

RAFAELLE DA SILVA SCHIMITH

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA APA CARSTE DE LAGOA SANTA -
MG COM ÊNFASE NA SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO E NO POTENCIAL DE
INFILTRAÇÃO**

VIÇOSA – MG

ABRIL/ 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE ARTES E HUMANIDADES
CURSO DE GEOGRAFIA**

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA APA CARSTE DE LAGOA SANTA -
MG COM ÊNFASE NA SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO E NO POTENCIAL DE
INFILTRAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia, à Universidade Federal de Viçosa – MG, como exigência parcial da aprovação na disciplina GEO 481 – Monografia e Seminário, para obtenção do título de bacharel em geografia.

Autor: Rafaelle da Silva Schimith

Orientador: André Luiz Lopes de Faria

VIÇOSA – MG

ABRIL/ 2006

RAFAELLE DA SILVA SCHIMITH

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA APA CARSTE DE LAGOA SANTA -
MG COM ÊNFASE NA SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO E NO POTENCIAL DE
INFILTRAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia, à Universidade Federal de Viçosa – MG, como exigência parcial da aprovação na disciplina GEO 481 – Monografia e Seminário, para obtenção do título de bacharel em geografia.

APROVADA: 20 de Maio de 2006 pela banca examinadora:

Elpídio Inácio Fernandes Filho
Departamento de Solos

Marcelo de Oliveira Latuf
Departamento de Engenharia Agrícola

André Luiz Lopes de Faria
Departamento de Artes e Humanidades
(Orientador)

“Um hipotético viajante espacial que examinasse nosso planeta, a partir de uma órbita não muito distante, logo descobriria que existe uma civilização tecnológica na Terra. As luzes das cidades, as emissões inequívocas de ondas de rádio e televisão, o padrão regular das plantações são sinais claros de vida racional. Ao aprofundar suas observações, ele notaria também que alguma coisa fundamentalmente errada está ocorrendo na superfície do planeta. Os organismos inteligentes dominantes na Terra estão destruindo suas principais fontes de vida. A camada de ozônio, as florestas tropicais e o solo fértil estão sob constante ataque. Provavelmente, a essa altura, o visitante espacial faria uma revisão da sua análise inicial e concluiria que não há vida inteligente na Terra.”

(Carl Sagan)

AGRADECIMENTOS

À Deus pela força, pela coragem, pela vitória de estar onde estou.

Aos meus pais e às minhas irmãs, Antonio Schimith Gomes, Herneli da Silva Gomes, Michelle Cristiane Schimith, Danielle da Silva Barros Schimith, Tucho e Orfew, pelo amor incondicional, pelas vezes que compreenderam eu ter estado ausente nas horas difíceis.

Ao orientador André por acreditar no meu trabalho e pelo incentivo na minha vida acadêmica, pela amizade, pelo profissionalismo e disponibilidade.

Ao professor Elpídio, pelo aprendizado, pela experiência no Labgeo, por ceder o laboratório para compilação de mapas, pela amizade e pelo carinho que sempre vou levar comigo e por também acreditar no meu trabalho.

Ao amigo Gilberto, pelo acolhimento, pela força, pela justiça, por não me abandonar nas horas difíceis, mesmo que aquilo também compromettesse o seu trabalho, nós dois sabemos que este processo não é fácil, que podemos ter errado, mas o importante é que crescemos quanto pessoa, amigos e profissionais. “Porque caímos? Para se levantar”.

Aos amigos, de república, de sala, de convivência, de festas, de horas boas e ruins: Rita, Karoley, Fábio, Fernanda, Glauber, Alexandre, Carla e Chris que me incentivaram, que não permitiram meu desânimo as vezes, que me aceitaram em suas casas para trabalhar e para descansar, me ajudaram de alguma forma, com certeza este trabalho é um pouco de vocês.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial o Departamento de Artes e Humanidades e Solos, por todo aprendizado, pelas vitórias, pelos caminhos que se abriram e ainda se abrem.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E FOTOGRAFIAS.....	
iv	
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	1
INTRODUÇÃO	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Sistemas Carsticos.....	3

2.2 A Erosão.....	5
2.2.1 Fatores que Influenciam no Processo de Erosão.....	6
A) Chuva	7
B) Topografia	7
C) Natureza do Solo	7
D) Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal.....	8
E) Infiltração	8
2.3 Histórico e Caracterização Físico- Ambiental da APA Carste de Lagoa Santa.....	10
2.3.1 Meio Físico da APA Carste de Lagoa Santa	11
A) Clima	11
B) Hidrografia	11
C) Geologia	13
D) Recursos Minerais	16
E) Relevo e Geomorfologia	16
F) Solos.....	21
G) Uso e Cobertura Vegetal	22
2.3.2. Caracterização Geral do Meio Sócio-Econômico da APA Carste de Lagoa Santa.....	29
2.4 Localização da Área de Estudo	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 Suscetibilidade à Erosão	32
3.1.1 A Declividade.....	34
3.1.2 Potencial de Infiltração	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Suscetibilidade à Erosão	43
4.2 Potencial de Infiltração	45
4.3 Uso e Ocupação.....	50
5 CONCLUSÕES	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

Lista de Figuras e Fotografias

Figura 1 – Principais Componentes do Sistema Carstico	06
Figura 2 – Mapa de Hidrografia	14
Figura 3 – Mapa de Geologia	26
Figura 4 – Mapa de Relevo.....	27
Figura 5 – Mapa de Compartimentos Geomorfológicos.....	28
Figura 6 – Perfil Topográfico, geológico, Geomorfológico e Hidrológico da Região de Lagoa Santa	19
Figura 7 – Mapa de Solos.....	29
Figura 8 – Mapa de Uso e Ocupação	30

Figura 9 – Mapa de Localização da APA Carste de Lagoa Santa.....	34
Figura 10 – Mapa de Suscetibilidade à Erosão.....	53
Figura 11 – Mapa de Declividade	54
Figura 12 – Mapa de Potencial de Infiltração	55
Foto 1 – Vegetação do Cerrado.....	25
Foto 2 – Afloramento Rochoso	25
Foto 3 – Deslizamentos estabilizados em vertentes de alta declividade, constituídas pôr solos de metapelitos (ao fundo). Município de Sete Lagoas	48
Foto 4 – Extensa e profunda voçoroca linear em solos residuais de metaelitos, devido a urbanização de terrenos de alta declividade em solos inadequados. Morro do Cruzeiro, Lagoa Santa	50
Foto 5 – Assentamento urbano em terrenos inadequados de alta declividade, exibindo efeitos da erosão em sulco. Morro do Cruzeiro, Lagoa santa	50
Foto 6 – Talude em solos residuais de migmatitos exibindo deslizamento de seus solos devido a sua baixa coesão e a ausência de drenagens. MG 010 - Município de Vespasiano	52
Foto 7 – Sulcos profundos resultantes da erosão acelerada em solos residuais de metapelitos devido a abertura de loteamentos em terrenos instáveis. Quintas da Fazendinha. Pedro Leopoldo	56
Foto 8 – Efeitos da erosão acelerada (voçoroca) em solos residuais de gnaise, devido a retirada de material superficial, para uso na construção civil. Pedro Leopoldo	57

Lista de Tabelas

Tabela 1 – População economicamente ativa dos municípios com maior participação populacional dentro dos limites da APA Carste de Lagoa Santa.	32
Tabela 2 – Área dentro do limite da APA Carste de Lagoa Santa.....	34
Tabela 3 – Parte da tabela de atributos de solos e geologia	36

Tabela 4 – Parte da tabela de atributos de solos, geologia e uso	37
Tabela 5 – Declividade e relevo	38
Tabela 6 – Parte da tabela de atributos de solos, geologia, uso e declividade.....	38
Tabela 7 – Suscetibilidade dos solos da APA Carste à Erosão	40
Tabela 8 – Suscetibilidade geológica da APA Carste à Erosão	41
Tabela 9 – Suscetibilidade do uso do solo da APA Carste à Erosão	42
Tabela 10 – Suscetibilidade quanto a declividade da APA Carste à Erosão.....	38
Tabela 11 – Suscetibilidade da compartimentação geomorfológica da APA Carste à Erosão	43
Tabela 12 – Exemplo do início da análise quanto à suscetibilidade à erosão na APA Carste.....	44
Tabela 13 – Valores do Número do Deflúvio segundo SCS	46

SCHIMITH, Rafaelle da Silva, estudante do curso de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006. **ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA APA CARSTE DE LAGOA SANTA - MG COM ÊNFASE NA SUSCETIBILIDADE À EROSIÃO E NO POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO.** Orientador: André Luíz Lopes de Faria.

RESUMO

O planejamento racional de utilização do espaço cárstico é condicionado pelas características do relevo e pelo sistema hídrico. A fragilidade natural do sistema cárstico é amplamente abordada na geomorfologia por meio da compartimentação das paisagens cársticas, o que nos fornece importantes subsídios para melhor compreensão da dinâmica dessas áreas.

