



MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO, ESCALA 1:25.000, OBJETIVANDO DETECTAR E CADASTRAR IMPACTOS AMBIENTAIS DA URBANIZAÇÃO E MINERAÇÃO, VISANDO AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DO MEIO AMBIENTE URBANO E RURAL

Silvana Ribeiro Liporaci

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia e os resultados obtidos através do desenvolvimento do mapeamento geotécnico executado no município de *Poços de Caldas* (MG), na escala 1:25.000, visando o planejamento do uso e ocupação de meio físico. Utilizou-se de uma metodologia que leva em consideração as litologias e suas formas de origem, para identificar e cadastrar os impactos ambientais, bem como fazer a análise e diagnóstico ambiental, baseados também em fatores morfo-estruturais regionais. Os problemas ambientais da área mapeada são inúmeros, seja na zona urbana, de expansão ou na rural; existem várias interferências dos problemas ambientais gerados pela degradação de áreas devido à exploração mineral, bem como pelas tentativas de recuperação destas com a implantação de loteamentos.

Palavras-chave: Mapeamento Geotécnico; Impactos Ambientais; Planejamento Ambiental.

ABSTRACT

This work presents a methodology and the results obtained through the development of the geotechnical mapping executed in the Municipal district of *Poços de Caldas* (MG), in the scale 1: 25.000, seeking the planning of the use and occupation of physical environ. It was used of a methodology that takes in consideration the lithologies and its origin forms, to identify and to register the environmental impacts, as well to do the analysis and environmental diagnosis also based on regional morfo-structural factors. The environmental problems of the area mapped are countless, be in the urban zone, of expansion or in the rural zone; several interferences of the environmental problems generated by the degradation of areas due to the mineral exploitation exist, as well as for the recovery attempts of these with the building lot.

Keywords: Geotechnical Mapping; Environmental Impacts; Environmental Planning.

MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO, ESCALA 1:25.000, OBJETIVANDO DETECTAR E CADASTRAR IMPACTOS AMBIENTAIS DA URBANIZAÇÃO E MINERAÇÃO, VISANDO AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DO MEIO AMBIENTE URBANO E RURAL

1. Introdução

Apresenta-se a seguir uma metodologia de mapeamento geotécnico visando ao planejamento do meio ambiente urbano e regional, também se faz uma discussão sobre diagnóstico ambiental, enfatizando-se entretanto aspectos geológico-ambientais ligados a impactos ambientais observados e mapeados na região de *Poços de Caldas* (MG).

A área em questão está inserida no contexto geológico-estrutural e geomorfológico do Maciço Alcalino de *Poços de Caldas* (MG-SP), que tem uma origem vulcânica.

A cidade de *Poços de Caldas* tem sua origem ligada aos recursos hidrotermais e conseqüentes propriedades terapêuticas associadas, tem uma população de cerca de 120.000 habitantes, cujas atividades econômicas giram principalmente em torno do turismo (nacional e internacional); mineração (bauxita, argilas refratárias, urânio etc.); indústrias químicas; metalúrgicas; de cristais e vestuário; além de atividades agropecuárias.

O município de *Poços de Caldas* destaca-se sob o ponto de vista econômico, além do turismo, pela importância de suas jazidas de bauxita, que têm características peculiares, ocorrem tanto em relevos suaves como em relevos acidentados. Têm importância econômica também as argilas aluminosas refratárias, encontradas nas planícies de inundação dos cursos d'água existentes no interior do Planalto.

Conforme LIPORACI (1994), a área objeto da pesquisa está inserida entre as coordenadas: 330 - 346 km E, e 7.578 - 7.592 km N, perfaz 250 km², abrangendo a cidade e parte do município de *Poços de Caldas* (MG) - escala 1: 25.000 - onde foi desenvolvido o mapeamento geotécnico visando o planejamento do uso e ocupação do meio físico.

Analisando-se os resultados do mapeamento geotécnico executado concluiu-se que devido ao fato da região possuir declives muito acentuados, foi necessário fazer muitas alterações no meio físico para implantação e desenvolvimento da cidade, para exploração minerária, para produção agrícola, para o desenvolvimento industrial, sendo assim, tornaram-se problemáticas as questões como uso e ocupação de encostas, erosão e assoreamentos, gerenciamento, manejo, disposição final e tratamento dos resíduos sólidos e rejeitos, em função das grandes quantidades geradas diariamente.

2. Metodologia do Mapeamento Geológico-Geotécnico

Para a realização do mapeamento geotécnico adotou-se a seqüência metodológica cujas etapas de trabalho estão mostradas na Figura 1.

Reconhecimento e definição dos Atributos do meio ambiente a serem levantados: esta foi uma das etapas fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos de mapeamento geotécnico, visando o planejamento do uso e ocupação, onde com base nas informações bibliográficas e na análise dos mapas geológico-estrutural, geológicos existentes, bem como dos resultados de análises dos mapas geológico-estrutural, geológicos existentes, bem como dos resultados de análises mineralógicas; ensaios de mecânica dos solos, químicos e de raio-x, assim como nas informações sócio-econômicas da região, além das observações gerais realizadas em viagens curtas para contatos com a *Prefeitura de Poços de Caldas* e outros órgãos e empresas; definiu-se quais seriam os atributos de maior relevância, que deveriam ser observados e levantados em detalhe, tanto na fase de fotointerpretação como na de trabalhos de campo.

Com o objetivo de se realizar um mapeamento geotécnico econômico, achou-se conveniente obter e analisar todas as sondagens e ensaios geotécnicos, até então já executados na área. Sendo assim, foram coletadas e analisadas inúmeras sondagens de simples reconhecimento e rotativas, além de ensaios geotécnicos, junto às empresas atuantes dentro dos limites da área mapeada.

Levando-se em consideração as características geológico-geotécnicas, recursos naturais da área, bem como as necessidades dos usuários da região, determinou-se então quais seriam as propriedades geotécnicas que deveriam ser necessariamente caracterizadas.

