

**GEOLOGIA E CONTROLE ESTRUTURAL DE CAVERNAS
ARENÍTIAS EM SÃO JERÔNIMO DA SERRA – PR, BRASIL**
*GEOLOGY AND STRUCTURAL CONTROL OF SANDSTONE CAVES IN
SÃO JERÔNIMO DA SERRA (PARANÁ STATE, BRAZIL).*

Ângelo Spoladore

spolador@uel.br

UEL Universidade Estadual de Londrina

CCE / Dep. de Geociências / Laboratório de Pedologia e Geologia

Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445, km 380

Campus Universitário

Cx. Postal 6001 - CEP 86051-990 - Londrina-PR

Luiz Roberto Cottas

lrcottas@yahoo.com.br

UNESP – Universidade Estadual de São Paulo

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro SP

Rua 10, nº 2527 - Bairro Santana

CEP 13500-230 - Rio Claro - SP

RESUMO

No município de São Jerônimo da Serra, Estado do Paraná (Brasil) foi localizada uma série de cavidades naturais desenvolvidas em rochas areníticas pertencentes à Formação Botucatu (Grupo São Bento – Bacia Sedimentar do Paraná). Na região afloram ainda litologias pertencentes às formações Rio do Rasto (Grupo Passa Dois) e Serra Geral (parte superior do Grupo São Bento). Também foram identificadas zonas de cisalhamento de caráter eminentemente rúptil bem como famílias de fraturas orientadas segundo direções preferências. Tais estruturas condicionam os diferentes elementos de relevo. Com relação às cavernas, trata-se de cavidades pouco desenvolvidas, moderadamente ornamentadas podendo ou não possuir curso d'água em seu interior bem como vestígios arqueológicos. Todas as cavidades estudadas apresentam gênese e desenvolvimento intimamente relacionados com as estruturas tectônicas identificadas nas rochas.

Palavras chave: Espeleologia, geoespeleologia, cavernas areníticas

ABSTRACT

In São Jerônimo da Serra, Paraná State (Brazil) was located a series of natural cavities developed in sandstones rocks belonging to the Botucatu Formation (Group São Bento - Sedimentary Basin of Paraná). In the area also was found rocks that belong to the formations Rio do Rasto (Group Passa Dois) and Serra Geral (superior portion of the Grupo São Bento). They were identified rúptil shear zones eminently as well as families of fractures and joints guided according to directions preferences. Such structures condition the different relief elements. The cavities has a few metres of development, moderately ornamented; same times exists a course of water inside the cave as well as archeological tracks. The caves studied present genesis and development intimately related with the identified tectonic structures in the rocks.

Key words - Speleology, geoespeleology, sandstone caves.

1. INTRODUÇÃO

Devido às características geológicas, na região de São Jerônimo da Serra, norte do Estado do Paraná, ocorre uma série de atrativos naturais tais como quedas d'águas, mirantes naturais e cavernas.

Com relação às cavernas, são cerca de 60 cavidades que se desenvolveram em meio aos litotipos da Formação Botucatu. Tratam-se abrigos, tocas em de cavernas com desenvolvimento que pode alcançar cinquenta metros e moderadamente ornamentadas. Tais cavidades apresentam nítido controle estrutural, estando localizadas a longo de linhas de zonas de cisalhamento com características eminentemente rúpteis.

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS A ÁREA DE ESTUDO

São Jerônimo da Serra está localizada no norte do Paraná distando cerca de 80 km da cidade de Londrina (Figura 01).

A principal via de acesso é a PR-090. Trata-se de via pavimentada em bom estado de conservação, onde o tráfego de veículos automotores é constante ao longo de todo o ano.

No Município de São Jerônimo da Serra as estradas vicinais não possuem pavimentação asfáltica, estando precariamente preservadas. Tal fato acarreta que, em épocas chuvosas, o tráfego em algumas dessas vias tor-

na-se impraticável.

3. AS CAVERNAS DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA

A região de São Jerônimo abriga um belo conjunto de cavernas em arenitos. São cerca de 60 cavernas desenvolvidas nos litotipos da Formação Botucatu com dimensões variáveis e ricas em ornamentos diversos.

Destacam-se as seguintes cavidades: Gruta do Cedro I, Gruta do Cedro II, Gruta Arco Verde, Gruta do Poço, Abrigo do Porto de Areia e Abrigo do Assentamento.

Caverna Terra Nova

· Localizada nas imediações de Terra Nova, o acesso é feito por intermédio de uma trilha pouco marcada por aproximadamente 1,5km. Local pouco conhecido e pouco visitado. A caverna não foi mapeada. Todavia foi observado que a caverna possui pelo menos 03 salões. Observa-se uma grande quantidade de água no interior da caverna. Cavidade desenvolvida em meio a

arenitos da Formação Botucatu.

Toca do Tibagi

· Localizada a cerca de 1,5km da margem do Rio Tibagi. Para chegar até o local é mais fácil ir até Tamarana e daí então pegar um barco para atravessar o Tibagi, quando então se segue por mais quilômetro e meio sem trilha demarcada. O local é pouco conhecido e praticamente sem visitação. A caverna não mapeada. Todavia foi observado que a caverna possui pouco desenvolvimento sendo o teto muito baixo. Apesar da cavidade ter se desenvolvida em meio a litologias areníticas, possui diversos ornamentos de composição carbonática.

Gruta Arco Verde

· Localizada na Fazenda Arco Verde, estrada que une São Jerônimo a Terra Nova. Local bastante conhecido e com boa visitação. Não existe qualquer tipo de infra-estrutura no local. Seu desenvolvimento é de 52m. Pode apresentar quantidade variável de água em seu interior. Observa-se grande quantidade de depósitos sedimentos (areia) transportados e depositados pelas águas de escoamento superficial que adentram na caverna. Ca-

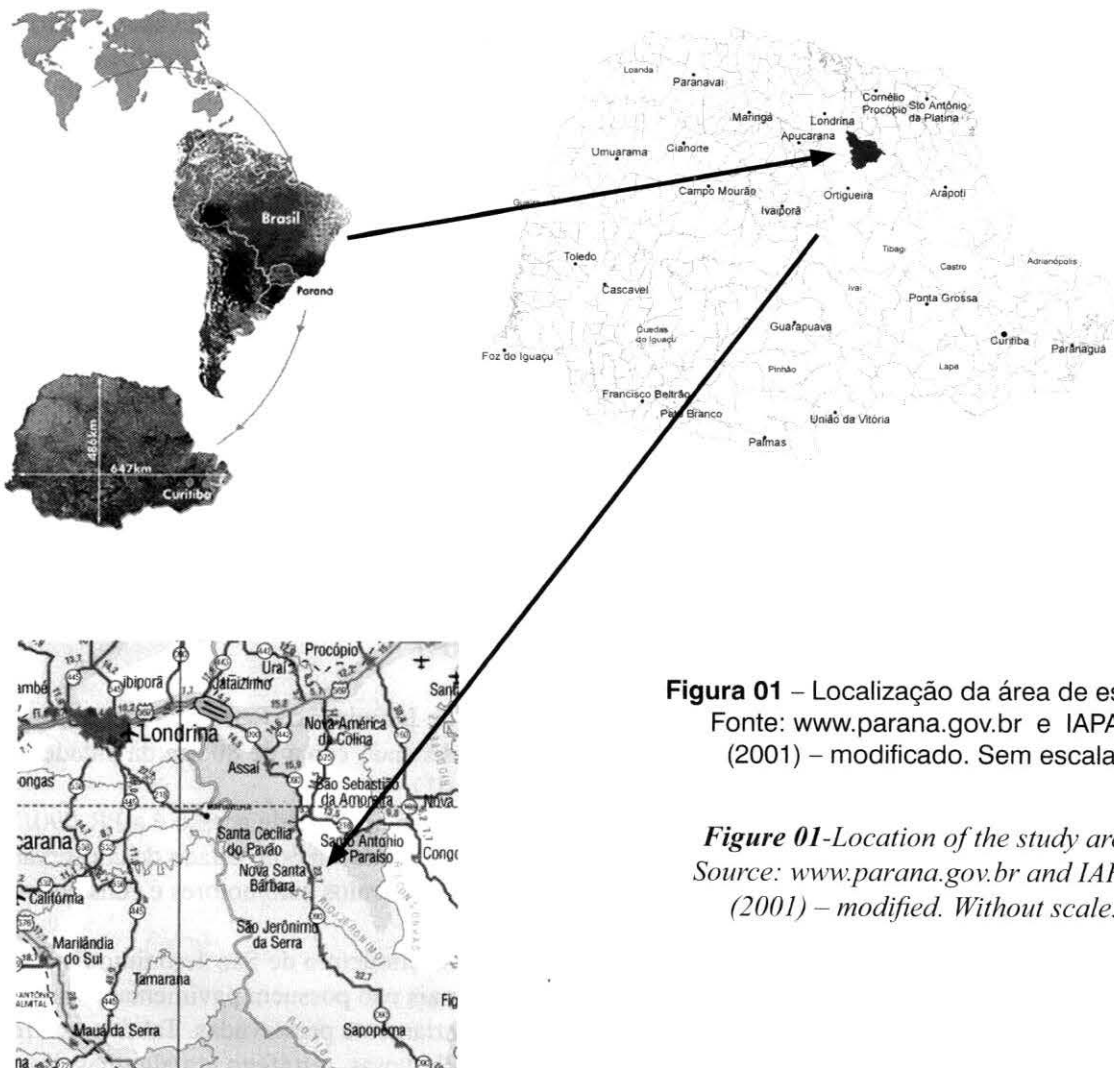


Figura 01 – Localização da área de estudo.
Fonte: www.parana.gov.br e IAPAR (2001) – modificado. Sem escala.

