

AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DAS FEIÇÕES CÁRSTICAS DA FORMAÇÃO SALITRE NA FOLHA IRECÊ (SC.24-Y-C-I) COMO RESERVATÓRIOS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Valdir Jose Beraldo ¹

Resumo A folha de Irecê, na escala 1:100.000 limitada pelas latitudes 11° 00' a 11° 30' S e 41° 30' a 42° 00' W é coberta predominantemente com rochas carbonatadas da Formação Salitre, com feições cársticas desenvolvidas, que juntamente com zonas de fraturamento, constituem os reservatórios de maior expressividade do ponto de vista de recepção e armazenamento de águas subterrâneas, formando um sistema misto. As fendas, dutos e fraturas controlam as propriedades de permeabilidade e a mobilidade no reservatório, mas volumetricamente as feições de dissolução nos carbonatos adquirem maior importância. Diferentemente dos reservatórios constituídos predominantemente de clásticos, com propriedades de permo-porosidade relativamente isotrópicas ao longo de grandes extensões, os reservatórios em relevos cársticos são caracterizados pela anisotropia da permo-porosidade, com grande variação em escala de apenas dezenas a centenas de metros e em diferentes direções. Do mapeamento de feições cársticas, por interpretação de aerofotografias, esse material foi utilizado diretamente para cálculos de áreas dessas feições de dissolução, computando-se valores muito próximos aos reais nessa área. Da interpretação da distribuição das regiões de maior dissolução e sua associação com as maiores feições estruturais da área, pode-se também atribuir a causa dessas feições aos modelos clássicos há muito propostos.

Abstract. The cartographic chart (SC.24-Y-C-I) Irecê, comprised by latitudes 11° 00' a 11° 30' S e 41° 30' a 42° 00' W is mainly covered by carbonatic rocks of Formação Salitre with karstic features associated with fractures are the most important water reservoirs for reception and storing underground waters in a mixed system. The joints, dutes and fractures control the reservoir's permo-porosity and water mobility properties, but the dissolution features have more importance for underground water storage. Unlike clastics reservoirs that have isotropic permo-porosity properties through wide extensions, the karstics reservoirs are mainly anisotropic permo-porosity properties with variations in tens to hundreds meters size and in different directions.

¹ Geólogo, Tecnologista Junior III, IBGE; Gerência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – UE/BA; Av. Pres. Castelo Branco, 750 – Edf. Centralvalle, 3º andar - Vale de Nazaré ; CEP 40.046-900; Salvador ; BA; Brasil; fone: (71) 21058682 ; fax (71) 21058658; e-mail: valdirberaldo @ibge.gov.br.

Mosaics from aerophotografic interpretation were used for computing dissolution's features surfaces in real values. Interpreting the distribution of the more intense dissolution features against then most important structural figures, it is shown that the classic models of carstic formation relieves are there very well applied.

Palavras-Chave – Carste; dolina; computação ;

1 - Introdução

Em grande parte da área de estudo, afloram rochas essencialmente carbonáticas, secundariamente margas e pelitos recobertos por solos pouco espessos resultante de intemperismo “in situ” das citadas litologias (cambissolos e litossolos). Essa região desenvolveu um grande número de feições de dissolução que caracterizam o chamado relevo cárstico: cavernas, dolinas, sumidouros, vales cegos, quase ausência de drenagem superficial e também marcas superficiais de dissolução conhecidas como lapíás.

A distribuição dessas feições grada de Norte para o Sul quanto à intensidade e densidade dos processos de dissolução sendo mínimo ao Norte do município de Jussara, aumentando gradativamente para o Sul, atingindo um máximo na região de Iraquara, conhecida pelas suas inúmeras cavernas e sumidouros.

O trabalho de Guerra, (1986) mostra um minucioso trabalho de foto interpretação dessas feições cársticas identificáveis nas fotos aéreas disponíveis na escala 1:60.000 cobrindo as folhas na escala 1:100.000 de Irecê e Canarana.

Com o objetivo de quantificar com precisão a variação Norte-Sul da frequência das feições cársticas, foi escolhido o mapa de Fotointerpretação da Folha de Irecê, que tem ao Norte o município de Jussara, Lapão ao Sul de Irecê, (onde o relevo cárstico já é muito desenvolvido) e América Dourada no extremo SE dessa folha onde aparece a maior densidade de feições de dissolução. Mais ao Sul, na folha de Canarana a frequência das feições parecem variar menos, aumentando gradativamente em direção à Iraquara, ainda mais ao Sul.