Em função das características geotécnicas peculiares da área em estudo definiram-se quais seriam os atributos do meio físico, que teriam maior peso, quando do desenvolvimento da fotointerpretação, bem como dos trabalhos de levantamentos de campo, elaborou-se então uma ficha de levantamento geológico de campo.

Quanto aos fatores contidos na ficha, observados e analisados tanto em fotointerpretação como no campo, pode-se citar aspectos de localização; ocupação e uso atuais; litológicos; mineralógicos; texturais e estruturais; origem e grau de alteração dos materiais; tipos de perfis de alteração; espessuras; compacidade e/ou consistência; presença ou não de matacões e blocos de rochas; geomorfologia local e regional: erosão; graus de alteração das rochas; fraturamentos; permeabilidade; nível d'água; entre outros.

Os temas de avaliação geotécnica geral foram determinados a partir das demandas sócio-econômicas da área mapeada. Portanto, os temas abordados foram viabilidade para uso e ocupação pela engenharia, tais como: loteamentos residenciais e industriais, estradas, barragens (rurais, para captação de água e geração de energia elétrica); avaliação sobre riscos geológicos (erosões, enchentes e inundações, assoreamentos, movimentos de massas etc.); avaliação dos recursos naturais (hídricos: superficiais e subterrâneos; materiais de construção civil; minerais economicamente exploráveis etc.)

Elaborou-se inicialmente uma carta de declividades da área a ser mapeada, que foi dividida em seis classes de declividades, já se levando em consideração os atributos e temas a serem abordados com relação à análise geotécnica, visando o uso e ocupação do meio ambiente.

Ainda na fase de fotointerpretação preliminar ficou claro que os mapas geológicos existentes (escala 1: 50.000) precisariam ser refeitos na escala 1: 25.000, pois as unidades litológicas e conseqüentemente os perfis de alteração associados é que funcionariam como fatores principais na compartimentação em unidades geotécnicas básicas.

Iniciou-se a primeira fase de trabalhos de campo percorrendo-se toda a área para reconhecimento de todas as unidades fotointerpretadas. Procurou-se reconhecer e descrever minuciosamente cada litologia, em seus locais típicos de ocorrência, bem como os perfis de alteração associados.

Este procedimento anteriormente descrito foi adotado, uma vez que ficou claro que para cada litologia, tanto a rocha sã como seus perfis típicos de alteração têm características próprias, as quais determinam comportamentos geotécnicos bem distintos, com relação ao uso e ocupação pela engenharia, mineração e outros.



Figura 1. Procedimentos e Metodologias adotados para o desenvolvimento dos trabalhos de Mapeamento Geotécnico.

Durante os trabalhos de campo do mapeamento geotécnico, foi realizado em paralelo o mapeamento geológico na escala 1: 25.000, onde foi necessário rever e reformular os contatos litológicos ou até mesmo redefinir outras unidades litológicas. Portanto a seqüência adotada para a obtenção dos dados do meio ambiente para a área de *Poços de Caldas* está esquematizada na Figura 2, mostrada a seguir.

Tendo em vista as características econômicas da região, com ênfase nas bauxitas e argilas refratárias, achou-se conveniente elaborar um mapa básico opcional, o qual contém os limites das diversas concessões de lavra e, destacou-se neste mapa as áreas já exploradas, portanto liberadas para qualquer outro tipo de uso e ocupação, e as áreas a serem exploradas; pois este documento foi muito útil na elaboração da carta de zoneamento geotécnico geral, visando o planejamento do meio ambiente.

Outro fator importante que também foi levado em consideração é o de que esta região vem sendo explorada há várias décadas pela mineração, portanto isto dificulta identificar qual é a verdadeira superfície natural do terreno.