Figure 01-Location of the study area.
Source: www.parana.gov.br and IAPAR (2001) – modified. Without scale.

vidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Gruta das Urtigas

· Com um desenvolvimento de 35m a Gruta das Urtigas (ou Água do Capim) está localizada na Fazenda Arco Verde, às margens da estrada que une Terra Nova a São Jerônimo. Para chegar até a caverna segue-se por trilha pouco marcada. Apesar de ser visível da estrada, o local é pouco visitado. Observa-se grande quantidade de blocos abatidos e de água no interior da caverna. Caverna desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu. Foram identificados restos arqueológicos (fragmentos líticos e cerâmicos)

Gruta do Poço

· Não existe trilha demarcada para o acesso à caverna, apesar das evidências da utilização da caverna para fins religiosos. O local é pouco conhecido e pouco visitado. Para se chegar até esta caverna deve-se seguir por uma trilha por aproximadamente 2,5km. Até o momento a cavidade não foi mapeada. Todavia foi observado que a caverna possui três grandes salões. Nota-se a existência de drenagem em seu interior.

Gruta Gostosinho

· O acesso a esta caverna é feito por estrada sem conservação onde é possível seguir somente por caminhada. Local pouco conhecido e praticamente sem visitação. A caverna foi parcialmente mapeada. Até o momento foram mapeados 70 metros de caverna. No interior desta cavidade existe uma drenagem com vazão bastante razoável. Temperatura interna baixa (média de 16oC). Caverna desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Toca do Porto de Areia

· Cavidade localizada próxima a um porto de areia existente na saída de São Jerônimo em direção a Terra Nova. O acesso é feito por trilha pouco marcada. Local pouco conhecido e pouco visitado. Cavidade pouco desenvolvida (8m) desenvolvidas em meio a arenitos da Formação Botucatu. Vestígios arqueológicos foram identificados no interior da cavidade.

Caverna do Cedro I

· Localizada na reserva indígena Barão de Antonina, Sub-Sede do Cedro. A trilha que dá acesso ao local é pouco marcada. Local pouco conhecido e pouco visitado. A cavidade tem um desenvolvimento de 45m em meio aos arenitos da Formação Botucatu. Foi identificada grande quantidade material arqueológico no interior da caverna.

Caverna do Cedro II

· Localizada ao lado da Gruta do Cedro I. Local

pouco conhecido e pouco visitado. A cavidade se tem um desenvolvimento de 36,8m em meio aos arenitos da Formação Botucatu. Existe uma ligação entre as cavernas do Cedro I e Cedro II.

Caverna do Cedro III

· Localizada ao lado das Cavernas Cedro I Cedro II. Local pouco conhecido e pouco visitado. Seu desenvolvimento é de 52,4m. Foi observada a presença de água em seu interior bem como uma grande quantidade de blocos abatidos próximos a sua entrada. Cavidade desenvolvida em meio a arenitos da Formação Botucatu.

Caverna do Cedro IV

· Localizada ao lado das Cavernas Cedro I, II e III. Local pouco conhecido e pouco visitado. Possui um desenvolvimento de 48m em meio aos arenitos da Formação Botucatu.

Água da Pedra

· Localizada nas proximidades do distrito de Pinhal. O local é bastante conhecido recebendo vários visitantes. A caverna tem um desenvolvimento de 16m em meio aos arenitos da Formação Botucatu. A cavidade é utilizada para fins religiosos.

Caverna do Bira

· Situada nas proximidades do Distrito do Pinhal, o acesso é feito através de trilha pouco marcada com aproximadamente 3,2km. Com um desenvolvimento de 47,1m em meio aos arenitos da Formação Botucatu. A cavidade possui duas entradas e fica atrás da Cachoeira do Bira

Gruta Alta

· Localizada próximo ao Distrito de Pinhal. O local é desconhecido não recebendo visitas. A caverna não mapeada sendo composta por um único salão com formato circular. A cavidade se desenvolveu em meio aos arenitos da Formação Botucatu.

Gruta Baixa

· Localizada próxima a Pinhal. O local é desconhecido não recebendo visitantes. A caverna não mapeada, todavia a mesma possui dois salões com formato circulares e com diâmetro aproximado de 20m, sendo seu teto extremamente baixo.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área de estudo está situada nos domínios da Bacia Sedimentar do Paraná. Trata-se de uma extensa depressão deposicional situada na parte centro-leste do continente sul-americano abrangendo parte dos Estados de Goiás e Minas Gerais e grande parte dos Estados de

São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. (SCHNEIDER *et al.*, 1974). É uma bacia intracratônica simétrica, preenchida por sedimentos do paleozóico, mesozóico, lavas basálticas e, localmente, rochas cenozóicas.

LITOESTRATIGRAFIA

Em São Jerônimo da Serra foram identificadas rochas pertencentes à Formação Rio do Rasto (Grupo Passa Dois) e as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral (Grupo São Bento) - Figura 02.

Grupo Passa Dois

A sedimentação permiana encontra-se representada na área pela Formação Rio do Rasto. Esta unidade encerra o longo ciclo sedimentar e marca a mudança no tipo de sedimentação, que passa de siltico-argilosa, característica dos mares epicontinentais no permiano, para a sedimentação arenosa, de ambientes desérticos, reinantes durante o triássico-jurássico.

Formação Rio do Rasto

Litologicamente, a Formação Rio do Rasto é constituída por siltitos com intercalações contínuas ou lenticulares de arenitos (Painel 01). Apresenta colorações muito variadas, predominando termos vermelho-rosado, cinzentados, esverdeados e arroxeados (Painel 01).

Esta unidade pode ser subdividida em dois membros: Serrinha (inferior) e Morro Pelado (superior), divisão esta adotada por Schneider *et al.* (1974). Na porção inferior da unidade predominam siltitos com intercalações de arenitos (Painel 01). Os arenitos se apresentam maciços, podendo ocorrer também bancos com estratificações cruzadas acanaladas. Na porção superior da unidade, ocorrem siltitos argilosos, e arenitos. As intercalações arenosas são predominantemente lenticulares, com nítido acunhamento. Apresentam quase sempre estratificações cruzadas acanaladas de médio a grande porte, sendo os bancos maciços menos comuns.

Grupo São Bento

O Grupo São Bento, de idade juro-cretácea, é constituído pelos arenitos fluviais da Formação Pirambóia, pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu e pelas lavas intrusivas e arenitos intertrapianos da Formação Serra Geral.

Formação Pirambóia

A Formação Pirambóia constitui-se basicamente de arenitos, arenitos conglomeráticos e raros níveis de argilito. Na área de estudo, tais arenitos apresentam-se esbranquiçados a rosados sendo facilmente desagregados. Localmente podem estar silicificadas.

São arenitos mal selecionados, com grãos finos predominantes e médios subordinados, apresentando

formas sub-angulares e sub-arredondadas, com constituição essencialmente quartzosa e pouca quantidade de matriz siltico-argilosa. Podem ocorrer níveis conglomeráticos.

Localmente ocorrem bancos de estratificação cruzada de grande porte, com níveis de laminação plano-paralela, raras lentes de argilitos siltosos vermelhos, de espessuras centimétricas a decimétricas podem ocorrer.

Com relação origem desta unidade, segue as propostas de Caetano-Chang (1993) que postula que a Formação Pirambóia teria se depositado em um ambiente formado por lençóis de dunas eólicas com interdunas úmidas, intercalados com depósitos fluviais.

Formação Botucatu

Esta unidade litoestratigráfica é constituída por arenitos avermelhados e esbranquiçados (Painel 01), grãos finos a médios, bimodais, arredondados e bem selecionados. Apresenta estratificação cruzada tabular de grande porte, os estratos são em geral bem laminados, ocorrendo com frequência lâminas de diferentes granulometrias. Sua mineralogia principal é quartzosa, ocorrendo como acessórios minerais opacos, moscovita, minerais pesados e até fragmentos de quartzito. Estes arenitos podem apresentar-se silicificados, podendo o cimento representar mais de 30% na sua constituição.

São comuns as estratificações cruzada tangencial, plano-paralela e cruzada-acanalada (Painel 01). As características litológicas e sedimentares da unidade evidenciam deposição eólica em ambiente desértico, sendo raros os depósitos lacustres.

Não foram encontrados restos fósseis. A idade juro-cretácea é atribuída à unidade, por relações estratigráficas, pois está situada entre os derrames basálticos do juro-cretáceo e a Formação Rosário do Sul, do triássico médio a superior.

Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é formada por derrames vulcânicos de caráter básico, intermediário e ácido, distribuídos amplamente pela Bacia Sedimentar do Paraná.

O pacote vulcânico mesozóico localiza-se acima da Formação Botucatu, sendo freqüentes lentes intertrapianas de arenitos. A estratigrafia da Formação Serra Geral é bem definida, havendo coincidência dos derrames com a evolução projetada a partir dos estudos de geocronologia. Os derrames de natureza basáltica são localizados na base da seqüência vulcânica, seguido de manifestações de natureza intermediária que mantém certa contemporaneidade com as primeiras lavas ácidas. A Formação Serra Geral apresenta em sua litologias desde basaltos até rochas ácidas do tipo riolito. Associados aos basaltos foram identificados: vidro intersticial (obsidiana), apofilita, estilbita, natrolita, gyrolita, heulandita, pectolita, minerais de cobre, quartzo (ágata e calcedônia) e argilo-minerais são registrados em amidalas (Pai-

nel 02).

Em São Jerônimo da Serra ocorrem basaltos, dacitos pórfiros e diabásios bem como brechas ígneas e bombas vulcânicas (Painel 01).

O contato inferior da Formação Serra Geral com os arenitos da Formação Botucatu é discordante e intrusivo (Painel 01) e com as unidades mais antigas marca-se por discordância erosiva, jazendo a formação em certos locais, diretamente sobre as rochas do embasamento. O contato superior é discordante com as formações Caiuá, Bauru e Cachoeirinha.

GEOLOGIA ESTRUTURAL

A área de estudo encontra-se situada no contexto do Alinhamento São Jerônimo – Curiúva, definido por Ferreira (1982), flanco NE do Arco de Ponta Grossa. Considerando o trabalho de Soares *et al.* (1982), a área de estudo está inserida na faixa MI-5 (Piraí do Sul/Curiúva) de direção geral N45W±5 e na continuidade da faixa PT-4 de direção N60E±5.

Strugale *et al.* (2004) definiu na região o Horst do Rio do Tigre bem como uma série de zonas de falhas (Zona de Falha de Tamarana, Serra Grande, Apucarantina, Rio do Tigre).

