

ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

Zoneamento das áreas susceptíveis à contaminação do lençol freático em Caldas Novas, estado de Goiás, Brasil

Doutor Rildo Aparecido Costa

Curso de Geografia, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, *Campus* Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, MG. **E-mail:** rildocosta1@yahoo.com.br

Doutor Luiz Nishiyama

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. **E-mail:** nishi@ufu.br

Mestrando Giliander Allan da Silva

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. **E-mail:** gili.franca@hotmail.com

RESUMO

ARTICLE HISTORY

Received: 12 April 2013

Accepted: 29 July 2013

PALAVRAS-CHAVE:

Caldas Novas

Zoneamento Ambiental

Meio Físico

Planejamento Ambiental

Este trabalho objetivou mapear as áreas de risco à contaminação freática da área urbana e de expansão urbana de Caldas Novas (GO), localizada no Sul Goiano, mais precisamente na Microrregião Meia Ponte. Para tanto foram caracterizados alguns atributos do meio físico, tais como: materiais inconsolidados, profundidade freática e declividade na escala de 1:25.000, seguindo-se os conceitos do zoneamento voltados para o planejamento, proteção e recuperação ambiental. Como produto final elaborou-se um mapa de zoneamento das áreas susceptíveis à contaminação freática com vistas a orientação do uso e ocupação do meio físico onde se acham representados as aptidões, as restrições e os conflitos de uso. Constatou-se, através dessa pesquisa, que o uso e ocupação em Caldas Novas estão sendo realizados de forma desordenada, sem respeitar as limitações impostas pelo meio físico local, principalmente aquelas relacionadas ao lençol freático pouco profundo e materiais inconsolidados pouco

espeço. Sendo assim, procurou-se com este estudo produzir e disponibilizar informações que possam se constituir em ferramentas para o planejamento do uso e ocupação do meio físico, conciliando os interesses econômicos com a preservação ambiental e principalmente a melhoria da qualidade de vida da comunidade local.

KEY-WORDS:

Caldas Novas
Environmental planning
Physical Environment
Environmental Planning

ABSTRACT: PLANNING OF AREAS SUSCEPTIBLE TO GROUNDWATER CONTAMINATION IN CALDAS NOVAS, STATE OF GOIÁS, BRAZIL. This study aimed to map areas of risk to groundwater contamination from urban and urban expansion of Caldas Novas (GO), located on South State, precisely in the Meia Ponte microregion. Therefore, we characterized some of the physical attributes, such as unconsolidated materials, groundwater depth and slope on the scale of 1:25.000, followed by the concepts of engineering geological mapping focused on planning, environmental protection and recovery. As a final product is prepared a zoning map of areas susceptible to groundwater contamination with a view to guiding the use and occupancy of the physical environment where they feel represented the abilities, restrictions and conflicts of use. It was found through this research that the use and occupation in Caldas Novas are being conducted in a disorderly way, without respecting the restrictions imposed by local physical environment, especially those related to shallow water table and shallow unconsolidated material. Therefore, we tried to produce this study and provide information that may constitute tools for planning the use and occupancy of the physical environment, balancing economic interests with environmental protection and especially to improve the quality of life of the local community.

RESUMEN:

Caldas Novas
Zonificación Ambiental
Medio Físico
Planificación Ambiental

RESUMEN. ZONIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN CALDAS NOVAS, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL. Este estudio tuvo como objetivo mapear las áreas de riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas de la expansión urbana y urbana de Caldas Novas (GO), ubicado en el sur de Goiás, más precisamente en la mitad del puente Microregión. Por lo tanto, hemos caracterizado algunos de los atributos físicos, tales como material no consolidado, la profundidad del nivel freático y de la pendiente en la escala de 1:25.000, seguido por los conceptos de zonificación se centró en la planificación, protección y restauración ambiental. Como producto final elaborado un mapa de zonificación de las áreas susceptibles a la contaminación de las aguas subterráneas con el fin de orientar el uso y la ocupación del entorno físico en el que se representan las

habilidades, limitaciones y conflictos de uso. Se encontró a través de esta investigación que el uso y la ocupación en Caldas Novas se llevan a cabo de forma desordenada, sin tener en cuenta las limitaciones impuestas por el entorno físico local, en particular los relacionados con las aguas subterráneas y superficiales material no consolidado poco espesor. Por lo tanto, tratamos de elaborar este estudio y proporcionar información que pueden constituir herramientas para la planificación del uso y ocupación del entorno físico, el equilibrio de los intereses económicos con la preservación del medio ambiente y sobre todo mejorar la calidad de vida de la comunidad local.

Introdução

O desenvolvimento do processo tecnológico-industrial vem, nos últimos 50 anos, promovendo o crescimento dos centros urbanos. Nesse momento o homem, ao invés de se adaptar às condições do meio físico, impõe-lhe as suas próprias condições, fazendo com que, muitas vezes, o seu uso e ocupação se façam de maneira inadequada, ou seja, não respeitando os seus limites e potencialidades.

O poder público, normalmente, tem dificuldades quanto à organização do crescimento urbano, seja por falta de pessoal técnico qualificado, seja por falta de conhecimento das condições e das características do meio físico ou, ainda, por falta de um planejamento adequado.

Se o uso e ocupação do meio físico é tão importante para o homem, este deve respeitá-lo e entendê-lo como um todo, principalmente quanto às suas potencialidades e limitações, pois o homem, ao ignorar esta condição, pode torná-lo vulnerável a danos até mesmo irreparáveis. Nesse sentido, torna-se de suma importância o desenvolvimento da conscientização da coletividade, que passa a exercer papel fundamental no processo de uso e ocupação. Assim sendo, deve-se sempre se sobrepôr a esse processo ações de preservação do meio, ainda que sua exploração seja necessária (Costa, 2008).

Com o conhecimento tecnológico que o homem adquiriu ao longo do tempo, é de se esperar que a ocupação realizada de maneira inadequada se torne cada vez menor. No entanto, o que se tem assistido, principalmente nos países em desenvolvimento, é que o caminho está sendo feito no sentido contrário, levando a impactos negativos que geralmente resultam em perdas materiais e até mesmo de vidas humanas. Por isso, a necessidade de planejar o uso e ocupação desse meio físico torna-se fundamental para qualquer instância, seja ela pública e/ou privada.

Pode-se considerar que o desenvolvimento de uma determinada região só é satisfatória quando se propicia uma relação adequada e positiva entre o homem e o meio físico, em função, principalmente, da organização do sistema produtivo (gerador das atividades antrópicas) e das necessidades sócio-econômicas (Bosco, 2008).

Embora haja, nos dias atuais, grandes debates sobre meio ambiente, desenvolvimento e qualidade de vida, raramente se considera o princípio desses

aspectos, que é o processo de planejamento. Entende-se que o ato de planejar seja a adoção de um conjunto de decisões baseadas em características técnicas do meio ambiente, nas necessidades da sociedade e nos fatores operacionais para uma dada região (Zuquette, 1993).