A região limitada pela APA Carste de Lagoa Santa faz parte da Grande Belo Horizonte e como tal, acha-se hoje sujeita às fortes pressões do turismo, expansão urbana e industrial da metrópole. O estudo da suscetibilidade à erosão junto à ocupação

do solo como, por exemplo, a ocupação agrícola e industrial, podem contribuir com estudos relacionados à funcionalidades de políticas públicas quanto ao Zoneamento Ambiental, de forma correta e sustentável. A ocupação indevida do solo pode causar grandes prejuízos para a economia global e a sociedade, no caso da APA pode comprometer a cultura, o desenvolvimento econômico local, o cenário com um histórico de pesquisas científicas, em relação à Espeleologia. Arqueologia, Paleontologia entre outros. Neste contexto o objetivo geral do respectivo projeto consiste em analisar o uso e ocupação da APA Carste de Lagoa Santa com ênfase na suscetibilidade à erosão da APA Carste de Lagoa Santa - MG, refletindo sobre a fragilidade natural da área e as interferências e agressões dos principais usos na área.

Com advento das técnicas do geoprocessamento foi possível atribuir aos dados de solos, geologia, ocupação, declividade e geomorfologia característica de alta, média ou baixa suscetibilidade à erosão através da integração das mesmas. Para análise da suscetibilidade à erosão também foi levado em consideração o potencial de infiltração de cada solo. Através desta pesquisa torna possível estabelecer relações que contribuam com a questão da gestão e planejamento da área de estudo.

Introdução

O planejamento racional de utilização do espaço cárstico é condicionado pelas características do relevo e pelo sistema hídrico. A fragilidade natural do sistema cárstico é amplamente abordada na geomorfologia através de autores como Campos (1994), Dardene (1979), Koheler (1989) e Pilo (1996), que por meio da compartimentação das paisagens cársticas, nos fornece importantes subsídios para melhor compreensão da dinâmica dessas áreas. Nesse contexto é importante discutir quanto a ocupação que é dada ao solo nas mesmas, principalmente no tocante da questão de suscetibilidade à erosão, fator que pode ter seu processo acelerado de acordo com a ocupação. Sendo assim, a dinâmica sócio-econômica da área é um grande responsável pela alteração das formas de ocupação e conservação do solo, isto ocorre devido ao destino de uso que é dado ao solo, como por exemplo: a substituição de florestas por pastagens; a ocupação de áreas férteis por construções; a ocupação de áreas de mananciais por núcleos populacionais ou atividades industriais com elevada taxa de ocupação do solo; construção de estradas, aeroportos e indústrias sem prévio estudo de impacto ambiental.

A ocupação indevida do solo, como a mineração, o desmatamento, a agricultura predatória, as queimadas, o uso intensivo de produtos químicos, a pecuária extensiva entre outros, são como outros usos considerados formas de agressão que podem causar grandes prejuízos para a economia global e a sociedade, no caso da APA pode comprometer a cultura, o desenvolvimento econômico local, o cenário de pesquisas científicas, em relação à Espeleologia, Arqueologia, Paleontologia entre outros.

O respectivo trabalho tem como objetivo geral analisar a ocupação na APA Carste de Lagoa Santa e também a suscetibilidade à erosão e potencial de infiltração dessas áreas, tais como identificar algumas ocupações que podem estar contribuindo ou acelerando o processo de erosão na área, buscando especificamente elaborar um mapa de suscetibilidade à erosão e potencial de infiltração, relacionando-os com o tipo de uso local.

. Este trabalho consiste em uma contribuição científica aos estudos que estão sendo realizados na área, sendo que atualmente o local está cada vez mais expandindo sua população, correndo o risco de comprometer seus valores, quanto Unidade de Conservação. A junção de dados nesse sentido é possível pela facilidade de acesso aos trabalhos de Zoneamento Ambiental local, apoio aos projetos que se preocupam-se com o futuro da APA Carste de Lagoa Santa-MG.

O planejamento de atividades econômicas, bem como a utilização do solo para ocupação urbana e de infra-estrutura devem se basear em dados que mostrem a realidade do ambiente em questão. No caso de áreas Cársticas, esta preocupação deve ser ainda maior, já que o ambiente tem uma dinâmica toda própria e em certos casos até mesmo inviabiliza o processo de ocupação.

2. Revisão de Literatura

2.1. Sistemas Cárstico

Os relevos cárstico perfazem o total de aproximadamente 10% do globo terrestre, sendo que, cerca de 5% a 7% estão no território brasileiro. Constituindo um importante componente nas paisagens do Brasil, o sistema cárstico é tido como uma das mais espetaculares paisagens, com cavernas, cânions, paredões rochosos e relevos ruiformes produzidos pela ação geológica da água subterrânea sobre rochas que possuem características de dissolução. O que o torna detento de um considerável potencial turístico Karmann (2000).

“Carste é a denominação dada aos fenômenos específicos que ocorrem nas rochas calcárias, como dolinas, poljé, rios sumidos ou alveugles, uvalas, grutas ou cavernas, estalactites, estalagmites etc. Esta denominação foi tomada da região calcária dos Alpes Dinários, Iugoslávia – no Adriático. O carste é definido pelas suas formas específicas e também pela circulação subterrânea. O fator litológico é o fator inicial e fundamental.” (GUERRA, 2003: 114).

Os fatores essenciais e marcantes do carste consistem nas águas que descem verticalmente desde que existam fissuras e na formação de depressões fechadas, assim

o carste consiste em todas as feições elaboradas pelos processos de dissolução, corrosão e abatimento.

Segundo Karmann (2000) para que ocorra o desenvolvimento do sistema cárstico são necessárias três condições:

- Rocha solúvel com permeabilidade de fraturas.
- Relevo com gradientes hidráulicos moderados e altos.
- Clima com disponibilidade de água, pois a dissolução é a causa principal da formação destes sistemas, o seu desenvolvimento é mais intenso em climas úmidos. Além de alta pluviosidade, a carstificação também é favorecida em ambientes de clima quente com densa vegetação, onde a produção biogênica de CO₂ no solo é a maior, aumentando o teor de ácido carbônico nas águas de infiltração.

O Carste possui termos peculiares às suas características, são eles relatados por Boegli (1980):

- Feições Cársticas, são todas as formas de relevos ativos elaborados, sobretudo pelos processos de corrosão (química) e pelos processos de abatimentos (físicos). Ex: dolinas e uvalas funcionais.

- Feições “cársticas”, elaboradas por processos de corrosão (química) e abatimentos (físicos) hoje não mais ativos (funcionais), são denominadas paleocársticas. EX: sumidouros e ressurgências inativas, dolinas inativas e parcialmente assoreadas.

- Feições do tipo “carste”, não elaboradas por processos de corrosão (química) e abatimentos (físico) são denominadas pseudocársticas. Ex: cavernas de origem vulcânica, depressões fechadas de origem glacial.

- Exocarste, representa os relevos superficiais, nos seus domínios prevalecem às feições negativas como poliés, uvalas e dolinas.

- Endocarste, caracteriza as formas subterrâneas de domínio da espeologia. Um relevo exocárstico, segundo o autor é resultado, na maioria das vezes, da evolução do endocarste. Nas cavernas existem grandes exemplos, elas são decoradas por espeleotermas, cortinas, véus, assoalhos, nichos, estalactites, estalagmites, entre outros.

- Fluviocárste – O curso de água com trechos em superfície, outros subterrâneos que direcionam a funcionalidade do carste. Boegli (1980) relata que as águas subterrâneas são as principais responsáveis pela forma, gênese e dinâmica do endocarste. Para Karmann (2000) a substituição da rede de drenagem fluvial, com seus vales e canais organizados por bacias de drenagem centrípeta, é uma das principais

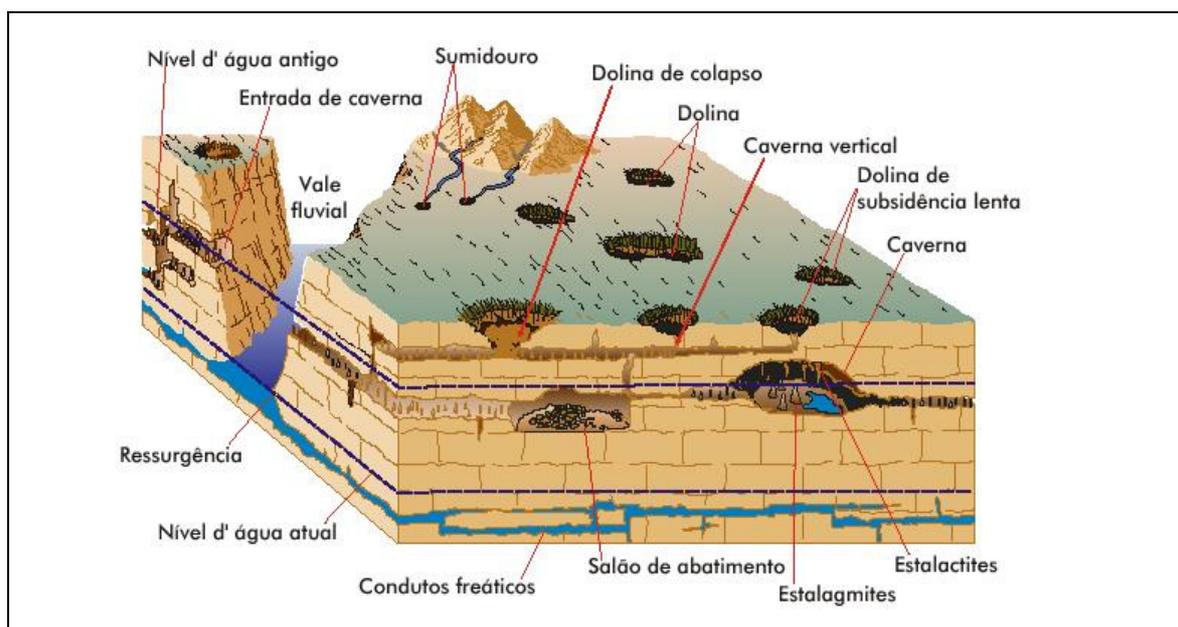
características da superfície cárstica. Estas bacias conduzem a água superficial para sumidouros, que conectam a superfície com a drenagem subterrânea.

