

# Avaliação da qualidade ambiental do aterro sanitário de Caldas Novas (GO)

## Environmental Quality Assessment of Landfill Caldas Novas (GO)

### RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo principal avaliar a qualidade ambiental do aterro sanitário de Caldas Novas – GO, cidade localizada no sul goiano, considerada a maior estância hidrotermal do mundo (utilizada para o turismo), detentora de uma população de 70.463 habitantes. No período de alta temporada turística essa população pode chegar a aproximadamente 200 mil habitantes, produzindo o equivalente a 200 t/dia de lixo. No intuito de avaliar a qualidade ambiental do aterro sanitário optou-se por utilizar geoindicadores, principalmente em relação às características do seu meio físico onde está instalado o referido aterro. No intuito de se ter um estudo mais adequado, optou-se por mapear a profundidade do nível da água freática, espessura dos materiais inconsolidados e substrato rochoso, além de estudos sobre a permeabilidade da área. Observou-se que o aterro sanitário de Caldas Novas está instalado em um local inadequado, com um meio físico muito vulnerável, lençol freático pouco profundo, materiais inconsolidados pouco espesso e um substrato rochoso com falhas estruturais. Constatou-se, através da pesquisa que o referido aterro é, na realidade um lixão a céu aberto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoindicadores; Qualidade Ambiental; Meio Físico.

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the environmental quality of the landfill Caldas Novas - GO, a city located in southern Goiás, the largest hydrothermal resort in the world (used for tourism), which holds a population of 70,463 inhabitants. During high tourist season this population can reach about 200 000 inhabitants, producing the equivalent of 200 t/day of waste. In order to evaluate the environmental quality of the landfill was decided to use geoindicators, especially in relation to the characteristics of their physical environment where it is installed above the landfill. In order to have a more appropriate, we chose to map the depth of the groundwater level, thickness of unconsolidated materials and bedrock, and studies on the permeability of the area. It was observed that the landfill Caldas Novas is installed in an inappropriate location, physical environment with a very vulnerable, shallow groundwater, unconsolidated materials thick and a little rocky with structural flaws. It was found through research that this landfill is actually an open-air dumps.

**KEYWORDS:** Geoindicators; Environmental Quality; Physical Environment.

### Rildo Aparecido Costa

Prof. Dr. do Curso de Geografia, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia. E-mail para correspondência: rildocosta1@yahoo.com.br

### Giliander Allan da Silva

Prof. Dr. do Curso de Geografia, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia. E-mail para correspondência: rildocosta1@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do processo tecnológico-industrial nos últimos 50 anos vem 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, sobretudo, de uso e ocupação inadequada, ou seja, não respeita os limites e potencialidades do meio em que vive.

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 são tão importantes para o homem, ele deve respeitá-lo e entendê-lo, principalmente, no que diz respeito às suas potencialidades e limitações, pois, o homem ao ignorar esta condição, pode torná-lo vulnerável a danos irreparáveis. Neste 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 sobrepor 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 as práticas de ocupação se tornem cada vez mais tênues. No entanto, o que se tem assistido, primordialmente nos países em desenvolvimento, é que o caminho está no sentido contrário, gerando 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 no âmbito público e/ou privado.

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).

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 ciências ambientais. 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 E COFFMAN, 1973). Ao mesmo tempo, verifica-se uma relação de interdependência entre o meio físico e o meio biótico.

Portanto, pode-se afirmar que a instalação de um aterro sanitário deve ser feita a partir de pesquisas para se conhecer as características do meio físico onde ele será instalado, com fins a evitar inúmeros impactos ambientais gerados pelos resíduos.

Enfim, o preço pago pela falta de um planejamento adequado tem sido muito alto, tanto pela população quanto pelo poder administrativo, pois, além de desastres ecológicos, as conseqüências implicam muitas vezes em perdas de vidas humanas e patrimoniais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Considera-se que a baixa densidade de informações relativas à

caracterização dos atributos do meio físico impacta diretamente na forma de uso e ocupação e no planejamento, como um todo.

Com isto, utilizou-se no desenvolvimento da presente pesquisa, a proposta metodológica preconizada por Zuquette (1987), que contempla o levantamento de um grupo de atributos do meio físico, os quais são registrados em mapas ou cartas interpretativas, associadas a observações descritivas, contendo informações de interesse para o planejamento, principalmente o urbano regional.