Para fins de planejamento devem-se considerar algumas condições básicas, tais como: as limitações impostas pelo meio físico em relação ao seu uso e ocupação, a necessidade crescente de novos espaços para atividades urbanas; e, ainda, as alterações que as formas de uso e ocupação podem produzir no meio físico, de forma cumulativa e até mesmo irreversível.

Segundo Zuquette (1987), essas condições raramente são consideradas nos processos de planejamento, no Brasil, principalmente as que dependem dos estudos sobre o meio físico (geotécnicos). Assim, o mapeamento do meio físico deve promover o conhecimento das principais variações espaciais dos seus componentes, assim como as convariações ou não dos seus atributos, para que seja possível atender às necessidades dos planejadores.

Qualquer decisão de planejamento que considere informações parciais sobre o meio ambiente conduzirá a um desequilíbrio que implicará o aumento de custos, a diminuição de rendimentos e o esgotamento e destruição dos recursos naturais. Nota-se que há uma necessidade de informações oriundas de diferentes campos de estudos, obtidas por mecanismos diferentes e com significados muito particulares, mas que devem propiciar, ao planejador, um nível de conhecimento mínimo da região, em termos de documentos básicos e das decisões adequadas.

Porém, nem todos os efeitos causados pela ação humana sobre o meio físico são sentidos de imediato, embora não sejam menos graves do que aqueles que se manifestam de forma mais significativa. Nesse caso, só são considerados quando atingem um determinado nível e passam a afetar diretamente o homem ou, então, as suas atividades. Dentro dessa categoria, podem-se citar a contaminação ou poluição das águas superficiais e subterrâneas, perda da capacidade de produção pelo solo, em decorrência da erosão e depleção de seus nutrientes, assoreamentos de canais fluviais, lagos e reservatórios, avanço de dunas sobre áreas habitadas, erosões e assoreamentos marinhos, dentre muitos outros.

Nas áreas urbanizadas, o processo de uso e ocupação do meio físico é bastante diferenciado, dependendo do seu valor econômico. Assim, evidenciam-se os contrastes entre os bairros ricos e bairros pobres, a ocupação de áreas estáveis ou permissíveis para uso e, ao mesmo tempo, ocupação de áreas de risco (fundos de vales ou vertentes com declives acentuados). Deve-se salientar, também, que grandes incorporadoras transformam espaços considerados de risco em verdadeiras áreas propícias para a ocupação, o que demonstra a força do capital em relação às supostas limitações de uso impostas pelo meio físico.

O uso e a ocupação do meio físico pelo homem, em todas as suas formas, têm sido os responsáveis pela maioria dos desequilíbrios nas interrelações meio físico/meio biótico, meio físico/meio físico e meio biótico/meio biótico; portanto, acabam por afetar todos os ecossistemas terrestres (Zuquette, 1991). Embora se saiba, há muito tempo, que a ocupação desordenada do meio físico, sem considerar as suas potencialidades e limitações e as diferentes inter-relações entre

os sistemas naturais, é a principal causa da degradação ambiental, pouco se tem realizado para a sua minimização, em níveis aceitáveis.

Os conhecimentos acerca dos componentes do meio físico (rocha, materiais inconsolidados, relevo, águas, ar e suas relações com os diferentes processos e atividades geológicas, biológicos e antropogênicos) fazem parte do campo de estudo das geociências. Essa afirmação é reforçada pelo fato de que todas as atividades antrópicas se desenvolvem sobre o meio físico (seus componentes) e são responsáveis pela sua sustentação (no sentido literal), quaisquer que sejam os tipos de ocupação (Turner; Coffman, 1973). Ao mesmo tempo, verifica-se uma relação de interdependência entre o meio físico e o meio biótico.

Portanto, pode-se afirmar que o objetivo principal desse trabalho é o mapeamento do nível da água freática, demonstrando sua importância enquanto instrumento de representação dos atributos do meio físico, se torna um dos aspectos mais importantes para o planejamento, pois são essas águas que receberão primeiramente parte dos resíduos produzidos pelas áreas urbanas, sendo poluídas e até mesmo contaminadas, inviabilizando o uso da mesma.

Tem-se que se levar em conta também que a cidade de Caldas Novas (cidade pesquisada) é uma das maiores estâncias hidrotermais do mundo, ou seja, esse estudo sobre a contaminação do lençol freático se torna imprescindível para estudos de contaminação desse lençol que está diretamente interligado com o lençol termal. Portanto essas informações produzidas no artigo servirão de subsídio para o planejamento do uso e ocupação da área urbana da cidade.

Zonamento ambiental e planejamento territorial

Para se ter um conhecimento maior do ambiente natural e da sua utilização/apropriação pelo homem, faz-se necessário um estudo detalhado com objetivo de redirecionar o uso que o homem faz do ambiente que o rodeia. Isto requer um planejamento de caráter ambiental, sem, contudo, deixar de lado as questões sociais e econômicas.

Embora haja, nos dias atuais, grandes debates sobre meio ambiente, desenvolvimento e qualidade de vida, raramente se considera o princípio desses aspectos, que é o processo de planejamento. Entende-se que o ato de planejar seja a adoção de um conjunto de decisões baseadas em características técnicas do meio ambiente, nas necessidades da sociedade e nos fatores operacionais para uma dada região. (ZUQUETTE, 1993)

Zuquette (1987) aponta que as diversidades, em termos de combinação e arranjo, para fins de uso e ocupação, são originadas pela ação de dois grupos de processos naturais:

- a) Primários – são os responsáveis pela origem dos materiais rochosos e feições estruturais geológicas (falhas, fraturas, foliações e dobras).
- b) Secundários – têm seu início imediatamente após cessarem os primários e são responsáveis pelo comportamento dinâmico do meio físico e pela origem do perfil de alteração, erosões e deposições, comportamento das águas e as características do relevo. Esses processos são muito intensos e o produto final (arranjo tridimensional) é resultado da interação de diversos

aspectos, tais como: materiais rochosos e suas susceptibilidades ao intemperismo físico e químico; condições climáticas (pluviosidade, temperatura, ventos, etc.) e níveis de encaixe dos sistemas de drenagens.

Pode-se afirmar, portanto, que o meio físico é constituído pela seqüência de arranjos tridimensionais, com diferentes níveis de heterogeneidade, em uma região, e sempre associados a uma unidade típica de relevo (Zuquette, 1993). Diante disso, o mapeamento geotécnico do meio físico deve ter como objetivo identificar, caracterizar e classificar, qualitativa e quantitativamente, as feições de cada arranjo tridimensional, assim como a sua distribuição espacial, observando sempre a adequabilidade da escala.

Desde o final do século XIX, discute-se a importância de se obterem informações acerca do meio físico, com o intuito de se fazerem um uso e uma ocupação mais ordenados, além de demonstrar, também, questões relativas ao “artifício” que melhor apresentaria as suas feições e variações em termos dos seus componentes e seu posicionamento, em um determinado espaço tridimensional.

