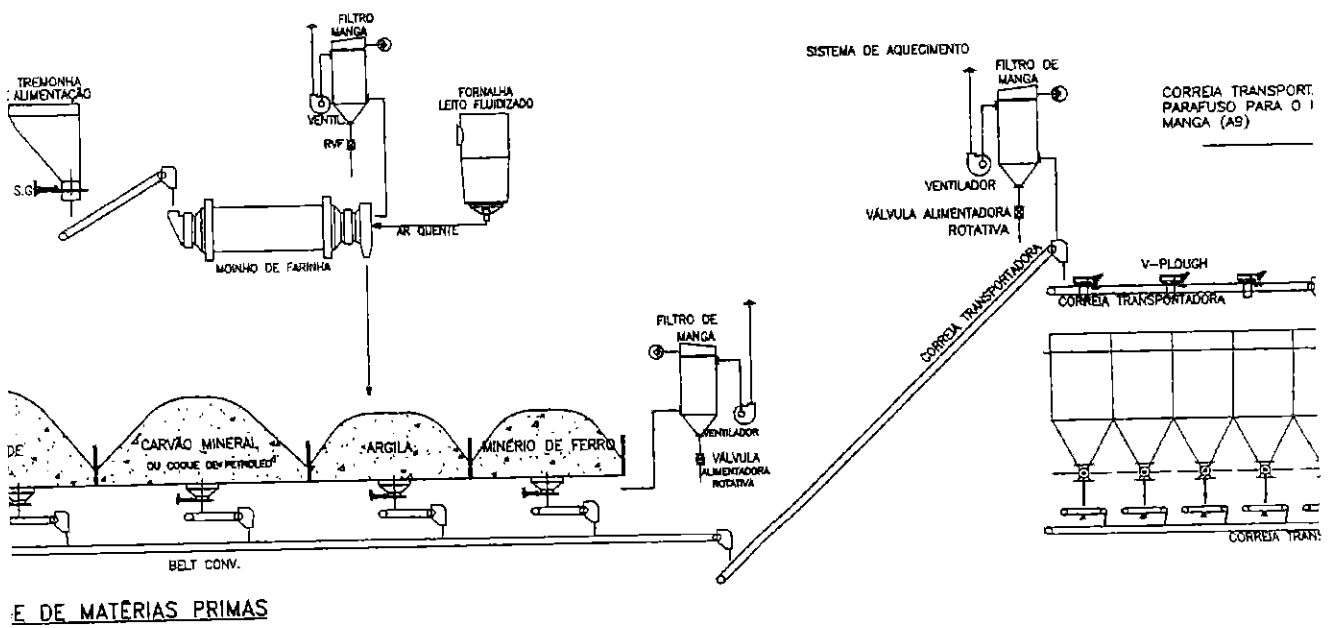


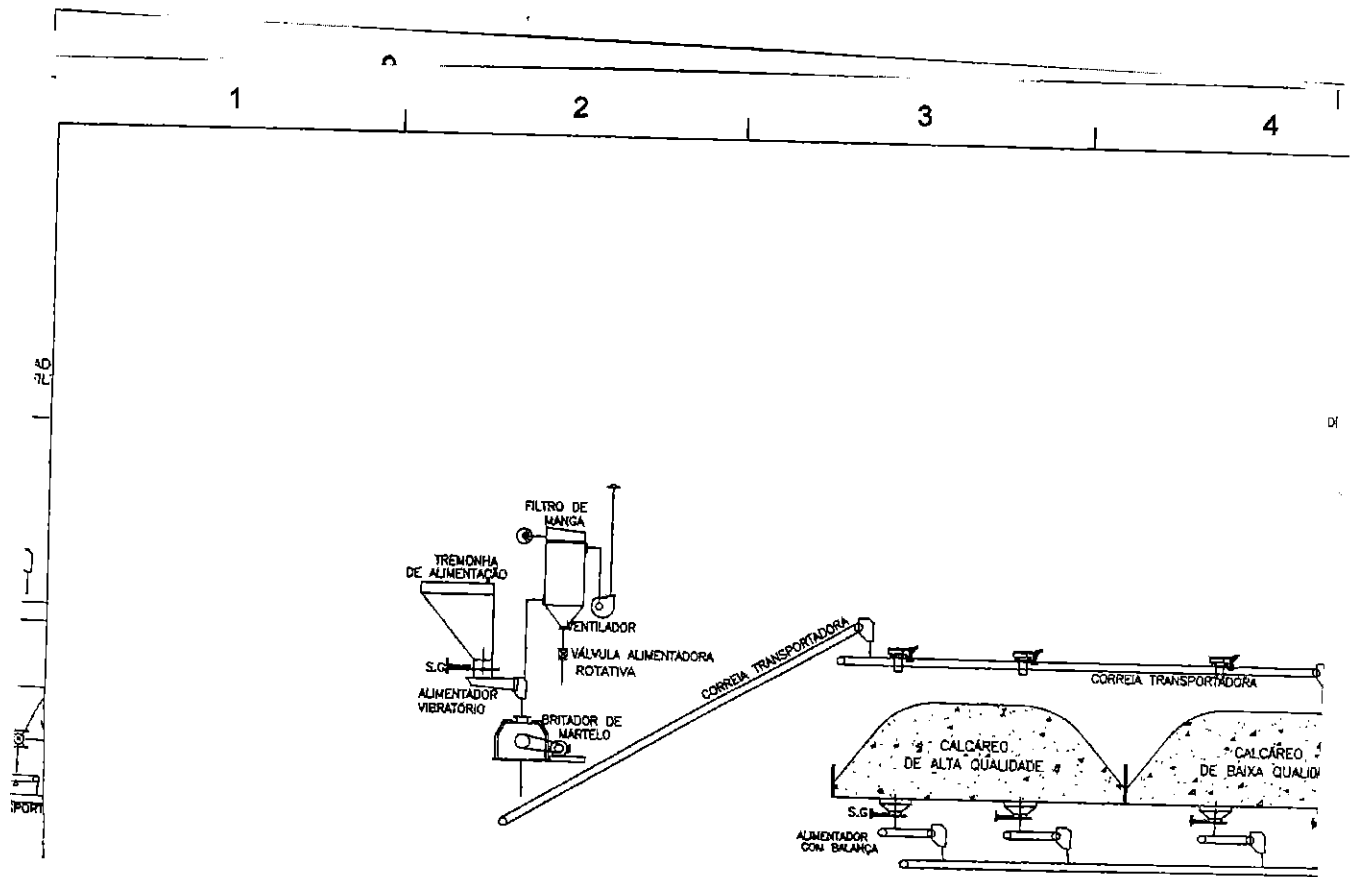
5

6

7

8





DI

SEÇÃO DE BRITAGEM DE CACÁREO

ESTOQ

C

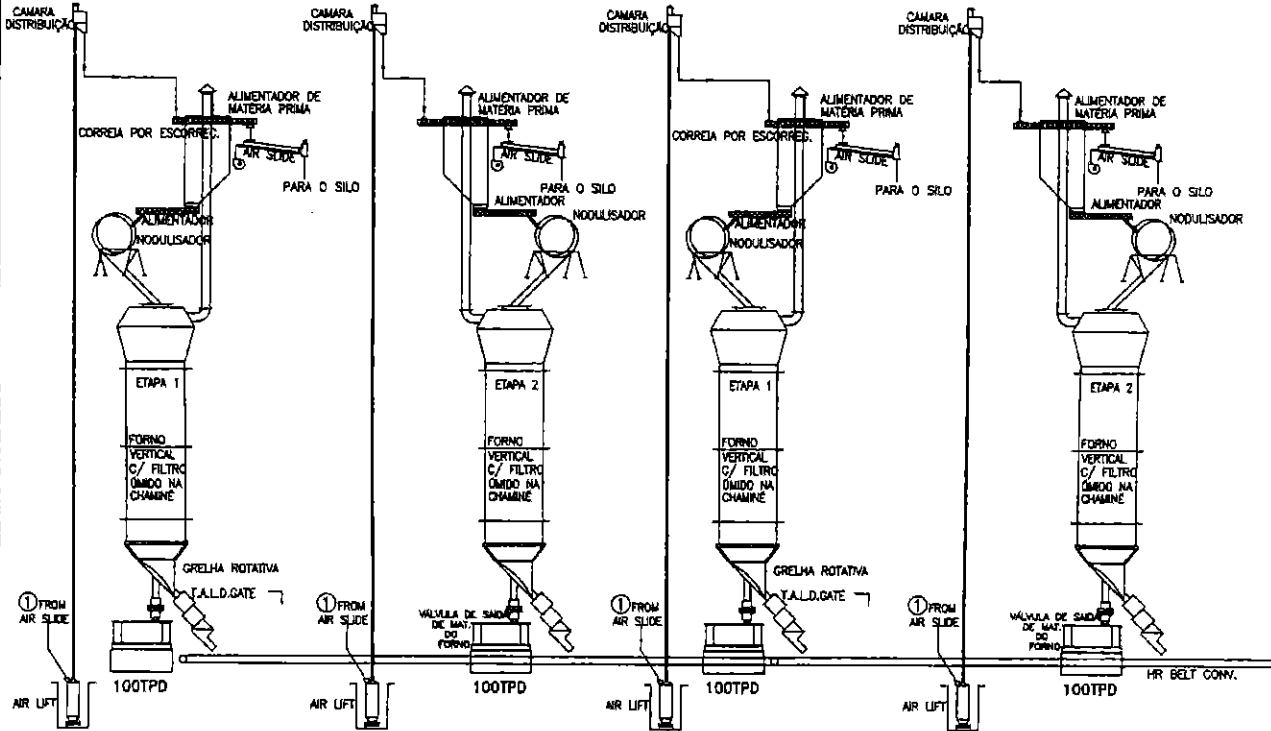
D

E

F

G

H





## 5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 5.1. Definição das Áreas de Influência do Empreendimento

Para a determinação da área de influência, esta foi dividida em duas unidades espaciais de análise, denominadas: Área de Influência Indireta (AII) e Área de Influência Direta (AID).

#### 5.1.1. Área de Influência Direta (AID)

É a área sujeita aos impactos diretos provenientes da instalação da Mina de Calcário Cardoso, na qual ocorrem impactos ambientais de primeira ordem. Para cada aspecto ambiental, seja ele relativo ao meio físico, biótico ou antrópico, haverá uma área de influência direta. Assim, a soma de todas estas áreas indica a AID. A AID é ainda subdividida em:

- **Área Diretamente Afetada (ADA):** Área onde se localizará e serão desenvolvidas as atividades de Extração de Calcário do Empreendimento.
- **Área de Entorno (AE):** São as áreas próximas aos limites físicos da ADA, onde também ocorrem impactos diretos das atividades de extração mineral, mesmo que este ali não se localize ou se desenvolva.

