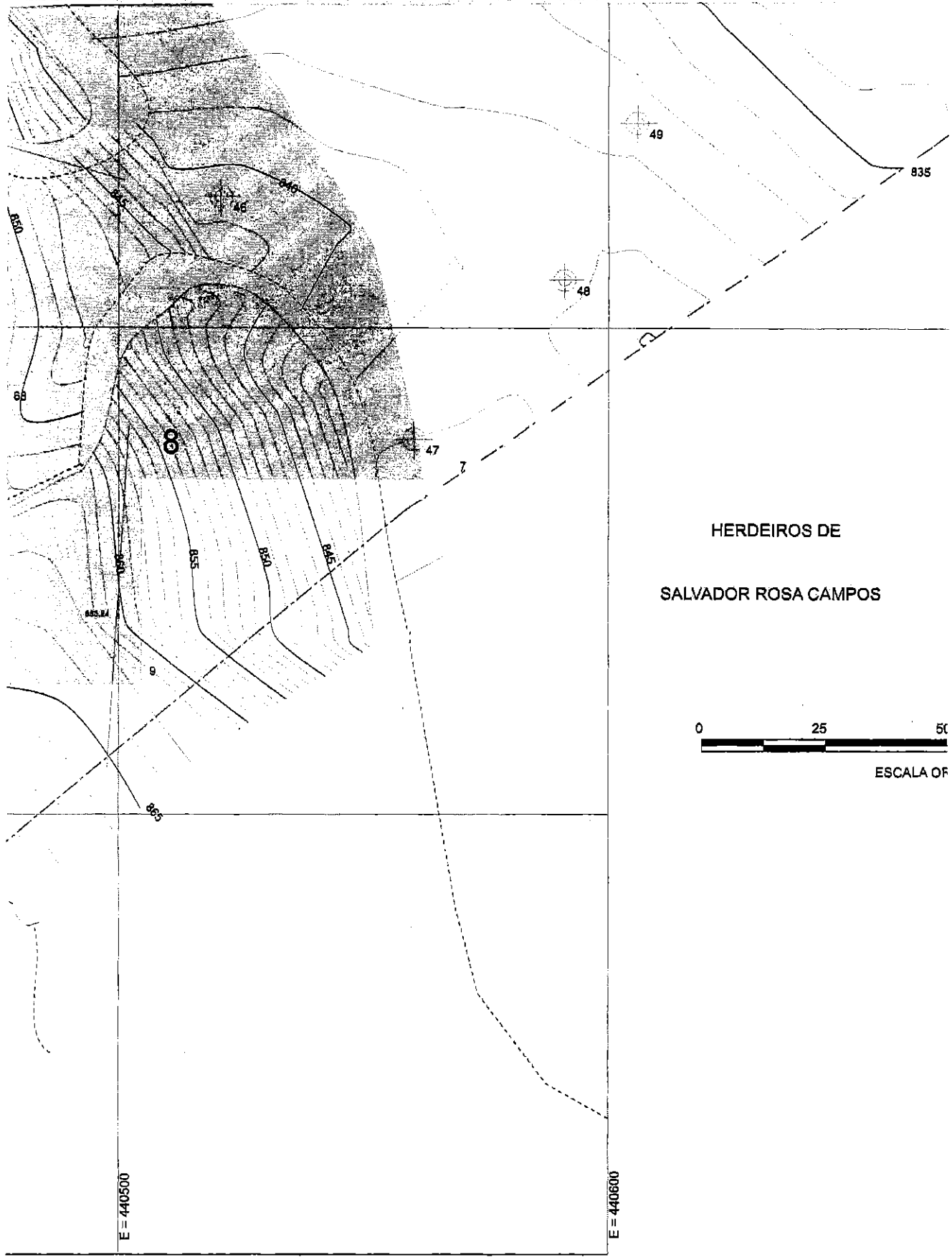
6

835

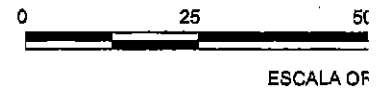
50

15





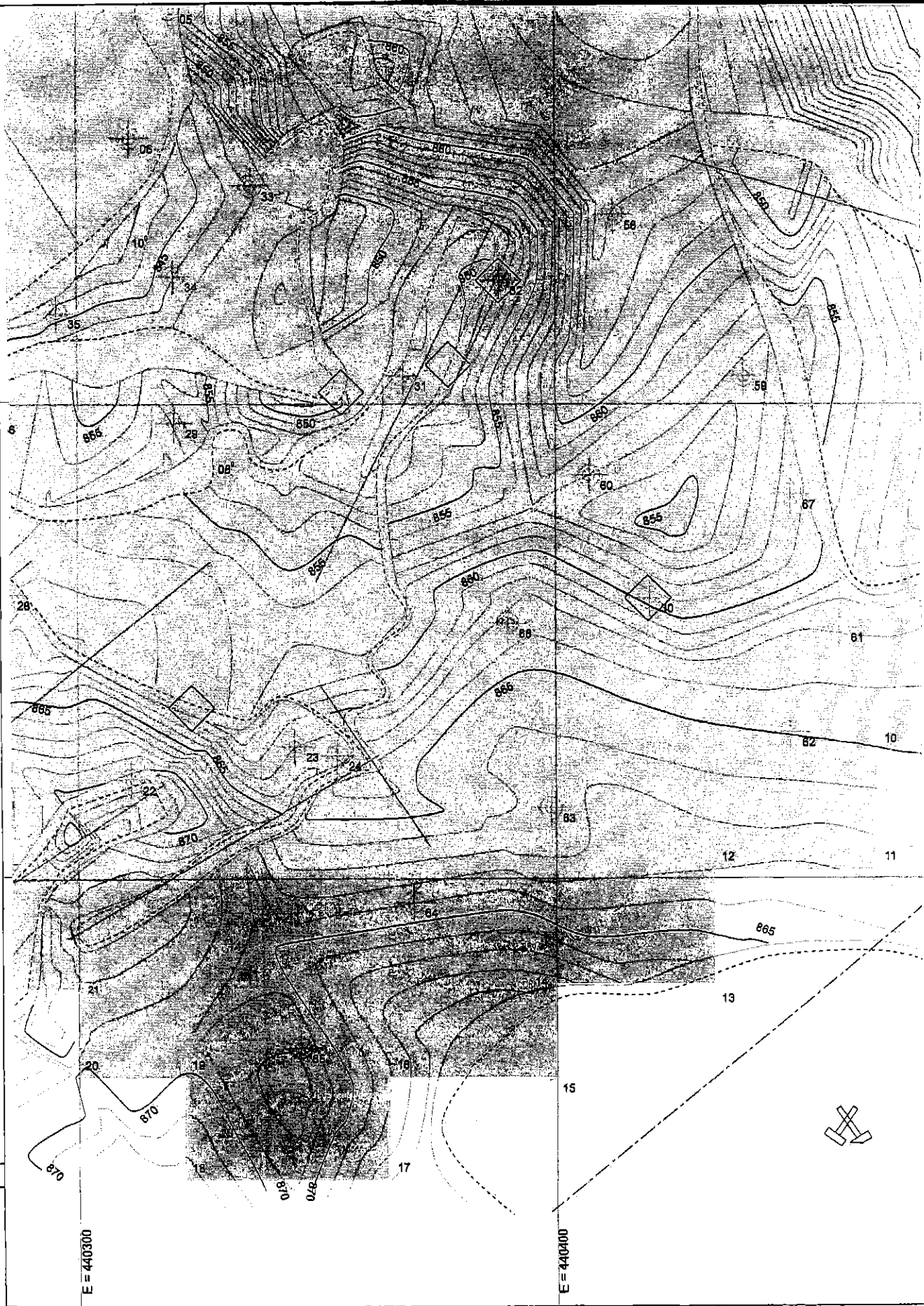
HERDEIROS DE  
SALVADOR ROSA CAMPOS



E = 440500

E = 440600

NOTA: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO EFETUADO PELA GF TOPOGRAFIA LTDA.