O ato de se planejar um território corresponde a um conceito geográfico de regionalização, que significa individualizar o espaço em áreas que delimitam algum tipo de especificidade ou alguns aspectos comuns, ou áreas com certa homogeneidade. Evidencia-se, então, a grande importância de se planejar um dado território visando otimizar a produção do espaço, seja ele urbano ou rural.

Segundo Sanchez e Silva (1995), planejar é um ato em que se busca um desenvolvimento mais sustentado, envolve uma estratégia para melhorar e disciplinar as relações entre os aspectos geoecológicos e sócio-econômicos dos sistemas ambientais. Esse processo implica conceber e executar um projeto ambiental de recuperação, construção e manejo do território, assumindo o ambiente como um processo de transformações contínuas.

Trata-se de fazer do território um conjunto de paisagens estimulantes, benéficas e, por sua vez, capaz de conservar ou desenvolver uma identidade que expresse as necessidades e expectativas de sua gente. Isto significa projetar o território como um cenário múltiplo, compreendendo e valorizando a história, a realidade atual, potencialidades ecológicas e sócio-econômicas dos sistemas ambientais, nas quais se estrutura o território e se articula seu funcionamento global (PESCI, 1991).

O conceito de planejamento territorial surge na década de 1970, com a Carta Européia de Ordenamento do Território, devidamente associado ao Zoneamento Ecológico-Econômico, relacionado aos avanços tecnológicos, o que possibilitou um maior e mais detalhado conhecimento do meio físico e de sua utilização pelo homem. Esse conceito nasce juntamente às grandes discussões sobre o desenvolvimento sustentável (BECKER; EGLER, 1997).

Segundo Sanchez e Silva (1995), não há planejamento sem um zoneamento geoambiental prévio que possibilite a integração interdisciplinar de todos os conhecimentos e percepções da diversidade do meio físico. O zoneamento geoambiental constitui um marco de referência estratégica para conceber o planejamento do território, tanto nas funções bióticas quanto abióticas.

Penteadó Orellana (1976) evidenciou a importância do conhecimento do meio físico no planejamento, onde se tem um estudo voltado para o levantamento de

problemas inerentes ao impacto causado pelo homem sobre o ambiente, no que diz respeito ao seu desejo de transformar o meio físico por meio do uso e ocupação. Ainda segundo a mesma autora, o planejamento possui dois aspectos básicos: planejar para preservar o meio ambiente e para usar racionalmente os recursos naturais, sem romper o equilíbrio do ecossistema; e tentar corrigir as falhas decorrentes da agressão sofrida pelo ambiente pela ação antrópica, em todos os seus aspectos.

Neste contexto, o mapeamento do meio físico é, hoje, indispensável para qualquer forma de planejamento do uso e ocupação do meio físico, pois por intermédio da espacialização dos atributos permite uma melhor compreensão da área a ser ocupada.

Evidencia-se, então, a grande importância de se conceder aos estudos de planejamento, um levantamento detalhado dos atributos do meio físico, visualizando, assim, os impactos ambientais e os custos de produção, pois o custo será bem menor ao se conhecer a área que vai ser ocupada, ou seja, planejar para depois ocupar.

Portanto, pode-se afirmar que o mapeamento geotécnico, enquanto instrumento de representação dos atributos do meio físico, aproxima-se da Geografia, quando se utiliza do espaço geográfico com a finalidade de ordenar ou planejar um dado espaço, sendo útil para uso e ocupação mais racionais.

Materiais e Métodos

Metodologia

Pode-se afirmar que a baixa densidade de informações relativas à profundidade, qualidade e susceptibilidade da água freática constitui-se num dos grandes obstáculos ao uso e ocupação adequada do meio físico e para o planejamento como um todo. Normalmente, encontram-se informações referentes ao nível da água freática em perfis de sondagens, em mapas geológicos, em mapas geomofológicos e pedológicos, etc. Porém, são informações indiretas, ou seja, não tratam diretamente da água freática. Esse atributo precisa ser interpretado a partir de outras informações contidas nos mapas. Como por exemplo, a constatação de solos hidromórficos (mapas pedológicos); a presença de rochas de baixa permeabilidade em situação aflorante (mapas geológicos).

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se as cartas topográficas (1:25.000), elaboradas pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral – Projeto Hidrogeológico da Região de Caldas Novas - GO, no ano de 1980. Para se obter o esboço da área estudada, usou-se a articulação das cartas SE-22 X-D-V 2 – SO; SE-22 X-D-V 2 – SE; SE-22 X-D-V 4 – NO e SE-22 X-D-V 4 – NE.

Para a confecção do mapa de zoneamento das áreas susceptíveis à contaminação da água freática utilizou-se três mapas básicos que estão descritos a seguir.

a) Mapa de Declividade:

Para a confecção desse mapa utilizaram-se as cartas topográficas (mencionadas acima), com curvas de nível em equidistância de 20m, em escala de 1:25.000. As classes de declividade (0 – 2%; 2 – 5%; 5 – 10%; 10 – 20%; 20 – 30% e > 30%) foram escolhidas no intuito de buscar uma maior precisão de dados, visando um planejamento mais detalhado. O software Arcgis 9.2 foi utilizado para a confecção da carta de declividade.

b) Mapa de Nível de Água Freática:

Para a obtenção do Mapa de Nível de Água Freática utilizaram-se medidas de cisternas contidas na área de estudo, perfazendo um total de 316 medidas, bem como a metodologia desenvolvida por Nishiyama (1998), que busca evidenciar, para uma análise mais precisa, meios alternativos para o levantamento da profundidade do nível d'água, tais como: mapas topográficos, fotografias aéreas obtidas pela Prefeitura Municipal de Caldas Novas, no ano de 1993, na escala de 1:8.000 e imagens de satélite. Por meio desse material cartográfico foi possível analisar alguns condicionantes do meio físico (afloramento rochoso, áreas úmidas situadas em encostas, presença de nascentes e formas de relevo); junto aos dados obtidos nas medidas de cisternas, determinou-se a profundidade da Água Freática.

c) Mapa de Materiais Inconsolidados:

Foi obtido pela interpretação de fotografias aéreas pertencentes à USAF (Força Aérea dos Estados Unidos), obtidas em 1964 e 1965, em escala de 1:60.000, e também fotografias aéreas obtidas pela Prefeitura Municipal de Caldas Novas, no ano de 1993, na escala de 1:8.000.