Muitos trabalhos foram realizados em busca de uma explicação para o aumento da frequência e intensidade das feições cársticas de Norte (Jussara) em direção ao Sul (Iraquara). Nesse trabalho, tenta-se uma abordagem numérica e estatística para contribuir com essa busca pelas implicações que certamente têm na distribuição e circulação das águas superficiais e subterrâneas.

2 – Objetivos desse estudo

- Quantificação do volume de rocha dissolvido pelos processos criadores do relevo cárstico na região;
- Visualização das regiões onde os processos de dissolução foram mais atuantes através do traçado de curvas de isovalores;
- Verificação da influencia de fraturas e lineamentos mapeadas pelo projeto RADAMBRASIL obtidas a partir de mosaicos semicontrolados de imagem de radar e trabalhos de campo entre dezembro/1978 e abril/1981;

3 – Metodologia

- Digitalização e vetorização do mapa aerofotogramétrico;
- Definição de rede de amostragem e cômputo do número de feições detectadas por unidade de mosaico;
- Avaliação da área total dissolvida pela integração computacional das áreas das feições individuais;
- Traçado das curvas de isovalores de dissolução;
- Sobreposição das imagens de radar e interpretação das relações entre lineamentos e feições cársticas encontradas, e as curvas de dissolução ;
- Apresentação dos resultados.

4 – Cálculos

O mapa de foto-interpretação utilizado foi o da folha de Irecê reduzido à escala 1:100.000 onde foram desenhadas as feições de dissolução identificáveis sendo a grande maioria delas dolinas de formas elipsoidais ou circulares, vales cegos e outras formas irregulares. Todas essas feições variam de tamanho, formato, distribuição e freqüência.

Para uma identificação precisa foi feita amostragem por uma grade regular da superfície objeto da foto interpretação, com células quadradas de aproximadamente 40 km² com lados paralelos aos eixos N-S e E-W. Para cada célula, com o cômputo das feições nela englobadas (em percentual de área) e seu valor sendo atribuído ao ponto central, é possível traçar linhas de isovalores percentuais de dissolução bem como quantificar numericamente a área dissolvida. O cálculo foi feito com o aplicativo Corel Paint, utilizando-se como unidade de área um pixel, que equivale a um quadrado no terreno de 65m de lado.

5 – Avaliação do controle estrutural

As formas de dissolução iniciam-se sempre num plano de fraqueza por onde possa haver a infiltração de águas ligeiramente ácidas conforme a quantidade de H_2CO_3 em equilíbrio, alargando-as pouco a pouco, unindo-se a outros planos de fraqueza e progressivamente passando a fluir formando condutos, riachos subterrâneos e eventualmente evoluindo para cavernas, dolinas e vales cegos.

Esses planos de fraqueza que dão início ao processo são vários: juntas, diáclases, planos de estratificação, flancos e planos axiais de dobras e outros que estão intimamente ligados aos esforços tectônicos a que forem submetidas as rochas. Mesmo um único tipo de feição pode ter várias origens diferentes.