- Microcarste, são as formas recentes e de pequena dimensão. Ex: lapiás.

- Macrocarste, são os relevos bastante evoluídos e de grandes dimensões.

Algumas das feições do Carste podem ser observadas na **(Figura 1)**, dos principais componentes cársticos.

O Sistema Cárstico apresenta-se um pouco complexo, principalmente no tocante da sua ocupação, autores como Boegli (1980), e Karmann (2000) concordam que a ocupação de uma região cárstica só é possível após profundo conhecimento da dinâmica dos parâmetros: gênese e evolução da paisagem, associadas às características ambientais da litosfera, biosfera e atmosfera.



Fonte: (Karmann, 2000: 130)

Figura 1 - Principais componentes do sistema cárstico.

2.2. A Erosão

Segundo Guerra (2003) a erosão é a destruição física das estruturas do solo e seu carregamento, consistindo num processo natural e importante para a formação do relevo,

que pode ser provocado pela chuva, vento entre outros. O grande problema está no fato da atividade antrópica que contribui com a aceleração do processo erosivo através de usos irracionais que é dado ao solo.

A erosão, como aborda Bertoni e Lombardi Neto (1990), tem sua raiz no passado e seus processos são regionalmente interdependentes. A erosão foi um dos fatores mais importantes que causaram a queda das primeiras civilizações e impérios, cujas cidades arruinadas estão agora como despojos estéreis das terras mais férteis do mundo. Os desertos do Norte da África, todos contam a mesma história do gradual esgotamento do solo. A decadência do Império romano também pode ser contada como uma história de desflorestamento, esgotamento do solo e erosão. Até alguns tempos atrás, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990) muitos achavam que sempre tivemos a erosão e que esta está no Brasil e já atuava antes de nascermos, os que pensavam isso simplesmente ignoravam a erosão geológica, sob condições de equilíbrio e proteção e transformação acelerada.

Almeida (1997) sugere que um mapeamento, ao nível de detalhe dos solos, como instrumento mínimo que se deve ter em mãos para evitar problemas de impactos ambientais futuros como o da erosão. Além de um mapa de solos, o ideal é que se tenha um mapa de declividade, um geomorfológico, outro geológico, para que cruzando estas informações via um sistema de informações geográficas, tenha-se uma idéia precisa da suscetibilidade do meio físico à erosão e / ou movimento de massa.

2.2.1. Fatores que Influenciam no Processo da Erosão

A erosão de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), é causada por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal.

O homem deve segundo Almeida (1997) ser acrescentado na lista de fatores modificadores do solo, visto que ele assume, pelo menos ao nível local, maior significado que todos os demais fatores naturais em conjunto. Então, o homem pode ser considerado uma variável da erosão, com dificuldades em medir no caso o limite entre suas ações e a ação da erosão natural também chamada por Guerra (1993) de erosão geológica.

"A conservação do solo e dos demais recursos naturais renováveis está, no Brasil, como em todas as partes do mundo,

estritamente correlacionada com as pressões demográficas que se vêm registrados em diferentes regiões." (BERTONI, 1989: 13).

A intensidade de erosão de uma área qualquer pode ser influenciada mais pelo declive, características das chuvas, cobertura vegetal e manejo, do que pelas propriedades inerentes ao solo, alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas.

Os fatores que interferem na erosão de acordo com diversos autores são:

A) Chuva

A chuva é segundo Boegli (1980) a causa principal para que ocorra a erosão. Para esses estudos o respectivo autor fala da importância de se analisar a relação entre a intensidade, duração e frequência da chuva, necessitando desta forma de trabalhos experimentais.

B) Topografia

A declividade e a perda de solos segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990) estão relacionados na medida em que, quanto maior for a declividade maior será a velocidade com que a água irá escorrer, conseqüentemente, maior será o volume carregado devido a força erosiva (cisalhamento). Se o terreno tem pouca declividade, a água "corre" menos e acaba por erodir menos os solos.

C) Natureza do Solo

De acordo com Boegli (1980) as propriedades que afetam a erosão são: textura, densidade aparente (diz respeito a menor ou maior grau de compactação do solo), porosidade, teor de matéria orgânica e a estabilidade dos agregados. Em relação à textura, algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente do que outras. A perda de solos é maior na fração areia, o teor de silte afeta a erodibilidade dos solos, quanto maior o teor de silte maior a suscetibilidade dos solos em serem erodidos. Os solos derivados de rochas de textura fina, tais como: argilitos, folhetos, ardósia etc. (rochas pelíticas) apresentam baixo teor de areia e alto teor de argila. Resende et.al (2002) As argilas, se pôr um lado dificultam a infiltração das águas, por outro lado são mais difíceis de serem removidas, especialmente quando se apresentam em agregados. As taxas de erodibilidade vão depender também do teor de matéria orgânica, da

estabilidade dos agregados, que, pôr sua vez, influenciam a ruptura desses agregados, podendo ser formadas crostas no solo, dificultando a infiltração e aumentando assim o escoamento. Outro fator importante de ser discutido consiste na porosidade, todo solo possui poros, mas seu número, tamanho, distribuição e continuidade são variáveis conforme o solo que possui pequenos vazios na sua massa. Ao se adicionar água no solo, ela se infiltra com maior ou menor rapidez. Ou seja, a porosidade está muito relacionada com a água no solo, que pode influenciar no processo de erosão. (Resende et. al. 2002)

D) Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal

Se o terreno tem muita vegetação, a erosão será bem menor, pois as raízes darão sustentação mecânica ao solo; além disso, as raízes mortas propiciarão a existência de canais para dentro do solo onde a água poderá penetrar e com isso, sobrarão menos água para escoar na superfície. Bertoni e Lombardi Neto (1990)

A ocupação do solo e o manejo do mesmo é um fator que segundo Primavesi (2002) interfere na suscetibilidade à erosão, tal que uma área de pastagens permanentes em solos arenosos podem sofrer erosão com as mesmas facilidades que lavouras mal conduzidas, e quanto mais extensivo for o seu manejo, mais sérias serão as conseqüências. Em áreas de mineração, desmatadas o processo erosivo é acelerado. Baseando-se em experiências e observações, denota-se a grande eficiência contra a erosão em solos cobertos por vegetação. Sua presença permite uma melhor absorção de águas pelo solo reduzindo tanto as enxurradas como a possibilidade de erosão. Em áreas adaptadas à agricultura, onde o equilíbrio natural - solo X vegetação - foi rompido sem uma preocupação de contenção erosiva seus efeitos são mais sentidos. Em uma área com cultura cujo solo é mantido descoberto, perde-se por ano cerca de 3 a 6 vezes mais solo do que em área idêntica com vegetação densa. (Bertoni; Lombardi Neto, 1990)

E) Infiltração

O termo infiltração foi proposto por Horton (1933) para expressar a água que molha ou que é absorvida pelo solo, precisamente, a infiltração é definida por ele como a passagem da água da superfície para o interior do solo e o termo potencial é empregado como potencial que o solo tem de absorver água pela sua superfície justamente para diferenciar da capacidade de infiltração, lembrando que estes termos se confundem, é necessário ter cuidado com a sua aplicação. Segundo Horton (1933), o processo de

infiltração resulta das relações de interdependência dos mecanismos de entrada na superfície do solo, de estocagem dentro do solo e da transmissão de umidade do solo.

Boegli (1980) relata que a origem verdadeira da erosão está no fato da infiltração deficiente de água no solo.

- Fatores que Interferem no Potencial de Infiltração

- Precipitação

O modo como o total da precipitação é distribuído ao longo do ano é um fator decisivo segundo Karmann (2000) no volume de recarga da água subterrânea, em qualquer tipo de terreno. Chuvas regularmente distribuídas ao longo do tempo promovem uma infiltração maior, pois, desta maneira, a taxa de infiltração estará acompanhando ao volume de precipitação. Ocorre ao contrário com as chuvas torrenciais, pois estas favorecem o escoamento superficial direto, pois a taxa de infiltração será inferior ao grande volume de água precipitada em curto intervalo de tempo.

- Topografia

De modo geral os declives acentuados irão favorecer o escoamento superficial direto, diminuindo a infiltração, já nas áreas mais planas o escoamento superficial será menos veloz, o que possibilita a infiltração (Karmann, 2000).