Usaram-se, também, levantamentos de campo, tais como afloramentos rochosos, perfazendo um total de 28 amostras; utilizaram-se dados obtidos por sondagens de simples reconhecimento SPT, realizados pela empresa SETEF – Serviços Técnicos de Fundações LTDA, perfazendo um total de 14 ensaios e dados obtidos das perfurações dos poços tubulares (para obtenção de água quente), em toda a área estudada, perfazendo um total de 57 amostras. Foram extraídas, também, 30 amostras deformadas na área de estudo, levadas para laboratório no intuito de caracterizar os materiais inconsolidados, segundo Zuquette (1987), seguindo estritamente as normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Por intermédio do software Arcgis 9.2 foram sobrepostos os referidos mapas e utilizada a metodologia de álgebra de mapas, para a confecção do mapa final. Essa metodologia forneceu quatro classes:

- Áreas de Preservação
- Áreas Com Baixo Risco à Contaminação
- Áreas Com Médio Risco à Contaminação
- Áreas Com Alto Risco à Contaminação

Caracterização da área de estudo

A área de estudo situa-se na mesorregião sul do Estado de Goiás, mais especificamente na microrregião Meia Ponte, entre os meridianos 48° 27' e 48° 56' W e os paralelos 17° 28' e 18° 05'S, totalizando uma área de aproximadamente 400km² (figura 1), possui o maior manancial hidrotermal do mundo (explorado para fins turísticos). A cidade de Caldas Novas se localiza a 170 km da capital do Estado (Goiânia), sendo a principal via de acesso a GO-213 e BR 153. (COSTA, 2008)

A dinâmica atmosférica, em Caldas Novas, está sob controle dos sistemas intertropicais. Esses sistemas de circulação ocasionam um clima tropical alternadamente seco e úmido (Del Grossi, 1991). Dependendo da época do ano, o avanço de determinadas massas de ar sobre a região é responsável pelas alterações na temperatura e, principalmente, na umidade, desencadeando duas situações climáticas nitidamente diferentes: um período seco, que se estende de abril a setembro (representa 10% do total de chuvas), e outro, úmido e chuvoso, que vai de outubro a março (representando 90% do total pluviométrico). Em Caldas Novas, essa dinâmica provoca um regime pluvial que varia entre 1720 a 1750 mm, determinado, principalmente pelo orografismo.

O Município de Caldas Novas apresenta temperatura média anual entre 20 e 22°C, com média nos meses mais frios girando em torno de 18°C. Com base na classificação internacional de Koeppen (1948), a região encontra-se caracterizada pelo clima tropical do tipo Aw. (COSTA, 2008)

Em relação à geologia, a área é constituída principalmente por rochas metamórficas do Grupo Paranoá (Filitos, Quartizitos e Metacalcários) e do Grupo Araxá (representado por Xistos variados e ocorrem também, cristas de quartizitos, quartizitos micáceos e quartzo xistos, caracterizando prováveis arenitos e arenitos impuros, interdigitados e intercalados aos pelitos).

Pode-se dizer que a estratigrafia local é caracterizada pela superposição tectônica do Grupo Paranoá pelo Grupo Araxá. Neste aspecto o Grupo Araxá é representante de uma unidade tectono-metamórfica da porção interna da Faixa Brasília, a qual foi posicionada em uma porção mais externa pelo descolamento tectônico pelicular por nappes, empurrões, duplexes e escamamentos, responsáveis pelo encurtamento crustal e movimentação desse conjunto litoestratigráfico por dezenas de quilômetros. (COSTA, 2008)

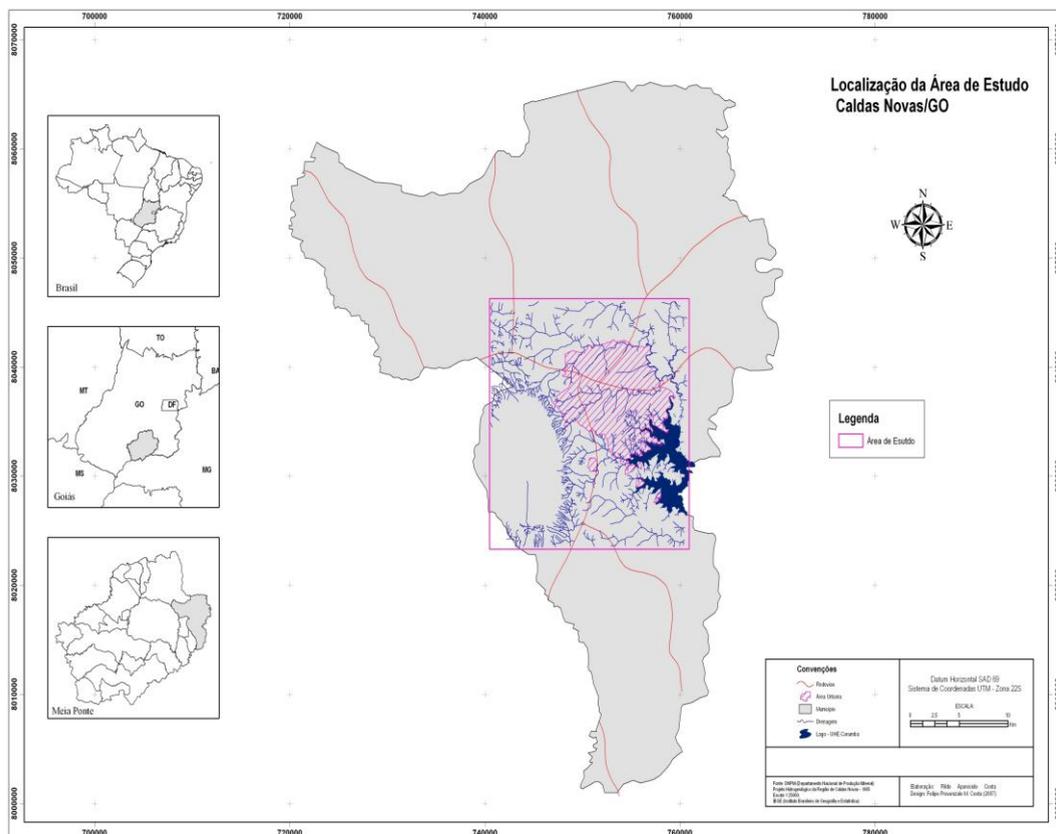


Figura – 1: Localização da área de estudo. (COSTA, 2008)

Em relação à geomorfologia, a área de estudo insere-se na região que Pena (1976) denominou Planalto Central Goiano, constituído pela ampla área do conjunto dos contribuintes da margem direita do rio Paranaíba, entre outros os rios Corumbá, Meia Ponte, dos Bois e Turvo. A referida unidade geomorfológica constitui um vasto planalto, compartimentado em níveis topográficos distintos e com características próprias, porém ligados entre si. São as seguintes as suas subunidades: Planalto do Distrito Federal, Depressões Intermontanas, Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba e Planalto Rebaixado de Goiânia. Essa condição de relevo faz com que Caldas Novas se localize em uma região depressiva, tendo a leste a Serra de Caldas Novas e a oeste a Serra da Matinha. Essas condições geoambientais determinam o regime hídrico do município, possuindo uma grande quantidade de nascentes (Serra de Caldas Novas e Serra da Matinha) e conseqüentemente uma grande quantidade de águas superficiais.