As informações das cartas topográficas (1: 10.000), elaboradas pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral – Projeto Hidrogeológico da Região de Caldas Novas - GO, no ano de 1980 foram de suma importância. Para 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 obter informações relativas ao substrato rochoso da área utilizou-se informações contidas no mapa hidrogeológico gerado pela AMAT – Associação dos Mineradores de Água Termal de Caldas Novas – GO na escala de 1: 5.000.

Para a confecção do mapa de Materiais Inconsolidados serviu-se também da interpretação de fotografias aéreas pertencentes à Prefeitura Municipal de Caldas Novas, no ano de 1996, na escala de 1:5.000. Estas fotografias aéreas foram de grande importância para a extração das informações necessárias para compreender a área de estudo em questão.

Os materiais inconsolidados compreendem os solos residuais e retrabalhados, contudo, os materiais encontrados na área do aterro foram somente os solos retrabalhados. Os solos residuais englobam os níveis de saprolito, do residual jovem e do residual maduro. O solo retrabalhado é caracterizado pelo colúvio e matérias aluvionares.

Para a obtenção do Mapa de Nível de Água Freática utilizaram-se medidas de cisternas contidas na área em estudo, perfazendo um total de 6 medidas e também perfurações com a utilização de trado (12 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 e imagens de satélite. Por meio desse material cartográfico foi possível analisar alguns condicionantes do meio físico (afloramento rochoso, áreas úmidas, presença de nascentes e formas de relevo). Junto aos dados obtidos nas medidas de cisternas e perfurações *in situ*, determinou-se a profundidade da Água Freática.

Considera-se água freática, o intervalo dentro dos limites em que a água ocupa todos os vazios existentes nos materiais inconsolidados e/ou rochosos. A determinação do limite superior dessa zona, denominado nível de água freática, bem como a sua distância em relação à superfície do terreno, são os objetos de estudo dessa pesquisa.

Durante os trabalhos de campo foram descritos 20 pontos, sendo 2 afloramentos rochosos, 18 pontos de amostragens. Além dos ensaios de infiltração com duplo anel (DA), realizados *in situ*, buscando definir o coeficiente de permeabilidade,

### Caracterização da Área de Estudo

O rápido crescimento populacional e consequente ocupação do meio físico, apresentado na tabela 1, ocorreram em grande parte de forma desordenada. As consequências se materializam na intensa degradação do meio físico, especialmente da sua área urbana, e, esta situação pode afetar futuramente a sustentabilidade ambiental. Além do rápido crescimento da população urbana aliada a uma ocupação

desordenada do solo, a cidade apresenta outras questões complexas em relação ao desenvolvimento econômico e o meio ambiente.

**Tabela 01** - Caldas Novas: Evolução da População, 1960 - 2010.

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.

O crescimento da cidade foi regido principalmente pela exploração das águas termais, o que, por sua vez, promoveu o desenvolvimento do turismo e da rede hoteleira do município, trazendo consigo, o crescimento de outras atividades, como serviços e comércio. Nesse sentido, tem-se uma singularidade complexa, que traz contornos abrangentes.

A cidade de Caldas Novas possui basicamente todos os problemas apresentados pela maioria das cidades do Centro-Oeste, porém, como sua principal atividade econômica advém do uso de um

recurso natural importantíssimo (as águas termais), os problemas ganham uma amplitude bem maior, pelo fato de os atores sociais distorcerem tanto as reais necessidades da cidade, quanto às formas de superá-las.

Caldas Novas 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. Possui o maior manancial hidrotermal do mundo (explorado para fins turísticos). Localiza a 170 km da capital do Estado (Goiânia), sendo a principal via de acesso a GO-213 e BR 153.

O aterro sanitário de Caldas Novas localiza-se ao norte da cidade (figura 1) distando aproximadamente 10 km da área central, ocupando uma área de 51.6719 ha entre o Córrego Fundo e o Córrego Soreio, numa vertente com aproximadamente 6 a 8% de declividade.

A dinâmica atmosférica em Caldas Novas está sob controle dos sistemas intertropicais. Esses sistemas de circulação ocasionam um clima tropical alternadamente seco e