#### 5.1.2. Área de Influência Indireta (AII)

Área sujeita aos impactos indiretos da implantação do empreendimento, ou seja, aquela na qual ocorrem impactos ambientais, de segunda ou mais ordens. Para cada aspecto ambiental, seja ele relativo ao meio físico, biótico ou antrópico, haverá uma AII. A soma de todas estas áreas indica a AII do empreendimento. Para a demarcação das áreas de influência do empreendimento, utilizaram-se critérios e parâmetros multidimensionais, onde cada qual se voltou para as especificidades do meio ambiental focalizado. Como consequência foi demarcada áreas de influência distintas para os



meios físico, biótico e antrópico. A escolha de um procedimento multi.criterial se fundamentou na busca da otimização das diversas abordagens ambientais. Para melhor caracterização dessas referidas áreas de influencia, estas estão caracterizadas abaixo de acordo com os Meios Físico, Biótico e Antrópico.

## 5.2. Meio Físico

### 5.2.1. Aspectos Climáticos

O sudeste brasileiro se localiza numa faixa de transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os climas temperados das latitudes médias, aproximando-se mais dos climas tropicais do que dos temperados. Minas Gerais encontra-se, durante todo o ano, sob o domínio da circulação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, o qual é substituído com certa freqüência por sistemas frontais e pelo Anticiclone Polar Migratório, que interagem com fatores climáticos estáticos: altitude e rugosidade do relevo.