Resultados e discussões

Evolução urbana da cidade de Caldas Novas

O estudo geográfico das cidades teve início no final do século XIX, nas escolas anglo-saxônicas, sob a égide do determinismo, buscando a harmonia entre a

cidade e o ambiente. A partir da década de 1930, nos Estados Unidos, ocorre uma rejeição a essa visão ambientalista pela Geografia, que se direciona para os estudos dos aspectos sócio-econômicos.

Ao longo do século XX, acentuou-se a importância das cidades na dinâmica da sociedade. Segundo Santos (1997, p.53), “a cidade é um elemento impulsionador do desenvolvimento e aperfeiçoamento das técnicas. Diga-se, então, que é a cidade lugar de ebulição permanente”.

Na segunda metade do século XX, o dualismo sítio-posição leva a uma visão regionalista dos aspectos econômicos, que desvincularia o estudo da cidade do seu ambiente natural (Del Grossi, 1991). Observa-se, nessa época, uma sistematização mais acadêmico-científica do conhecimento das mudanças que o processo de urbanização causa no meio físico.

O processo de urbanização brasileira é um fenômeno que ocorreu recentemente. A urbanização deve ser entendida como um processo social e espacial no qual a população rural é levada a deixar o campo para morar na cidade (esse processo ocorre também das cidades menores para cidades maiores) e, nela, ter de enfrentar suas contradições. Palen (1975:11) diz que “a urbanização é, portanto um processo pelo qual regiões rurais se transformam em regiões urbanas”.

Em Caldas Novas (GO), uma cidade que se desenvolveu tendo como base econômica o turismo, em muitos aspectos isso não foi diferente. O crescimento vertiginoso das últimas décadas provocou uma série de impactos no ambiente da cidade. A cidade se alargou, principalmente a partir da década de 1980, sem uma legislação consistente que monitorasse a sua expansão, o que, entre outros fatores, fez com que hoje, no perímetro urbano, haja falta de áreas verdes, áreas de lazer públicas e, ainda, problemas de circulação de pessoas e veículos, em determinados setores, principalmente na alta temporada. Os recursos hídricos sofrem todos os colapsos decorrentes da falta de manejo sócio-ambiental.

Por outro lado, o município sobrevive, economicamente, da atividade turística, que depende da infiltração da água da chuva para renovação do manancial termal, principal produto que proporcionou o desenvolvimento dessa atividade. Dessa forma, manter esse patrimônio significa preservar as condições de absorção do solo, o que, sem dúvida, depende, entre outros fatores, da preservação de cobertura vegetal, na superfície.

Com o crescimento econômico, há um notável aumento da população. Em 1980 a população do município de Caldas Novas era de 9.800 habitantes e, no ano de 1991, evoluiu para 24.900 habitantes (IBGE, 2008), tendo um aumento aproximado de 154,1%, em menos de onze anos (vide tabela 01). Esse crescimento ocorre também nos dez anos subsequentes, passando de 24.900 habitantes, em 1991, para 49.652 habitantes, em 2001, um aumento de aproximadamente 100,3%.

Tabela 01 - Caldas Novas: Evolução da População, 1960 - 2007

ANO	NÚMERO DE HABITANTES	CRESCIMENTO PERCENTUAL
1960	5.200	-
1970	7.200	38.5
1980	9.800	36.1
1991	24.900	154.1
2001	49.652	100.3
2007	62.204	28
2010	70.463	11.7

Fonte: IBGE, 2010.

Pode-se dizer que, no caso de Caldas Novas, ela se originou da disputa entre atividades ou pessoas por dada localização, principalmente pela rede hoteleira. Na área urbana, essa especulação foi responsável pela segregação sócioespacial, com a retenção de terrenos, aumento do custo de produção e urbanização.

Proposta zoneamento como subsídio ao planejamento ambiental da cidade de Caldas Novas, GO

Para uma melhor compreensão dos problemas ambientais enfrentados por Caldas Novas, hoje, e com o intuito de apontar alternativas para um desenvolvimento ordenado do meio físico, elaborou-se uma proposta de zoneamento das áreas susceptíveis à contaminação freática (Figura 2) para a área urbana e de expansão urbana de Caldas Novas, levando-se em conta vários parâmetros quantitativos (declividade, espessura dos materiais inconsolidados e profundidade no nível freático), onde se procurou a articulação dos atributos do meio físico, a partir de sua evolução, associada aos processos antrópicos atuais (crescimento urbano desordenado).

O zoneamento, juntamente com as análises qualitativas, tem como objetivo levar à compreensão da organização dinâmica dos processos territoriais. Essa análise dará subsídio ao reconhecimento de áreas que apresentam riscos quanto à sua utilização, o que pode contribuir para ações mais adequadas ou planejadas quanto aos componentes (atributos) do município. A seguir será discutido as quatro classes obtidas através do mapeamento, apontando seus principais problemas de uso e ocupação e sugestão de medidas corretivas e preventivas.

Áreas de preservação

Esta unidade localiza-se na porção sudoeste da área em estudo, correspondente ao domo estrutural (Serra de Caldas Novas). A área da unidade foi transformada em parque estadual, em 1990, definido então como uma área de proteção ambiental. As rochas presentes na área são de idade Neo/meso proterozóica, sendo seu embasamento rochoso constituído de quartzitos e metarenitos (topo da serra) e metarritmitos e metassiltitos (encostas) do Grupo Paranoá.