- Geologia e Solos

A porosidade nas rochas resulta da existência de espaços não preenchidos por matéria sólida. É normal chamar vazios a estes espaços, embora eles estejam preenchidos por água e substâncias gasosas. Dependendo da forma e dimensão destes vazios, podemos dividir as rochas, quanto à porosidade, em dois grupos: Rochas porosas e rochas fissuradas. As rochas porosas apresentam como vazios os espaços intergranulares, mais ou menos equidimensionais e designados por poros.

Quanto à permeabilidade, outro fator importante de se destacar, ela está ligada à facilidade com que as rochas cedem ou não a água que possuem. Almeida (1997), define a permeabilidade como a maior ou menor facilidade com que uma rocha se deixa atravessar pela água, ou seja, a maior ou menor resistência que uma rocha oferece à passagem da água. Assim para situações extremas podemos ter: Rochas muito permeáveis como areias e Rochas pouco permeáveis como as argilas.

Em relação aos solos, Resende (2002) utiliza do termo encrostamento para definir a ação do impacto das gotas de chuvas e do ciclo de umedecimento, que modifica a estrutura superficial do solo, ocorrendo um rearranjo das partículas, o que provoca

o aparecimento de uma camada que tende a se dispor em forma de lâminas, dificulta a infiltração da água. O autor relata que é comum, em muitos solos brasileiros, com bastante evidência nos cerrados, a formação de um pequeno encrostamento, o que pode ter a implicação na perda de água por erosão ou vapor.

Os espaços vazios entre as partículas dos solos - os poros podem estar parcialmente ou totalmente preenchidos com água, o que atribui o solo estar saturado ou não saturado. Fatores como a macroporosidade, raízes e presença de blocos de rochas de diversos tamanhos influem diretamente na infiltração. A porosidade, segundo Primavesi (2002), é maior em % na seguinte ordem: argila, silte, mistura de areia média e grossa, areia uniforme, mistura de areia fina a média, pedregulho, pedregulho e areia, arenito, folhelho, calcário, o que representa uma menor porcentagem de porosidade para a última rocha.

- Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal

Segundo Karmann (2001) em áreas vegetadas a infiltração é favorecida pelas raízes que abrem caminho para a água descendente no solo. A cobertura florestal também exerce importante função no retardamento de parte da água que atinge o solo através da interceptação (parte da água de chuva que são retidas em folhas e caules), sendo o excesso lentamente liberado para a superfície do solo pôr gotejamento. Pôr outro lado o autor afirma que nos ambientes densamente florestados, cerca de 1/3 da precipitação interceptada sofre evaporação antes mesmo de atingir o solo.

O avanço da urbanização e a devastação da vegetação influenciam significativamente na quantidade de água infiltrada em adensamentos populacionais e zonas de intenso uso agropecuário. Em áreas urbanizadas, as construções e a pavimentação impedem a infiltração, em áreas rurais, a infiltração sofre redução pelo desmatamento, e também pela compactação dos solos causada pelo pisoteamento de animais, como em extensas áreas de criação de gado.

2.3. Histórico e Caracterização Físico - Ambiental da APA Carste de Lagoa Santa

Segundo documentos do IBAMA, a Área de Proteção Ambiental de Lagoa Santa – MG foi criada em 25/01/1990, no governo de José Sarney, em atendimento aos anseios de ecologistas, espeleólogos, naturalistas e parte das comunidades inseridas na região conhecedores dos estudos feitos no passado pelo naturalista Peter W. Lund para a conservação do conjunto paisagístico e da cultura regional; proteção e preservação das

cavernas e demais formações cársticas, sítios arqueo-paleontológicos, cobertura vegetal e fauna silvestre. (Lei federal 6902/81)

2.3.1. Meio Físico da APA Carste de Lagoa Santa

A) Clima

Como toda a região tropical brasileira, a região da APA encontra-se durante todo o ano, sob o domínio do sistema estacionário denominado Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), centro bórico de alta pressão. Este sistema apresenta um elevado grau de umidade absoluta e temperatura interior elevada, em função da intensa radiação solar incidente. Entretanto, apesar de ser quente e úmido, ocorre a predominância das condições de estabilidade atmosférica devido aos efeitos de subsidência (correntes verticais descendentes). No verão o ASAS atua sobre a parte leste do continente sul-americano, apresentando um limite latitudinal de 14oS a 33oS, incluindo, portanto, grande parte do estado de Minas Gerais. No inverno, a influência do ASAS sobre o Estado é intensificada devido à sua maior penetração continental, impondo condições predominantemente de pouca ou nenhuma nebulosidade e ausência de precipitação, caracterizando o período seco. (Maia, 1986).

Segundo a classificação de Thornthwaite (1989), a região apresenta clima do tipo B1 r B'4 a', onde: B1 corresponde ao tipo climático primeiro úmido, r indica pouca deficiência de água, B'4 corresponde ao tipo climático quarto mesotérmico, indicador de grande eficiência térmica e a' indica que a concentração da eficiência térmica no verão é inferior a 48% da eficiência térmica anual.

A temperatura média do ar é da ordem de 23°C, sendo 11,2°C a média das mínimas temperaturas num período de 30 anos (mês de julho), e 29,6°C a média das máximas (outubro a março). A umidade relativa varia de 60 a 77% nos meses mais secos e úmidos, respectivamente, chegando a 96% nos meses mais úmidos. A pluviometria média está em torno de 1380mm. O período seco estende-se por 5 meses, de maio a setembro, com menos de 7% das chuvas anuais, caracterizando um regime pluviométrico tipicamente tropical, havendo uma grande concentração de chuvas no verão e seca no inverno (Patrus, 1996).

B) Hidrografia

A hidrografia local que pode ser caracterizada como mista de componentes fluviais subaéreos e cársticos subterrâneos, Guerra (1993) denomina o padrão de drenagem de áreas calcárias de Criptorréica, onde a drenagem subterrânea acaba surgindo em fontes

ou integrando-se em rios subaéreos. Toda a região da APA integra a sub-bacia do rio das Velhas, por sua vez pertencente à bacia do rio São Francisco e em função das características cársticas de grande parte da área, há de se registrar a existência de várias lagoas que, no geral, apresentam características intermitentes. As principais sub-bacias hidrográficas são definidas pelos córregos Samambaia, Palmeiras-Mocambo, Jaguará e riacho do Gordura (**Figura 2**), para onde são drenadas as águas pluviais capturadas, em grande parte, pelos inúmeros dolinamentos distribuídos ao longo da área. Os limites dessas bacias ainda não estão perfeitamente reconhecidos, porque muitas rotas de fluxo subterrâneo ainda são desconhecidas, mas todas elas têm descarga final no rio das Velhas. (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC, 1984)

C) Geologia

Em relação à geologia local, existe uma seqüência de calcários atribuída ao Proterozóico superior, pertencente ao Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas e, nos levantamentos geotécnicos, foi denominada Complexo Calcário Santa Helena, compreendendo uma seqüência de rochas metapelíticas, representada pôr siltitos de tonalidade cinza, estratificação plano-paralela, com abundantes venulações de quartzo e mais raramente, argilitos esverdeados. (Dardene, 1979)

De acordo com o mapeamento geológico (**Figura 3**) executado pela CPRM - Projeto Vida, (Tuller et al, 1991), foram identificadas as seguintes unidades litoestratigráficas:

- Complexo Gnáissico-Migmatítico Indiferenciado- Agn

Compreende um conjunto ou associação de rochas gnáissicas diversas que se misturam às porções granitóides e a zonas migmatizadas, com característica polimetamórfica. Ocorre a sudoeste da folha, em uma faixa bem restrita, margeando o ribeirão da Mata. As rochas gnáissicas, granitóides e migmatíticas do Complexo metamórfico indiferenciado constituem o substrato mais antigo que serviu de base para a deposição das supracrustais e, conseqüentemente, para a formação da bacia do grupo Bambuí. Apresentam litologicamente bem diversificadas, mas são descritas em conjunto no projeto, sem a preocupação de individualização, por ocuparem uma área mapeável restrita e muito intemperizada (Kohler, 1989).

- Grupo Bambuí

De acordo com Kohler (1989) correspondem a um calcissiltito e/ou microespatitos/ espatitos, micritas, subordinadamente calcarenitos muito finos e margas (Membro Pedro Leopoldo) e calcarenito, espatitos e calcilitos subordinados (Membro Lagoa Santa).

Utilizou-se o termo tectofacies, o que levou a dividir a área do projeto em três domínios estruturais, estabelecendo também um modelo para a sedimentação da área, compreendendo seqüências transgressivas e regressivas.

- Formação Sete Lagoas - Psbs

Pelas características regionais da Formação Sete Lagoas, sugere-se a existência de um mar epicontinental à época de sua deposição, cobrindo extensas áreas continentais, extremamente rasas e com declives pequenos, restringindo a circulação da água e provocando sua hipersalinização. Essa estabilidade de condições permitiu igualmente a ampla distribuição de unidades como a Formação supracitada (Dardene,1979). Inicialmente, a deposição da Formação Sete Lagoas se deu pela invasão de áreas continentais pelo mar, inundando as partes mais baixas, representadas pelos carbonatos mais finos e claros do membro Pedro Leopoldo. Posteriormente, uma regressão marinha possibilitou a deposição dos calcários mais grosseiros e escuros, pertencentes ao Membro Lagoa Santa e, novamente, uma transgressão marinha, representada pelos clásticos finos da Formação Serra de Santa Helena.