O regime de ventos da região submete a área à circulação de ventos provenientes das direções E e SE, havendo uma predominância das correntes de entrada em Leste, indicando a influência das altas pressões subtropicais ou do Anticiclone Semi.Fixo do Atlântico Sul. As velocidades médias variam entre 1,5 a 2,5 m/s, sendo classificados como ventos suaves.

De acordo com a classificação de *Koppen* (Referência: *Climatologia do Brasil*, Edmon Nimer, 1979), o clima da região em estudo pode ser classificado como do tipo Tropical Sub- quente Sub-úmido, com 4 a 5 meses de seca no ano.

A temperatura média anual é quase sempre inferior a 22°C, podendo variar principalmente entre 20 e 18°C, possuindo pelo menos um mês com temperatura inferior a 18°C. Para a região em estudo, a temperatura média é assumida como sendo igual a 20,7°C.



Para o mês mais frio, normalmente junho ou julho, a temperatura varia entre 15 e 18°C, com média das mínimas diárias entre 10 e 6°C, podendo ocorrer mínimas unitárias próximo a 0°C. Seu verão, embora não registre máximas diárias muito elevadas, é, no entanto, quente, uma vez que seu mês mais quente acusa média superior a 22°C, em quase todo seu domínio.

O regime pluviométrico descreve um ciclo básico unimodal, com verão chuvoso e inverno seco. A precipitação média anual é da ordem de 1430 mm.

A estação chuvosa se estende de outubro a março e o período seco, de maio a setembro, sendo os meses de abril e outubro o período de transição. A região demonstra longa amplitude entre os valores do verão e do inverno, assinalando forte sazonalidade e concentração das precipitações em apenas três meses do ano (Nov – dez - jan), período onde ocorre cerca de 50% da precipitação anual. Os menores índices pluviométricos ocorrem predominantemente nos meses de junho, julho e agosto, podendo atingir médias da ordem de 16,5 mm.

A chuva e a evaporação representam parte do balanço hídrico da região. A diferença reside no fato de que a evaporação é um processo contínuo envolvendo inclusive a evapotranspiração, que representa a perda de água do solo e da vegetação para o espaço. A chuva, pelo contrário, é irregular e às vezes a região pode permanecer longos períodos sem precipitação.

A comparação entre o comportamento da evaporação em relação à precipitação a partir dos dados existentes, verificou-se que a perda total de água para a atmosfera, pelos processos de evaporação, é menor que o ganho de água pela precipitação, havendo assim um superávit hídrico.

O total anual de evaporação é 1.243,2mm, enquanto que o total anual precipitado é de 1.426,8mm, evidenciando assim um superávit hídrico. Analisando os meses onde ocorre o déficit hídrico (maio a outubro), verifica-se que o total precipitado é de 272,8mm e a evaporação é de 701,8mm, o que significa que evapora água 2,6 vezes mais do que precipita. O mês mais crítico é o de agosto, quando chove em média 17,2

mm e evapora 138,4mm, sendo setembro o mês que apresenta a maior taxa de evaporação (148,3mm).

Observa-se ainda que, o primeiro semestre de cada ano apresenta ligeira maior atividade de precipitação, sendo praticamente distribuída de maneira igualitária, com excesso de 34,6mm para o primeiro semestre. A média anual de umidade relativa do ar é da ordem de 80,1%, sendo que mesmo no inverno, os valores não atingem média inferior a 70%, com máxima igual a 84,8%. A evaporação potencial anual é do entorno é de 1.243 mm, sendo as maiores taxas observadas nos meses de agosto a outubro, quando são registrados os maiores déficits de umidade relativa do ar, juntamente com o mês de setembro.

Conforme verificado na análise da precipitação, existe um déficit de água na atmosfera da região entre maio a outubro, o que caracteriza ser a região relativamente seca nesta época do ano. Os meses do ano que acusam umidade relativa média abaixo da média anual são: julho, agosto, setembro e outubro. Verifica-se que agosto e setembro acusam as menores taxa de umidade relativa média do ano, sendo que em agosto ocorre o menor índice pluviométrico e em setembro a maior evaporação do ano.

### **5.2.2. Aspectos Geológicos**

A área objeto deste estudo encontra-se inserida na extremidade sudoeste do Cráton do São Francisco (Almeida 1977) que representa um extenso núcleo estabilizado no final do Ciclo Brasileiro, margeado por faixas de dobramentos Neoproterozóicas.

O arcabouço geológico é constituído por rochas do embasamento Arqueano do cráton (gnaiesses de composição granítica e seqüência metassedimentar Neoproterozóica de cobertura do Grupo Bambuí (metapelitos e rochas carbonáticas).

### **Complexo Divinópolis**

As primeiras menções a respeito das rochas granito-gnáissicas denominadas como Complexo Granito-Gnáissico são atribuídas a Derby (1881; in Felix & Freitas Jr. 2000).



Percorrendo a região do Alto São Francisco, esse autor divide em cinco grupos as rochas da região, sendo o primeiro constituído de granitos, gnaisses e micaxistos.

As rochas do embasamento caracterizam-se por uma variada gama de tipos e idades. Localmente, podem ser observados gnaisses migmatizados com estruturas diversas, cataclasitos, metabasitos, dioritos, granodioritos, granitos, rochas xistosas e quartzosas. Os granitóides apresentam tonalidades cinza esbranquiçada em consequência de plagioclásio ou ortoclásio. Geralmente são de granulação média a grossa e podem apresentar fábrica com orientação incipiente e cortadas por veios de leucogranitos de granulação grossa e espessura, em média, decimétrica. Essas rochas transicionam localmente para gnaisses bandados e migmatizados nas zonas mais intensamente deformadas. Assim sendo, os gnaisses bandados e migmatizados com estruturas diversas são subordinados aos alinhamentos estruturais. Essas rochas se caracterizam por apresentar bandas leucocráticas e melanocráticas alternadas, apresentando às vezes, porfiroclastos de feldspatos estirados. Possuem granulação fina a grossa e coloração cinza, com os porfiroclastos de feldspatos de forma ocelar, róseos e mais freqüentemente esbranquiçados.