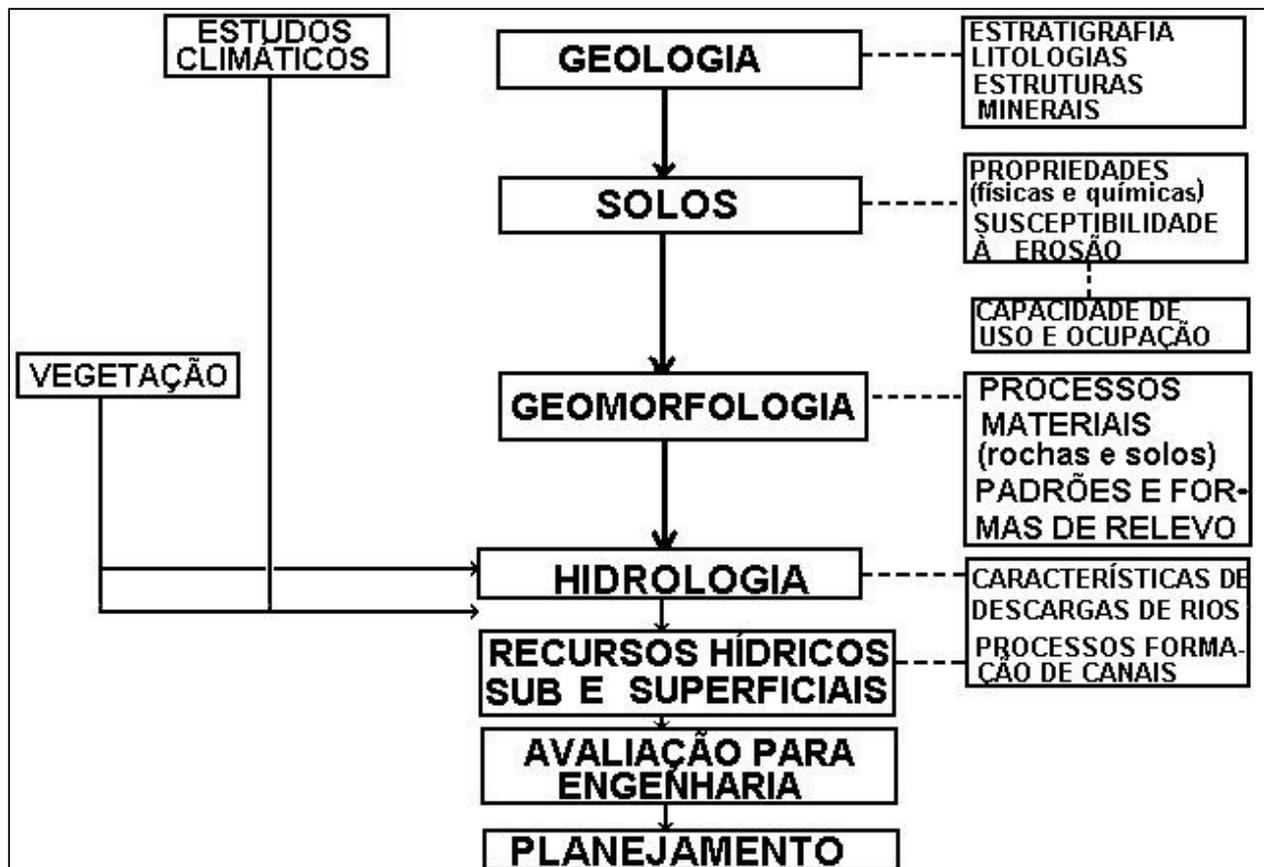


Figura 2. Seqüência Metodológica para obtenção dos dados Ambientais para o Município de Poços de Caldas (MG).

Ainda durante a fase de levantamento geológico-geotécnico de campo (vinte dias), fez-se também inúmeros contatos com os órgãos e empresas mineradoras e de engenharia atuantes na área, com finalidades de coletar mais dados e informações geológico-geotécnicas e sobre as características peculiares das jazidas, problemas encontrados na exploração e na recuperação das áreas mineradas etc.

Segunda fase de fotointerpretação: foi realizada logo após os trabalhos de campo, onde cerca de 460 pontos foram observados e descritos minuciosamente e fotografados. Nesta fase, com base nas informações e dados de campo, na análise do mapa de concessões de lavra, bem como, na análise das sondagens e ensaios de mecânica dos solos e outros, elaborou-se os seguintes documentos básicos fundamentais: mapa de concessões de lavra; de recursos hídricos, de dados existentes e produzidos, do substrato rochoso e de materiais inconsolidados.

Segunda fase de trabalhos de campo (três dias): foi necessária para checagem dos contatos litológicos redefinidos no mapa do substrato rochoso, bem como para checagem dos contatos entre as diversas unidades de materiais inconsolidados, definidas para a área.

Nesta oportunidade fez-se também a conferência, junto às empresas mineradoras, do mapa de concessões de lavra (elaborado na escala 1:25.000), bem como a confirmação das áreas exploradas, recuperadas e aquelas a serem exploradas.

Terceira fase de fotointerpretação: foi feita após a confirmação em campo dos contatos litológicos e dos contatos das unidades dos materiais inconsolidados.

Passou-se em seguida a uma fotointerpretação com o objetivo de se elaborar um mapa de divisões básicas do meio físico. Portanto com base na análise e subdivisão de cada unidade litológica em unidades menores, caracterizadas segundo fatores geomorfológicos, tais como: separação em unidades que apresentam uma certa

homogeneidade quanto aos seus padrões e formas de relevo, "*landforms*", densidade e padrões de drenagem, formas de encostas, presença ou não de erosão e outros.

Cartas geotécnicas interpretativas: foram elaboradas por sobreposição controlada das informações contidas nos mapas e carta citados anteriormente. Assim, de acordo com as condições geológico-geotécnicas inerentes à área, bem como baseado nas condições e necessidades sócio-econômicas de uso e ocupação da mesma, elaboraram-se as cartas interpretativas: carta de zoneamento geotécnico geral, carta de riscos geológicos e carta de potencial de escoamento superficial.

3. Problemas Geotécnicos e Impactos Ambientais Gerados na Área Mapeada

Diagnóstico e Prevenção da Erosão/ Assoreamentos

Conforme LIPORACI (1994), como diagnóstico da erosão urbana, na zona de expansão e rural do município de *Poços de Caldas* (MG), pode-se dizer que a mesma está diretamente ligada às características do meio físico, dos materiais inconsolidados, das condições climáticas (Cwb), bem como às formas de uso e ocupação desordenadas destes terrenos, que estão inseridos no contexto geológico-estrutural e geomorfológico do *Maciço Alcalino de Poços de Caldas* (MG-SP).

Na área mapeada os dois tipos litológicos predominantes são os fonolitos e os nefelina sienitos, que apesar de possuírem composição mineralógica semelhante, mas, diferenciam-se unicamente pelo modo de ocorrência; o primeiro é de natureza vulcânica a subvulcânica e o segundo de natureza plutônica e/ou intrusiva, isto aliado à predominância de um ou outro mineral componente e às discontinuidades estruturais locais e/ou as regionais existentes faz com que estes dois tipos de rochas exibam perfis de alteração muito distintos, os quais apresentam comportamentos geomecânicos e geotécnicos bastante diferenciados (conforme mostra as fotos 1 e 2).

Somente após a elaboração do mapa do substrato rochoso na escala 1: 25.000, ou seja após a definição dos contatos litológicos é que foi possível elaborar o mapa de materiais inconsolidados (solos), uma vez que as camadas expressivas destes materiais de alteração (residual e/ou saprolítico) estão "*in situ*" e, sobrepostas às respectivas rochas de origem, os materiais retrabalhados (coluvionares) têm espessuras desprezíveis (0,10 a 0,20m).

As unidades de materiais inconsolidados referentes a cada tipo litológico foram subdivididas em unidades menores segundo as diferenças quanto à evolução, textura, estrutura, presença ou não de blocos e/ou matacões de rocha sã, ocorrência ou não de lateritização superficial entre outras.



Foto 1. Fonolitos exibindo o seu comportamento geomecânico e geotécnico.



Foto 2. Nefelina Sienitos exibindo o seu comportamento geomecânico e geotécnico

De acordo com os resultados do mapeamento geotécnico executado ficou bem evidente que, os materiais de alteração (residual e saprolítico), provenientes das rochas plutônicas, principalmente dos nefelina sienitos, são muito mais susceptíveis à erosão, devido ao fato de apresentarem uma textura argilo-siltosa com enormes bolsões siltosos e caulíníficos.