Outros autores tais como Delavi (1996), Spoladore & Delavi (1997), Benitez (2001) e Spoladore (2006), reconhecem diferentes estruturas impressas nas rochas da região, bem como o alinhamento estrutural de elementos de relevo. Tais autores citam ainda que a história tectônica/estrutural da região de São Jerônimo da Serra apresenta um grau de complexidade razoável, sendo identificadas estruturas originadas em momentos diferentes na história geoevolutiva e com origens diversas.

Análise da Orientação dos Elementos de Relevo

Para analisar os principais elementos de relevo foram realizados levantamentos em imagens de satélites, aerofotografias e cartas topográficas do IBGE. Inicialmente, foi realizado estudo levantamento da orientação da rede hidrográfica, caracterizando inclusive os diferentes padrões de drenagem ao longo da área de estudo. Em um segundo momento, foi realizado levantamento visando caracterizar as orientações dos topos das elevações existentes na área.

De posse destes dados, foram elaborados diagramas de rosetas das orientações dos elementos de relevo analisados (figura 3).

A análise dos elementos de relevo nos permite caracterizar quatro direções preferenciais de orientação. São elas: N40/50W; EW; N40/60E; NS.

· Direção N40/50W - Esta direção é a mais evidente tanto na área de estudo. São característicos os alinhamentos retilíneos, localmente curvilíneos, contínuos e amplamente distribuídos pela área. Podem ser facilmente visualizados em imagens de satélites, aerofoto-

grafias ou mapa. Segundo esta direção foram identificados diques de diabásio e as zonas de cisalhamentos.

· Direção EW – Tal orientação, em uma primeira análise, não aparenta ter grande importância. Entretanto, tanto nos diagramas elaborados a partir de fraturas obtidas em campo como naqueles feitos a partir das orientações dos elementos de relevo, a direção EW sempre se apresenta de forma destacada. Os alinhamentos são longos, espaçados, porém, amplamente disseminados por toda a área de estudo, muitas vezes truncando e deslocando os demais alinhamentos, o que nos leva a crer que, estes alinhamentos seriam representantes de um dos últimos eventos tectônicos da região. Segundo esta direção, podemos encontrar drenagens longas e meandantes correndo em vales abertos.

· Direção N40/60E - Outra importante direção de orientação dos elementos de relevo. Ocorrem como uma série de pequenos alinhamentos descontínuos mais muito persistentes. Apesar de estarem disseminados por toda a área de estudo, os alinhamentos N40/60E são mais marcantes nas áreas de afloramentos das Formações Pirambóia e Botucatu. Normalmente estes alinhamentos originam vales cujos cursos d'águas são afluentes dos rios principais, orientados segundo N40/50W. Geralmente, os alinhamentos N40/60E são segmentados pelos alinhamentos N40/50W.

· Direção NS - Os lineamentos orientados segundo NS apresentam uma disseminação irregular e heterogênea ao longo da área de estudo, estando concentrado nas proximidades do vale do rio Tibagi e na porção leste da área de estudo. Trata-se de alinhamentos de pequenas dimensões, segmentados e espaçados. Aparentemente esta direção sobrepõe às outras, podendo ser representante último evento tectônico da área.

Análise dos Elementos Identificados em Campo

As principais estruturas impressas nas rochas e observadas em campo são as fraturas (juntas ou diaclases) e as zonas de cisalhamento rúpteis (falhas). Também foram observadas bandas de deformação de caráter rúptil, lineações, feições sigmoidais, cristalização e minerais fibrosos em fraturas e juntas plumosas. Tais elementos são consistentes com os observados por Strugale *et al.* (2004).

As atitudes dos elementos citados anteriormente foram coletadas sistematicamente e posteriormente foram confeccionados diagramas de contornos de pólos e de rosetas (Figura 4).

Por toda a área de estudo foram observadas diversas zonas de cisalhamento de diferentes dimensões. Destaque para a Zona de Cisalhamento do Rio Tigre – ZCRT – (o chamado host ou zona de falha do Rio Tigre de Strugale *et al.* 2004). Trata-se de estrutura de caráter rúptil com direção geral N40–50W, mergulhos verticalizados ou voltados preferencialmente para SW/W. Nos diagramas de roseta e de contorno dos pólos dos pla-

nos de fraturas e falhas também é possível de facilmente identificar esta estrutura.

A ZCRT é composta por uma série de falhas paralelas/sub-paralelas, originando um feixe de falhas que pode chegar a espessuras de um quilômetro. Ao longo da zona de cisalhamento podem ser observados diques de diabásio com direção paralela à da zona de cisalhamento.

Apesar do caráter rúptil dessa estrutura, em campo, foram observados evidências de cisalhamento e cristas de quartzo com coloração esverdeada o que pode in-

dicar que as condições de pressão e temperatura podem ter atingido valores elevados.

A movimentação da Zona de Cisalhamento do Vale do Rio Tigre é normal sendo que o bloco situado a SW abateu e o localizado a NE da referida estrutura soergueu. Todavia, foram identificadas evidências tais como estrias horizontais e fraturas escalonadas, indicando pulsos cinemáticos de caráter transcorrente com movimentação ora dextral ora sinistral. As estruturas *pull apart* visualizadas nas cavernas são bons exemplos (Painel 03).

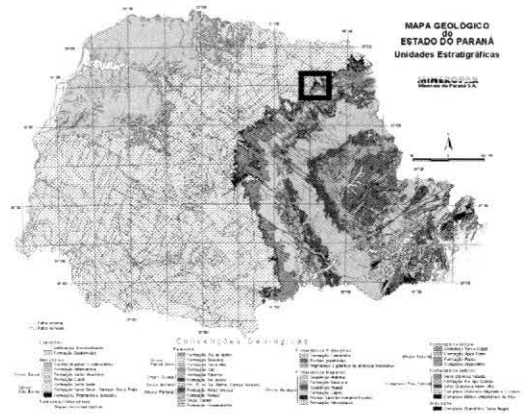
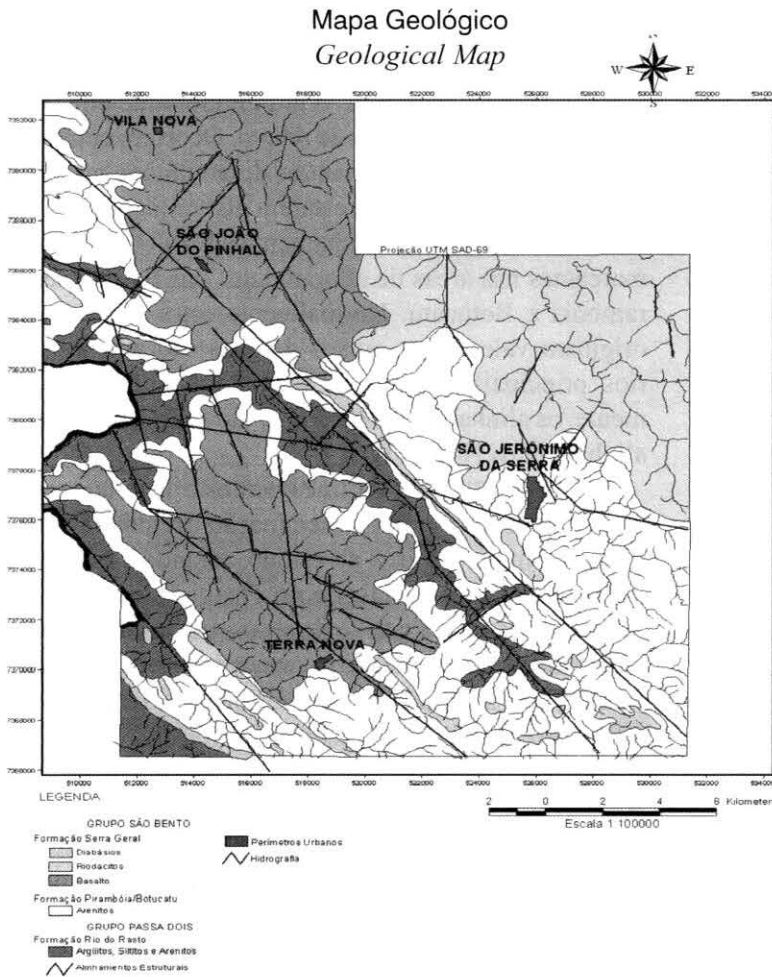
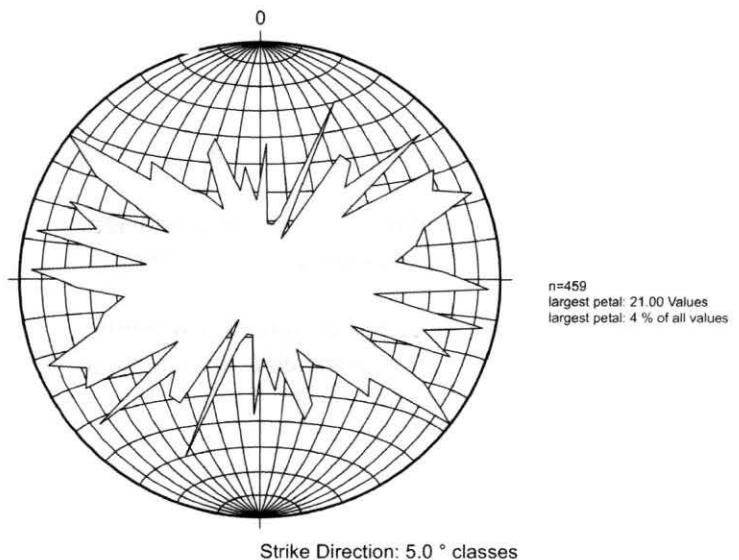