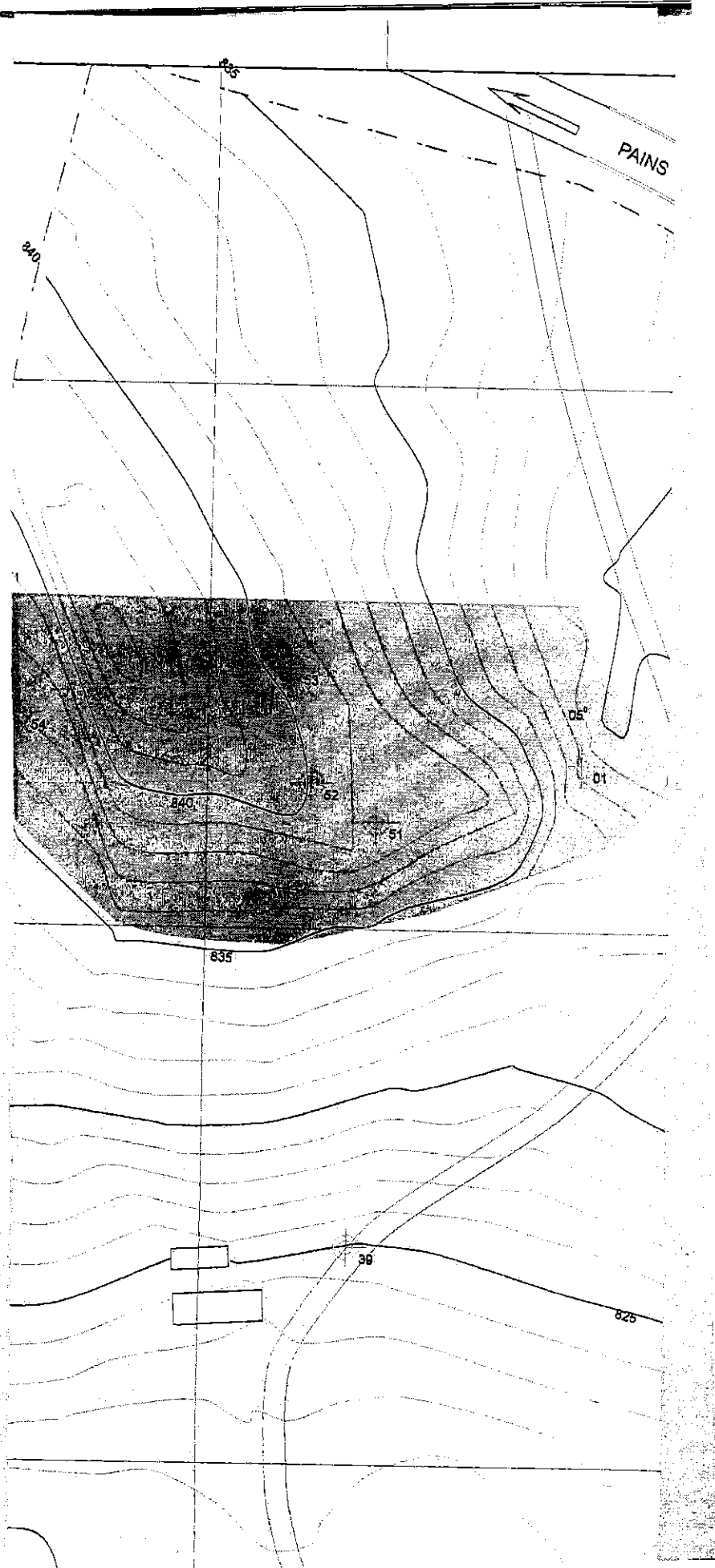


DISTR.  
QDSE/TIPO

E = 440300

E = 440400









E = 440200

20

25

26



EMIS  
-GE

VT

E

N = 7745600

N = 7745500

N = 7745400

MARINHO CAETANO LEAL

840

835

830

828

820

N = 7745300



MARINHO CAETANO LEAL

DISTR.  
CIDENP


C = 440100

CLASSIFICAÇÃO

	VISTO	APROV.

RAÇÕES



#### 4.2.4. Hidrogeologia e Hidrologia

##### 4.2.4.1. Hidrogeologia Regional do Grupo Bambuí

São poucos os estudos específicos de hidrogeologia cárstica, a nível regional, no Estado de Minas Gerais, apesar de quase 1/3 do território estadual estar no domínio do Grupo Bambuí, unidade litoestratigráfica com espessos níveis carbonáticos. Entre os trabalhos realizados destacam-se o de Silva (1984), Pessoa & Mourão (1998), Felix & Freitas Junior (2000) e Dias (2002) sintetizados a seguir.