### **Grupo Bambuí**

O Grupo Bambuí, por sua grande extensão e características relativamente constantes de seus sedimentos, constitui a principal unidade litoestratigráfica neoproterozóica de cobertura do Cráton do São Francisco. Uma síntese sobre a evolução dos conhecimentos a respeito do Grupo Bambuí pode ser encontrada em Felix & Freitas Jr. (2000) e Borghetti (2002).

De acordo com a coluna estratigráfica proposta por RADAMBRASIL (1983) o Grupo Bambuí é subdividido em 5 Formações da base para o topo: Formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade correspondendo ao Subgrupo Paraopeba, que é coberto pela Formação Três Marias.

A Formação Sete Lagoas (Branco & Costa 1961) é caracterizada por uma seqüência carbonatada, com termos pelíticos subordinados. Os pelitos encontrados na base da unidade, são representados pelos filitos e cálcio-filitos que Grossi Sad & Quade (1985, in Felix & Freitas Jr. 2000) designaram Formação Vespasiano. A sucessão



carbonatada é constituída por calcários argilosos, calcários puros, calcários e dolomitos com brechas lamelares e estruturas estromatolíticas e dolomitos litográficos.

A Formação Serra de Santa Helena (Branco & Costa 1961) é composta por folhelhos siltitos, folhelhos, siltitos, margas e lentes esparsas de calcário preto. O termo “ardósia” tem sido erroneamente utilizado para designar os folhelhos sílticos, segundo Grossi Sad & Quade (1985).

A Formação Lagoa do Jacaré (Branco & Costa 1961) representa um pacote de intercalações cíclicas de siltitos, margas, calcários pretos, calcários fétidos e calcários oolíticos a pisolíticos.

A Formação Serra da Saudade (Branco e Costa 1961) é constituída por siltitos, verdetes (pelito verde), folhelhos e argilitos, com pequenas e esparsas intercalações lenticulares de calcário.

Recobrimo em parte o Subgrupo Paraopeba ocorre a Formação Três Marias (Branco e Costa 1961) que representa a sedimentação siliciclástica, em ambiente de bacias de antepaís, da porção superior do Grupo Bambuí. A Formação Três Marias é composta por arcósios, arenitos arcósios, siltitos e intercalações conglomeráticas. Chiavegatto (1992) descreve conjuntos de estruturas sedimentares (e.g.: hummocky) que evidenciam um ambiente marinho, plataformar, dominado por tempestades.

Na área que compreende o decreto DNPM de N° 830374/1985 e seu entorno afloram rochas do Grupo Bambuí e coberturas quaternárias.

### **Grupo Bambuí – Formação Sete Lagoas**

Esta unidade, objetivo principal deste mapeamento, perfaz cerca de 75% da área investigada, abrangendo quase a totalidade das porções centro, sul, leste, sudoeste e extremo noroeste (Anexo III). Está recoberto a norte por solos quaternários residuais.

Esta unidade é constituída 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 e estruturas maciças, apresentando-se muito



duro. As estruturas sedimentares apresentam-se bem preservadas, com acamamento horizontal a subhorizontal. Localmente estruturas de acomodação por carga são observadas. O acamamento apresenta-se com baixo ângulo, variando de 0° a 10°, com caimento principalmente nas direções NNW e S.

Estruturas tectônicas como fraturas e zonas de cisalhamento são observadas em escala de afloramento. As fraturas seguem um padrão geral de orientação segundo a direção norte-sul e subordinadamente leste-oeste. São fraturas verticais a subverticais de dimensões centimétricas a decamétricas.

### ***Coberturas Quaternárias***

Estes depósitos abrangem as porções norte, nordeste e oeste da área mapeada, ocupando os baixos topográficos, com cotas variando entre 820 – 835 m. Corresponde a um solo argiloso de cor marrom avermelhado moderado, inconsolidado, não representando uma unidade litológica.

Formado a partir da alteração da rocha calcária, é composto por partículas nas frações argila e silte, podendo conter blocos e matações não alterados de calcarenito e veios de quartzo.

### **Considerações Finais quanto a Geologia.**

Com base nos dados de mapeamento geológico, a área foi dividida em uma unidade litológica constituída de calcarenitos, e por cobertura quaternária inconsolidada, não caracterizada como unidade litológica.

Os calcarenitos aflorantes na área correspondem à Formação Sete Lagoas de Branco & Costa (1961), e à segunda unidade litológica da fácies carbonática de Muzzi Magalhães (1989). As coberturas quaternárias correspondem a produto do intemperismo das rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí.

As principais feições estruturais das rochas da Formação Sete Lagoas são predominantemente características do domínio rúptil, correspondendo a fraturas de



direção N-S, verticais a subverticais. As feições estruturais relacionadas ao domínio rúptil-dúctil são representados por zonas de cisalhamento, vistas apenas em escala de afloramento.

Devido à elevada resistência dos afloramentos de calcário em conjunto com estruturas sedimentares subhorizontais e ao baixo grau de fraturamento da rocha, o maciço rochoso apresenta condições geotécnicas estáveis, não sendo necessário estudos avançados de geotecnia.

### 5.2.3. Aspectos Geomorfológicos

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, Doresópolis e Iguatama (Felix & Freitas Jr. 2000). O carste caracteriza-se por extensos maciços

calcários com escarpamentos desenvolvidos em ângulos de 90° e paredes marcados por diferentes tipos de lapiás e estruturas ruíniformes, 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-Doresópolis", 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 ruíniformes (torres, pináculos, banquetas e verrugas) e lapiás (*shichitenkarrens*, *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.

### **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.

#### **5.2.4. 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 (Anexo I – descrição de pontos), 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 encavamento.

Em megaescala, 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.

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°.

#### **- Considerações Finais e Sugestões referentes a Hidrologia e Hidrogeologia**

A partir dos estudos realizados, conclui-se que o fluxo da água subterrânea na área possui vetor segundo a direção NW, podendo haver variações locais. Este fluxo está direcionado ao rio São Miguel, que corresponde ao nível de base regional. Estes dados são coincidentes com estudos regionais realizados por Dias (2002), apresentado em mapa potenciométrico.