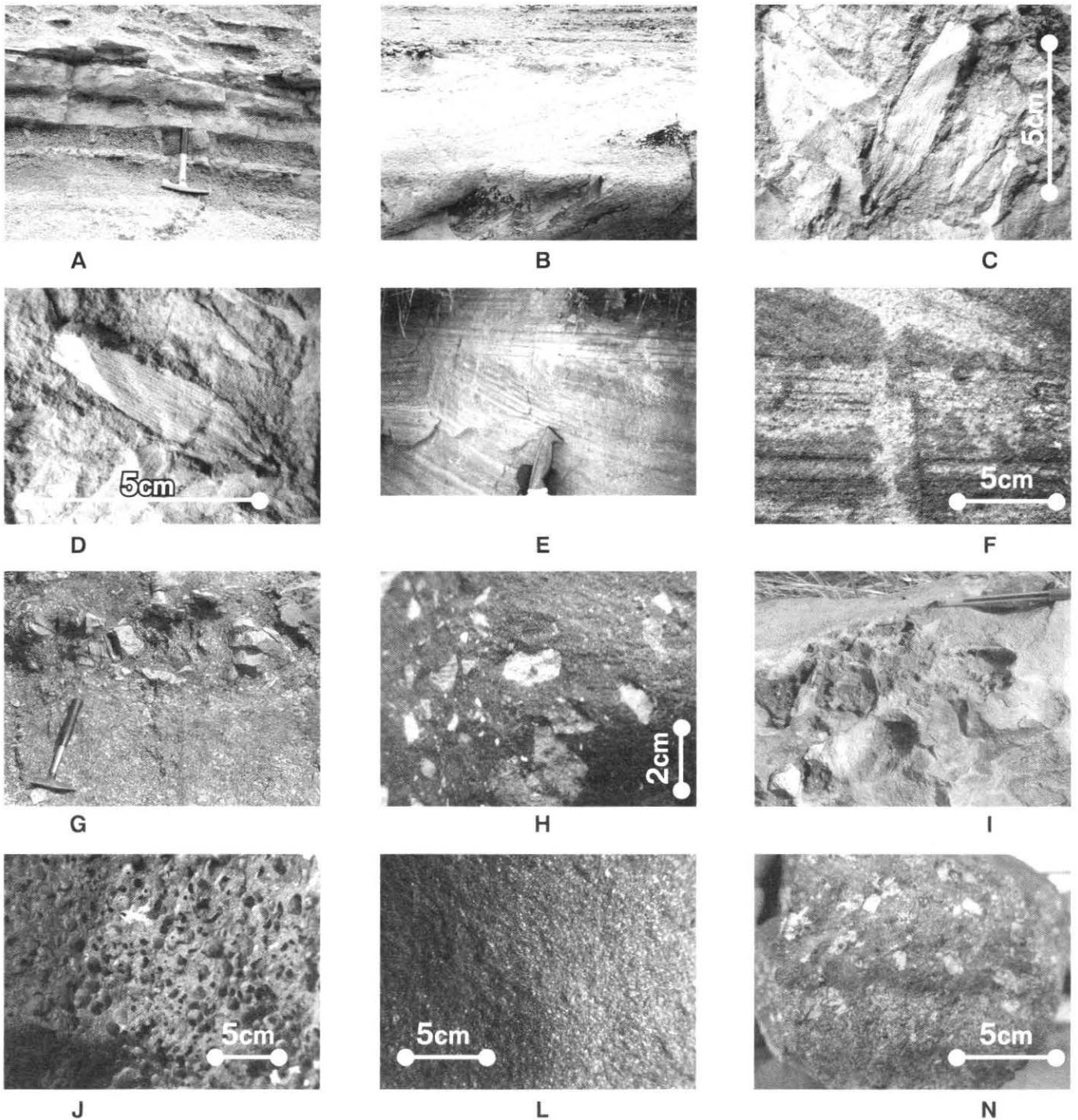
Figura 02 – Mapa Geológico simplificado da área de estudo. Fonte: MINEROPAR (2003) – modificado

Figure 02 - Geological Map of the study area

Figura 03 – Diagramas de rosetas das orientações de elementos de relevo da área de estudo.

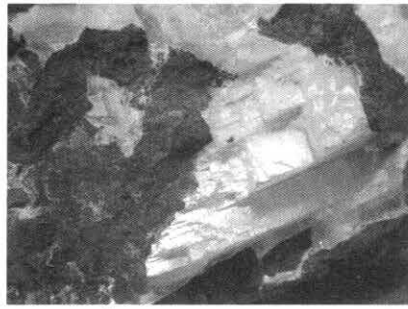
Figure 3 - Diagrams of rosettes of the orientations of elements of relief of the study area.





Panel 01– Rochas aflorantes na área de estudo. A) e B) Rochas da Fm. Rio do Rasto; C) e D) Fósseis de vegetais encontrados na Fm. Rio do Rasto; E) Estratificação cruzada no arenito Botucatu; F) Arenito da Fm. Botucatu; G) Basalto da Fm. Serra Geral intrudindo nos arenitos Botucatu; H) Brecha com matriz arenítica e fragmentos ígneos; I) bombas vulcânicas; J) e L) Diabásio (Fm. Serra Geral); N) Dacito pórfito (Fm. (Serra Geral). Autor: Ângelo Spoladore

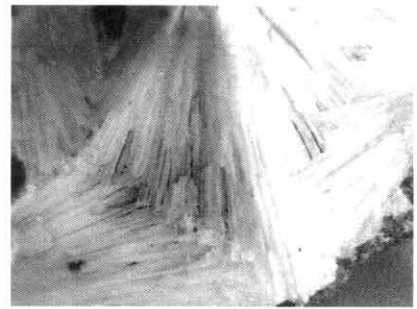
Panel 01- Rocks in the study area. A) and B) rocks of Fm. Rio do Rasto; C) and D) Fossils of vegetables found in Fm. Rio do Rasto ; E) Bedding crossed in the sandstone Botucatu; F) Sandstone of Fm. Botucatu; G) Basalt of Fm. Serra Geral; H) Sandstone with igneous fragments; I) volcanic bombs; J) and L) Diabásio (Fm. Serra Geral); N) Dacito (Fm. Serra Geral). Author: Ângelo Spoladore



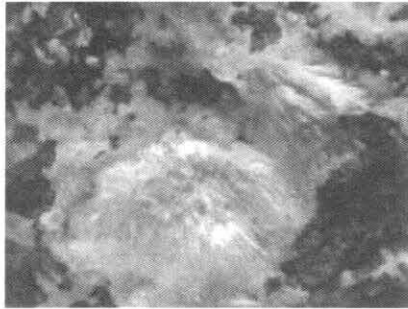
A



B



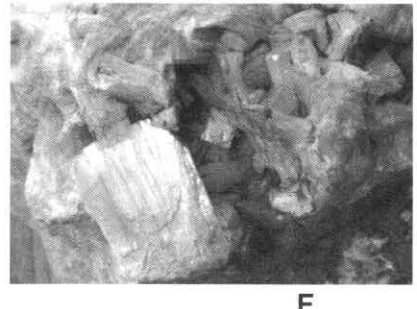
C



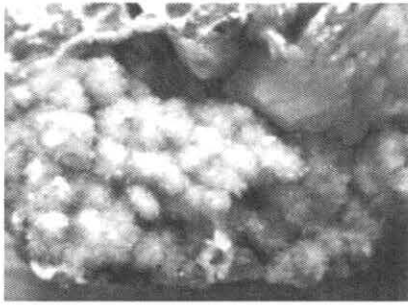
D



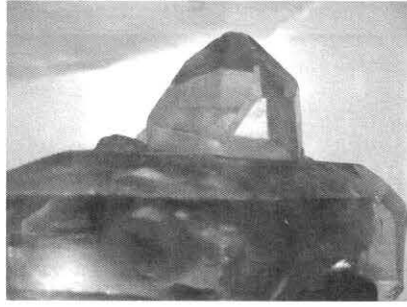
E



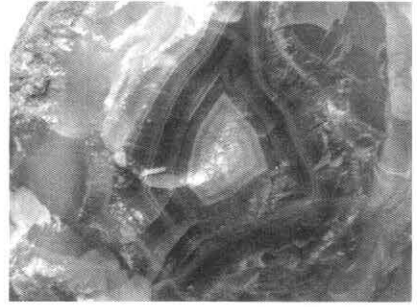
F



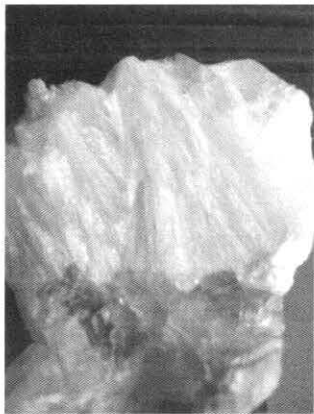
G



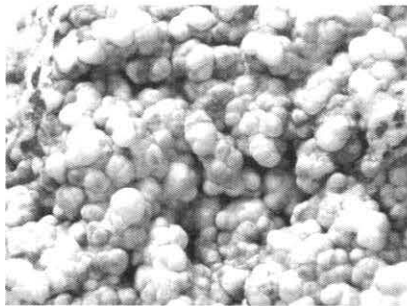
H



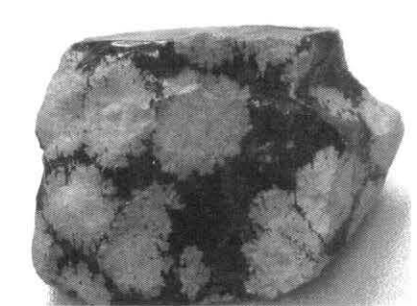
I



J



K



L

Panel 02 – Minerais relacionados com magmatismo da Fm Serra Geral. A) Calcita; B) Apofilita; C) Pectolita; D) Laumonita; E) Estilbita; F) Estilbita; G) Quartzo e estilbita; H) Quartzo; I) Ágata; J) Natrolita; K) Gyrolita e L) Obsidiana. Fotografias sem escala. Autor: Ângelo Spoladore.

Panel 02 - Minerals related with magmatism of Fm Serra Geral. A) Calcite; B) Apofilita; C) Pectolite; D) Laumonite; E) Estilbita; F) Estilbita; G) Quartz and estilbita; H) Quartz; I) Agata; J) Natrolite; K) Gyrolite and L) Obsidian. Pictures without scale. Author: Ângelo Spoladore.

Também observadas falhas diversas. Trata-se de falhas normais e lítricas (Painel 03), orientadas segundo N/NW, com rejeito de alguns poucos centímetros e caimento preferencial voltado para NW.