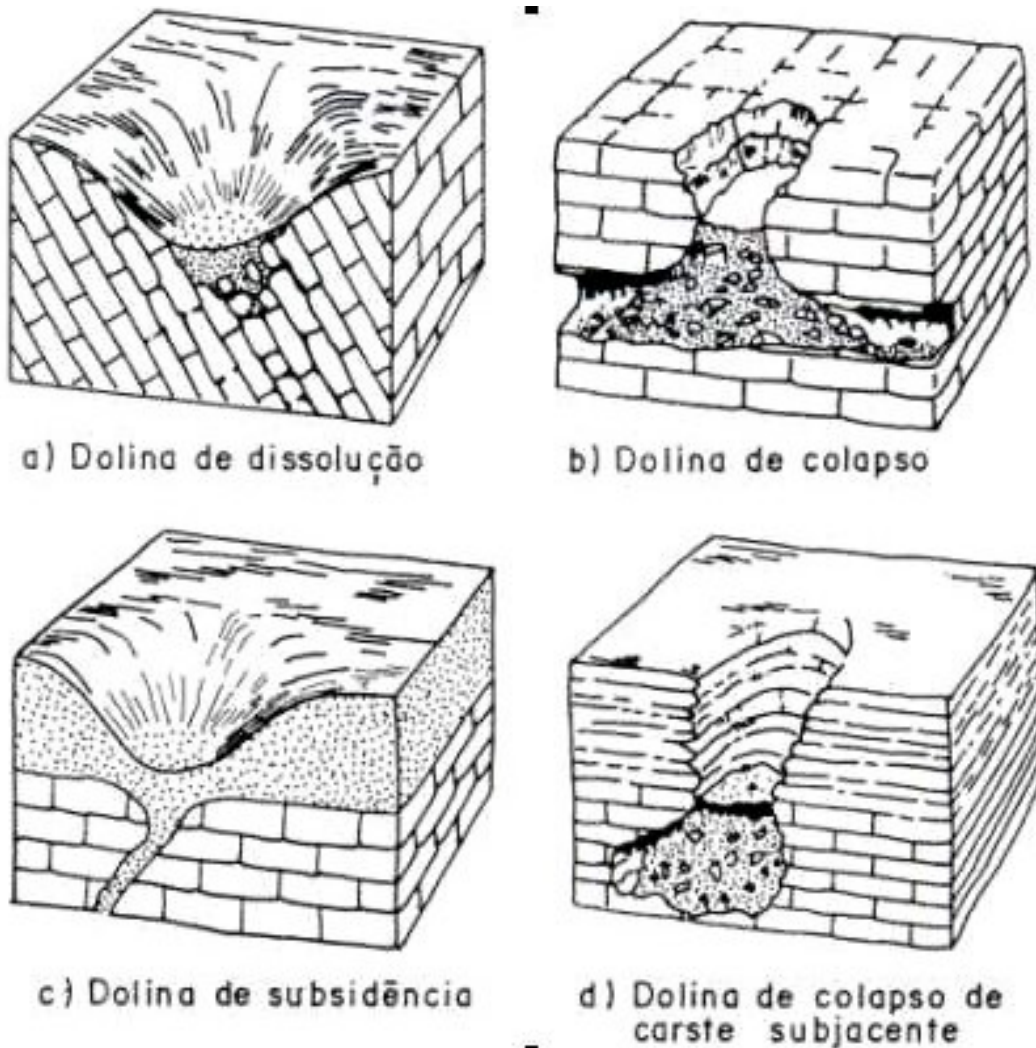


Fig.1 – Principais processos que originam as dolinas (Suguio, 2001)

A identificação das feições estruturais de maiores dimensões para comparações com as zonas de maior dissolução calculadas foi feita tomando como base de referência estrutural o mapeamento geológico efetuado pelo projeto RADAM BRASIL (1986) na escala 1:1.000.000 a partir de imagens de radar e trabalhos de campo.

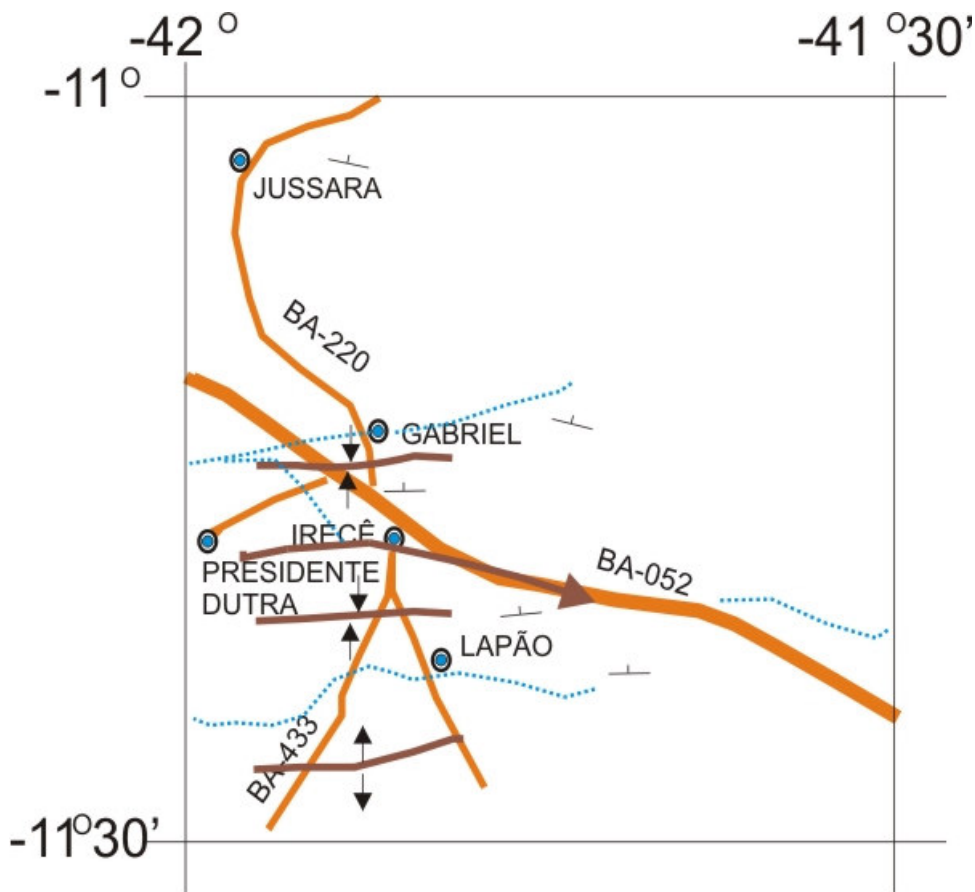


Fig 2 – Diagrama ressaltando as principais feições estruturais da Folha de Irecê.