Condutos de pressão cujas direções foram medidas em afloramentos encontram-se acima do nível do solo, e não mais conduzem água, tendo sido gerados por fluxo antigo.

As cavidades cadastradas encontram-se na zona vadosa. Assim como os condutos de pressão, tais cavidades não são condutoras de água.

A dolina de abatimento que ocorrem na área é de pequeno porte (<100 m), indicando que é de formação recente.

Fraturas e lineamentos possuem direção geral N-S, WNW-ESSE, E-W e NE-SW, e estão relacionadas com a direção do fluxo subterrâneo (Dias 2002).

Por se tratar de uma dolina de pequeno porte, localizada no topo do maciço, e devido ao fato de esta drenar uma área de pequenas dimensões, esta apresenta pouca





influência como área de recarga do aquífero cárstico da bacia do Rio São Miguel. Por esta razão, não será sugerida preservação da mesma.

Em caso de necessidade de rebaixamento do aquífero em futuras cavas de mineração, deve ser feita avaliação específica da influência deste rebaixamento nos poços da região, e da possibilidade de aceleração dos processos de evolução do carste (e.g.: alargamento e aprofundamento de dolinas).

### **5.2.5. Aspectos Espeleológicos e Bioespeleológicos**

#### **- Aspectos Espeleológicos**

#### **Valoração das Cavidades**

Durante a execução de qualquer estudo que trate da questão da valoração do patrimônio espeleológico, é importante o estabelecimento de uma coerência quanto à adoção dos parâmetros de significância. Tal coerência objetiva avaliar a representatividade das cavidades materiais em um contexto cárstico local ou regional.

No presente trabalho, foram adaptados os parâmetros de Pizarro et. al. (2001) de acordo com o termo de referência FEAM (2005), sobre a significância das cavidades na Província Carbonático-Espeleológica Arcos-Pains-Doresópolis. Os parâmetros acima referidos encontram-se discriminados a seguir:

- a. Dimensões: projeção horizontal, desenvolvimento linear e desnível total – cavidades acima de 30m lineares;
- b. Geomorfologia: particularidades morfogenéticas;
- c. Geologia: particularidades litoestruturais;
- d. Espeleotemas - depósitos químicos: grau de ocorrência, raridade, fragilidade, estado de conservação, etc;
- e. Hidrologia: cursos/corpos d'água efêmeros ou perenes, conexão com aquífero, etc.;
- f. Beleza cênica;
- g. Culto Religioso / Lazer / Turismo / Outros;



- h. Paleontologia\*;
- i. Arqueologia\*;
- j. Biologia\*;
- k. Estado de conservação da cavidade;

\* - parâmetros avaliados por equipes especializadas, elucidados em relatórios específicos. No caso de constatação de evidências, a presente equipe se julga em condições de realizar a valoração preliminar destes parâmetros.

Para a cavidade ser considerada significativa, esta terá que apresentar pelo menos dois dos parâmetros acima citados, ou então um único, porém com caráter de destaque.

No caso dos abismos, correspondem a parâmetros de significância, de acordo com o presente trabalho:

- Profundidade superior a 10 m;
- Presença de corpo ou curso d'água perene em seu fundo;
- 3- Função de conexão, entre vários níveis, no interior de uma caverna ou sistema.

A presença de apenas um destes parâmetros já confere a representatividade da feição em questão.

### **Áreas de Preservação**

Com o objetivo de sugestão das áreas de preservação para conjuntos de feições com diferentes graus de representatividade cárstico-espeleológica, foram criados três tipos de áreas com os seguintes potenciais:

- Áreas de baixo potencial cárstico-espeleológico;
- Áreas de médio potencial cárstico-espeleológico;
- Áreas de alto potencial cárstico-espeleológico.



As áreas de baixo potencial consistem naquelas que não apresentam feições relevantes, ou mesmo pouco relevantes. Estas são apontadas como desimpedidas quanto à atividade minerária.

As áreas de médio potencial apresentam feições de significância duvidosa, sendo possível à negociação para liberação exploratória, sujeitas a medidas de compensação, em acordo entre empreendedor e o órgão de controle ambiental.

Por fim, as áreas de alto potencial são aquelas cujas feições nela encontradas apresentam alto grau de representatividade no cenário cárstico-espeleológico local e/ou regional. Sua preservação tem caráter insofismável.

#### **- Resultados**

Foram encontradas um total de 8 cavidades, das quais:

- Uma Caverna com desenvolvimento linear medido em 29,0 m - {Gruta da Mamona - Ponto 2 – Cav 2};
- Uma Caverna com desenvolvimento linear de 22,0 m - {Ponto 8 – Cav 5};
- Uma cavidade com desenvolvimento linear de 9,0 m {Ponto 1 – Cav 1};
- Quatro abrigos sob rocha com desenvolvimento linear estimado em inferior a 10,0m {Cav 3, Cav 4, Cav 6, Cav 7 e Cav 8}.

#### **Valoração de cavidades de acordo com os parâmetros de significância.**

Tendo como base a metodologia adotada e apresentada no item 3.1 deste trabalho, e a tabela de “Parâmetros e atributos mínimos para a valoração de cavidades” publicado pela FEAM (2005), os dados obtidos em campo foram tratados e são apresentados No Quadro 01.