Silva (1984) estudou a hidrogeologia de área de cerca de 6000 km<sup>2</sup> no norte de Minas Gerais, classificando o clima da região segundo Koppen do tipo BSW, que corresponde a clima quente, seco, com chuvas de verão.

A área é dominada por rochas do Grupo Bambuí que, em sua maior parte, estão recobertas por sedimentos cenozóicos inconsolidados. Tais rochas foram divididas informalmente em duas unidades: inferior e superior. A primeira é composta por arcóseos carbonáticos, siltitos e grauvacas. A unidade superior é representada por uma alternância de calcários oolíticos, margas e siltitos. Na área ocorrem zonas com diferentes características do ponto de vista tectônico e de carstificação e há evidências de que as principais drenagens da área são controladas por fraturamentos. As principais direções de fraturas são N30-40E e N60-70W, porém as fraturas associadas a dolinas têm como direções preferenciais N10-20E, N60-70W e N30-40W (Dias 2002). Segundo Dias (2002), os recursos hídricos exploráveis do Grupo Bambuí, para a região norte de Minas Gerais, foram calculados em 32 milhões de m<sup>3</sup>/ano. Estes recursos são acessíveis em razão da pouca profundidade do aquífero, e favoráveis à exploração por poços, não apresentando restrições quanto ao uso agrícola, humano e industriais, apesar da dureza elevada.

Pessoa & Mourão (1998) fizeram o levantamento hidrogeológico da Área de Preservação Ambiental (APA) do Carste de Lagoa Santa, a norte de Belo Horizonte. Trata-se de um carste bem desenvolvido, sobre rochas carbonáticas, com feições



características deste tipo de ambiente, tais como: dolinas, uvalas, sumidouros e surgências. Estas rochas carbonáticas pertencem a Formação Sete Lagoas de Branco & Costa (1961) que, nesta área tem na base o Membro Pedro Leopoldo, com calcissiltitos. Sobreposto a este ocorrem os calcarenitos do Membro Lagoa Santa. Estratigraficamente acima está a Formação Serra de Santa Helena, composta por metapelitos. Estudos estatísticos dos fraturamentos indicam como direções preferenciais N15-25E e N35-45W.

Na APA do Carste de Lagoa Santa a maioria dos poços tubulares está associado a algum tipo de estrutura. Levando-se em conta o condicionamento morfoestrutural e as vazões dos poços tubulares, nota-se uma predominância de maiores vazões associadas às feições cársticas, seguidas do contato geológico entre as formações Serra de Santa Helena e Sete Lagoas, e dos lineamentos de fratura com direção N20-30W (Dias 2002).

Félix & Freitas Júnior (2000), trataram dos aspectos geológicos e hidrogeológicos da bacia do Rio São Miguel, região de Pains, área objeto deste estudo, identificando na área dois aquíferos distintos: um cárstico e um cristalino.

O cárstico se desenvolveu em rochas carbonáticas de composição e textura variadas e ocupando cerca de 80% da área da bacia. Segundo Félix & Freitas Júnior (2000) a carstificação se desenvolveu seguindo um controle estrutural através dos lineamentos que seguem as seguintes direções preferenciais N40-50W, N30-40W, e secundariamente N0-10E, N30-40E, N30-40E.

Estudos de fluxo subterrâneo com aplicação de traçador foram feitos nas proximidades da cidade de Pains, onde foram identificadas duas direções de fluxo: N50E e N85E.

O aquífero cristalino, caracterizado pela circulação de água através de fissuras em rochas gnáissicas, ocorre na porção nordeste da bacia e está localizado ao longo do Graben de Arcos de direção N30W.

Dias (2002) identifica três diferentes tipos de aquíferos na área abrangida pela bacia do rio São Miguel: um cárstico, um fissural e um aquífero granular.



Os aquíferos cársticos são predominantes na bacia do rio São Miguel estendendo-se para além da bacia, a norte, a oeste e a sul, abrangendo rochas carbonáticas de textura e composição variadas.