6 – Digitalização e processamento numérico

Devido à extensão da área contida na folha Irecê em escala 1:100.000 e às milhares de dolinas nela mapeadas, o auxílio de bons recursos computacionais foram indispensáveis.

Iniciou-se com a cópia do mapa foto-interpretado para um meio digital com auxílio de um “scanner” com uma resolução de 600 pontos por polegada (dpi). A imagem obtida reproduziu fielmente o mapa original incluindo aí as marcas de dobras no papel, descoloração e outras imperfeições.

O mapa digital foi editado retirando-se todo desenho que não fossem as feições cársticas. Foram apagadas as estradas, cidades, vilarejos, nomes e as marcas fiduciais. Das últimas, quatro foram deixadas para geo-referenciamento.

Utilizando-se o aplicativo gráfico, o mapa editado foi transformado para ter apenas duas cores: a branca de fundo e a preta das feições, e sobre ele foi aplicada a grade regular com 10 x 9 células.

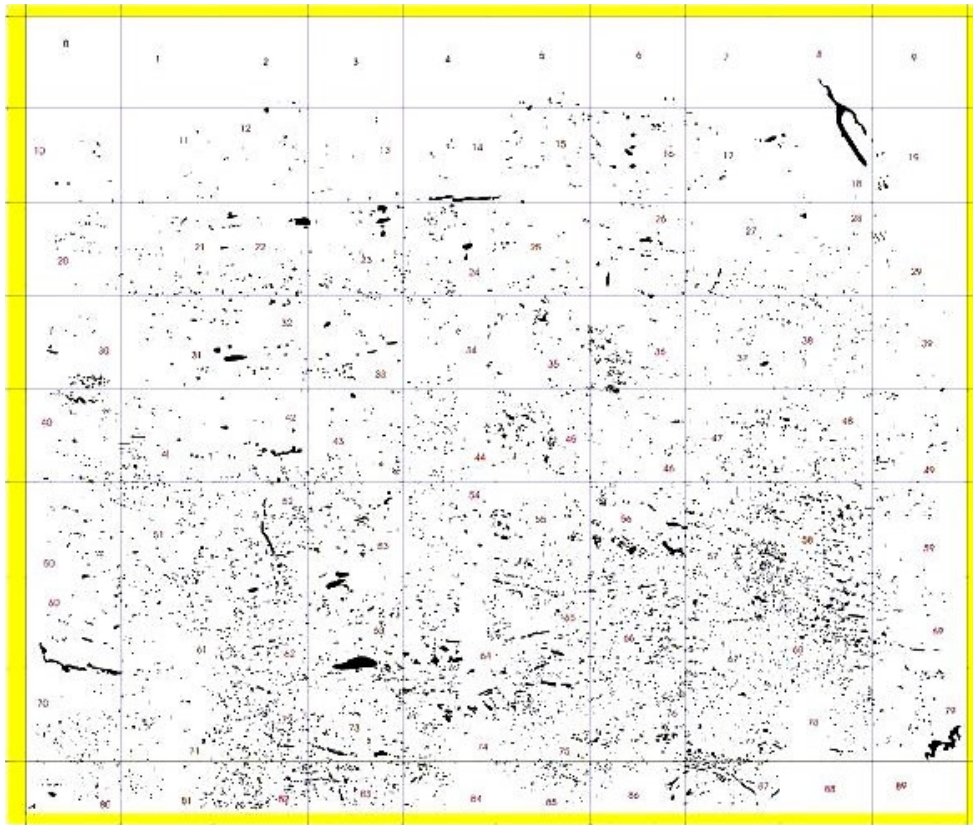


Fig 3 : Células digitalizadas contendo as feições de dissolução (em preto) para contagem das área de dissolução em cada célula (numeradas em vermelho).

Após o estabelecimento da grade de amostragem, selecionou-se uma a uma cada célula onde o aplicativo gráfico calculou o histograma de cores nos extremos branca e preta permitindo assim o cálculo percentual em área das feições (percentual) com precisão de um “ pixel ” , independente de forma, tamanho ou número de feições existentes em cada célula.