Uma outra estrutura marcante na área é a chamada zona de cisalhamento de Terra Nova (ZCTN). Trata-se de estrutura similar a ZCRT, ou seja, zona de cisalhamento de caráter rúptil, verticalizada e formada por um feixe de falhas e fraturas paralelas a sub-paralelas que ocorre nas proximidades do distrito de Terra Nova. Pelo observado em campo, a ZCTN apresenta uma movimentação principal vertical (falha normal) com pulsos horizontais de movimentos sinistrais.

As zonas de cisalhamento e falhas ganham importância quando considerado a espeleogênese bem como o desenvolvimento das cavernas de arenito existentes na área. Estas estruturas originam bandas de deformação que se traduzem como planos de fraturas onde o cisalhamento é acomodado pela fragmentação dos grãos de quartzo e a conseqüente diminuição da granulometria, pelo colapso da porosidade e finalmente, fluxo cataclástico (STRUGALE *et al.* 2004; DAVIS *et al.*, 1999).

Magnavita (2000) dentre outros, afirma que bandas de deformação e zonas de cisalhamento são importantes locais de convergência de fluidos durante os pulsos cinemáticos. Tal fato poderia estar favorecendo a espeleogênese. As fraturas são amplamente disseminadas por todas as litologias identificadas na área de estudo. Podem ser distinguidas famílias com diferentes orientações e origens.

Em algumas lentes de arenito que ocorrem em meio ao magma também podem ser observadas estruturas tipo *boudinage* sendo tais fraturas resultantes da extensão de um corpo rígido em meio a um magma mais fluido.

Quanto à orientação preferencial das fraturas, quatro direções são facilmente identificadas, direções estas similares àquelas reconhecidas nos estudos da orientação dos elementos de relevo e também citadas por Strugale *et al.* (2004). São elas, por ordem de frequência: EW; NS; N40/50W; N40/60E.

· Fraturas com Direção EW - Apesar do fato destas fraturas não se mostrarem muito proeminentes quando da análise dos fotolineamentos, em campo as fraturas com direção EW apresentaram grande representatividade. Trata-se de fraturas longas, espaçadas entre si, com representação constante ao longo de toda a área de estudo. Em superfície as fraturas EW condicionam longos cursos d'água com vales amplos. Pelos dados disponíveis aparentemente estas fraturas são abertas, permitindo o fluxo de fluidos e conseqüentemente, a dissolução da sílica e a abertura de cavidades. Esta hipótese já havia sido considerada por Celligoi (1999) em estudos voltados a hidrogeologia. Estas fraturas condicionam o desenvolvimento de algumas cavidades estudadas.

· Fraturas com Direção N40/50W - As fraturas orientadas segundo a N40/50W são importantes, pois as mesmas estão relacionadas com as zonas de cisalhamentos ali desenvolvidas. Na verdade estas fraturas re-

presentam as faixas onde a deformação ocorre de forma mais intensa, especialmente pela diminuição da granulometria dos grãos de quartzo e a redução da porosidade. Estas fraturas encontram-se representadas por toda a área de estudo concentrando-se nas proximidades das zonas de cisalhamento definidas anteriormente. Mas raramente, podemos encontrar cavernas com desenvolvimento principal paralelo a esta direção.

· Fraturas com Direção NS - Esta direção evidencia outra importante família de fraturas que, da mesma maneira que as fraturas EW, também condicionam o desenvolvimento das cavernas existentes na região. As fraturas NS são pequenas e persistentes estando amplamente representada em toda a área de estudo, em especial nas proximidades do Rio Tibagi. Esta direção aparentemente está relacionada com uma tectônica normal, sendo sua maior expressão o vale do Rio Tibagi. Também foram reconhecidos falhas e pulsos cinemáticos com caráter direcional (falhas trascorrentes) orientado segundo esta direção. Celligoi (1999) afirma que as fraturas orientadas NS são estruturas fechadas, sem grandes fluxos de fluidos. Todavia, foi constatado que esta direção é importante para o desenvolvimento das cavidades.

· Fraturas com Direção N40/60E - As fraturas orientadas segundo N40/60E não condicionam o desenvolvimento de cavernas. Tratam-se fraturas bem marcadas e amplamente disseminadas pela área.

5. CONTROLE ESTRUTURAL DAS CAVERNAS DE SÃO JERÔNIMO DA SERRA

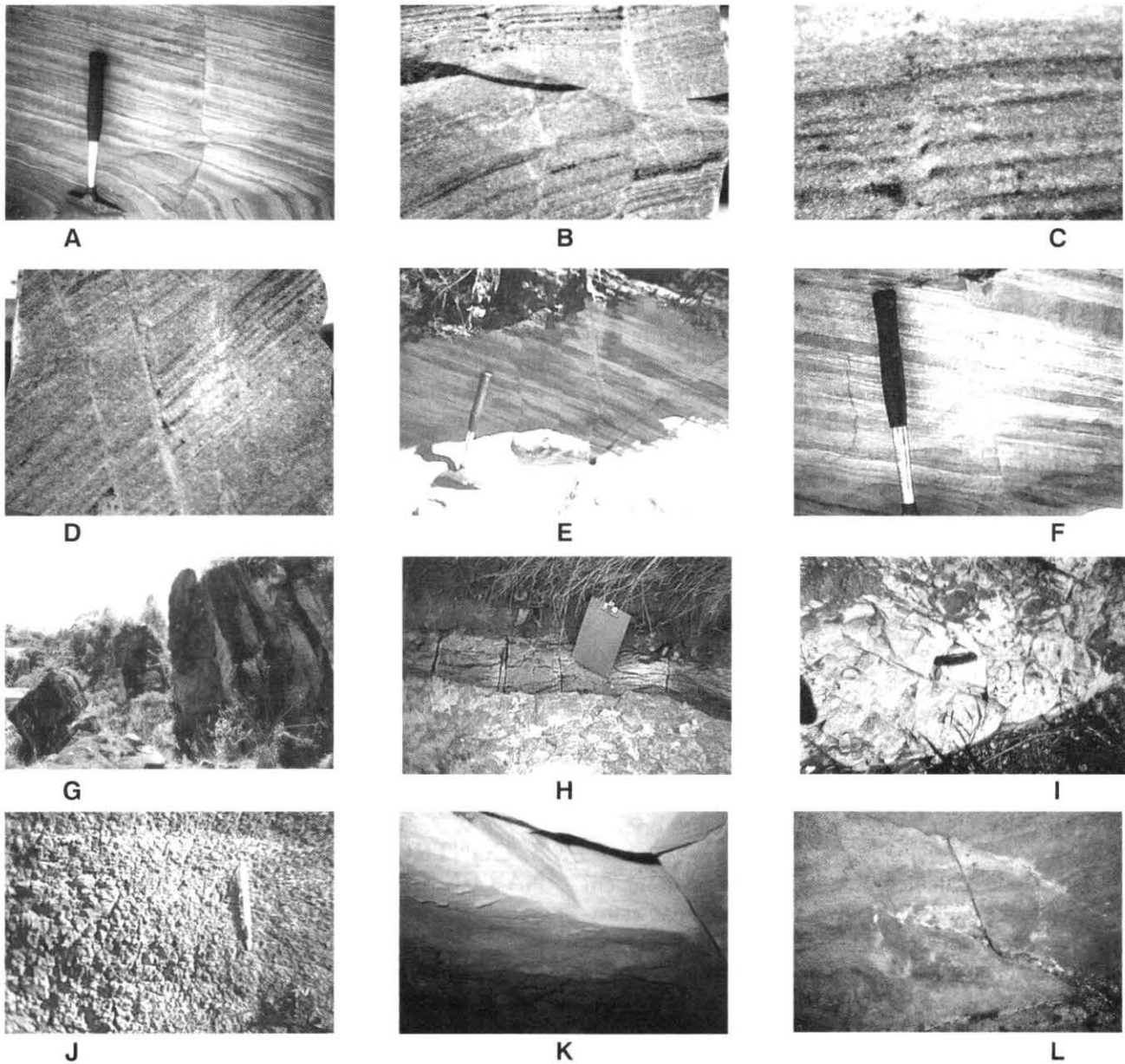
As cavidades desenvolvidas nas litotipos areníticos e estudadas apresentam forte controle estrutural. Assim, o desenvolvimento da cavidade está intimamente relacionado com as estruturas existentes nas rochas.

Por outro lado, quando comparamos a direção do maior desenvolvimento da caverna com os diagramas de roseta e de contorno de pólos obtidos utilizando as atitudes de planos de fraturas, não sempre haverá coincidência (Tabela 1 e Painel 04).

Pelo observado na Tabela 01. As Cavernas de São Jerônimo da Serra, as cavernas de desenvolvem preferencialmente segundo NS e, secundariamente segundo EW. Em apenas uma situação (Gruta Água do Bira) a cavidade se desenvolveu tendo como direção principal N40/50W.

Entretanto, ao analisarmos os diagramas do Painel 04, verificamos que o fraturamento existente no interior das cavernas é coincidente com aqueles observados regionalmente.

Um bom exemplo é o conjunto de cavidades existentes na região do Cedro (Grutas do Cedro I, II e III) e a Toca do Tigre. As principais direções de desenvolvimento dessas cavernas são EW e NS. Todavia, a análise dos diagramas de roseta e de contorno de pólos mostra uma grande frequência de fraturas N40/60E. Apesar de aparecerem em menor quantidade, as fraturas NS e EW são mais importantes para a abertura das cavidades.



Panel 03 Main structures printed in the rocks of the study area: A); B); C); D); E) and F) Ruptil Shear Zones identified in the sandstones; G) deformation characterized by vertical fractures; H) fractures of extension type boudinage; I) and J) "pastille" observed in the rocks of the Rio do Rasto Formation; K) and L) structures type pull apart observed in the roof of caves..

Panel 03 - Main structures printed in the rocks of the study area: A); B); C); D); E) and F) Ruptil Shear Zones identified in the sandstones; G) deformation characterized by vertical fractures; H) fractures of extension type boudinage; I) and J) "pastille" observed in the rocks of the Rio do Rasto Formation; K) and L) structures type pull apart observed in the roof of caves..