Este carste da província Arcos-Pains-Doresópolis que foi atingido por intenso tectonismo Proterozóico (Dias 2002, Muzzi Magalhães 1988) e que segundo Saadi et al. (1998) foi reativado no Cenozóico, gerou estruturas que tiveram papel determinante no processo de carstificação, com a dissolução de rochas carbonáticas ocorrendo principalmente ao longo de superfícies de discontinuidades, como fraturas e falhas, podendo também ocorrer ao longo de planos de acamamento.

No aquífero cárstico na bacia do rio São Miguel segundo Dias (2002), ocorrem pontos de recarga dispersos por toda área, na forma de sumidouros e dolinas, que transportam água da superfície para o aquífero. Dolinas de formação recente podem ser vistas em vários pontos, às vezes inseridas em dolinas maiores, mostrando o processo de carstificação em plena atividade. A maior concentração de dolinas e sumidouros ocorrem a sudeste da bacia.

As surgências são importantes feições de descarga deste aquífero, demonstrada pelo fato de que a cidade de Pains é, em sua maior parte, abastecida por uma captação em uma surgência junto à margem esquerda do rio São Miguel.

O outro tipo de aquífero em meio anisotrópico, o fissural, está inserido no Complexo granito-gnáissico que aflora a leste da bacia do Rio São Miguel. Neste aquífero, o escoamento subterrâneo se dá em porosidade secundária com solubilidade desprezível. O fluxo segue apenas ao longo de continuidades, como planos de fraturas e falhas presentes nos gnaisses. A área de ocorrência do aquífero fissural é a leste da bacia, acompanhando um graben de direção N30W (Saadi 1991).

O aquífero granular é descrito por Dias (2002), correspondendo às camadas inconsolidadas ou extremamente alteradas que recobrem as formações da bacia do rio São Miguel. O povoado de Calciolândia, na parte norte da bacia e muitas residências na zona rural são abastecidas por estes aquíferos. Apesar de sua importância pouco se sabe sobre este aquífero.

#### 4.2.4.2. Aspectos Hidrogeológicos e Hidrológicos

A água subterrânea é largamente consumida na bacia do rio São Miguel, para abastecimento público, pelas indústrias (principalmente do setor mineral) e estabelecimentos comerciais.

A área encontra-se inserida nos domínios das rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, sendo constituída por calcarenitos da Formação Sete Lagoas de Branco & Costa (1961), e à segunda unidade litológica da fácies carbonática de Muzzi Magalhães (1988).

Petrograficamente, são representados por calcarenitos médio a fino, ocasionalmente grosso. Sua coloração varia de cinza escuro médio a cinza escuro com estruturas bandadas de dimensão centimétricas a decimétricas. As estruturas sedimentares apresentam-se bem preservadas, com acamamento horizontal a subhorizontal.

#### Aspectos Morfoestruturais

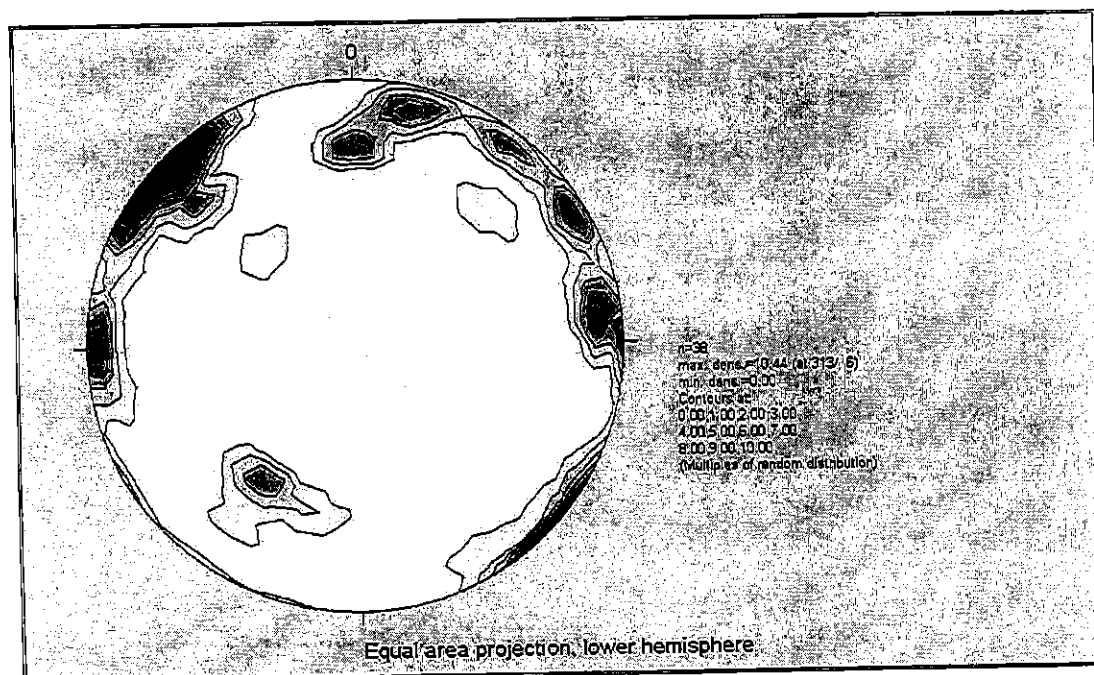
Em áreas cársticas, elementos estruturais como os planos de falha, fraturas e acamamentos desempenham um importante papel no controle do fluxo de água subterrânea. Devido ao tamanho restrito da área alguns elementos estruturais foram medidos no seu entorno, possibilitando o aumento do volume de dados, conseqüentemente, um melhor tratamento estatístico.