- Membro Pedro Leopoldo - PSbspl

Essa unidade acha-se exposta em quase toda a área da APA Carste de Lagoa Santa, ocorrendo, principalmente, na margem esquerda do rio das Velhas, nos vales do ribeirão da Mata, Bebedouro e próximo a Tavares, ao norte e ao sul da Quinta do Sumidouro bordejando a Lagoa Santa e a jusante do ribeirão da Gordura. O membro Pedro Leopoldo situa-se na base da Formação Sete Lagoas, sobrepondo o complexo gnáissico-migmatítico indiferenciado - Agngr, geralmente por falha de descolamento, mostrando contato brusco e discordante, definido quando observado em exposições favoráveis. Constituem essa unidade os seguintes litótipos: calcissiltitos e/ou microespatitos/ espatitos, micritas, subordinadamente calcarenitos muito finos, margas, e milonitos protoderivados.

- Membro Lagoa Santa - PSbsls

Acha-se exposto em aproximadamente, 60% da área do projeto, ocorrendo uma faixa de NWSE. O Membro Lagoa Santa é constituído por calcarenito, calcissiltito e/ou espatito/ microespatito, brecha, estromatólitos e milonitos protoderivados (Kohler, 1989).

- Formação Serra de Santa Helena - Psbsh

Essa formação abrange uma litologia monótona, em que predominam litótipos de origem siliciclástica e, mais raramente, sedimentos carbonáticos, os siliclásticos ominantemente muito finos, correspondem a siltitos e argilitos. O metamorfismo que

atuou sobre as rochas dessa formação apresenta características de baixo grau. A formação Serra de Santa Helena ocorre tipicamente na serra homônima, em Sete Lagoas constituindo uma grande mancha em planta e recobre continuamente a formação subsequente, apresentando com frequência pequenos corpos de formas diversas, que representam resquícios de uma erosão diferenciada e muito intensa, na região (Kohler,1989). As rochas pelíticas segundo Resende (2002) de granulometria muito fina, com maior teor de calcário, como nas margas, confundem-se pedologicamente com o calcário.

- Coberturas Cenozóicas

- Coberturas Detrito-lateríticas - Tdl

Os sedimentos desses depósitos superficiais são muito diversificados quanto à sua composição e distribuição, sendo formados por cascalho fino, areia, material síltico-argiloso e porções limonitizadas, sob forma de finas camadas, ou em porções limonitizadas em finas camadas ou em concreções e blocos. O Projeto da CPRM baseado em análises de Kohler (1989) atribui a essas coberturas uma origem residual, resultante de provável ação de ciclo erosivo que seria responsável pela alteração, lateritização e desagregação das rochas mais antigas.

- Depósitos Aluvionares

Os depósitos aluvionares são muito comuns na área, foram divididos em dois tipos principais, sendo que o mais atual corresponde a aluviões recentes dos rios ainda em curso que, às vezes, inundam extensas planícies e o outro tipo, encontrado também com frequência, diz respeito aos terraços aluvionares que se dispõem em dois níveis bem distintos e se sobrepõem aos mais recentes, com fácil identificação no campo. Os depósitos recentes, encontrados nas margens ou dentro dos atuais cursos d'água na região, ocorrem em cordões alongados e contornos irregulares, envolvendo os canais desses cursos. Os terraços antigos podem ser mais bem apreciados nas margens e arredores do rio das Velhas, onde estão sendo trabalhados pelo homem. (Kohler,1989)

Os terraços mais antigos segundo Kohler (1989) se situam abaixo dos depósitos aluviais recentes, assentando-se sobre os vários tipos litológicos, dando contatos bruscos e sem definições. Esses sedimentos pertencem à era Cenozóica e ao período Quaternário, do Pleistoceno ao Holoceno, no caso dos antigos terraços aluviais. Os depósitos aluvionares recentes são formados por sedimentos continentais terrígenos, inconsolidados e mal selecionados onde predominam materiais como cascalhos, areias, siltes e argilas. Os cascalhos constituem a fração mais pesada e se tornam mais

grosseiros para o montante dos cursos d'água e são, predominantemente, constituídos de grãos arredondados, sub-arredondados a subangulosos de quartzo e fragmentos de rochas. Blocos de matacões, freqüentemente, são encontrados associados a esses refletem uma textura rugosa com manchas esbranquiçadas.

O outro tipo de terraço, sobreposto ao anterior, compõe-se, predominantemente, de sedimentos areno-argilosos com grânulos de quartzo, correspondendo, na coluna estratigráfica, ao tipo Qpa1. Suas áreas são muito utilizadas na agricultura e pastagem, possuindo boa topografia e grande fertilidade (Kohler, 1989).

D) Recursos Minerais

No projeto de zoneamento ambiental da APA foram cadastrados os seguintes recursos minerais: calcários de granulometria grosseira ou calcarenitos utilizados para a fabricação de cimento e são predominantes do membro Lagoa Santa, Formação Sete Lagoas; Calcários Silicosos também utilizados na indústria de calcinação, para obter da cal virgem e hidratata; mais conhecidos como Pedra de Lagoa Santa, os calcissititos laminados, que são calcários impuros, pertencentes ao membro Pedro Leopoldo da Formação Sete Lagoas utilizados como pedras de revestimento de piso e o cascalho e a areia que são resultados do intenso intemperismo da Formação Santa Helena, utilizados pelas prefeituras como revestimento de estradas municipais e rurais. (Kohler, 1989)

E) Relevo e Geomorfologia

Identificada pela ocorrência de um denso conjunto de feições geomorfológicas tipicamente dissolutivas na APA predomina um relevo suave ondulado passando a ondulado e aos típicos como o forte ondulado e ondulosos, característicos de formas cársticas como as dolinas e uvalas.

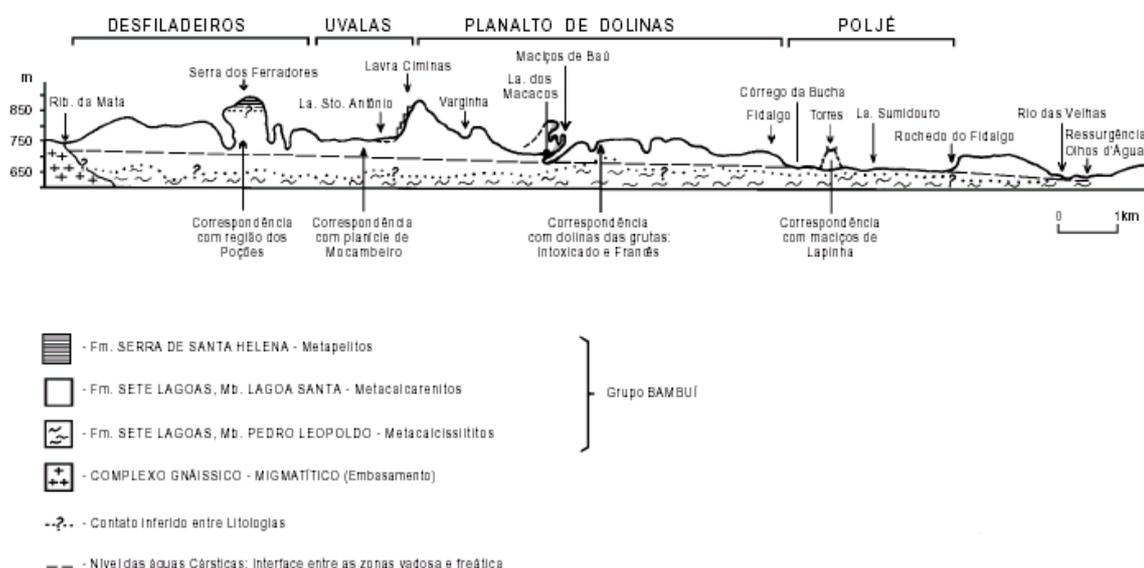
Dois compartimentos fisiográficos maiores descrevem os principais domínios morfogenéticos do carste propriamente dito, os quais foram bem delineados por Auler (1994) para a porção-centro sul da área: Planaltos Cársticos e Depressão de Mocamboiro, com cotas variando entre 900m, junto à Serra dos Ferradores, e 650m, onde se encontram os níveis de base locais, como a planície de Mocamboiro e a região de Sumidouro. Kohler (1989) reconhece restos da Superfície Sul-Americana em topos planálticos residuais, marcados por morros alongados e convexos nas cotas superiores a 800m. Ver mapa de altimetria (**Figura 4**)

As partes dissecadas do planalto cárstico são caracterizadas ou por um relevo fortemente ondulado, em cobertura pedológica, composto por diversas bacias

mutuamente articuladas segundo polígonos irregulares (dolinas e uvalas) grosseiramente alinhados, os quais dirigem o escoamento superficial (autogênico) para múltiplos pontos de infiltração Pilo (1998), ou ainda segundo áreas onde afloram grandes maciços rochosos lapiezados. Há regiões entalhadas por *canyons* e vales cegos que caracterizam segmentos.