Caverna - Cave	Desenvolvimento principal <i>Main development</i>	Desenvolvimento Secundário <i>Secondary development</i>
Arco Vede	NS	EW
Porto de Areia	NS	EW
Tigre	NS	EW
Água da Pedra	EW	NS
Cedro I	EW	NS
Cedro II	EW	NS
Cedro III	NS	EW
Urtiga (Água do Capim)	NS	EW
Bira	NW	NS

Tabela 01 Direções preferenciais de desenvolvimento das cavidades estudadas.

Table 01 - Preferential directions of development of the studied cavities.

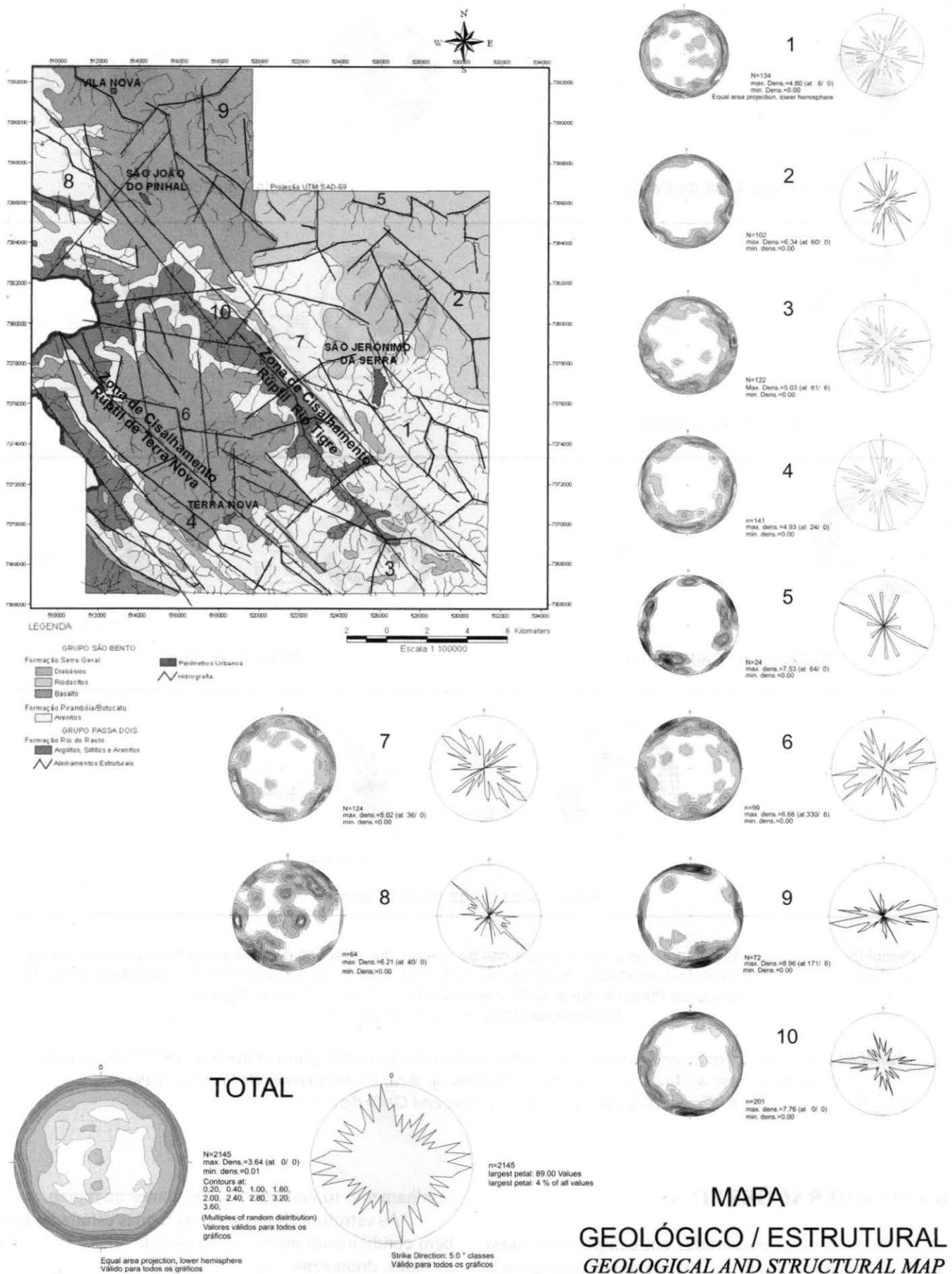
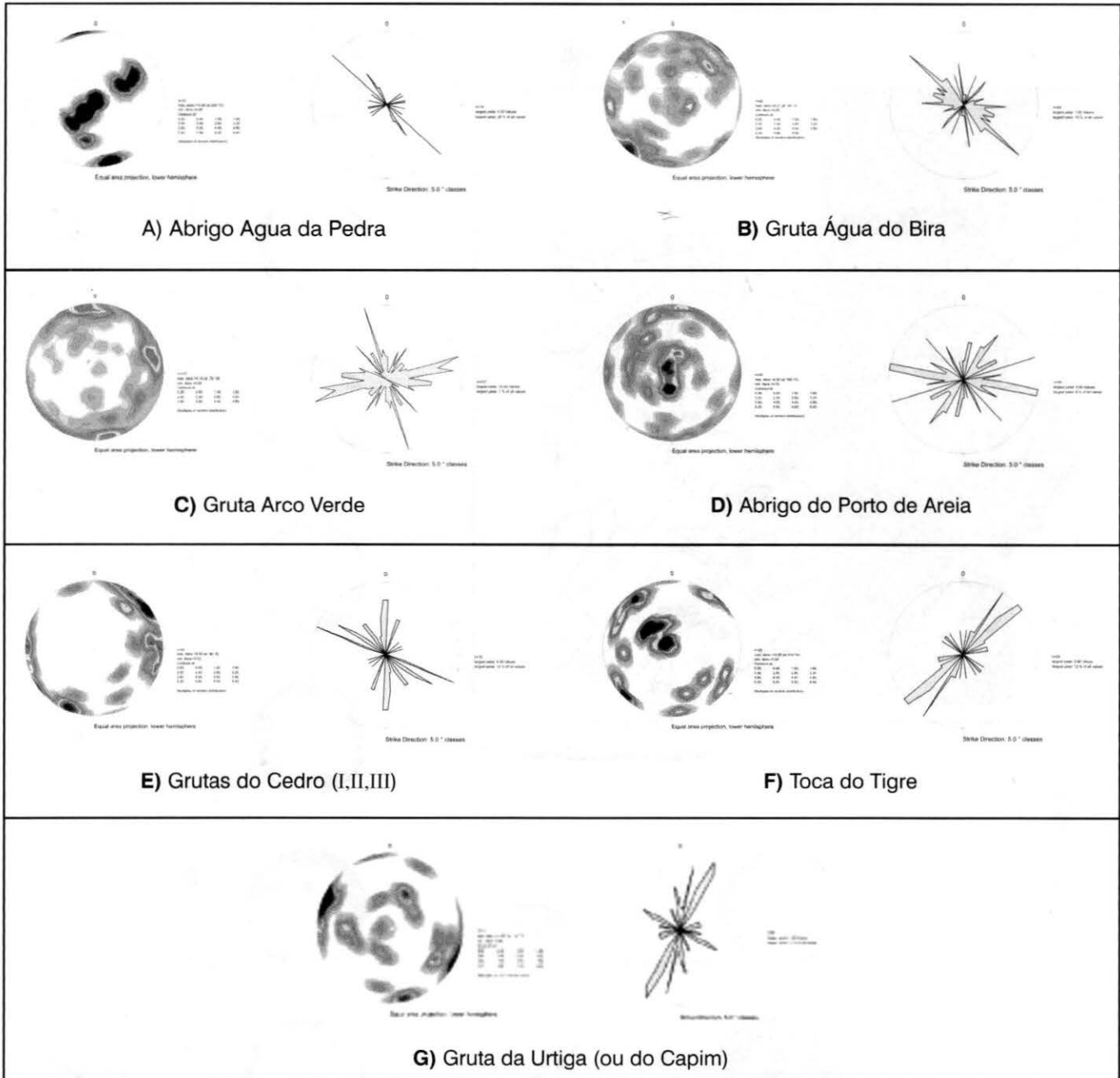


Figura 04 Diagramas de contornos dos pólos e diagramas de rosetas das fraturas, juntas e diáclases existentes nas rochas aflorantes na área de estudo.

Figure 04 – Stereogram of poles and diagrams of rosettes of the fractures and faults identified in the rocks of the study area..



Painel 04 Diagramas de contorno de pólos e diagramas de rosetas das direções dos planos de fraturas identificados no interior das cavidades naturais estudadas: A) Abrigo Água da Pedra; B) Gruta Água do Bira; C) Gruta Arco Verde; D) Abrigo do Porto de Areia; E) Grutas do Cedro (I, II, III), F) Toca do Tigre e G) Gruta da Urtiga (ou Água do Capim).

Panel 04 - Diagrams of poles and diagrams of rosettes of the directions of the plans of fractures identified inside the studied caves: A) Água da Pedra; B) Gruta Água do Bira; C) Arco Verde; D) Porto de Areia; E) Grutas do Cedro (I, II, III), F) Tigre and G) Urtigas (or Passo Liso).

6. CONSIDERAÇÕES FINAS

As evidências observadas em campo bem como os dados obtidos a partir da análise dos estereogramas e outros gráficos mostram que as cavidades naturais existentes em São Jerônimo da Serra apresentam forte controle estrutural estando o seu desenvolvimento condicionado às principais direções de fraturas e zonas de

cisalhamento rúpteis (falhas) existentes na região.

As estruturas impressas nas rochas estudadas também condicionam outros elementos de relevo tais como os vales, drenagens e bem como os morros.

7. REFERÊNCIAS (Vide pag. 63)

GEOLOGY AND STRUCTURAL CONTROL OF SANDSTONE CAVES IN SÃO JERÔNIMO DA SERRA (PARANÁ STATE, BRAZIL).

1. INTRODUCTION

Due the geological characteristics, in São Jerônimo da Serra) north of the State of Paraná, exists a series of natural attractions such as waters fall, natural observatories and caves.

Considering the caves, there are about 60 cavities developed in the sandstone belong to the Botucatu Formation.