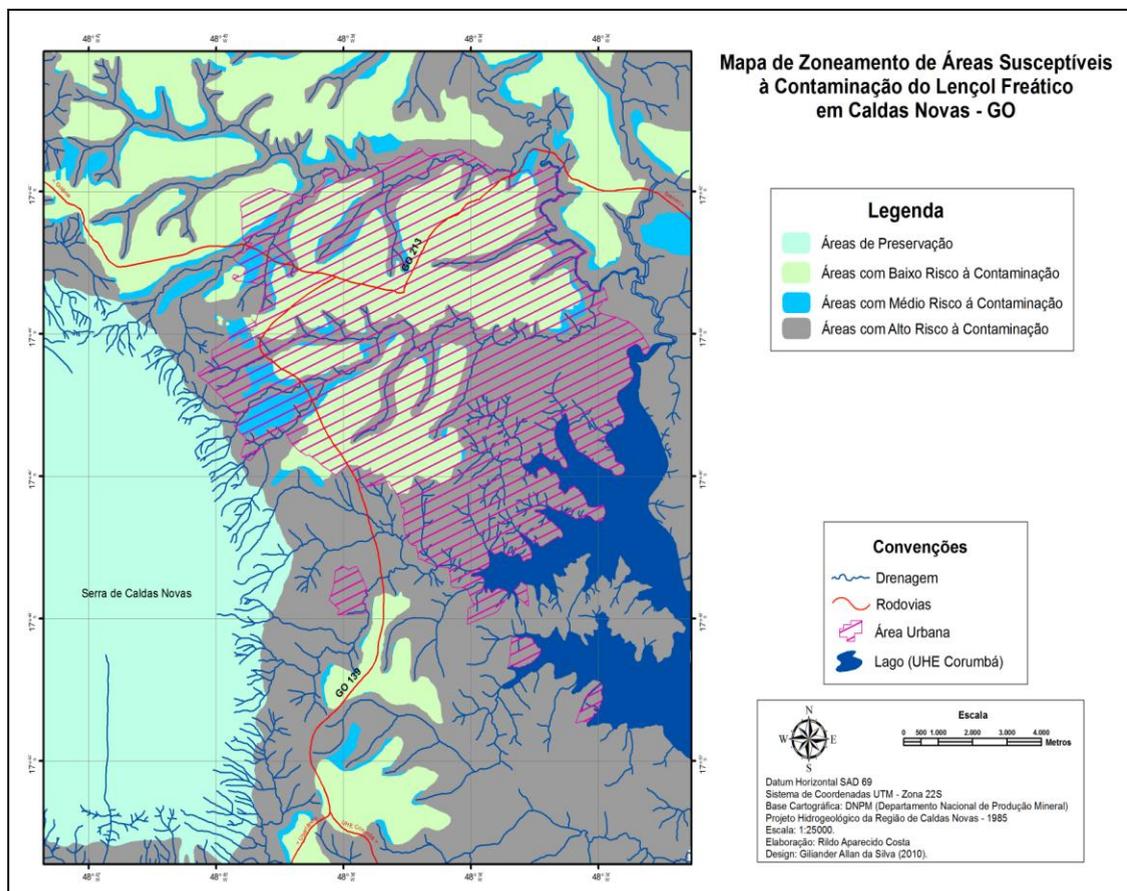


Figura – 2: Mapa de Zoneamento das áreas Suscetíveis à Contaminação do Lençol Freático

Em relação ao material inconsolidado, caracterizam-se como residuais de pequena espessura (encostas), sendo inferiores a 2m, e textura areno-argilosa. São comuns pedregulhos e seixos de quartzo e quartzito, de coloração vermelho amarelado, bege e acinzentado. No topo, prevalecem intervalos de espessuras 15 a 20 metros porém tendem para espessuras menores em direção à borda da Serra.

É representado por declividades baixas no topo da Serra (0 a 2%), porém nas bordas da Serra de Caldas encontra-se as maiores declividades da área em estudo, atingindo valores compreendidos entre 20 e 40%. Apresenta também, a profundidade do nível de água freática entre 10 e 15 metros.

Os recursos hídricos superficiais, na região, apresentam-se em forma de nascentes e córregos. As nascentes (surgências), quase sempre, originam ou alimentam os canais de drenagem superficial.

- Porção de declive acentuado, localizado na borda da Serra de Caldas. Nessa região os solos, predominantemente neossolos litólicos, são pouco espessos, com freqüentes afloramentos de rochas do Grupo Paranoá. As drenagens aparecem, em grandes quantidades, dispostas radialmente ao alto estrutural. As nascentes também ocorrem, sendo algumas delas responsáveis pela formação das drenagens

perenes, as quais representam uma pequena parte dos canais de drenagens totais observados.

Devido à grande importância hidrogeológica do domo estrutural de Caldas Novas e também ao fato de a principal fonte de renda da região estar baseada na exploração de água termal, torna-se extremamente importante a preservação das condições naturais da Serra de Caldas Novas, bem como o controle da ocupação desordenada do solo na porção do domo, evitando o constante aumento da área impermeabilizada.

Áreas com baixo risco à contaminação

Essa unidade localiza-se na porção Centro-Norte, Noroeste e uma pequena porção da região Sul da área em estudo. É representada por altitudes que variam de 640 a 800 metros, e predominância de um relevo suave. Ocupa preferencialmente a microbacia do Córrego Fundo, que se encontra orientado no sentido E/W, esculpido pelo processo de erosão, e reativada em suas cabeceiras, o que gera feições pouco abruptas e escalonadas, de diferentes dimensões.

A evolução dessa unidade, bem como de toda a área estudada, deve-se ao contínuo recuo da porção superior das vertentes, associadas aos vales dos rios Pirapitinga e Corumbá. Em decorrência da diferença de resistência ao intemperismo e erosão dos materiais do substrato rochoso, representados pelos micaxistos do Grupo Araxá, costata-se a presença de áreas mais elevadas, resultantes de erosão diferencial.

A cobertura inconsolidada é constituída de materiais rudáceos, com presença de seixos e pedregulhos, retrabalhados, de textura areno-argilosa e coloração avermelhada (2.5 YR 7/4), entremeados de materiais silteosos originados do Micaxisto do Grupo Araxá, principalmente com a presença de seixos de quartzos e quartzitos. A espessura desse material inconsolidado está no intervalo de 2 a 10 metros.

Em relação à declividade, observa-se que esta unidade apresenta, em sua maior parte, valores inferiores a 2%, principalmente nas áreas mais elevadas. As maiores declividades (2 a 5%) apareceram somente nas vertentes do córrego Fundo e córrego Caldas.

Em relação à profundidade da água freática, pode-se chegar até a 12 metros, com oscilações mais abruptas quando o nível d'água encontra uma zona de falha, fazendo com que sua profundidade aumente.

Nessa unidade, o processo de urbanização ocorre de maneira mais intensa, principalmente entre o córrego Fundo e o ribeirão Caldas, onde se encontra ocupada em sua maior parte por edifícios de vários pavimentos. A ocupação da unidade é facilitada pelo modelado suavemente ondulado, desenvolvendo sobre um substrato rochoso constituído por material resultante da decomposição dos micaxistos do Grupo Araxá.

Porém, mesmo sendo uma das áreas mais favoráveis para o processo de urbanização, tem-se uma condição geoambiental frágil, associada a um uso e uma ocupação sem o mínimo de planejamento, o que possibilita a ocorrência de inúmeros impactos ambientais, dos quais se podem destacar:

- Deposição de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos urbanos são aqueles gerados nas residências, nos estabelecimentos comerciais, nos logradouros públicos e nas diversas atividades desenvolvidas nas cidades, incluindo os resíduos de varrição de ruas e praças (BOSCOV, 2008). Os resíduos de serviços de saúde e de portos e aeroportos têm destinação especial.

Caldas Novas, assim como a maioria das cidades do Brasil, ainda enfrenta o problema da falta de um tratamento de seus resíduos, como um todo. Esse processo, por aqui, possui um peso maior, visto que a economia local depende de um recurso hídrico subterrâneo e de um manejo adequado dos resíduos sólidos, cujo chorume está se infiltrando no solo e no subsolo, podendo contaminar águas subterrâneas, tanto a freática quanto a termal. Isso, com certeza, podem trazer conseqüências drásticas à economia do município, arruinando a demanda turística local.