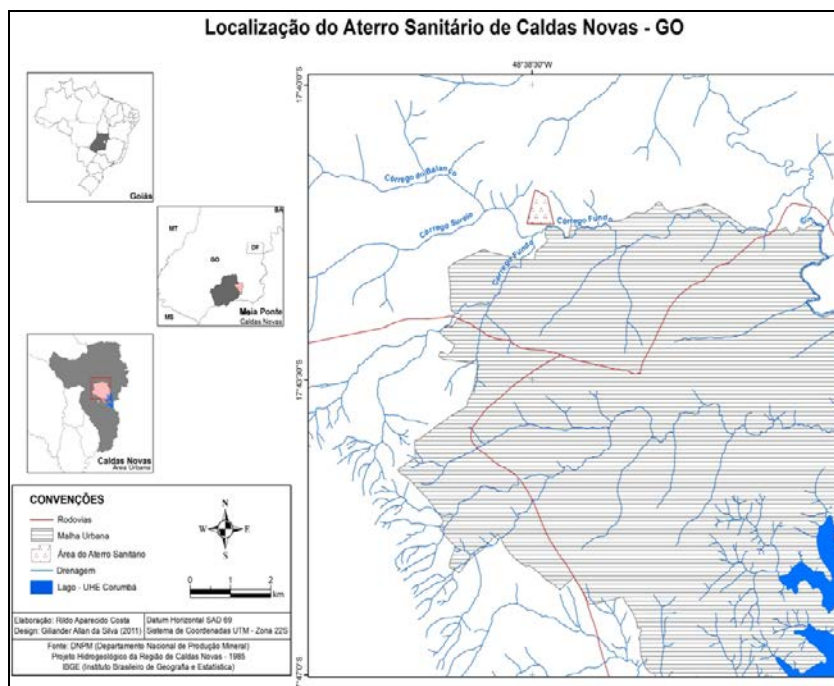


Figura 1: Localização da área de estudo.

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, distinguindo duas situações climáticas: 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 Köppen (1948), a região encontra-se caracterizada pelo clima tropical do tipo Aw.

Em relação à geologia, a área e 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).

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 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.

#### **O uso de geoindicadores ambientais como subsídio ao estudo de qualidade ambiental do Aterro Sanitário de Caldas Novas (GO)**

Reverendo a teoria de sistemas, Haigh (1985, apud CHRISTOFOLETTI, 1999) define sistema como "uma totalidade que é criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes, cujas interrelações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontra implicada por aquelas partes componentes quando desagregadas". Para Tricart (1977), o conceito de sistema é o melhor instrumento lógico que se dispõe para estudar os problemas do ambiente. Ele tem um caráter dinâmico e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação, o que não é o caso de um inventário, por natureza, estático.

Segundo Christofolletti (1999), sob uma perspectiva sistêmica, estudam-se as organizações espaciais englobando a estruturação, o funcionamento e a dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos. Dois componentes básicos entram em sua estruturação e funcionamento: o sistema sócio-econômico e o sistema ambiental físico. Os sistemas ambientais físicos são também denominados geossistemas.

O conceito de geossistema foi introduzido por Sotchava (1977). Segundo ele os geossistemas são sistemas naturais, porém todos os fatores econômicos e sociais

influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais são consideradas durante o estudo e suas descrições verbais ou matemáticas. Para Christofolletti (1999), numa perspectiva holística de análise dos sistemas ambientais, não se pode excluir o conhecimento provindo dos estudos sobre os sistemas socioeconômicos, considerando os seus componentes e processos. Os sistemas socioeconômicos são controlados pelos atributos culturais, sociais, econômicos e tecnológicos do grupamento humano, da sociedade em seu conjunto ou de suas classes sociais. As interferências das atividades humanas são fatores que influem nas características e nos fluxos de matéria e energia, modificando os geossistemas. Contudo a natureza responde a essa intervenção por indicadores da qualidade ambiental.

O vocábulo indicador é proveniente do latim *indicare* cujo significado é destacar, mostrar, anunciar, tornar público, estimar. Assim, os indicadores nos transmitem informações ou nos esclarece uma série de fenômenos que não são imediatamente observáveis. Luz et al. apud Cunha (2001), afirmam que os indicadores funcionam como uma radiografia que evidencia numa determinada época, o desempenho do processo em questão. Os indicadores são constituídos por duas unidades de medidas correlacionadas, utilizadas para verificar o desempenho de um dado processo. São parâmetros representativos de um processo permitindo assim, sua quantificação, podendo trazer mudanças na cultura organizacional, logo, precisam ser bem definidos e acompanhados sistematicamente (MENDONÇA, 1997).

Os indicadores ambientais para Khure (1998) devem estar aptos para revelarem os aspectos mais importantes de uma organização, como os impactos e os efeitos. Assim, deve-se fazer a opção por

indicadores ambientais que possam quantificar esses aspectos.

De acordo com Alfaro & Oyague (1997), os indicadores ambientais refletem o estado do meio ambiente e relacionam as pressões impostas pelas diversas atividades econômicas sobre a qualidade dos componentes do meio ambiente e as respostas elaboradas pela sociedade para combater tais pressões.