Ao centro de cada célula foi então atribuído o valor calculado e uma tabela com esses valores e suas respectivas coordenadas geográficas foi elaborada para servir de entrada para o aplicativo SPRING 3.6.03 que executa Modelagem Tridimensional. A função Modelo Numérico de Terreno (MNT) foi aplicada para geração de isolinhas de dissolução com intervalo entre linhas de 0,5% resultando na figura 4 com dados brutos.

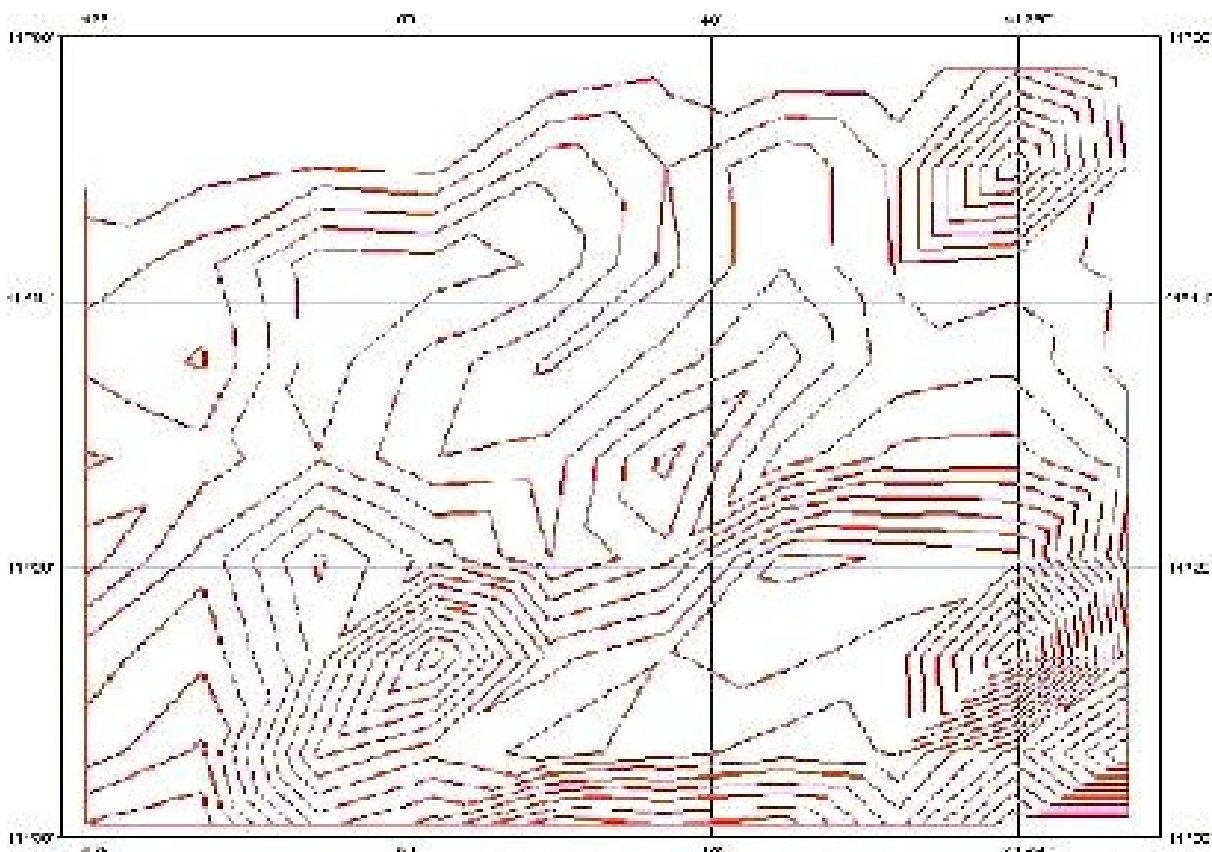


Figura 4: Isolinas de dissolução calculadas por Modelagem Numérica de Terreno.

As isolinas foram manualmente suavizadas e interpretadas sobre o mapa original onde tomou a forma final com intervalo entre as curvas de 1% com valor mínimo de 1% e máximo de 8% (Figura 5).