Conforme LIPORACI (1994), LIPORACI & ZUQUETTE (1995), devido ao fato da região ser acidentada é necessário executar uma terraplanagem severa dos terrenos para implantação dos loteamentos, estes cortes via de regra ficam expostos vários anos, até

que se dê a ocupação completa dos espaços vazios, além disso os materiais cortados, incluindo solos e rochas, são jogados encostas abaixo (nos seguimentos de declive entre uma rua e outra); isto propicia a remoção dos materiais finos expostos, que são carreados pelas águas das chuvas torrenciais que atingem a região no verão (precipitação média de 1.200 mm).

Muitas vezes, dependendo da intensidade da chuva (60 mm ou mais) que precipita num curto intervalo de tempo (20 a 30 minutos) pode ocasionar enormes escorregamentos destes materiais, que vão assorear e entulhar as partes baixas da cidade, provocando enchentes e inundações dos cursos d'água, causando impacto ambiental e danos sócio - econômicos.

Um outro fator que condiciona a erosão na região é a retirada da camada lateritizada (ferruginosa e/ou aluminosa) deixando expostos materiais erodíveis (residuais e/ou saprolíticos) provenientes dos nefelina sienitos e às vezes dos fonolitos. Via de regra estes terrenos minerados são doados para implantação de loteamentos, na tentativa de recuperar estas áreas degradadas pela mineração, isto agrava sobremaneira a atuação dos processos geológicos de erosão laminar e linear (ravinamentos, progredindo algumas vezes para voçorocamentos).

Atitudes preventivas que devem ser tomadas para evitar a erosão dos terrenos na região:

- a. Não implantar loteamentos ou promover terraplanagem em áreas com declividades maiores do que 20%, principalmente onde ocorrem os nefelina sienitos.
- b. Não utilizar as áreas degradadas pela mineração e não recuperadas, como locais para loteamento.
- c. Em áreas degradadas pela mineração deve-se executar a recuperação através da recomposição imediata do solo exposto com a camada de matéria orgânica (material coluvionar) e revegetar adequadamente com espécies vegetais nativas.

Sugere-se também que a terraplanagem na região seja feita pelo método "*Landform Grading*" (gradação em formas de relevo) desenvolvido e aplicado por SCHOR (1993) e SCHOR & GRAY (1995). Este método pode ser aplicado em vários projetos como: loteamentos, recuperação de áreas degradadas, taludes de estradas, aterros sanitários, diques de rejeitos e resíduos, barragens de terra etc.

Nos projetos de desenvolvimento onde se usa o "*Landform Grading*" as encostas são caracterizadas por contínuas séries de formas côncavas e convexas intercaladas com vales e bermas que se misturam com os perfis naturais, os gradientes da encosta variam, havendo significantes zonas de transição entre ambientes construídos e encosta natural, resultando configurações irregulares, conforme mostra a Figura 3.

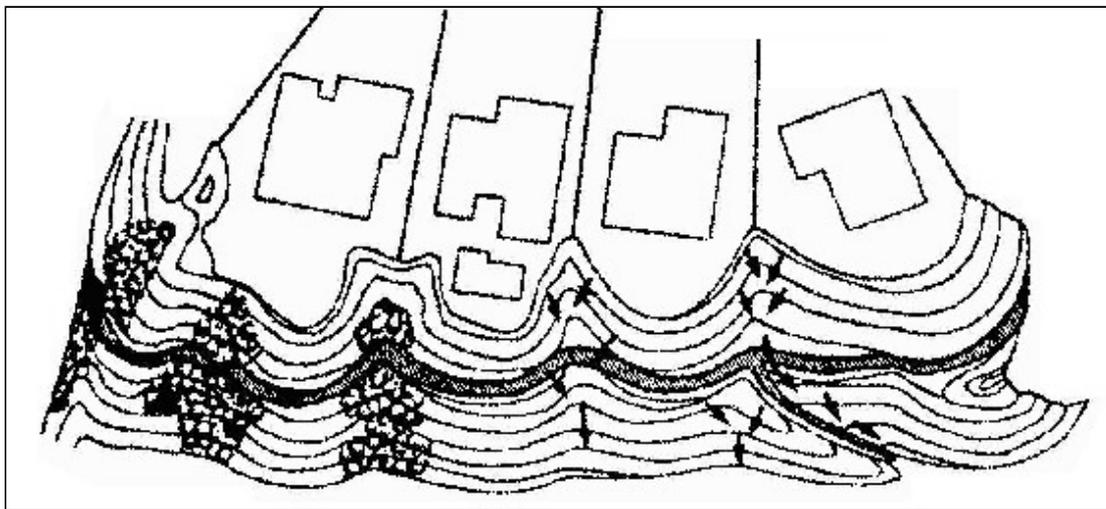


Figura 3. Representação Topográfica da configuração do "Landform Grading", mostrando a vegetação concentrada nas partes côncavas e o fluxo radial das águas.

Os projetos de drenagens da encosta ou seguem as linhas de queda da encosta natural ou são encaixados em combinações especiais de cortes e bermas para ocultá-los da visão, seguimentos expostos em áreas de alta visibilidade são tratados com rocha natural.

O paisagismo é executado por processos de revegetação em padrões que ocorrem na natureza, ou seja, árvores e arbustos são concentrados em áreas côncavas, ao passo que áreas convexas são plantadas com coberturas de solo (gramíneas).

Minerações e Problemas Ambientais

Na região de *Poços de Caldas* (MG) as condições de origem do *Maciço Alcalino*, aliadas às condições geológicas - estruturais, geomorfológicas e climáticas propiciaram a ocorrência de vários tipos de mineralizações. Como exemplos de bens minerais economicamente explotáveis pode-se citar: as bauxitas, as argilas refratárias, o urânio etc.