Merico (1997) salienta que os indicadores ambientais são usados para se ter um retrato da qualidade ambiental e dos recursos naturais, além de avaliar as condições e as tendências ambientais rumo ao desenvolvimento sustentável. Para tanto, os indicadores ambientais deverão possuir capacidade de síntese, estando, então, alicerçado em informações confiáveis e que possam ser comparadas; relacionar os problemas com as políticas ambientais a serem definidas e, por último, necessita ser facilmente compreensível e acessível à população, melhorando a comunicação e direcionando a evolução para o caminho da sustentabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cidade de Caldas Novas, por sua urbanização rápida e desordenada, desenvolveu vários problemas ambientais (erosões, lixo, enchentes, etc.), principalmente porque sua infraestrutura não acompanhou o crescimento populacional, abrindo caminho para uma má ocupação dos seus solos.

A especulação imobiliária e o expansionismo da construção civil ampliaram de forma significativa a produção de esgoto doméstico que muitas vezes se mistura com galerias ou redes de drenagens de água pluviais, gerando em torno de quatorze mil fossas sépticas e sumidouros, que podem produzir nas águas superficiais e subterrâneas da cidade diferentes tipos de impactos

ambientais, o que pode significar futuramente a sua inviabilização.

A ausência de recursos básicos para uma "urbanização ordenada", sendo esta, contrária àquela criada por invasões frequentes nas periferias do município, nos remete à reflexão de que este processo não se trata de um fato isolado, mas sim um caso brasileiro.

O grande problema reside no aumento brusco da população nos períodos de temporada. O elevado número de cerca de 200.000 pessoas que chegam à cidade (nas temporadas), tende a gerar uma sobrecarga em todas as instâncias pertinentes à infraestrutura urbana, a qual é pouco suficiente para comportar tal crescimento.

Outra questão grave reside no fato do destino dos resíduos sólidos. O relevo da cidade é caracterizado por grande quantidade de fraturas geológicas. A ausência de controle da deposição, coleta e destinação final do lixo urbano, associada ao fato que a quantidade de domicílios onde há coleta é inferior às necessidades de equilíbrio ambiental, faz com que a situação de Caldas Novas seja crítica.

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). Estes tipos de resíduos são, geralmente, compostos por: materiais putrescíveis (resíduos alimentares, resíduos de jardinagem e varrição e demais materiais que apodrecem rapidamente); papéis/papelões; plásticos; madeiras; metais; vidros e outros (entulhos, espumas, solos, couro, borrachas, cinzas, tecidos, óleos, graxas, resíduos industriais não perigosos, etc.). Já os resíduos de serviços de saúde e de portos e aeroportos têm destinação especial.

Segundo Boscov, (2008) o lixo é definido com sendo "restos das atividades humanas, considerados

pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis". Normalmente, apresenta-se sob estado sólido, semi-sólido ou semi-líquido e compreende os lixos tipo domiciliar, comercial, público, hospitalar, industrial, agrícola e entulho.

Para o projeto e a operação dos aterros sanitários, onde são depositados os resíduos sólidos urbanos, é importante conhecer o complexo comportamento mecânico, hidráulico e bioquímico da massa de resíduos, bem como dos atributos do meio físico.

O paradigma atual para o projeto de aterros sanitários visa tratar os resíduos como uma nova unidade geotécnica e aplicar os conceitos da Mecânica dos Solos, incorporando peculiaridades do material, quando necessário. Este procedimento tende a ser mais efetivo ao passo que os resíduos se assemelham a solos.

Caldas Novas, assim como a maioria das cidades do Brasil, ainda enfrenta o problema da falta de um tratamento de seus resíduos, em geral. Porém, neste local, este processo possui um (de) mérito maior, visto que, a economia local depende do recurso hídrico subterrâneo. Neste sentido, o manejo adequado dos resíduos sólidos é imprescindível, já que, o chorume está se infiltrando no solo e no subsolo, podendo contaminar águas subterrâneas, sobretudo, freática e termal. Como resultado, pode ocorrer consequências 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 e/ou

orgânicos, é disposta em locais sob condições aleatórias, sem o conhecimento e consentimento 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, inclusive em locais que o processo erosivo com ocorrência de voçorocas é evidente.