**Quadro 01 – Parâmetros e atributos para valoração de cavidades (FEAM 2005)**

Parâmetros	Atributos	CAV1	CAV2	CAV3	CAV4	CAV5	CAV6	CAV7	CAV8
Dimensões	DL >= 100m								
	50 < DL < 100m								
	20 < DL < 50m		X			X			
	5 < DL < 20m	X							X
Geomorfologia	DL <= 05m			x	x		x	x	
	Com particularidade para o entendimento do carste regional/local								
Geologia	Sem particularidade	X	X	X	X	X	X	X	X
	Com particularidade para o entendimento do carste regional/local								
Espeleotemas	Sem particularidade	X	X	X	X	X	X	X	X
	Espeleotema raro em contexto regional ou nacional								
	Espeleotema raro em contexto local								
	Espeleotema comum em contexto local	X	X		X	X	X	X	
Frequência /Ocorrência dos Espeleotemas	Ausência de espeleotemas			X					X
	Alta								
	Média								
Hidrologia	Baixa	X	X						
	Presença de curso/corpo d'água perene ou intermitente/importante conexão com o aquífero								
Beleza Cênica	Ausência de água	X	X	X	X	X	X	X	X
	Alta								
	Média								
Turismo / Lazer	Baixa	X	X	X	X	X	X	X	X
	Utilizada para turismo/lazer								
Religião	Com potencial	X	X	X	X	X	X	X	X
	Sem potencial								
Paleontologia	Com prática religiosa atual								
	Sem prática religiosa atual	X	X	X	X	X	X	X	X
Estado de Conservação	Ocorrência de registro								
	Ausência de registro	X	X	X	X	X	X	X	X
	Preservada	X	X	X	X	X	X	X	X
Patrimônio Natural/Entorno	Moderadamente modificada								
	Fortemente modificada								
Patrimônio Natural/Entorno	Presença de elementos notáveis do patrimônio natural								
	Ausência de elementos notáveis do patrimônio natural	X	X	X	X	X	X	X	X



Dentre as cavidades detectadas, nenhuma apresentou o conjunto de requisitos para serem classificadas como relevantes.

#### - Recomendações

- Devido à baixa relevância das cavidades presentes na área, assim como de todos os outros itens de valoração, não serão sugeridas áreas de preservação.
- Caso durante o processo de lavra, ocorra a detecção de qualquer cavidade não cadastrada, recomenda-se a paralisação imediata da mesma para que se possa avaliar sua significância.

#### 5.2.6. Aspectos Bioespeleológicos

O ambiente no interior de uma caverna é caracterizado por uma ausência parcial ou total de luz e um meio físico com estabilidade superior à do meio externo. No entanto as características deste meio podem apresentar variações em épocas diferentes do ano, assim como em diferentes áreas da gruta ou mesmo entre grutas diferentes (Barr & Kuehne, 1971). Nas cavernas suficientemente grandes, quatro zonas ambientais distintas podem ser caracterizadas por sua distância e contatos com o exterior: zona de entrada ("entrance zone"), onde os ambientes epígeo e subterrâneo se encontram; zona de penumbra ("twilight zone"), onde a luz diminui progressivamente; a zona de transição ("transition zone"), totalmente afótica, mas ainda sobre alguma influência do meio externo; e a zona profunda ("deep zone"), onde o ambiente é relativamente estável, e a evaporação é negligenciável (Howarth, 1983). Nas cavernas menores não se observa este zoneamento bem definido, e de uma maneira geral, nas cavernas brasileiras tem se observado uma fauna de entrada e proximidades (zona de entrada + penumbra) e uma fauna da região afótica (zona de transição + zona profunda) (Trajano, 1987).



As comunidades biológicas presentes em uma caverna caracterizam-se por uma ausência de produtores primários, com exceção de algumas poucas bactérias autotróficas. Geralmente nestes ambientes predominam organismos decompositores e detritívoros, dependentes em grande parte de matéria orgânica trazida da parte externa das grutas por agentes físicos ou biológicos. Os organismos presentes no interior de uma caverna podem ser classificados como: (1)-Troglótenos: são organismos presentes no interior da caverna, mas saem regularmente para o exterior. (2)- Troglófilos: são cavernícolas facultativos, que podem completar seus ciclos de vida tanto no interior das grutas quanto no meio epígeo. (3)-Troglóbios são organismos obrigatórios, e geralmente apresentam adaptações especiais a este meio (Mitchell & Reddell, 1971).

As comunidades biológicas das cavernas sofrem impactos irreversíveis com a prática da mineração de calcário. Tais impactos podem provocar, em casos extremos, enchentes (Lisowski & Poulson, 1981; Lewis, 1982) ou diminuição de água em drenagens hipógeas. (Elliot, 1981), alterando o regime hídrico da região. Portanto, o monitoramento das condições ambientais do carste é necessário para a implantação de empreendimentos deste tipo. Este trabalho tem como objetivos: (1)- complementar os estudos de impacto ambiental e do Relatório Espeleológico da área da CARMOCAL S/A, através da caracterização dos ecossistemas das grutas; e (2)- propor uma área de conservação que preserve parte do ecossistema local, de modo que sua presença não prejudique a viabilidade do empreendimento.

A área da concessão da CARMOCAL está situada bem próximo à estrada de Pains, de onde os maciços de calcário podem ser facilmente observados. A vegetação original da área ao redor do afloramento foi totalmente convertida em pastagens. Na parte superior do maciço, porções significativas da vegetação original de mata de calcáreo ainda podiam ser observadas.

As cavidades naturais do local são em geral muito pequenas, constituindo apenas pequenos abrigos sem uma parte permanentemente escura. Para o diagnóstico bioespeleológico do local foram selecionadas as três únicas cavidades que apresentavam uma verdadeira zona afótica, capaz de abrigar comunidades



cavernícolas. As três grutas, batizadas de pontos P1, P2 e P8, são cavernas pequenas, com sua parte acessível não excedendo os 30m de desenvolvimento, e a zona afótica restrita a pequenas cavidades ou estreitamentos intransponíveis dos condutos principais. Este fato dificultou ou mesmo impediu a coleta da maioria dos invertebrados observados em seu interior.

### 1-GRUTA P2

Esta gruta é pequena, com cerca de 30m de desenvolvimento, que consiste em um conduto principal que se torna mais estreito ao longo de seu desenvolvimento até se tornar intransponível por pessoas. A entrada da gruta está localizada na parte externa do maciço, próximo à estrada e em um local em que a vegetação original foi convertida em pastagens. O paredão apresentava sinais de extração de calcário, e havia uma quantidade razoável de lixo no local. Próximo à entrada foi observado um grande depósito de guano de morcegos insetívoros, que habitavam um pequeno conduto vertical no teto da entrada, semelhante ao interior de uma chaminé. Uma comunidade de pequenos invertebrados, principalmente formigas, moscas e aranhas, podiam ser observados no depósito. Estes espécimes, no entanto, não foram coletados, por estar localizados na parte externa da gruta e não constituir representantes de comunidades cavernícolas. Alguns morcegos foram observados voando rapidamente na parte superior deste conduto, mas não foi possível determinar a espécie nem coletar espécimes, devido ao difícil acesso ao local.