Poços de Caldas destaca-se também sob o ponto de vista econômico pela importância de suas jazidas de bauxita. O minério de bauxita que ocorre no *Maciço Alcalino* tem características peculiares, ela se desenvolve tanto em áreas de relevo mais suave (bauxita de campo), bem como em áreas de relevo mais acidentado, nos topos e encostas de morros e das serras que constituem os diques anelares etc., são as chamadas bauxitas de encostas.

A retirada da camada superficial mineralizada implica em cortes em terrenos geralmente com declividades superiores a 20 % e exposição dos materiais inconsolidados mais susceptíveis à erosão e aos desmoronamentos, bem como dos materiais com capacidade de suporte muito baixa para a revegetação, implicando em altos investimentos em pesquisas, análises de solos, técnicas de recomposição e adubação dos mesmos.

Têm importância econômica também as argilas aluminosas refratárias, encontradas nas planícies de inundação dos cursos d'água existentes no interior do *Planalto de Poços de Caldas*, normalmente a exploração destas ocorrências é feita de maneira predatória. As camadas mineralizadas com maior teor de alumina estão em profundidades maiores, portanto os mineradores precisam revolver as camadas superficiais para encontrar o filão.

Durante os trabalhos de campo realizados na região constatou-se que, a maioria das áreas de exploração das argilas refratárias, encontram-se já exauridas e abandonadas, sem a devida recuperação da área minerada, isto acarreta problemas ao meio ambiente,

tais como: erosão e facilidade de carreamento dos materiais revolvidos, pelas águas das chuvas; estagnação das águas, propiciando a poluição e contaminação das mesmas; poluição visual, que afeta a beleza paisagística, explorada pelo turismo.

Caracterização dos Riscos Geológicos

A região de *Poços de Caldas* tem uma morfologia muito complexa, sendo que os eventos geológicos - estruturais e conseqüentemente magmáticos que deram origem às várias litologias que compõem o *Maciço Alcalino* se apresentam aflorando nas mais variadas cotas, ou seja, a posição topográfica de uma mesma litologia e conseqüentemente dos materiais inconsolidados associados podem variar em termos de cota de até 440 m numa extensão horizontal de apenas 1,5 km.

Na região de *Poços de Caldas* os perfis de alteração são muito heterogêneos, via de regra, compostos por solo, matacões e blocos de rocha sã que estão "*in situ*" envoltos por solo residual lateritizado ou não e/ou solo saprolítico.

Devido às altas declividades dos terrenos, quase sempre é necessário fazer um corte na encosta para se implantar as edificações e para que se proceda a exploração da bauxita. Estes cortes via de regra são verticais potencializando-se assim as situações de riscos ao desmoronamento destes taludes compostos por materiais heterogêneos (solo / rocha).

As características geológicas (tipos litológicos, modos de ocorrência, descontinuidades etc.); características geomorfológicas (formas e dinâmica do relevo); processos geodinâmicos internos e externos e as características geotécnicas dos terrenos (propriedades dos solos e rochas), que compõem o meio físico considerado são os principais fatores, que sob um determinado clima, condicionam o uso e ocupação do solo pelo meio antrópico.

A origem da cidade de *Poços de Caldas* está ligada aos recursos hidrotermais, considerados minerais e terapêuticos, portanto o povoamento se implantou junto às principais fontes hidrotermais, situadas no vale do Ribeirão dos Poços. A partir daí se deu a expansão urbana, que devido à região ser muito acidentada, passou a ser feita de forma desordenada, ou seja, os loteamentos e conjuntos habitacionais foram e continuam sendo implantados nas planícies de inundação dos principais cursos d'água e nas encostas de colinas, morros e serras, sobre terrenos geralmente com altas declividades (maiores que 20% e/ou 30%) e via de regra não apropriados do ponto de vista geológico - geotécnico, principalmente quanto à susceptibilidade à erosão e desmoronamentos e que normalmente vão se constituir em zonas de riscos geológicos, causando impactos ambientais.

Conforme LIPORACI (1994), devido ao clima característico da região, além das altas declividades dos terrenos, aliadas também ao intenso fraturamento das rochas alcalinas e aos seus perfis típicos de intemperismo, bem como devido às formas de uso e ocupação inadequadas destes terrenos por parte do meio antrópico, achou-se conveniente cartografar as áreas de riscos geológicos.

Considerou-se situações de riscos de áreas baixas (enchentes e inundações) e situações de riscos de encostas (deslizamentos e/ou desmoronamentos) para a elaboração da carta de riscos geológicos.

Disposição dos Resíduos e Rejeitos e os Impactos Ambientais Gerados

Em *Poços de Caldas* não há uma coleta seletiva dos resíduos sólidos por setores das atividades da comunidade, todos os resíduos coletados pelo serviço público são

transportados e depositados, sem critérios de seleção, diretamente sobre o substrato rochoso e/ou sobre uma pouca espessa camada de material inconsolidado residual e/ou saprolítico, sem a menor preocupação com a impermeabilização da base. Portanto os efluentes líquidos (chorume) têm livre acesso ao substrato rochoso e aos recursos hídricos.

O "Lixão" Municipal localiza-se na margem esquerda do *Córrego Retiro dos Moinhos*, onde o nível d'água está a 1,0 m ou no máximo 3,0 m de profundidade. A maior parte dos resíduos sólidos produzidos pelo meio antrópico é coletado e depositado no "lixão" a céu aberto, outra parte é despejada nas planícies de inundação de córregos e ribeirões que drenam a zona urbana, em expansão e rural. Uma pequena parte dos resíduos produzidos fica espalhada pelas ruas, terrenos baldios, encostas de morros e cursos d'água.

Do ponto de vista geológico-geotécnico o "lixão" encontra-se instalado numa área de ocorrência dos nefelina sienitos em contato com o fonolito, onde já foi retirada a camada superficial de material inconsolidado lateritizado, mais especificamente bauxitizado, ou seja mineralizado, portanto o substrato ou fundações do "lixão" está constituído por rocha sã e/ou uma pouca espessa camada de material inconsolidado saprolítico (argilo-siltoso), estas condições facilitam o contato quase que direto entre os efluentes líquidos (chorume) e os recursos hídricos, podendo causar impactos ambientais nos mesmos, através da poluição e contaminação das águas da região.