There are cavities that can reach fifty meters or more and moderately ornamented. Such caves present clear structural control, being located in shear zones with characteristics eminently raptéis.

2. LOCATION AND ACCESSES

São Jerônimo da Serra is located in the north of the Paraná, about 80 km far from the city of Londrina (Figure 01).

The main access road is the PR 090. It is road paved in good shape, where the traffic of self driven vehicles is constant along the whole year.

In São Jerônimo da Serra the local roads don't possess asphalt paving, being poorly preserved. So, in rainy times, the traffic in some of those roads becomes impracticable.

3. THE CAVES OF SÃO JERÔNIMO DA SERRA

São Jerônimo's area shelters a beautiful group of caves in sandstones. They are about 60 caves developed in Botucatu Formation (sandstones) with variable dimensions and rich in several ornaments.

The most beautiful are the following caves: Cedro I, Cedro II, Arco Verde, Água da Pedra, Terra Nova, Porto de Areia e Bira,

Terra Nova Cave

· Located in the district of Terra Nova, the access is made through a trail. The place is unknown and poorly visited. The cave is not mapped. Though it was observed that the cave possesses at least 03 rooms. It was observed a great amount of water inside the cave. The cavity developed in the sandstones of the Formação Botucatu.

Toca do Tibagi

· Located about 1,5km of Rio Tibagi's margin. To arrive until the place, it is easier from the left margin of Tibagi River, and then to catch a boat to cross river. Do not have a trail. Few people know that cave. The place does not receive visitors. The cave is not mapped. Though it was observed that the cave possesses little development. The roof is very low. The cave possesses

several carbonatic ornaments.

Gruta Arco Verde

· Located in Arco Verde Farm, near the road that goes to São Jerônimo da Serra to Terra Nova. The place is well known and very visited. Doesn't exist any visitors structure. The cave have a development of the 52 meters. Great amount of sedimentary deposits (sand) is observed. Cavity developed amid sandstones of the Formação Botucatu.

Gruta das Urtigas

· Located in Arco Verde Farm to the margins of the road that goes to São Jerônimo da Serra to Vida Nova. In spite of being visible of the road, the place it is not visited. Development of the cave: 35 meters. Great amount of depressed blocks and water is observed inside the cave. Cavity developed in sandstones of the Formação Botucatu. They were identified archeological remains (lithic fragments and ceramic).

Gruta do Poço

· Doesn't exist a demarcated trail to access that cave. The place is poorly known and little visited. The cave is not mapped. Though it was observed that the cave possesses 3 rooms. Exists a drainage presence in the interior of the cave. The place used for religious ends.

Gruta Gostoso

· The access the cave is made by road without conservation. The place is poorly known and practically without visitation. The cave is being mapping. Until the moment 70 meters of cave were mapped. Inside the cave exist a drainage intern with reasonable flow. Temperature intern low (+/-16oC). Cavity developed in the sandstones of the Formação Botucatu.

Toca do Porto de Areia

· The cavity is near to a mining of sand in the road São Jerônimo da Serra – Terra Nova. The access is made by trail poorly marked. The place is poorly known and it is not visited. The cave developed in the sandstones of the Formação Botucatu. They were identified archeological tracks in the cave's interior.

Caverna do Cedro I

· Located in the national Indian land of the Barão de Antonina, the trail that gives access to the place is poorly marked. Few peoples known these known. The development of the cave is 45 meters. A great amount of archeological material inside the cave. Cavity developed in the sandstones of the Formação Botucatu.

Caverna do Cedro II

· These cave is located near the cave Cedro I.

The development of the cave is 36,8 meters. The cave Cedro II is tied to the cave Cedro I by a conduit. The cave developed in the sandstones Botucatu.

Caverna do Cedro III

· Located near the Caves Cedar I and the Cedar II these cave is unknown place and do not receive visitor. The development is 52,4 meters. It was observed the presence of water inside the cave as well as great amount of depressed blocks. Cavity developed amid sandstones of the Botucatu Formation.

Caverna do Cedro IV

· Located beside the Cavernas Cedro I, II and III. These place is unknown and do not receive visitor. The cave has a development of the 48 meters amid the sandstones of the Botucatu Formation.

Água da Pedra

· Located in the proximities of the district of Pinhal. The place is very well known receiving several visitors. The development is about 16 meters. The Cavity developed amid sandstones of the Botucatu Formation and is use for religious ends.

Caverna do Bira

· Located in the proximities of the District of Pinhal, the access is made through trail little marked with approximately 3,2km. The place is unknown and receiving few visitors. The development of the cave is about 47,1 meters. The cavity developed amid sandstones of the Botucatu Formation. It possesses two entrances, and it is behind the Waterfall of Bira

Gruta Alta

· The cave is located near the Caverna do Bira. (district of Pinhal). The place is unknown and do not receive visitations. The cave is not mapped. The cavity developed amid sandstones of the Botucatu Formation and is composed by a single room with circular format.

Gruta Baixa

· That cave is located near the Pinhal District. It is a unknown place and do not receive visitors. The cave is not mapped. The cavity developed amid sandstones of the Botucatu Formation. Cave is very low and possesses two circular living rooms (diameter approximate 20 meters that gives a development of 40 meters).

4. GEOLOGICAL ASPECTS

The study area is located the domains of the Sedimentary Basin of Paraná. It is a basin symmetrical and intracratonic, filled out by sediments of the Paleozoic and Mesozoic, basaltic lavas and rocks Cenozoic (SCHNEIDER et al., 1974).

LITHOSTRATIGRAPHY

In São Jerônimo da Serra were identified rocks belonging to the Rio do Rasto Formation (Group Raisin

Two) and the formations Pirambóia, Botucatu and Serra Geral (Group São Bento) – Figure 02.

Passa Dois Group

The sedimentation of the permian is represented in the area by the Rio do Rasto Formation. This unit contains indication about the long sedimentary cycle and mark the change in the sedimentation type, that passes of silty clay, characteristic of the Permian epicontinental seas, for the sandy sedimentation, of the triassic-Jurassic desert.

Rio do Rasto Formation

The Rio do Rasto Formation is constituted by silty rocks with sandstones lenticular (Panel 01). These rocks present very varied coloration, prevailing red rosy terms, gray, green and purple (Panel 01).

This unit can be subdivided in two members: Serinha (inferior) and Morro Pelado (superior), division this adopted by Schneider et al. (1974). In the inferior portion of the unit the silty rocks prevail with interpolation of sandstones (Panel 01). The sandstones come solid, could also happen banks with beddings. In the superior portion of the unit, they occur silty clay and sandstones. The sandy collations are predominantly lenticular. It is present medium or big grooved beddings, being the less common solid banks.

São Bento Group

The São Bento Group São Bento, with jurassic age, it is constituted by Pirambóia Formation (fluvial sandstones), Botucatu Formation (sandstones) and for the intrusive lavas and sandstones interpoled (Serra Geral Formation).

Pirambóia Formation

The Pirambóia Formation is constituted by sandstones, conglomeratic sandstones and rare clay levels. In the study area, such sandstones are white and are easily disaggregated. They are sandstones badly selected, with medium grains predominant medium, presenting sub angular and sub round forms, with quartz constitution and little amount of silty and clay.

In same places occur banks of crossed bedding, with levels of lamination plan parallel. Rare lenses of red clay silty rocks,

About the origin of this unit, Caetano Chang (1993) suggested the Pirambóia Formation would have deposited in an atmosphere formed by sheets of wind dunes with humid interdunes, inserted with fluvial deposits.

Botucatu Formation

This unit is constituted by red and white sandstones (Panel 01), the grains of sand are medium, bimodal, round and well selected. These rocks presents bedding plano parallel or cross bedding of great load, the strata are in general very laminated, happening frequently sheets of conglomeratics. The main mineralogy is quartzosa, happening as accessories opaque minerals, moscovita, heavy minerals and even quartz fragments. These sandstones can be silicified, due to the

cement that can reach more than 30%.

They are common the tangential cross beddings, plan parallel and cross grooved (Panel 01). The litology and sedimentary characteristics of the unit, evidence eolic deposition in a desertic atmosphere, being rare the lacustrine deposits. They were not found fossil remains. The juro cretacic age is attributed to the unit.

Serra Geral Formation

The Serra Geral Formation is formed by volcanic events with character basic, middleman and acid, distributed thoroughly by the Sedimentary Basin of Paraná.

The Mesozoic package volcanic is located above the Botucatu Formation, being frequent lenses intertrap of sandstones. The stratigraphy of the Formation Serra Geral is very defined, having coincidence of the volcanic events with the evolution projected from the geochronology studies. The volcanic events of basaltic nature are located in the base of the volcanic sequence, following by manifestations of intermediate nature that maintains certain relationship with the first acid lavas. The Formation Serra Geral rocks that go from basalts to rocks acid of the type riolite. Associate to the basalts was identified interstitial glass (obsidian), apofilita, estilbita, natrolita, gyrolita, heulandita, pectolita, copper minerals, quartz (agate and calcedônia) and argilo minerals are registered in amídalas (Panel 02).

In São Jerônimo da Serra were found basalts, porfíricos dacíticos and diabásios as well as igneous breaches and volcanic bombs (Panel 01).

The inferior contact of the Formation Serra Geral with Formation Botucatu's sandstones it is intrusive (Panel 01) and with the oldest units it is marked by erosive disagreement, the superior contact is tuneless with the formations Caiuá, Bauru and Cachoeirinha.

STRUCTURAL GEOLOGY

The study area is located in the context of the Alinhamento São Jerônimo-Curiúva, defined for Ferreira (1982), flank NE of the Arch of Ponta Grossa. Considering Soares et al (1982), the study area is inserted in the strip MI-5 (Piraí of Sul/Curiúva) of general direction $N45W \pm 5$ and in the continuity of the strip PT-4 of direction $N60E \pm 5$.

Strugale et al. (2004) defined in the area the Horst of Rio do Tiger as well as a series of areas of faults (Fault of Tamarana, Serra Grande, Apucarantina, Rio do Tiger).