A zona afótica se restringe à parte mais profunda, onde o conduto se torna intransponível. Alguns espécimes de Dípteros, homópteros e aranhas foram observados nas partes mais profundas, mas não puderam ser coletados, por estar em cavidades estreitas e inacessíveis. Os únicos espécimes que puderam ser coletados pertencem aos seguintes táxons:

**Classe hexapoda:** Ordem Lepidoptera: Noctuidae (1 morfo-espécie).

**Classe Arachnida ordem Araneae:** Pholcidae: *Mesabolivar* (1 morfo-espécie). Outra morfo-espécie de aranha foi observada, mas não pode ser coletada, pois estava em uma cavidade estreita.

## 1. GRUTA P1

Situada no mesmo paredão que a gruta P2, esta gruta também é muito pequena e estreita, apresentando como zona afótica apenas pequenas cavidades no seu interior. A sua entrada também apresentava sinais de extração de calcário. Um esqueleto de raposa (*Cerdocyon thous*) se encontrava em seu interior, e um número imenso de exúvias de moscas foi observado ao seu redor. Nesta gruta foram observadas mariposas Noctuidae e uma grande quantidade de moscas. Nenhum outro tipo de organismo foi coletado ou observado em seu interior.

## 2. GRUTA P8

Esta gruta está localizada na parte superior do maciço, e sua entrada encontra-se bem preservada, apresentando vestígios da vegetação original de mata de calcáreo ao seu redor. A caverna não foi topografada porque a sua parte acessível não chegava a 30 m de desenvolvimento. Ela se constitui de um piso superior que forma um pequeno conduto iluminado em sua maior parte, com pequenas cavidades escuras na parte mais profunda. O conduto inferior é estreito e com desnível acentuado, vertical na sua parte mais profunda, que forma um piso inferior com uma zona realmente afótica. Esta parte mais profunda não pôde ser alcançada, pois o conduto havia se tornado muito estreito e vertical. Nenhum vertebrado foi encontrado no interior da gruta, e os invertebrados encontrados pertencem aos táxons:

### Classe hexapoda:

**Ordem Lepidoptera:** Noctuidae (1 morfo-espécie).

**Ordem Heteroptera:** Reduviidae: uma morfo-espécie não identificada.

**Ordem Ensifera:** Phalangopsidae: *Endecous* (1 morfo-espécie),

**Ordem Collembola:** (1 morfo-espécie, sobre depósito de guano).

**Ordem Psocoptera:** Psyllipsocidae (1 morfo-espécie).

**Ordem Hymenoptera:** Formicidae: *Atta* (1 morfo-espécie).





### Classe Arachnida

**Ordem Araneae:** Theridiidae (1 morfo-espécie). Pholcidae (1 morfo-espécie);  
Uloboridae (*Zozis geniculatus*). Ctenidae (*Enoploctenus* sp.)  
**Ordem Opiliona:** Gonyleptidae: *Goniosoma* (1 morfo-espécie).

### Classe diplopoda

**Ordem Juliformida** (1 morfo-espécie).

### Discussão

As grutas pesquisadas apresentaram uma troglotauna escassa, devido ao seu pequeno tamanho e, no caso das grutas P1 e P2, ao impacto de atividades antrópicas. As comunidades das cavernas estudadas consistem em pequenos invertebrados capazes de habitar as estreitas cavidades em seu interior. Provavelmente jamais serão conhecidas todas as espécies que habitam os condutos mais estreitos e intransponíveis no seu interior.

Muitos espécimes observados não puderam ser coletados, por estar em pequenos buracos e estreitamentos intransponíveis. Dentre os que puderam ser corretamente coletados e identificados, o padrão observado é o mesmo de grutas pequenas em outras áreas de mineração do local. Mariposas Noctuidae eram os troglóbites observados em maior número nas partes escuras das três grutas. Na gruta P1, a presença de uma carcaça de raposa alterou a estrutura da comunidade da caverna, que se apresentava quase exclusivamente dominada por moscas. A gruta P8 apresentou uma maior diversidade de invertebrados no seu interior, provavelmente por estar situada em um local onde a vegetação ao redor da sua entrada ainda está bem preservada, minimizando a influência antrópica.

**Valor Espeleológico** - As cavernas podem ter valor científico, ambiental, paisagístico, religioso ou econômico. A importância das grutas da área da CARMOCAL, no contexto espeleológico regional deve ser analisada de acordo com estes parâmetros.



**Valor científico-** A área não representa uma parte importante do patrimônio espeleológico da região, devido à escassez de grutas e ao pequeno tamanho das cavidades naturais presentes. Além disso, o pequeno espaço em seu interior dificulta ou impossibilita a coleta de espécimes em estudos de bioespeleologia.

**Valor ambiental-** As grutas da área da CARMOCAL possuem um razoável valor ambiental, uma vez que, apesar de serem cavidades muito pequenas, são as únicas do local que abrigam comunidades cavernícolas, ainda que escassas. A entrada da gruta P2 abriga uma colônia de morcegos insetívoros, essenciais para o equilíbrio ecológico do local. Além disso, os maciços e afloramentos calcários nos arredores das grutas apresentam as últimas porções de floresta subcaducifólia da área, representando refúgio para diversas espécies de aves, répteis e mamíferos.

**Valor paisagístico-** As grutas do local não possuem um valor paisagístico muito relevante, mas o maciço de calcáreo no qual elas estão situadas localiza-se bem próximo à estrada. Em alguns pontos pode se observar claramente a descaracterização do maciço pela extração de calcáreo. A realização da lavra vai resultar em um forte impacto na paisagem do local.

**Valor econômico e religioso-** Apesar de apresentarem sinais de visitação por pessoas, as grutas da área da CARMOCAL não possuem nenhum potencial para o uso turístico ou religioso por parte da população.