Uma circunstância que agrava ainda mais esta situação consiste no lixo domiciliar ou comercial. Eventualmente recusado pelo serviço de coleta organizada, pelos cuidados que demanda, como os materiais para pintura (tintas, solventes, pigmentos e vernizes), produtos para jardinagem (pesticidas, inseticidas, repelentes e herbicidas), produtos para motores (óleos, lubrificantes, fluidos de freio e transmissão e baterias) e muitos outros itens mais comuns, como vidros, pilhas, pneus, lâmpadas fluorescentes, animais mortos, dentre outros estes são dispostos em locais menos visíveis do espaço urbano, normalmente em depressões de terrenos ou na margem de cursos d'água que cruzam a cidade.

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 e que gera efeitos danosos aos aquíferos.

Nesta categoria se incluem também a prática de aterrar depósitos de lixo improvisados, quando estes passam a incomodar a vizinhança. O aterramento sem maiores critérios ou cuidados também é uma prática danosa para as águas subterrâneas.

A fração coletada domiciliarmente é conduzida para o chamado "lixão", (embora em todos os documentos cedidos pela Prefeitura Municipal de Caldas Novas consta o nome de Aterro Sanitário), onde é disposta em pilhas, podendo ser remexida por catadores em busca de objetos que possam vir a oferecer algum ganho, como plásticos e latas recicláveis. De tempos em tempos, as pilhas de lixo são revolvidas por máquinas pesadas, espalhando-as e compactando-as na área.

Todos os tipos de lixo, sobretudo os de elevado conteúdo de matéria orgânica, como é o caso do lixo domiciliar, são sujeitos à percolação de águas de chuva, produzindo um líquido residual denominado chorume. Ele é altamente contaminante devido ao elevado conteúdo de substâncias orgânicas, inorgânicas e tóxicas, metais pesados, etc., dissolvidos. Uma característica desse tipo de

poluente é a sua durabilidade, persistência e toxicidade.

O lixão (Figura 2) presente em Caldas Novas está muito aquém do ideal, visto que a forma praticada de acondicionamento dos resíduos sólidos e do chorume não é a apropriada. O referido depósito está localizado sobre falhas geológicas, em local com declive significativo, próxima a leitos d'água e com grande potencial contaminador.

Neste sentido, observa-se que a gerência da Prefeitura de Caldas Novas em relação aos resíduos sólidos urbanos é falha, pois, onde está estabelecido o atual lixão condiz com a maior área de falhas e fraturamentos existentes no município. Este tipo de estrutura geológica oferece facilidade para o deslocamento do chorume, poluindo e contaminando, as águas superficiais e subterrâneas, podendo trazer problemas ambientais de natureza irreversível.

A cidade de Caldas Novas possui uma média de lixo gerado de 70 t/dia em períodos normais, aumentando para 200 t/dia em períodos de temporada (Barbosa, 2006). Este fato ocorre pelo seu potencial turístico devido às águas



Figura 2 – Caldas Novas: Aterro Sanitário de Caldas Novas.  
Autora: Márcia Freitas, 2009.

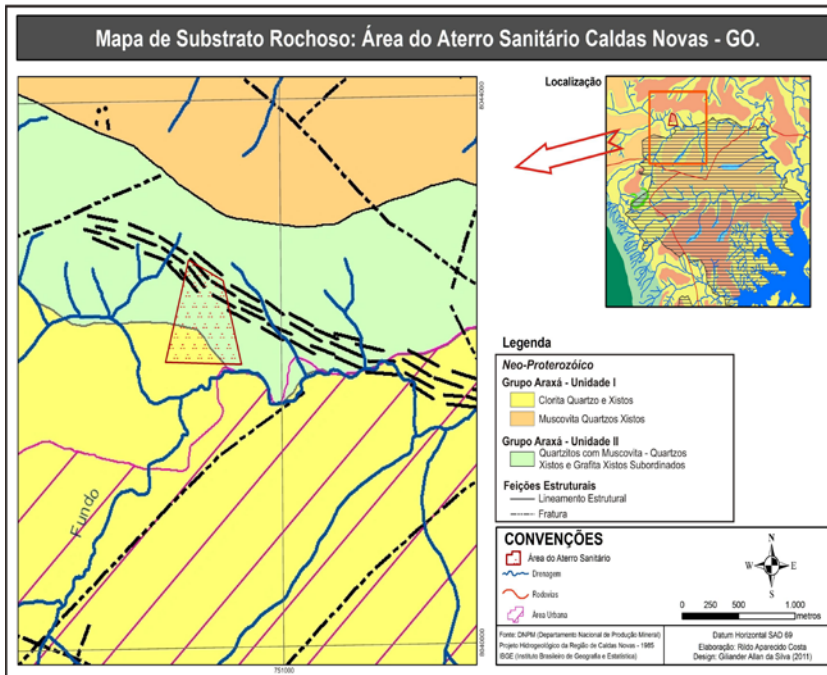


Figura 3: Mapa de Substrato Rochoso do Aterro Sanitário de Caldas Novas – GO.

termais sendo responsável pela economia local.