Com referência aos rejeitos e efluentes da mineração e conseqüentemente das indústrias de produção do alumínio, instaladas na região, pode-se dizer que somente mais recentemente é que se preocupou com a proteção do meio ambiente, construindo-se então, lagos de disposição de resíduos com atenção especial visando a impermeabilização eficiente das fundações, mesmo assim estes lagos estão situados muito próximos às planícies de inundação dos cursos d'água e em terrenos inadequados do ponto de vista geológico-geotécnico.

A poluição e contaminação das águas superficiais por efluentes líquidos provenientes dos rejeitos e resíduos sólidos poderão facilmente comprometer a qualidade dos recursos hídricos da região, não só os superficiais, mas também os subterrâneos, através da percolação dos efluentes pelo sistema de juntas do maciço, que por intercomunicação com as descontinuidades maiores e mais profundas podem atingir o aquífero do *Planalto de Poços de Caldas*, o qual é do tipo fissural, colocando em risco uma das maiores fontes de renda para o município .

Qualidade das Águas da Bacia do Ribeirão das Antas

Os cursos d'água que compõem a *Bacia do Ribeirão das Antas* recebem efluentes de várias indústrias, o chorume proveniente do "lixão" do município, os resíduos provenientes de atividades agropecuárias, além dos dejetos provenientes dos esgotos urbanos.

As águas que formam a *Bacia do Ribeirão das Antas* são utilizadas para irrigação, abastecimento urbano, alimentação das indústrias e para geração de energia elétrica, que abastece o município.

Segundo LAGE FILHO (1996) a principal fonte de carbono para o Ribeirão das Antas, além da incorporação atmosférica, é de origem alóctone, estando principalmente relacionada à urbanização e atividades agrícolas, sendo que o CO₃- parece ser a forma de carbono mais importante em termos de utilização fotossintética. O "lixão", devido o chorume, pode ser responsabilizado pela depleção do oxigênio dissolvido no *Ribeirão das Antas*, além de carrear metais pesados para as águas.

Ainda conforme o autor (*op. cit.*), o grupo dos *Rotifera* foi o mais abundante, apresentando maior número de espécies da comunidade zooplanctônica, nos cursos d'água estudados. O grupo dos *Bdelloidea* é mais abundante nas estações amostradas,

que sofrem maior aporte de matéria orgânica. Do ponto de vista sanitário, todos os ribeirões estudados apresentaram-se, no período de coletas, contaminados por poluição fecal.

4. Importância da Carta de Potencial de Escoamento Superficial em Estudos de Planejamento do Meio Ambiente Urbano e Regional

Conforme foi referido anteriormente, a região estudada tem uma densidade de drenagens muito alta, conforme mostra a Figura 4, que é o mapa de recursos hídricos sobreposto ao modelado do terreno, onde podem ser evidenciadas também várias pequenas e médias represas, construídas para os mais variados fins: irrigação, abastecimento, regularização, energéticos etc.

Segundo PEJON (1992), os aspectos relativos às condições de escoamento superficial e de infiltração, normalmente não são estudados, o que torna difícil a avaliação das modificações ambientais que poderão ocorrer quando se processar a ocupação. Mesmo nos trabalhos de mapeamento geotécnico, onde são abordados vários aspectos do meio físico, sendo que muitos deles estão relacionados aos fenômenos de escoamento superficial e infiltração; estes dados via de regra não são analisados de maneira a se obter uma carta de potencial de escoamento superficial.

As informações sobre o potencial de escoamento superficial (Figura 5), de uma determinada região são importantes para os estudos de implantação de vários tipos de obras de engenharia, tais como: estradas; barragens; implantação de áreas de expansão urbana, zonas industriais, de disposição de resíduos e rejeitos etc., pois permitem a obtenção de coeficientes de deflúvio ("*run off*") mais realistas e não somente baseados em tabelas, como normalmente são obtidos.

Outra utilização importante para esta carta é a definição da carta de potencial à erosão, tendo em vista que se pode cruzar as informações sobre escoamento superficial com as características de erodibilidade dos materiais inconsolidados, obtendo-se desta forma, as zonas que apresentam maiores probabilidades de riscos erosivos.

Na carta de potencial de escoamento superficial, como mostra a Figura 5 são delimitadas áreas com maior ou menor potencial ao escoamento, conseqüentemente, as regiões onde predomina a infiltração. Estas informações são importantes para a definição de áreas que devem ser protegidas, evitando-se assim a contaminação de aquíferos, bem como, para se determinar áreas mais apropriadas para a disposição de rejeitos sépticos, de resíduos industriais e de mineração.

5. Conclusões

A metodologia de mapeamento geotécnico proposta visando ao planejamento foi muito eficiente para identificar e cadastrar impactos ambientais causados por obras civis e mineração, tendo em vista a sua aplicação no município de *Poços de Caldas* (MG).

Concluiu-se também que de modo geral as condições das unidades geotécnicas, definidas para a região, numa análise preliminar não são muito adequadas para disposição de resíduos sólidos e/ou rejeitos. Mesmo nas áreas mais favoráveis deve-se tomar

medidas preventivas de impermeabilização e tratamento dos efluentes através da instalação de estações de captação e tratamento dos mesmos e do chorume, para evitar a poluição e contaminação do meio ambiente (solos, rochas, recursos hídricos etc.).

A carta de potencial de escoamento superficial, Figura 5, elaborada para a região de Poços de Caldas, foi obtida com base na análise por sobreposição controlada de cada um dos atributos hierarquizados, iniciando-se pela análise das classes de declividade e de densidade de canais de drenagem, pois são os atributos de maior importância para a área. Esta carta que apresenta seis classes de potencial de escoamento superficial e uma que caracteriza as regiões com propensões ao acúmulo de águas, pode ser útil na definição de coeficientes de deflúvios ("run off") ou de recargas de aquíferos.