Em Caldas Novas, diariamente, apenas uma fração do lixo domiciliar, comercial, público e hospitalar é recolhida por uma empresa privada, por meio de um serviço terceirizado (concessão), embora sob responsabilidade pública. Essa fração corresponde a 50 a 60% do total produzido na cidade, oriundos de 105 bairros, ficando fora do serviço de coleta os bairros periféricos.

A fração restante, composta por resíduos sólidos ou não, orgânicos ou não, é disposta por seus geradores em locais e sob condições aleatórias, à revelia das autoridades municipais. Por exemplo, o denominado entulho, oriundo das construções civis, é coletado, mediante pagamento, por empresas, com grande eficiência e rapidez; porém, em seguida, é disposto, quase sempre sem nenhum critério, em áreas públicas e particulares menos visíveis, ou em depressões de terrenos na periferia urbana.

O lixo hospitalar é recolhido à semelhança dos demais, embora a lei determine a coleta especial e a incineração em condições e locais apropriados, sendo os hospitais geradores igualmente responsáveis por esse serviço. O descarte hospitalar no lixão, por apresentar alta toxicidade, constitui um fato de alto risco ambiental e para a saúde pública.

A prática de utilizar diferentes tipos de lixo, como os entulhos de construção e material terroso de origens diversas, para aterrar depressões de terrenos ou erosões, sem estudos prévios, constitui uma prática corrente, geralmente com efeitos danosos para os aquíferos. Nessa categoria se inclui, também, a prática de aterrar depósitos de lixo improvisados, quando estes passam a incomodar muito a vizinhança. O aterramento, sem maiores critérios ou cuidados, constitui, igualmente, prática danosa para as águas subterrâneas.

Áreas com médio risco à contaminação

Esta unidade encontra-se por toda a área de estudo (manchas), tendo uma maior concentração na porção centro-norte, representada por porções com altitudes que variam de 650 a 750 metros, onde se encontra um relevo suavemente ondulado.

Apresenta, na constituição do substrato rochoso, predominantemente a clorita, quartzo-xistos, e subordinadamente o quartzito. A declividade nas áreas de ocorrência da unidade é representada por valores entre 10 e 15%, o que favorece a evolução de processos erosivos.

A cobertura inconsolidada é constituída de materiais retrabalhados de coloração avermelhada (2.5 YR 7/4), com textura areno-argilosa e espessuras predominantes dentro do intervalo de 2 a 5 metros, com a presença de fragmentos angulosos de quartzo.

Em relação à profundidade da água freática, predomina o intervalo de 5 a 10 metros, havendo oscilações mais abruptas quando o lençol encontra uma zona de falha. Encontrou-se, também, um coeficiente de permeabilidade baixo, em torno de 3×10^{-4} .

Os principais impactos ambientais, nesta área, estão relacionados ao processo de erosão diferencial, que ocorre na ruptura de declive. Porém, como a área apresenta uma espessura inconsolidada pequena, formam-se apenas sulcos que eventualmente pode evoluir para ravinas. Além disso, têm-se, aí, fossas negras, cujos efluentes vazam por toda a área de estudo.

Devem-se aplicar, nessa área, medidas corretivas, construindo-se rede pública de coleta de esgoto sanitário, na tentativa de evitar a contaminação dos lençóis de água, e preventivas, no sentido de evitar o desmatamento, nas bordas desse relevo.

Áreas com alto risco à contaminação

Esta unidade localiza-se na porção centro-leste e sul (a maior porção) da área de estudo, representada por altitudes que variam de 600 a 700 metros, onde predomina um relevo mais dissecado, desenvolvendo-se sobre um substrato rochoso de biotita, quartzo-xistos, com um grau de intemperismo maior.

Em relação à sua declividade, pode-se encontrar, valores mais freqüentes no intervalo entre 15 e 20%, favorecendo o escoamento superficial e a formação de sulcos.

A cobertura inconsolidada é constituída por materiais retrabalhados com textura areno-argilosa contendo seixos e pedregulhos de quartzo e quartzito e coloração avermelhada, com intercalações de materiais siltosos originados dos micaxistos do Grupo Araxá. A espessura desse material inconsolidado está no intervalo de 2 a 5 metros.

Em relação à profundidade da água freática, predomina o intervalo de 2 a 5 metros, podendo haver oscilações mais abruptas, quando o lençol freático encontra uma zona de falha. O coeficiente de permeabilidade é baixo, na ordem de 3×10^{-5} .

O principal impacto ambiental encontrado nessa área está relacionado à disposição de efluentes domésticos em fossas negras em condições de pequena espessura dos materiais inconsolidados e baixa profundidade da água freática. É comum se observar esgoto a céu aberto devido ao extravasamento das fossas.

A cidade possui, hoje, aproximadamente 25% de esgoto coletado e tratado, os quais se resume, praticamente, à área central. No restante da cidade, ainda se usa

fossas. Segundo pesquisas diretas, Caldas Novas, possui aproximadamente 14.000 (quatorze mil) fossas, sendo estas, em sua maioria, fossas negras.

Há, ainda, um agravante, pois quase 60% da área urbana e de expansão apresentam um lençol freático que varia entre 0 e 5 metros de profundidade, o que limita o uso e a ocupação de extensas porções de terrenos. Esse fator – profundidade do lençol freático – se não forem tomadas as devidas precauções, pode gerar grandes impactos, principalmente poluição e contaminação da água subterrânea, pois um lençol muito raso, com uma grande quantidade de fossas, pode gerar vários problemas, inclusive de saúde (respiratórios e parasitoses).

Outro fator limitante é a espessura dos materiais inconsolidados que, em sua maioria, são pequenos. Esta situação causa problemas de ordem pública, tais como: contaminação por fossas, áreas de risco para atividades poluentes (postos de gasolina, lava-carros, hotéis, dentre outros).

Em suma, as deficiências de todo o sistema de esgoto sanitário existente em Caldas Novas, aliadas a um contexto geológico com fraturas profundas, de alta vulnerabilidade, configuram um panorama de alto risco para os aquíferos subterrâneos.

Deve ser construída, urgentemente, uma rede de captação de esgoto sanitário, na área da unidade, uma vez que esta apresenta severas restrições ao processo de uso e ocupação intensos. Os problemas ambientais são agravados com uma urbanização sem a menor preocupação com as condições limitantes do meio físico.

Outro problema que é evidente na área estudada é a degradação de córregos e nascentes. A Resolução do CONAMA nº. 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, define as nascentes como sendo: “local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea” e indica, em seu Art. 3º, a área a ser preservada: “Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: ao redor de nascente ou olho d`água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;”

Deste modo, as áreas de nascentes são áreas protegidas por lei desde 1965(lei 4.771), quando foi instituído o Código Florestal, “cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. E essa proteção tem sua delimitação, assim como para os demais corpos de água, sendo que, no caso das nascentes, a lei prescreve, como área de proteção, uma largura mínima de 50 metros de raio na área das nascentes e olhos d`água.