Além do lixão de Caldas Novas localizar próximo à área central (10 km aproximadamente), ele está na confluência do Córrego Fundo com o Córrego Sureio. Com cotas altimétricas aproximadas de 730m, também está sob a uma zona de contato entre os micaxistos e os quartzitos do Grupo Araxá (figura 3). Portanto, chama-se a atenção por se tratar de uma área de alta vulnerabilidade devido ao elevado grau de fraturamento dos micaxistos e quartzitos e ao tipo de agente poluidor, que possui um potencial de alto risco ambiental.

Observa-se que o lixão de Caldas novas está localizado sobre uma área com intenso falhamento, sendo considerada uma área de risco, pois o lixo da cidade é representado por 60% de matéria orgânica. Portanto, o chorume produzido por esse lixo terá uma maior facilidade de infiltração devido às falhas existente no local, com isso podendo contaminar o lençol freático e conseqüentemente o lençol termal que se configura na maior fonte de renda da cidade.

O mapa de materiais inconsolidados apresenta as suas

características geotécnicas quanto à origem, à textura e à espessura. Neste trabalho foi adotado o conceito de materiais inconsolidados utilizado por Zuquette (1987), que o caracteriza como todo material sobrejacente à rocha, seja ele residual ou transportado (retrabalhado).

Em relação aos seus materiais inconsolidados (figura 4) a área do lixão possui materiais

retrabalhados areno-argilosos, proveniente da alteração de rochas xistosas com espessuras inferiores a 2 metros e de coloração clara. Na porção centro-norte do lixão esse material pode atingir até 5 metros de profundidade, principalmente devido às falhas existentes nesta área.

Pode-se observar que em relação a esse geoindicador essa área apresenta uma vulnerabilidade natural, pois possui solos rasos e com base arenosa facilitando assim a infiltração de poluentes, portanto é uma área inadequada para a instalação de um aterro sanitário.

Buscando uma melhor caracterização da área elaborou-se também uma análise de permeabilidade do material inconsolidado. Os resultados foram obtidos através do ensaio de duplo anel e através de sondagem com trado o método *Open-End* (tabela 2).

Os ensaios de infiltração com duplo anel (DA), realizados *in situ*, dão o coeficiente de permeabilidade, em função da vazão da área, a partir de uma carga hídrica unitária. O ensaio consiste em medir o rebaixamento desta carga hídrica por uma área de terreno em determinado tempo, sendo esta carga constante. O nível do anel externo é mantido constante,

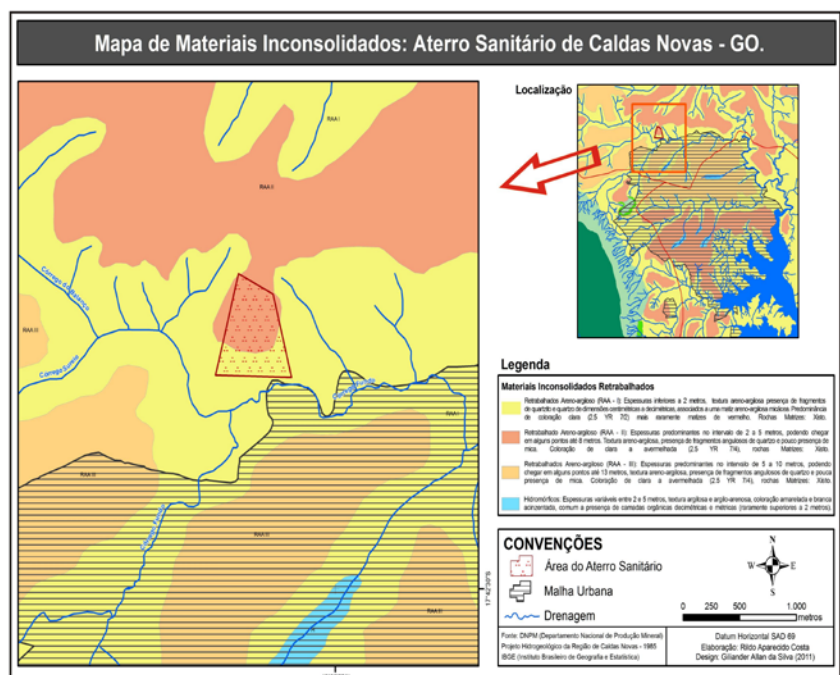


Figura 4: Mapa de Materiais Inconsolidados.