Other authors like as Delavi (1996), Spoladore & Delavi (1997), Benitez (2001) and Spoladore (2006), recognize different structures printed in the rocks of the area, as well as the structural alignment of relief elements. Such authors mention although the tectonic and structural of the area of São Jerônimo da Serra presents a degree of reasonable complexity, being identified structures originated in different moments in the geologic history and with several origins.

Analysis of the Orientation of the Elements of Relief

To analyze the main relief elements risings were

made studies in images of satellites, aero photographs and topographical letters of Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Initially, it was made a study to characterize the orientation of the hydrological net, characterizing the different drainage patterns in the study area. In a second moment, was made a study to characterize the orientations of the tops of the elevations existent in the area.

After that, diagrams of rosettes of the orientations of the relief elements were elaborated analyzed (illustration 3).

The analysis of the relief elements allows characterizing four preferential directions of orientation: N40/50W; EW; N40/60E; NS.

- Direction N40/50W - This direction is the most evident in the study area. They are alignments straight, locally curvilinear, continuous and thoroughly distributed by the area. They can be visualized easily in images of satellites, aero photographs or map. In this direction were identified dikes of diabásio and the shear zones.

- Direction EW - Such orientation, in a first analysis, doesn't look like to have great importance. However, in the diagrams elaborated from fractures obtained in field as in those from the orientations of the relief elements, the direction EW always come out as a very important direction. These alignments are long, spaced, however, thoroughly disseminated by the whole study area, same times truncating and moving the other alignments; these alignments would be representatives of one of the last tectonic events of the area. In this direction, we can find long drainages running in open valleys.

- Direction N40/60E - Other important direction of orientation of the relief elements is N40/60E. They occur as a series of small, persistent and discontinuous alignments. These alignments are well disseminated by the whole study area; however the alignments N40/60E are more perceptible in the areas the Pirambóia and Botucatu formation. Usually these alignments originate courses of waters that are flowing of the main rivers, guided according to N40/50W. Usually, the alignments N40/60E are segmented by the alignments N40/50W.

- Direction NS - The oriented lineaments according to NS present an irregular and heterogeneous spread along the study area, being concentrated in the proximities of the valley of the river Tibagi and in the portion east of the study area. It is alignments of small dimensions, segmented and spaced. Seemingly this direction puts upon to the other ones, could be represents last tectonic event of the area.

Analysis of the Identified Elements in Field

The main structures printed in the rocks and observed in field are the fractures (diáclases) and the rúptil shear zones of (faults). Also were observed, bands of deformation of character rúptil, lineation, features sigmoidais, crystallization and fibrous minerals in fractures and feathery diáclases. Such elements agree with the observed by Strugale et al. (2004).

The attitudes of the elements mentioned previously were collected systematically and then was constructed diagrams of poles and rosettes (Figure 04).

For the all study area several shear zones of different dimensions were observed. Highlight for the Shear Zone of Rio Tigre ZCRT (the Host of Rio Tigre - Strugale et al. 2004). It is a structure of rúptil character with general direction N40-50W, dives vertical or gone back preferentially to SW/W. In the rosette diagrams and diagrams of the poles of the plans of fractures and faults this structure is easily identify.

ZCRT is composed by serial of faults parallel / sub parallel, originating the bunch of faults that can arrive to thickness of one kilometer. Along the shear zone, diabásio dikes can be observed with parallel di rection.

In spite of the character rúptil of that structure, in field, they were observed evidence of shear and quartz with green coloration what can indicate that the pressure conditions and temperature might have reached high values.

The movement of the Shear Zone of Rio Tiger's valley is normal and the SW placed block abated and the located to NE of the referred structures raise. Though, were identified evidences as horizontal linea tion and assigned fractures, indicating cinematic pulses of character transcorrente with movement some times dextral other times sinistral. The structures pull apart visualized at the caves are good examples (Panel 03).

It was also observed a several faults. It is normal and lístrics faults (Panel 03), guided according to N/NW, with the reject of few centimeters and preferential dip turned to NW.

Another important structure in the area is what is called area Shear Zone of Terra Nova (ZCTN). It is a structure similar to ZCRT, in other words, a rúptil shear zone, vertical and formed by a bunch of faults and parallel / sub parallel fractures. It was observed in field, ZCTN presents a vertical main movement (normal fault) with horizontal pulses of sinistrais movements.

The shear zones and faults are more important when considered the speleogenesis as well as the development of the existent sandstone caves in the area. These structures originate deformation bands such as plans of fractures where the deformation is accommo dated by the fragmentation of the grains of quartz and the consequent decrease of the grain, and the collapse of the porosity and finally, cataclastic flow (STRUGALE et al. 2004; DAVIS et al., 1999).

Magnavita (2000) and others, affirms that deformation bands and shear zones are important places of convergence of flow during the cinematic pulses. Such fact could be favoring the speleogenesis. The fractures are disseminated in all identified rocks in the study area. Families can be distinguished with different orientations and origins.

In some sandstone lenses inside the magma developed structures type boudinage. The same structures can also be observed being resulting fractures of the extension of a rigid body amid a magma more flowed.

Four directions are easily identified, directions these similar to that one recognized in the studies of the orientation of the relief elements and also men

tioned by Strugale et al. (2004). They are, for frequency order: EW; NS; N40/50W; N40/60E.

· Fractures EW in spite of the fact of these fractures if they don't show very prominent when of the analysis of the photolineaments, in field the fractures with direction EW presented great representativeness. It is long fractures, spaced amongst themselves, with constant representation along the whole study area. In surface the fractures EW condition long courses of water with wide valleys. For the available data these fractures are Seemingly open, allowing the flow of having flowed and consequently, the dissolution of the silica and the opening of cavities. This hypothesis had already been considered by Celligoi (1999) in returned studies the hidrogeologia. These fractures condition the development of some studied cavities.

· Fractures NS This direction evidences another important family of fractures that condition the development of the caves in the study area. The fractures NS are small and persistent and can be identified in the all study area, especially in Rio Tibagi's proximities. This direction is related with a normal tectonics, being the most important expression the Rio Tibagi valley. Cinematic pulses were recognized with directional character oriented second this direction. Celligoi (1999) affirms that the oriented fractures NS are closed structures, without great flows. Though, it was verified that this direction is important for the development of the cavities.

· Fractures N40/50W - The oriented fractures according to N40/50W are important because this direction is the same of the faults. These places represent the strips where the deformation happens in a more intense way, especially the decrease of the granulometria of the grains of quartz and the reduction of the porosity. These fractures are acted previously by the whole study area concentrating on the proximities of the areas of defined shear. But rarely, we can find caves parallel to this direction.

· Fractures N40/60E - The oriented fractures according to N40/60E don't condition the development of caves. Fractures are treated well marked and thoroughly disseminated by the area.

5. STRUCTURAL CONTROL OF CAVES OF SÃO JERÔNIMO DA SERRA

The caves studied which developed in sandstone lithotypes show strong structural control. The development of each is intimately related to the structures existing in the rocks.

On the other hand, the direction of major development of a cave does not always coincide with the data provided by rose and polar outline diagrams obtained using the orientations of joints (Table 1, Panel 4).

As shown in Table 1, the caves of São Jerônimo da Serra develop preferentially with a NS orientation, and secondarily with an EW orientation. A single cave (Gruta Água do Bira), has developed along a mainly

N40/50W direction.

However, the analysis of the diagrams in Panel 4 shows that the fractures in the interior of the caves do coincide with those observed in the region.

A good example is the set of caves in the region of Cedro (Grutas do Cedro I, II, and III) and the Toca do Tigre. The main directions of development of these caves are EW and NW. However, the analysis of the rose and polar outline diagrams shows a large frequency of N40/60E joints. Despite their reduced frequency, the NS and EW joints are more important for the opening

of cavities.

6. CONCLUSIONS

The evidences observed in field as well as the data obtained from the analysis of the graphs show that exist a structural control in the caves of São Jerônimo da Serra due the fractures and the rupteis shear zones and faults existent in the area.

The structures printed in the rocks studied also condition other relief elements such an as the valleys,

7. BIBLIOGRAPHY

- BENITEZ, L. (2001). **Principais aspectos do meio físico da bacia do rio do Tigre, PR**. Monografia de Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual de Londrina, 87 pp.
- CAETANO-CHANG M.R. (1993). Estado d'arte do conhecimentos sedimentológicos/ estratigráficos das formações Pirambóia e Botucatu no Estado de São Paulo. **Resumos... Simp. Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná**, 1, UNESP, pp. 84-85.
- CELLIGOI, A. (1993). **Recursos hídricos subterrâneos da formação Serra Geral em Londrina / PR**. Dissertação de Mestrado, IC, USP.São Paulo, 102 pp.
- DAVIS G.H., BUMP A.P., GARCÍA P.E. & AHLGREN S.G. (1999). Conjugate Riedel deformation band shear zones. **J. Struct. Geol.**, 22:169-190.
- DELAVI, E.J (1996). **Grutas e cavernas de arenito do município de São Jerônimo da Serra, PR**. Monografia de conclusão de curso, UEL, Londrina, PR. 95 p..
- FERREIRA F.J.F. (1982) **Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 170 p..
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (1999). **Manual de avaliação do impacto ambiental**. Governo do Estado do Paraná. IAP, Curitiba.
- MAGNAVITA L.P. (2000). Deformation mechanics in porous sandstones: implications for development of fault seal and migration paths in the Recôncavo Basin, Brazil. *in*: MELO, M.R. & KRATZ, B.J. (eds.). **Petroleum Systems of South Atlantic Margins, AAPG Memoir**, 73, pp. 195-212.
- MINEROPAR. <http://www.pr.gov.br/mineropar/index.html> . Acesso em: 21 de agosto de 2003.
- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F. & NOGUEIRA, A.A. (1974). Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. **Anais do XXVIII Congresso Bras. de Geol.**, Porto Alegre, 1:41-66.
- SOARES P.C.; BARCELLOS P.E. & CSORDAS S.M. (1982). Lineamentos em imagens Landsat e Radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. **Anais... Simp. Bras. Sensoriamento Remoto**, 2, INPE/CNPq , pp. 143-167.

SPOLADORE, A. (2006). A geologia e a geoespeleologia como instrumentos de planejamento para o desenvolvimento do turismo - o caso de São Jerônimo da Serra / PR. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, 305pp