A geomorfologia instalada é reflexo de uma estratigrafia marcada pela sucessão de duas unidades carbonáticas composicionalmente diferenciadas (Formação Sete Lagoas), superpostas por rochas siliciclásticas muito finas (Formação Serra de Santa Helena), estando tal seqüência assentada em discordância sobre rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Arqueano (**Figura 5**), no Planalto Cárstico ela está fortemente vinculada à ocorrência dos calcários puros homogêneos do Membro Lagoa Santa. Uma característica distintiva entre o relevo desenvolvido sobre calcarenitos calcíticos e os calcissiltitos silicosos, ainda que capeados por mantos pedológicos, refere-se à forma das vertentes das colinas que, segundo Campos (1994), é criteriosamente mais suave sobre os carbonatos silicosos comparativamente àquelas sobre os calcíticos. As coberturas detrito-lateríticas elúvio-coluvionares do Cenozóico que ocorrem como superfícies residuais aos estágios de aplainamento também desempenham papel na estruturação do relevo cárstico aqui descrito. Diversos condutos subterrâneos são interceptados pela superfície do relevo, tendo sido levantadas centenas de cavernas com diferentes morfologias e dimensões. As áreas mais deprimidas constituem-se em planícies relativamente amplas, de fundo plano e vertentes abruptas recuadas (poljés), ocupadas por lagoas temporárias ou canais de drenagem subaérea. (**Figura 6**)

Figura 6 - Perfil topográfico, geológico, geomorfológico e hidrológico da região de Lagoa Santa. Fonte: (Koheler, et.al., 1978), com modificações feitas pelo CPRM.



A APA Carste de Lagoa Santa, segundo pesquisas de Auler (1994) apresenta uma geomorfologia cárstica típica e diversificada, com algumas feições especialmente marcantes: grande quantidade de dolinas em variedade de tamanhos, formas e padrões genéticos, muitas vezes limitadas por paredões calcários lineares; grandes maciços rochosos aflorantes ou parcialmente encobertos; muitos lagos com diferentes comportamentos hídricos, associados às dolinas ou em amplas planícies rebaixadas, e uma complexa trama de condutos subterrâneos, comumente conectados com o relevo superficial e, assim, acessíveis ao homem. A APA forma um grande conjunto de feições dissolutivas expostas e ainda existem pequenas formas que esculpem os afloramentos rochosos (lapiás). As unidades que melhor caracterizam a compartimentação regional, reunindo feições dominantes em relação genética com o sistema hídrico, são aquelas definidas por Auler (1994). Dentre elas, as que descrevem feições cársticas são:

- Exocarste

- Planalto Cárstico

Define as áreas de topografia fortemente irregular entre as cotas 850 e 700 metros, onde ocorrem grandes concentrações das principais formas cársticas: maciços aflorantes, paredões lineares, torres e verrugas lapiezados, destacando-se a grande frequência de dolinas, especialmente as de dissolução e subsidência (aluviais). Neste compartimento estão incluídos a unidade dos Desfiladeiros e Abismos com Altos Paredões, o Cinturão de Oualas e o Planalto de Dolinas individualizados em maior detalhe por (Kohler, 1989).

Campos de dolinas caracterizam o carste desenvolvido em áreas cobertas por solos de espessura variável. Muitas vezes conformam bacias maiores, articuladas segundo uma rede celular de polígonos irregulares com um escoamento superficial radial centrípeto, com múltiplos pontos de infiltração situados ao fundo das dolinas e oualas. Um importante exemplar dessa configuração é a Depressão Poligonal Macacos-Baú Pilo (1998). Segundo Piló (op.cit.), a maioria das dolinas naquela região tem sua bacia limitada por paredão calcário, sendo, portanto, assimétricas em meio-círculo, com fundo chato, côncavo ou afunilado. Dolinas circulares ou ovais com assimetria de vertentes, sem afloramentos rochosos, também são tipo freqüente.

Conjuntos expressivos que reúnem alto índice de dolinamentos e maciços rochosos expostos ou semi - encobertos, estão, na região da Lapinha, Lapa Vermelha, região de Cerca Grande e Jaguará e em regiões de mineração. Alguns sistemas fluviais estão presentes em combinação aos sistemas hidrológicos subterrâneos, os quais são responsáveis pelo modelamento de canyons e vales cegos, como a região de Poções, onde também são comuns dolinas de abatimento. (Kohler, 1989).

Algumas importantes planícies aluviais em vales de vertentes recuadas são também consideradas como componentes do Planalto Cárstico, como trechos do curso dos córregos Palmeiras-Mocambo, Samambaia, Jaguará e Gordura. São representadas pelos compartimentos das “Megauvalas com lagoas”, “Maciços e planícies do riacho do Gordura” e “Poljé do Sumidouro” (Kohler, 1989). A planície do córrego Samambaia merece ser destacada nesse domínio, e até mesmo individualizada, por representar uma importante bacia de descarga de águas capturadas nos planaltos circundantes, conduzidas à grande depressão da lagoa do Sumidouro (poljé do Sumidouro), já próximo ao nível de base regional representado pelo rio das Velhas.

Lapiás, ou karren, são sulcos e reentrâncias de escala milimétrica a métrica também consideradas um particular cárstico que pode diferenciar-se de região para região. No carste de Lagoa Santa, um dos tipos mais notáveis dessas formas de dissolução são os desenvolvidos ao longo da foliação ou bandamento horizontal (“lapiás de juntas”), conformando canaletas lenticulares ou ovalares, geralmente de poucos centímetros a poucos decímetros, repetidas com grande frequência, alguns casos, concentrando-se ao longo de determinados horizontes. Caneluras verticais também são comuns. (Kohler, 1989)

- Superfícies cársticas encobertas

São áreas com espesso manto de solo sobrejacente aos calcários, que limita muito a expressão das formas cársticas. Tais coberturas ocorrem especialmente nos segmentos ocidental e meridional da área. As Superfícies Filíticas recobrem boas extensões da área, onde os carbonatos estão recobertos por rochas metapelíticas. Neste domínio há ocorrências sugestivas de feições cársticas, que podem derivar de carstificação ocorrendo em profundidade nos carbonatos. (Kohler, 1989).

- Depressão de Mocambeiro

A Depressão do Mocambeiro que é também descrita como poljé, corresponde a uma extensa planície rebaixada com cotas altimétricas em torno de 700 metros, limitada por colinas de vertentes abruptas e grandes afloramentos rochosos. Está alojada sobre um manto argiloso que capeia os carbonatos silicosos da base da seqüência carbonática, segundo furos de sondagem. Ela representa a região mais dissecada do carste, com alagamentos periódicos segundo dolinas ou uvalas amplas e suaves. Funciona como nível de base local para onde é dirigida a descarga de boa parte das águas coletadas e drenadas nas áreas de Planalto Cárstico. Em alguns pontos há maciços rochosos residuais com pequenas cavernas e abrigos associados, classificados como “humes”. (Campos, 1994).

- Epicarste

No carste de Lagoa Santa é possível observar um relevo rochoso irregular instituindo-se sob a cobertura pedológica que, de uma maneira geral, delinea a geometria geral das altas e médias vertentes do relevo superficial. Segundo Pilo (1998), o relevo epicárstico é marcado por duas feições expressivas: formas residuais ruiformes maiores tipo torres e lapiás de carste coberto, podendo haver afloramento parcial das feições residuais no perfil de vertentes, conformando as chamadas “verrugas”.

O autor citado acredita que a dissolução seja bastante acelerada nessa interface da rocha com o solo, havendo uma importante atuação das fraturas alargadas na recarga

hídrica difusa que incide no estabelecimento de um padrão labiríntico das formas (condutos) endocársticas e na dinâmica do seu preenchimento por sedimentos.

- Endocarste

As cavernas - e seus depósitos químicos e clásticos - são os representantes mais importantes do endocarste de Lagoa Santa, sem desconsiderar as "fissuras" ou pequenos condutos que também compõem a trama endocárstica, fundamentais na dinâmica d'água e como hábitat de uma fauna especial.

Dentro dos limites da área da APA estão registradas 387 cavernas, chegando ao número de 500 se tomado o entorno, incluído o município de Sete Lagoas. Considerando a existência de grandes áreas ainda pouco prospectadas, este número serve para dar uma idéia do potencial a novas descobertas. Nenhuma outra localidade apresenta tal densidade de cavernamento, o que a torna um verdadeiro "parque espeleológico". A diversidade de situações, de morfologias e de combinações propicia um apanhado completo e complexo da natureza cárstica em pequenos espaços de área. (Campos, 1994).

F) Solos

Na área encontram-se de acordo com o mapeamento do serviço Geológico do Brasil - CPRM do programa GATE as seguintes unidades de classes de solos: Latossolos Vermelho-Escuro, Cambissolos, Podzólicos Vermelho- Escuro e Gleis pouco Húmicos, além de áreas com afloramentos rochosos, constituídos principalmente por rochas calcáreas distribuídos pelos distritos de Pedro Leopoldo e Fidalgo e pela porção central de Matozinhos. **(Figura 7)**. (Oliveira, 1992)

LEa1 e LEa2 - Compreende a unidade representada pelo Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado, textura muito argilosa. Essas unidades de acordo com o mapeamento da CPRM ocupam porções elevadas do terreno, sendo que a unidade Lea1 ocorre em relevo plano e suave ondulado e a unidade de Lea2 tem como relevo dominante o suave ondulado e ondulado. A APA Carste é ocupada de 21,12% de LEa1, e de 11,26 de LEa2.