Baseado em medidas de estruturas (fraturas) e medidas de fluxo (condutos de cavernas, condutos de pressão/dissolução e direção de fluxo de drenagem) obtidas em campo foram montados diagramas de contorno e de rosetas destas estruturas.

Na área estudada, as fraturas seguem um padrão geral de orientação segundo as direções N-S, E-W, NE-SW e, subordinadamente, NW-SE, conforme apresentado no diagrama de contorno, permitindo determinar as direções preferenciais de fluxo subterrâneo. Estas fraturas são verticais a subverticais, apresentando dimensões centimétricas a decamétricas, observadas em escala de afloramento. O espaçamento



das mesmas varia de milimétrico a decimétrico. Estas fraturas foram geradas em um regime rúptil. Algumas destas apresentam dissolução, em alguns casos desenvolvendo encavernamento.



**Imagem 09 - Diagrama de contorno de fraturas, pontos polares, Max.: 313/86.**

Em megascale, os lineamentos tendem a orientar-se segundo a direção NW (Dias 2002), entretanto, aqueles observados no entorno da área possuem a direção WNW-ESE e N-S subordinadamente.

De acordo com estudos realizados por Dias (2002), há uma forte relação entre as fraturas/lineamento e a direção do fluxo subterrâneo, evidenciada pela maior vazão nos poços perfurados segundo estas direções.

Objetivando compreender as características do fluxo subterrâneo na área investigada, foram estudados os seguintes parâmetros morfoestruturais: direções de desenvolvimento de cavernas, obtido através de mapas espeleológicos (Relatório de Estudo Espeleológico da área DNPM 830374/1985), direções de condutos de pressão/dissolução medidos em afloramento e direção do acamamento, devido a sua importância como condicionante da dissolução cárstica.





*Foto 07 – Conjunto de fraturas com direção NE-SW, subverticais. Ocorre dissolução segundo os planos de fratura e planos de acamamento (ponto 4).*

As direções de desenvolvimento das cavernas referentes a 4 condutos medidos em 3 cavidades, registrou valores de direção preferenciais entre E-W e valores secundários na direção NW-SE e NE-SW, entretanto, devido ao baixo número de condutos o tratamento estatístico torna-se inconclusivo

Os condutos de pressão encontram-se orientados preferencialmente segundo as direções N-S, SE-NW e NE-SW. As principais direções de condutos de pressão apresentaram nítida associação com as direções do fraturamento. O baixo número de dados de medidas de condutos de cavernas impossibilita estabelecer relação entre as duas feições.

Condutos de pressão e cavernas podem se desenvolver segundo o acamamento. Em escala de afloramento a dissolução segundo o acamamento pode se apresentar na forma de lapiás horizontais. As camadas de calcário encontram-se orientadas com caimento para as direções NW e NE, com baixo ângulo, menor que 10°.