Observa-se pela análise desta carta que a maioria das regiões com potenciais alto (classe 4), muito alto (classe 5) e altíssimos (classe 6), são coincidentes ou estão situados nas proximidades da área urbana de *Poços de Caldas*, fato este que pode aumentar as condições de riscos geológicos potenciais, tendo em vista que a ocupação está ocorrendo em áreas com declividades superiores a 20 %.

A região central da cidade encontra-se implantada coincidentemente com a planície de inundação do *Ribeirão dos Poços*. Apesar de que este curso d'água foi retificado por obras de engenharia, o adensamento ocupacional tem contribuído para que haja uma maior impermeabilização dos terrenos adjacentes, permitindo-se assim um aumento de potencial de escoamento superficial, que pelas condições naturais já é alto, conforme mostra a carta de potencial de escoamento superficial, sendo assim esta área central passa a ser de captação e recarga, portanto está sujeita a sofrer enchentes e inundações, fato este que vem ocorrendo sistematicamente por ocasião do período de chuvas do verão.

Como a cidade de *Poços de Caldas* é conhecida nacional e internacionalmente devido a alta qualidade dos seus recursos hídricos considerados minerais e pelas características termais e terapêuticas dos mesmos; o turismo passou a ser a maior atração e fonte de renda da região, portanto as demais atividades de desenvolvimento econômico devem se adequar a estas características dos recursos naturais disponíveis, objetivando com este procedimento preservar o meio ambiente em equilíbrio harmônico.

Conforme exposto os principais recursos naturais da região são: os recursos hídricos, os recursos paisagísticos, os recursos minerais etc., sendo que os dois primeiros, ou seja os recursos hídricos e paisagísticos, estão sendo ameaçados pelas atuais condições de degradação, impostas pelo meio antrópico, sendo assim sugere-se que as autoridades municipais tomem as devidas precauções através de elaboração de leis que regulamentem o uso e ocupação do meio ambiente e que implementem um sistema de fiscalização e de educação ambiental eficientes para o município, pois o comprometimento da qualidade destes dois recursos naturais poderá acarretar prejuízos inestimáveis às atividades sócio-econômicas do município.

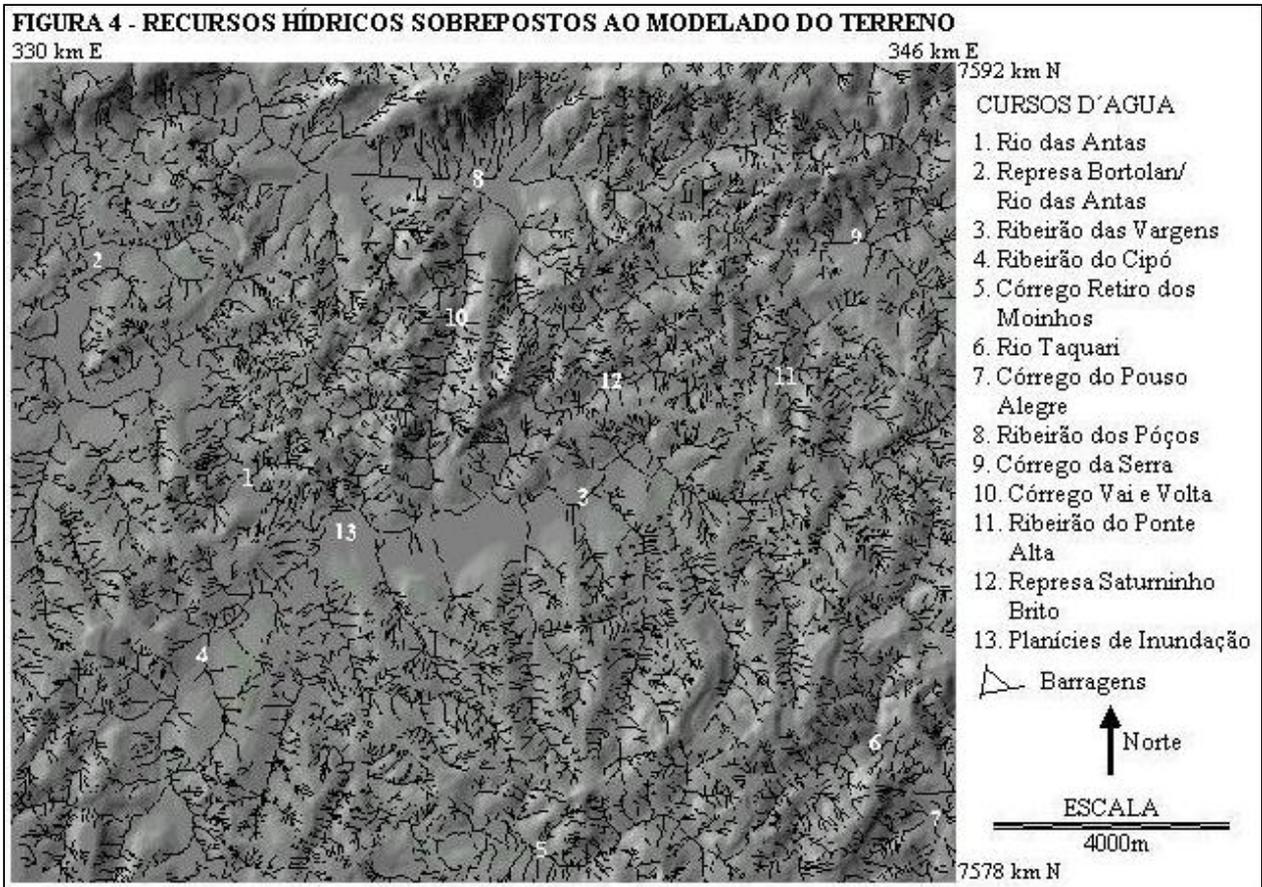


Figura 4. Mapa de Recursos Hídricos sobrepostos ao modelado do terreno, Município de Poços de Caldas (MG).