PEe1 e PEe2 - A unidade PEe1 Compreendem os solos Podzólicos Vermelho-Escuros eutróficos Tb A moderado, textura muito argilosa situada nos relevos planos e suave ondulados. A associação entre o Podzólico Vermelho-Escuro e Cambissolo

Latossólico álico A moderado, textura muito argilosa, de relevo ondulado e forte ondulado com microrrelevo forte, cárstico, constitui a unidade PEE2. PEE1 perfaz um total de 1,90% da APA e PEE2 6,09%.

CAa1, CAa2 e CAa3 - Essa classe constitui os solos com horizonte diagnóstico B incipiente (Bi). O horizonte A possui desenvolvimento moderado e textura muito argilosa. Os primeiros ocorrem em relevo suave ondulado com microrrelevo moderado cárstico, enquanto os segundos, encontram-se no relevo suave ondulado e ondulado, já os últimos compreendendo os Cambissolos cascalhentos e não cascalhentos, assentadas no relevo mais movimentado, como o ondulado e forte ondulado, podendo as vezes apresentar pedregosidade na superfície quanto na subsuperfície. CAa1 perfaz um total de 8,13%, CAa2 de 4,04% e CAa3 de 10,06% da APA.

CAe - Nessa unidade estão contidos os Cambissolos que ocorrem nas áreas de dolinas, uvalas e áreas de bordas de lagoas. Esses solos, por estarem sob influência direta do fluxo de água é rico em cálcio e são eutróficos. Eles perfazem um total de 2,97% da área.

HGPe - Compreendem solos Glei Pouco Húmicos derivados de sedimentos argilo-siltosos do Quaternário e de textura muito argilosa. Estes solos somam um total de 4,84% da APA.

Encontra-se mapeado pela CPRM unidade AR - que constituem os afloramentos rochosos, que são na área formados principalmente de rochas calcáreas que somam 4,64% na APA e também as áreas de mineração que ainda ocorrem a exploração mineral de cimento e brita para a construção civil, participam com 2,04% de ocupação.

G) Uso e Cobertura Vegetal

A região possui formações vegetacionais de cerrado (**Foto 1**) e floresta estacional semidecidual, onde parte das árvores e arbustos, permanecem sem folhas durante parte do ano. O cerrado restringe-se a manchas remanescentes, em regeneração ou em transição (mata-cerrado). Nas dolinas e arredores dos afloramentos rochosos (**Foto 2**) prevalece a Floresta Estacional Semidecidual. Sobre os afloramentos calcários desenvolve-se Floresta Estacional Decidual (“mata seca”), que possuem formações vegetais ocorrentes em áreas de afloramento de calcário no Cerrado (Pilo,1998). Existem na área plantios diversos, além de eucalipto, que são reflorestamentos tradicionais representados por densos maciços florestais, plantados em espaçamentos regulares e normalmente com uma única espécie. Entretanto, nas propriedades rurais,

além dessa possibilidade de plantio, as árvores também podem ser plantadas de forma integrada com as atividades agrícola e pecuária. Coexiste na APA áreas de pastagens e de pasto sujo, que consiste em um pasto com áreas de regeneração que possuem algumas formações vegetais. **(Figura 8).**



Foto 1: Vegetação do Cerrado.



Foto 2: Afloramento Rochoso

2.3.2. Caracterização Geral do meio Sócio-Econômico da APA Carste de Lagoa Santa

A APA Carste de Lagoa Santa situa-se na periferia da Região Metropolitana de Belo Horizonte, o que explica a existência de um grande fluxo diário de trabalhadores nas atividades com outros municípios. Ela apresenta uma vocação industrial acentuada concentrada na indústria do cimento e na extração mineral de calcário e areia. A atividade agropecuária não é muito expressiva, com presença bem mais acentuada ao norte, segundo dados do IBGE acessados em 2005, no banco de dados municípios de Minas Gerais,. As principais interferências são decorrentes da expansão urbana metropolitana, das atividades industriais de produção de crescimento e extração de calcário e da presença do Aeroporto de Confins. A **(Tabela 1)** mostra como a população dos municípios com maior participação populacional da APA se distribui nos setores econômicos locais.

Municípios	Ramos de Atividades				
	Agropecuário	Industrial (1)	Transporte, Comunicação e Armazenagem	Outros Serviços (2)	TOTAL
Pedro Leopoldo	1.097	5.363	455	3.585	11.347
(%)	9,67	47,44	4,01	31,59	100,00
Matozinhos	601	2.549	402	1.727	5.579
(%)	10,77	45,69	7,21	30,96	100,00
Lagoa Santa (3)	834	2.353	249	2.443	6.196
(%)	13,46	37,96	4,02	39,43	100,00

NOTAS: (1) Inclui indústrias de Mineração, construção e serviços industriais de utilidade pública.

(2) Inclui prestações de serviços, atividades sociais, administração pública e outras atividades.

(3) Inclui o município de Confins.

Fonte: Relatório de Banco de Dados Municipal INDI – Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos, in: CPRM, Projeto Gate.

Tabela 1- População economicamente ativa dos municípios com maior participação populacional dentro dos limites da APA Carste de Lagoas Santa -2000.

Observa-se que a maior parte da população encontra-se concentrada no ramo da indústria, vindo logo em seguida o setor agropecuário. Os municípios da APA Carste, em especial Lagoa Santa possuem grande potencial para o desenvolvimento da atividade turística. A cidade de Lagoa Santa possui atrativos turísticos de destaque no estado, com vocação principalmente, nos segmentos de ecoturismo, turismo histórico-cultural e turismo científico-pedagógico. Apesar do potencial da área nas atividades ligadas ao turismo fatores como a inexistência de Fundo Municipal de Turismo e de agência de turismo receptivo no município, que cumpra o papel de integrar os atrativos municipais e direcionar a movimentação do turista reflete problemas no desenvolvimento do setor. (Batista et. al., 2005)

Nos trabalhos realizados por Batista et. al. (2005) percebe-se que a realidade municipal é de uma localidade que reconhece seu potencial turístico e deseja desenvolvê-lo, mas que não consegue articular os atores locais, de forma sinérgica, em prol deste desenvolvimento.

Este trabalho se preocupou com a discussão relacionada ao meio físico, neste caso suscetibilidade à erosão do solo e potencial de infiltração. Os estudos sobre a relação da atividade turística neste ambiente são importantes, necessitando como pode – se observar d maneira geral de um aprofundamento específico.

2.4. Localização da Área de Estudo

A APA Carste de Lagoa Santa está localizada no Estado de Minas Gerais e apresenta uma superfície aproximada de 363 km², cujos limites, abrangem parte dos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos e Funilândia e englobam o recém-criado município de Confins, antigo distrito de Lagoa Santa. Parte das áreas urbanas de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos e toda a área urbana de Confins estão inseridas na região da APA. Além dessas, devem ser incluídas as sedes dos distritos de Lapinha, Fidalgo e Mocambeiro, e outros pequenos aglomerados urbanos, ver **(Tabela 2)**. Tem-se a informação de que 53% da APA está compreendida dentro da Região Metropolitana de Belo Horizonte e seu limite sul dista aproximadamente 25km do centro da capital mineira. **(Figura 9)** (IBGE, 2005)