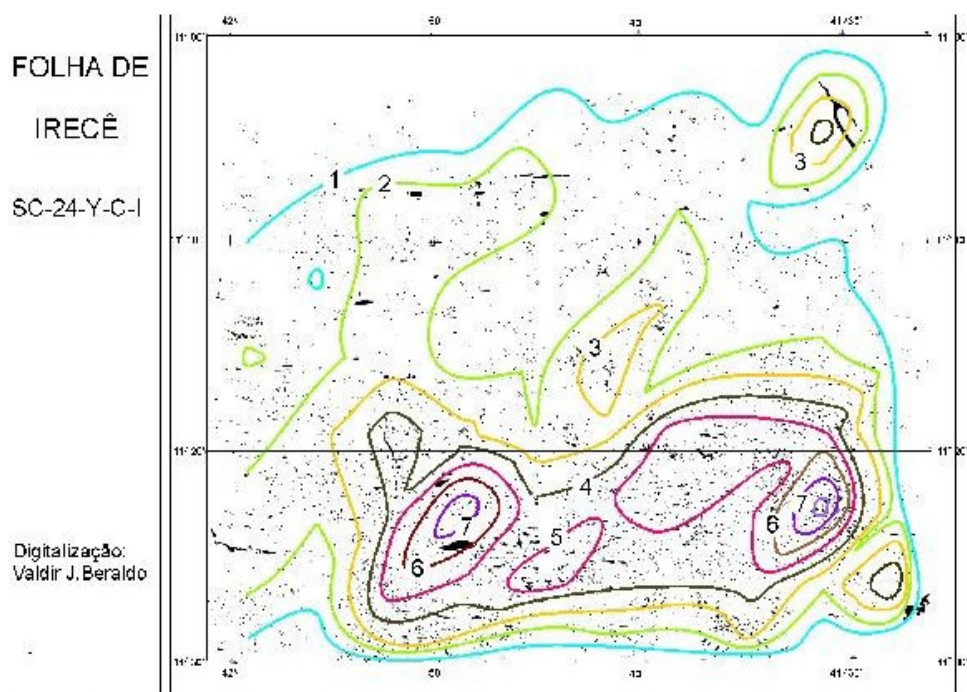


Fig 5 : Curvas de isovalores de dissolução (em porcentagem).

6 – Resultados obtidos.

O que já era notado visualmente (a concentração da dissolução crescente para o Sul) pode ser agora rigorosamente quantificada e posicionada. É notória uma zona de alta dissolução circundada pela linha de 4% (de cor preta).

As linhas de dissolução foram aplicadas sobre o diagrama do mapa geológico do RADAM com as grandes estruturas realçadas obtendo-se o mapa da figura 6:

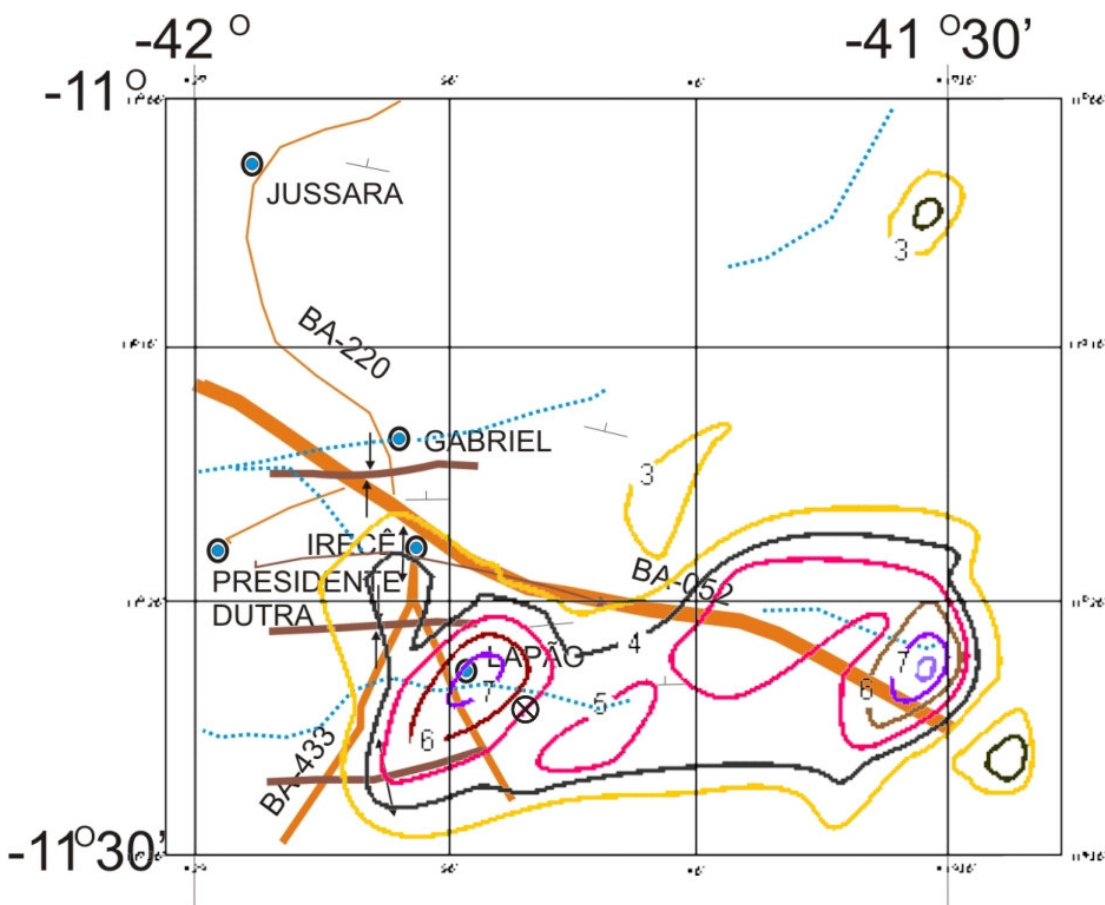


Figura 6: Concordância entre as curvas de dissolução e grandes estruturas de dobramentos.

Os grandes dobramentos mapeados nas imagens de radar estão realçados no quadrante SW da folha. Nota-se facilmente que os eixos dos dobramentos são quase paralelos com direção aproximada E-W que é também a mesma da zona de dissolução máxima inscrita na isolinha de 4%. Observa-se ainda que o riacho intermitente Jaú corre praticamente encaixado com a zona de maior dissolução passando também paralelo e entre duas zonas dobradas.

O ponto marcado com ⊗ foi um dos visitados no campo e exibe camadas de calcário verticalizadas sendo talvez o plano axial de um sinclinal entre os dois anticlinais mapeados por imagens de radar.(Foto 1)



Foto 1: Plano axial de dobramento.



Foto 2: Sumidouros na Formação Salitre.

Estando estabelecidos os principais fundamentos estruturais e a variação N-S da intensidade de dissolução dos calcários, permanece a pergunta: Por que ao Sul a dissolução é mais intensa ?

Da computação executada podemos extrair os seguintes dados quantitativos:

- Área total estudada : 3.668 km²;
- Valor aproximado de cada célula quadrada : 40 km²;
- Valor máximo de dissolução encontrado em uma célula : 8,25 %
- Percentual de dissolução total na área : 2,51 %
- Área total dissolvida na área : 92,1 km²;
- Número estimado de dolinas : 18.000;
- Diâmetro médio das dolinas : 80 m.

As cidades de Irecê, Jaguaraci, Barra do Mendes e Morro do Chapéu têm estações pluviométricas e situam-se nos entornos da folha de Irecê. Os valores de pluviosidade (mm/ano) estão assim tabelados:

JAGUARACI	455 mm
MORRO DO CHAPÉU	739 mm
IRECÊ	558 mm
BARRA DO MENDES	542 mm

Tabela 5.1: Pluviosidade anual nas cidades próximas à Irecê.

Juntamente com outras estações pluviométricas da região, pode-se obter um mapa de isoetas (Frangipani, 1972) abrangendo toda a região.

Colocando-se um recorte desse mapa de isoetas geograficamente referenciado sobre as curvas de dissolução discutidas até aqui, obtém-se o mapa da figura 7:

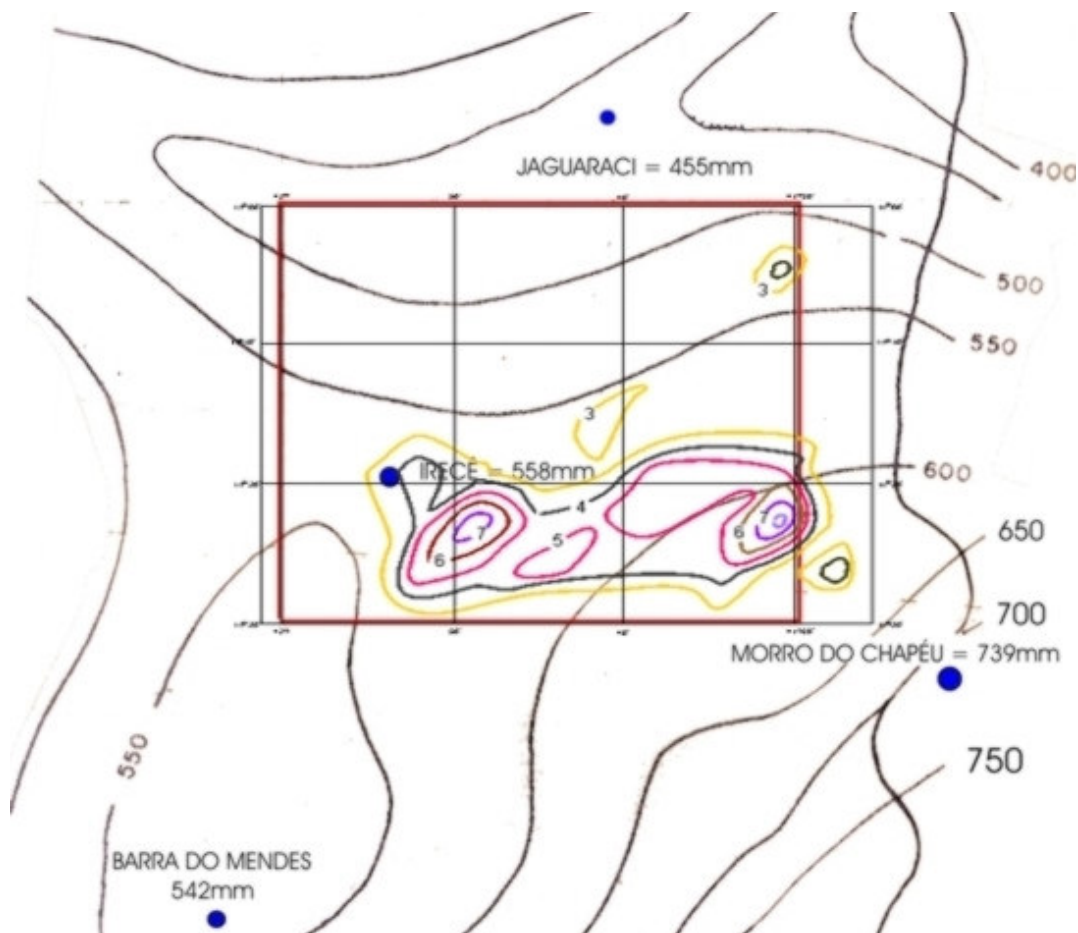


Figura 7: Superposição das curvas de dissolução e isoetas (mm chuva/ano)

É sugestiva a coincidência da maior dissolução notada na porção Sul da folha de Irecê com a incidência de maiores taxas pluviométricas que aumentam gradativamente para S-SE. A isoeta de 550 mm/ano parece justamente limitar o início dos processos de carstificação ao Norte de Irecê, e a de 500 mm/ano em Jussara onde o processo é praticamente inexistente.

Segundo Schmidt e Anderson (1978) taxas de precipitação inferiores a 500 mm/ano praticamente inviabilizam os processos de carstificação em clima árido.

Pela combinação dos fatores e variáveis expostos nesse capítulo, sugere-se que a natureza dos esforços tectônicos a que foram submetidos os calcários nessa área (folha de Irecê) aliados a zonas de maior precipitação facilitariam os processos de carstificação de Norte para o Sul conforme os modelos clássicos.

7 – Bibliografia

BERALDO, V.J (2005) Estudo Isotópico (Deutério e 18 O) e hidroquímica das águas superficiais e subterrâneas na região de Irecê, Bahia: Contribuição ao entendimento do ciclo hidrológico regional. - Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Bahia – Salvador - Bahia. 89 pg.

FONSECA, A . L. B.; AZEVEDO, L. M. Climatologia. In: PROJETO RADAMBRASIL Folhas SC.24/25 Aracaju/Recife, Rio de Janeiro, 1983 (Levantamento de Recursos Naturais, 30).

FRANGIPANI, A (1972) - Contribuição aos Estudos Hidrológicos das Bacias dos Rios Verde e Jacaré (Bahia). Tese de Doutorado – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – São Paulo.

GUERRA, A . M. (1986) – Processos de Carstificação e Hidrogeologia do Grupo Bambuí na Região de Irecê – Bahia. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – São Paulo. 132 pg.

MISI, A., SILVA, M.G. (1994) Chapada Diamantina Oriental – Bahia: geologia e depósitos. – Superintendência de Geologia e Recursos Minerais – SGM- Salvador, Bahia Pg 194.

NEGRÃO, F.I. (1986) – Caracterização hidroquímica e vulnerabilidade do sistema hidrogeológico cárstico da região de Irecê - Bahia– Dissertação de Mestrado – USP – São Paulo. 100 pg

PROJETO RADAMBRASIL, Folha SD.24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981, 624 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 24).

PROJETO RADAMBRASIL, Folhas SD.24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1989, 856 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 30).

SUGUIO, K. Geologia do Quaternário no Brasil (2001) Editora Campus – USP .p 135.