**Tabela 2** - Resultados referentes aos ensaios de permeabilidade realizados na área do depósito municipal de resíduos sólidos urbanos de Caldas Novas.

Teste	Tipo	Setor	Profundidade do Ensaio	K (cm/s)	K (mm/h)
1	DA	Norte	Superfície	$3,67 \times 10^{-3}$	132,09
3	DA	Centro-Oeste	Superfície	$1,79 \times 10^{-4}$	6,46
5	DA	Sudeste	Superfície	$3,19 \times 10^{-3}$	114,81
2	OE	Norte	1,56 m	$7,15 \times 10^{-5}$	2,5
4	OE	Centro-Oeste	1,19 m	$2,82 \times 10^{-5}$	1,02
6	OE	Sudeste	0,77 m	$4,51 \times 10^{-4}$	16,25

Fonte: Costa e Haesbaert, 2000.

garantindo o isolamento da água do anel interno, o que caracteriza a infiltração superficial. Já os ensaios tipo *Open - End* (OE) consistem em medir o rebaixamento dentro de um furo de trado revestido, sendo mantida aberta somente sua porção final e caracterizam a infiltração em níveis mais profundos (COSTA E HAESBAERT, 2000).

Conforme pode ser observado na tabela acima, os solos superficiais na porção Norte e Sudeste da área, com características mais areno-argilosa, facilitam grandemente a infiltração de fluidos. A porção Norte é hoje utilizada inadequadamente como depósito de animais mortos, pneus e outros dejetos.

Em profundidades acima de 1 metro encontra-se um nível de rocha alterada onde a infiltração torna-se mais lenta até chegar à rocha sã que é impermeável, formando uma laje xistosa fazendo com que a água escoe subsuperficialmente. A porção Centro-Oeste da área, onde atualmente se localizam os depósitos de resíduos sólidos, encontra-se muito compactada, devido ao movimento de máquinas.

Os ensaios mostraram coeficientes de permeabilidade, na superfície do terreno, da ordem de ordem de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s para os terrenos mais arenosos com cascalhos e da ordem de  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  cm/s em sub-superfície. Na área

ocorrem afloramentos alterados de clorita-quartzo xisto, e quartzitos que dão origem ao solo arenoso observado em diversos locais.

Em relação ao nível da água freática (figura 5) observou-se que a porção sul possui lençóis freáticos com profundidade inferior a 2 metros, enquanto sua porção central tem uma profundidade entre 2 a 5 metros e sua parte norte possui os lençóis mais profundos variando entre 5 a 10 metros. Portanto pode-se afirmar que em relação a esse geoindicador essa área é vulnerável a impactos ambientais, pois mais de 60% do lixão está localizado em zonas freáticas muito perto da superfície, o que pode comprometer o seu funcionamento.

Porém em relação a esses solos rasos poder-se-ia usar a compactação desse solo ou a impermeabilização com outros materiais como a argila, por exemplo, poderia também fazer uma drenagem eficiente do chorume e tratá-lo antes de devolvê-lo ao ambiente novamente. Isso já é determinado no Plano Diretor de Caldas Novas.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A disposição direta no solo é a forma final mais difundida e utilizada de destinação de resíduos sólidos, no mundo. Quando tal atividade é efetuada seguindo rigorosos procedimentos técnicos, resultam em obras seguras e eficientes. Contudo, vários impactos ambientais já estão ocorrendo na área, porém são passíveis de correção.

No que concernem os aspectos hidrogeológicos, os cuidados devem ser bem gerenciados a partir do controle e monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, através da implantação de sistemas de drenagem das águas e tratamento dos líquidos percolados.