### **Impactos Sobre as Formações**

As comunidades biológicas e a troglófauna presentes na área da CARMOCAL estão sujeitas ao impacto dos desmatamentos e da expansão da frente de lavra. Quanto à atividade de mineração em si, as constantes detonações de explosivos podem abalar o maciço e ocasionalmente provocar desmoronamentos nas grutas, alterando o ambiente local. Além da perda de habitat das comunidades cavernícolas, a fauna e a flora epígeas serão submetidas tanto a impactos diretos em curto prazo quanto a impactos indiretos a médio e longo prazo, resultantes da expansão das atividades de mineração.

Na área da CARMOCAL, os últimos remanescentes de floresta subcaducifólia encontram-se fragmentados e dispersos, e estão presentes na parte superior dos maciços. Os desmatamentos e a descaracterização da vegetação do local ocasionarão uma fragmentação ainda maior do ambiente, tendo como consequência a perda de biodiversidade e a redução das populações de diversas espécies. A vegetação rupestre dos afloramentos de calcáreo e a fauna dela dependente sofrerão os maiores impactos, colocando em risco as espécies que dependem de grandes áreas contínuas de ambiente preservado para manter suas populações. Este impacto pode se refletir nas comunidades das grutas, uma vez que suas faunas são compostas basicamente por troglóxenos e representantes da fauna epígea.

### **Recomendações**

De acordo com o Decreto Federal N. 99.556 de 01/10/90, nenhuma cavidade natural subterrânea pode ser destruída em território nacional. As cavidades observadas na área da CARMOCAL demonstraram-se pouco relevantes nos âmbitos científico, ambiental, turístico e paisagístico, não constituindo portanto uma parte importante do patrimônio espeleológico da região. No entanto são as únicas grutas do local, e apresentam comunidades tipicamente cavernícolas, apesar de escassas. Além disso, na parte superior dos afloramentos calcáreos nos quais se localizam as grutas se encontram os últimos fragmentos de mata subcaducifólia e da vegetação rupestre do carste local, que podem constituir refúgio para diversas espécies de vertebrados e invertebrado, além de atuar como "banco genético", evitando a extinção local das espécies deste ecossistema. Recomenda-se portanto a preservação das grutas P2 e P8, assim como da área comprometida em um raio de 130m ao redor da entrada destas grutas.

### 5.2.7. Aspectos Paleontológicos

A fim de se caracterizar os sedimentos presentes na área, objetivando a detecção de seu conteúdo fossilífero, foi realizada descrição e análise dos depósitos sedimentares e dos espeleotemas das cavernas presentes. Foram ainda realizadas, prospecções das porções externas dos maciços rochosos, incluindo reentrâncias e abrigos sob rocha. Isto foi feito com o intuito da detecção de outros depósitos com potencial fossilífero situados na porção externa do carste, sendo desta forma priorizados os pontos correspondentes a bordas do maciços e corredores de diáclases.

Nas cavernas, foi dada atenção especial aos sedimentos e tipos de depósitos. Em cada uma destas cavernas investigadas, foi realizado um levantamento dos vestígios fósseis, diretos ou indiretos. Todos os depósitos sedimentares com possibilidade de ocorrência de sítios fossilíferos presentes nas cavidades vistoriadas tiveram sua descrição detalhada. Foram descritos sedimentos inconsolidados e consolidados. Realizou-se, ainda, vistorias na superfície dos microconglomerados, microbrechas, brechas e escorrimentos calcíticos, também na tentativa da detecção de material.

Durante a etapa de escritório, que teve a duração de 15 dias, foram organizados e analisados os vários dados de campo e do acervo bibliográfico. Procurou-se classificar os tipos de depósitos, estabelecendo seções estratigráficas para cada caverna. Por fim, se deu a confecção do volume final do presente relatório.

Os depósitos sedimentares em cavernas são, há mais de um século, analisados sob o ponto de vista paleontológico e arqueológico. Entretanto, somente nas últimas décadas é que os geocientistas reconheceram tais depósitos como importantes ferramentas na análise dos processos cársticos e paleoambientais.

King (1956) utilizou os depósitos fossilíferos descritos por Peter Lund, na região de Lagoa Santa (MG), para balizar cronologicamente a atuação do "Ciclo de Renudação Velhas", na evolução da paisagem da porção oriental do Brasil. Ao longo das décadas de 50 e 60, têm início estudos petrográficos na análise dos sedimentos clásticos de cavernas, e investigações pontuais surgem de várias partes do globo. A evolução das

caracterizações e dos métodos de investigação petrográfica culmina nas importantes contribuições apresentadas nos trabalhos de Bull *et al.* (1989).

Os trabalhos de White & White (1968) levam em conta uma linha de abordagem que envolve sedimentos clásticos das cavernas e dos terrenos cársticos, conferindo importante contribuição no processo de iniciação e desenvolvimento do aquífero cárstico – a espelogênese. O último trabalho realizado é responsável pela apresentação de modelo espeleo-genético denominado paragênese, onde a colmatação do piso das galerias por sedimentos finos e impermeáveis impede sua corrosão e dissecação, favorecendo a dissolução da rocha no teto dos condutos. O modelo convencional, com iniciação e entalhamento, designou-se singênese. Desde então, a discussão teórica acerca do papel da paragênese na evolução das cavernas vem evoluindo.

### **Sedimentação clástica em cavernas**

Sabe-se que o termo “carste” traz consigo uma conotação erosiva dada a atuação principalmente dos processos de dissolução – intemperismo das rochas carbonáticas. Contudo, feições do tipo dolinas, uvalas, vales cegos e condutos subterrâneos constituem-se em armadilhas naturais, que podem aprisionar e preservar sedimentos autóctones (elúvio e fragmentos de rochas) ou alóctones, aqueles transportadas das adjacências (fragmentos de ossos, os quais podem vir a sofrer processos de fossilização).

Ressalta-se que as cavernas representam importantes rotas de fluxo em condições freáticas ou vadasas, ativas ou abandonadas. Desta forma, constituem ou constituíram ambientes associados ao transporte de material detrítico podendo, em determinadas condições, tratarem-se de ambientes de deposição. De forma mais ampla, os depósitos presentes nas cavernas são todos os sedimentos químicos, clásticos ou orgânicos que a estas estão associados.