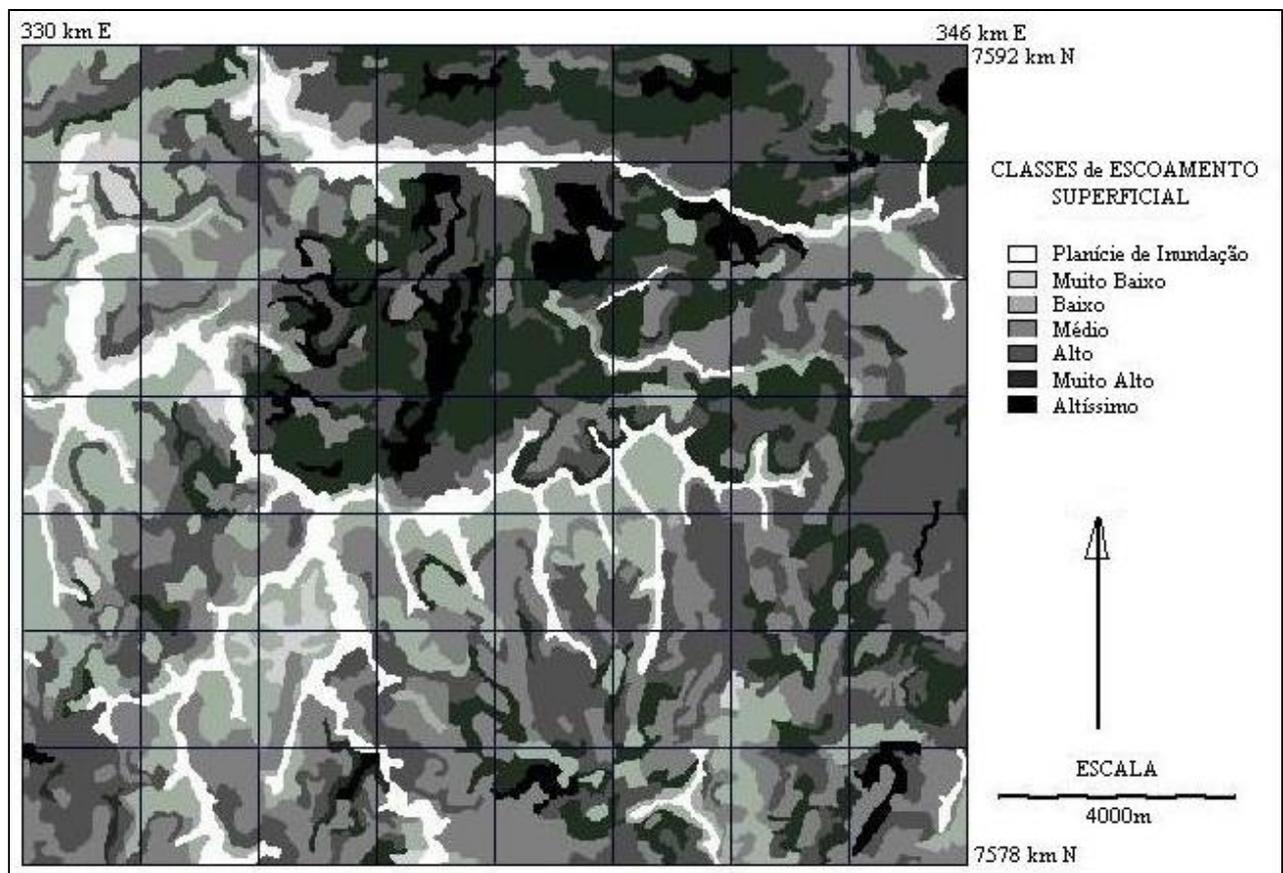


Figura 5. Carta de Potencial de Escoamento Superficial, elaborada para o Município de Poços de Caldas (MG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LAGE FILHO, A.L. **Características Ecológicas e Limnológicas da Bacia do Rio das Antas, no período de menores precipitações (Poços de Caldas - MG)**. Dissertação (mestrado), São Carlos, EESC/USP, 196 p. 1996

LIPORACI, S.R. **Procedimentos e Metodologias de Mapeamento Geotécnico: Aplicação na cidade e parte do Município de Poços de Caldas (MG) - Escala 1: 25.000 - visando o Planejamento do Uso e Ocupação do Meio Físico**. Dissertação (mestrado), São Carlos, EESC/USP, 2v. 1994.

LIPORACI, S.R. **Sistemática de Estudos Integrados Multitemporais Sobre o Meio Ambiente, Visando ao Planejamento Ambiental do Município de Poços de Caldas (MG)**. Tese (Doutorado), São Carlos, EESC/USP, 1v. 1999.

LIPORACI, S.R.; ZUQUETTE, L.V. *Uma Contribuição à Geologia do Maciço Alcalino de Poços de Caldas (MG): Mapa do Substrato Rochoso*. **Revista Geociências**, Rio Claro, n.14 (1). 1995.

PEJON, O.J. **Mapeamento Geotécnico Regional da Folha de Piracicaba - SP (escala 1: 100.000): Estudos de Aspectos Metodológicos, de Caracterização e de Apresentação de Atributos**. Dissertação (mestrado). São Carlos, EESC/USP, 2v. 1992.

SCHOR, H.J. *Landform Grading: Comparative Definitions of grading designs*. **Landscape Arch. & Specifer News**, (nov.) 1993.

SCHOR, H.J; GRAY, D.H. *Landform Grading and Slop Evolution*. **Journal of Geotechnical Engineering**, (oct.) 1995.

INFORMAÇÕES SOBRE A AUTORA

[\(VOLTAR AO TEXTO\)](#)

Silvana Ribeiro Liporaci

Geóloga, Pós-doutorado no DECiv / UFSCar

Rodovia Washington Luiz km 235 - São Carlos, SP - Brasil

Fone: (016) 2608262 R 255.

Tele: (016) 9783 82 76

sliporaci@yahoo.com.br

sliporaci@hotmail.com

silvanaliporaci@zipmail.com.br

SUMÁRIO