O grande problema é que isto não tem sido levado em consideração com nas áreas de nascentes consideradas urbanas, em Caldas Novas, já que várias dessas nascentes se encontram em desacordo com o que é estabelecido pelo Código Florestal de 1965 e, mais recentemente, em 2002, na Resolução 303 do CONAMA, os quais determinam preservação permanente para as florestas e demais formas de vegetação natural localizadas nas nascentes e nos chamados olhos d`água, qualquer que seja a situação topográfica, num raio mínimo de cinquenta metros,

de tal forma que proteja a bacia hidrográfica constituinte. Mais recente ainda, a Resolução CONAMA 369, de março de 2006, ratifica ser vedada à intervenção ou supressão de vegetação em APP (Área de Preservação Permanente) de nascentes e veredas.

Essa situação aponta a necessidade de recuperação e conservação dessas nascentes. A proteção das nascentes trabalha, principalmente, com a recuperação das matas ciliares, que são sistemas vegetais essenciais ao equilíbrio ambiental e, portanto, devem representar uma preocupação central para o desenvolvimento dito sustentável. A preservação e a recuperação das matas ciliares, aliadas às práticas de conservação e ao manejo adequado do solo, garantem a proteção daquele que é um dos principais recursos naturais: a água.

Considerações finais

A análise integrada dos componentes do meio físico do município de Caldas Novas permitiu uma tentativa de estruturação da paisagem como subsídio ao planejamento. O município de Caldas Novas, situado entre os rios Corumbá e Piracanjuba e mais especificamente entre as Serras de Caldas Novas e Matinha, faz parte dos Dobramentos e Cavalgamentos Brasília, cujos principais aspectos morfológicos estão representados por uma depressão (depressão de Caldas Novas). A situação geográfica dessa área, localizada no setor periférico do Dobramento Brasília, determinou suas características estruturais, vinculadas tanto ao embasamento pré-cambriano como à história geológico-evolutiva.

Essas características estruturais, aliada aos demais atributos do meio físico que compõem a paisagem, identifica, de maneira geral, que o processo de uso e ocupação deu-se sem observar as limitações impostas pelo meio físico.

O uso e ocupação da cidade de Caldas Novas, foi realmente desenvolvido desordenadamente, observa-se que não se levou em conta a fragilidade do meio físico, ou seja, o planejamento não está sendo feito de maneira satisfatória, e a degradação ambiental é visível, gerando inclusive, prejuízos para o setor público-privado.

Observou-se, também, que os impactos ambientais de Caldas Novas, são gerados, em sua maioria, pela forma de uso e ocupação adotada pelo município. Embora seja importante ressaltar também a fragilidade dos atributos do meio físico.

Os principais problemas apresentados na área dizem respeito aos riscos de contaminações da água freática, devido principalmente à pouca espessura dos materiais inconsolidados, um relevo de forma depressiva e a pouca profundidade dos lençóis freáticos guiados principalmente pela estrutura rochosa.

Recomenda-se, portanto, a adoção de medidas que evitem o intenso uso de fossas, no entanto, áreas já ocupadas e que possuem fossas é necessário que se aplique medidas corretivas, tais como:

- desenvolvimento de uma rede de coleta de esgoto, impermeabilização de fossas, caso não se tenha a rede de esgoto e água encanada.
- implantação de um sistema de monitoramento de contaminação do lençol freático;

- Mapeamento mais detalhado dos bairros possuidores do lençol freático superficial e captação de esgoto por fossas;
- esclarecer a comunidade sobre o risco de contaminação da água por esgoto.

Para as finalidades do presente estudo, é importante entender o fato de que as águas subterrâneas, principal fonte de geração de riquezas da cidade, configuram um sistema complexo e de difícil caracterização, e sua exploração se dá em áreas urbanas densamente povoadas. Tem sido quase nula a preocupação do poder público e da sociedade em geral com relação às inúmeras agressões ao recurso hidrotermal e ambiental que são perpetradas, constantemente, inconscientes da lei de ação e reação da natureza. Assim, a situação de risco é considerável.

Por fim, o zoneamento e suas correlações qualitativas gerados neste trabalho, por apresentarem as características do meio físico, podem ser utilizados no auxílio ao planejamento urbano, principalmente no melhoramento do Plano Diretor Urbano, visando à adequada ocupação desse meio físico, levando-se em conta suas potencialidades e restrições.

Referências

- BECKER B.; EGLER, C. **Detalhamento da metodologia para execução do Zoneamento Ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro/Brasília: SAE-MMA, 1997.
- BOSCOV, M. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- CASSETI, V. Proposta metodológica para elaboração de carta de risco. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.15, n.1, p.81-88, jan./dez. 1995.
- COSTA, R. Ap. **Zoneamento Ambiental da Área de Expansão Urbana de Caldas Novas - GO: procedimentos e aplicações**. 216 f. Tese (Doutorado em Geografia e Gestão do Território). Instituto de Geografia, UFU, Uberlândia, 2008.
- DEL GROSSI, S. R. **As características regionais da natureza**. De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza. 1991. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Programa Serra do Mar – Levantamentos básicos nas folhas de Santos e Riacho Grande, Estado de São Paulo. Anexo A – Estudos geológicos e geomorfológicos**. São Paulo, Relatório 23.394, 1986.
- KOEPPEN, W. **Climatologia**. México-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- NISHIYAMA, L. **Procedimentos de Mapeamento Geotécnico com Base para análises e avaliações ambientais do meio físico em escala de 1:100.000 aplicação no município de Uberlândia – MG**. 1998. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- PALEN, J. J. **O Mundo Urbano**. São Paulo: Forense-Universitária, 1975.
- PENA, G. S. **Projeto Goiânia II**. Relatório Final. Goiânia: DNPM/CPRM. 1976. 5v.
- PESCI, R. La Cultura del Territorio. **Ambiente**, La Plata, v. 11, n.68, ano XI, 1991.
- PENTEADO ORELLANA, M. M. A geomorfologia no planejamento do meio ambiente. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.16, n.31, p.3-15, 1976.
- SANCHEZ, R. O.; SILVA, T. C. **Zoneamento Ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem**. São Paulo: IBGE, 1995.
- SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1997.
- TURNES, A. K.; COFFMAN, D. M. Geology of Planning: a review of environmental geology. **Golden**, v.68, 1973.
- ZUQUETTE, L. V. **Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para Condições Brasileiras**. 1987. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.
- _____. **Mapeamento Geotécnico: Relatório Científico**. Ribeirão Preto: FAPESP, 1991.

**Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 4,
n. 1, p. 213-232, jan./jun. 2013**

_____. **Importância do Mapeamento Geotécnico no Uso e Ocupação do Meio Físico:** fundamentos e guia para elaboração. 1993. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.