O município de Caldas Novas, situado entre os rios Corumbá

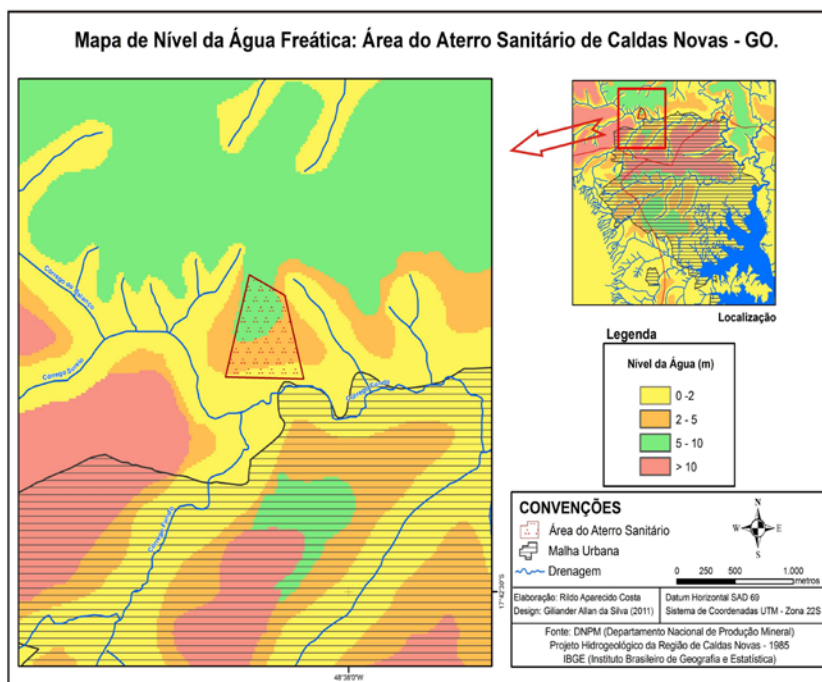


Figura 5: Mapa de Nível da Água Freática do Aterro Sanitário de Caldas Novas - GO.



e Piracanjuba e mais especificamente entre as Serras de Caldas Novas e Matinha, faz parte dos Dobramentos e Cavalgamentos Brasília. Sua localidade lhe confere aspectos morfológicos singulares na região, representados por uma depressão (depressão de Caldas Novas) que garante a termalidade de suas águas. 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.

Neste sentido, os principais problemas apresentados na área fazem menção aos riscos de contaminações da água freática, devido, principalmente, à pouca espessura dos materiais inconsolidados e à pouca profundidade da água freática. Além de estar localizado em uma área com fraturas e falhas geológicas.

O lixão de Caldas Novas deveria ser, portanto, desativado e proceder a uma escolha de outra área para sua instalação. Enquanto isto não ocorre, recomenda-se a adoção de medidas corretivas que evitem o risco de contaminação das águas freáticas e subterrânea (águas termais) tais como:

- Impermeabilização da base do aterro, com a finalidade de evitar a infiltração do chorume e o seu contato com as falhas geológicas;
- Drenagem do chorume e tratamento antes de devolvê-lo ao ambiente;
- Implantação de um sistema de monitoramento de contaminação do lençol freático;
- Esclarecer à comunidade o risco de contaminação da água, já que há populações nas proximidades do aterro e que utilizam água de cisternas.

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. Ademais, 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 humanas 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, os documentos e correlações gerados neste trabalho, por apresentarem as características do meio físico, podem ser utilizados no auxílio ao planejamento ambiental urbano, visando à adequada disposição destes resíduos.

#### REFERÊNCIAS

ALFARO, F. M.; OYAGUE, P. R.

**Sistema Nacional de Información Ambiental.** Lima, 1997.

BARBOSA, M. et al. **A Reciclagem do Lixo como forma de Transformação Econômica e Proteção do Meio Ambiente em Caldas Novas, Caldas Novas.** UEG, 2002.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 248p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 256p.

COSTA, R. A. **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.

CUNHA, R. S. **Avaliação do desempenho ambiental de uma**

**indústria de processamento de alumínio.** Dissertação (Mestrado). Florianópolis: UFSC, 2001, 100p.

DEL GROSSI, S. R. **As características regionais da natureza.** De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

HAESBAERT, F. F. & COSTA, J. F. G. **Relatório técnico de áreas de proteção dos aquíferos termais da região de Caldas Novas e Rio Quente.** CPRM – Geocaldas. Caldas Novas, 2000.

KHURE, W. L. ISO 14031. **Environmental performance evaluation EPE.** New Jersey. Prentice Hall PTR, 1998.

KÖEPPEN, W. **Climatología.** México-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1948.

MENDONÇA, M. **Indicadores de qualidade e produtividade – como medir a qualidade e produtividade de qualquer processo organizacional.** Linkquality. 1997.

MERICO, L. F. K. **Proposta metodológica de avaliação do desenvolvimento econômico na região do Vale do Itajaí (SC) através de indicadores ambientais.** In.: Revista Dynamis. Blumenau, FURB. 5 v., (19): 59-67. 1997.

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.** Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PENA, G. S. et al. **Projeto Goiânia II**. Relatório Final. Goiânia: DNPM/CPRM. 5v. 236 p. 1976.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas: métodos em questão**. São Paulo: IGUSP, (16): 1-52, 1977.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE - SUPREN, 91 p. 1977.

TURNER, 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.

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