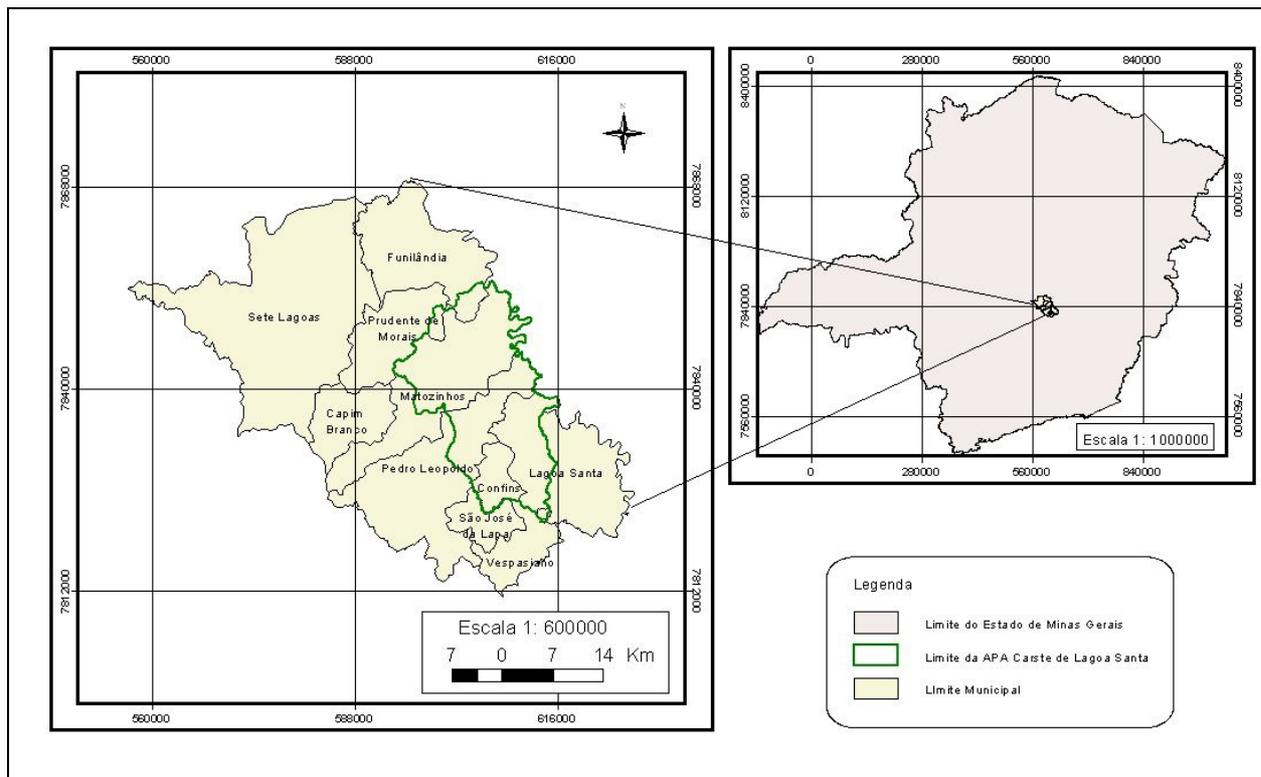


FIGURA 9 – Localização da APA Carste de Lagoa Santa, MG.

Fonte: Geominas

MUNICÍPIO E DISTRITOS	ÁREA TOTAL (km ²)	ÁREA ESTIMADA NA APA (km ²)	PARTICIPAÇÃO NA ÁREA MUNICIPAL (%)	PARTICIPAÇÃO NA ÁREA TOTAL DA APA (%)
FUNILÂNDIA	202,3	15,17	7,5	4,18
Pedro Leopoldo	...	49,75	...	13,71
Vera Cruz de Minas	...	26,61	...	7,33
PEDRO LEOPOLDO	294,5	76,36	25,93	21,04
Matozinhos	...	88,89	...	24,49
Mocamboeiro	...	66,33	...	18,27
MATOZINHOS	253,6	155,22	61,21	42,76
Lagoa Santa	...	37,59	...	10,36
Lapinha	...	40,40	...	11,13
LAGOA SANTA	234,08	77,99	33,32	21,49
CONFINS	38,22	38,22	100,00	10,53
TOTAL	1.022,70	362,96	35,49	100,00

Fonte: CPRM, Projeto Gate

Tabela 2 - Área dentro do limite da APA Carste de Lagoa Santa - Situação administrativa de 2001. Fonte: CPRM, Projeto Vida.

3. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho consistiu em fazer levantamento e pesquisas de materiais bibliográficos, além de ter contado com o apoio técnico do Geoprocessamento através do softwares Arcview 3.3 para trabalhos com mapas temáticos.

A utilização do geoprocessamento para análises ambientais vem crescendo substancialmente junto com a evolução da informática, agilizando segundo Moreira (2003), tarefas manuais referentes à delimitação de áreas, confecção de mapas, cálculos de áreas, cruzamento de informações espaciais entre outros; além de tornar possível a introdução de diversas informações de diferentes origens, contribuindo para análises e procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente. É importante ressaltar que, para meios científicos não é suficiente gerar, identificar e classificar dados ambientais, porque estes podem constituir uma expressão integrada de uma situação ambiental ocorrente, sobre a superfície da Terra que, como tal, necessita ser analisada.

Foram utilizados arquivos contendo os mapas de Solos, Geológico e Geomorfológico do Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pelo CPRM- Serviço Geológico do Brasil, através do Projeto de Zoneamento Ambiental da APA Carste de Lagoa Santa - MG. Estes arquivos foram fornecidos pela Secretaria de Planejamento do município de Lagoa Santa-MG, no Autocad e foram digitalizados a partir da base cartográfica: SE-23-Z-C-II, Sete Lagoas; SE-23-Z-C-III, Baldim; SE-23-Z-C-VI, Lagoa Santa; SE-23-Z-C-V, Pedro Leopoldo (todas na escala de 1:50.000). Os respectivos arquivos foram exportados para o formato shape próprio para trabalhos com o Arcview 3.3 e posteriormente foram feitas correções necessárias para edições dos respectivos mapas temáticos. Em relação ao mapa altimétrico, de drenagem e limites, estes foram adquiridos através do banco de dados do Geominas.

3.1. Suscetibilidade à Erosão

Para gerar o mapa de suscetibilidade à erosão foram utilizados os seguintes dados : Solos, Geologia, Uso, Declividade e Compartimentação Geomorfológica.

Os mapas de solos, Geologia e Uso foram cruzados no Arcview utilizando a extensão Geoprocessing da seguinte maneira:

- Cruzamento das informações de solos e geologia:

Menu View - Geoprocessing Wizard - Union two themes

Este procedimento fez com que os atributos de solos se juntassem aos atributos de geologia. **(Tabela 3)** No Menu theme - table foi criada uma nova coluna para identificar as informações cruzadas.

SOLOS	GEOLOGIA	SOLOS +GEOLOGIA
PEe2	Psbls	PEe2+ Psbls
PEe2	Psbls	PEe2+ Psbls
PEe2	Psbls	CAa3+ Psbls
PEe2	Psbls	CLa1+ Psbls
PEe2	Psbls	PEe2+Psbsh
PEe2	Psbls	PEe2+Qha
CAe	Psbls
CAa3	Psbls
CAa3	Psbls
CAa3	Psblsetc.....

Tabela 3- Parte da tabela de atributos de solos + geologia

- Cruzamento das informações de solos, geologia e uso

Menu View - Geoprocessing Wizard - Union two themes

Este passo consistiu na união dos temas de solos + geologia que já estavam cruzados e classificados de acordo com seus atributos, junto ao mapa de uso já classificado **(Tabela 4)**, tratra-se dos mesmos procedimentos utilizados para os dados de solos e geologia.

SOLOS +GEOLOGIA	USO	SOLOS+GEOLOGIA+USO
PEe2+ Psbls	Pasto	PEe2+ Psbls +Pasto
PEe2+ Psbls	Pasto	PEe2+ Psbls +Pasto
CAa3+ Psbls	Pasto	CAa3+ Psbls +Pasto
CLa1+ Psbls	Pasto	CLa1+ Psbls +Pasto

PEe2+Psbsh	Pasto	PEe2+Psbsh+Pasto
PEe2+Qha	Pasto	PEe2+Qha+Pasto
CAe+ Psbls	Pasto	CAe+ Psbls +Pasto Sujo
PEe2+ Psbls	Pasto	PEe2+ Psbls +Pasto
CAa3+ Psbls	Pasto	CAa3+ Psbls +Pasto
CAa3+ Psbls	Pasto	CAa3+ Psbls +Pasto

Tabela 4 - Parte da tabela de atributos de solos, geologia e uso

3.1.1. Declividade

Através da extensão 3D Analyst do Arcview foi gerada uma rede triangular irregular (TIN) tendo por base dados altimétricos e hidrográficos, o que contribuiu para caracterizar o relevo local. No menu sufarce da janela principal do Arcview existe a opção Create TIN From Features, nesta pode-se entrar com os dados necessários em relação às curvas de nível, drenagem e ao limite da área de estudo para então interpolar os dados, e criar o Modelo Digital do Terreno para ser transformado em um tema GRID, que poderá ser reclassificado de acordo com o número de classes de declividade. Os valores de declividade na tabela de atributos são fornecidos em graus e também podem ser identificados em %

a) Para gerar o Modelo Digital do Terreno foram utilizadas as ferramentas Surface - Create TIN From Features (nesta parte ocorreram a entrada dos dados de hidrografia com a topologia de linhas, lagoas, altimetria cotada, limite da área da APA).

b) Para tranformar o TIN em um GRID foram utilizadas as ferramentas, Theme - Convert to Grid (nesta parte ocorreu a entrada do TIN gerado a partir da interpolação de hidrografia, lagoas, altimetria e limite da APA).

c) Com o GRID gerado foi possível reclassificar a altitude da APA Carste, como também obter a declividade (**Tabela 5**) através dos comandos no Menu Surface → Derive Slope → Analysis → Reclassify. A partir do segundo comando já tem-se a declividade da APA, e com o Reclassify foram consideradas as seguintes classes de declividade tomando como apoio considerações da Sociedade Brasileira de Solos.

Declividade (%)	Relevo
0-3	Plano
3-8	Suave Ondulado

8-20	Ondulado
20-45	Forte Ondulado
>45	Montanhoso ou Escarpado

Tabela 5 - Declividade e relevo

- Cruzamento de informações de solos, geologia, uso e declividade

Obtendo os dados da declividade foi possível cruzar esta informação com os dados já cruzados e classificados (**Tabela 6**), como o mapa de declividade se apresenta num formato matricial como um grid e não vetorial como as demais informações foi necessário convertê-lo para o formato shape no Menu Theme - Convert to Grid e posteriormente foi feita a união da mesma maneira que os demais, Menu View - Geoprocessing Wizard - Union two themes.

SOLOS+GEOLOGIA+USO	DECLIVIDADE	SOLOS+GEOLOGIA+USO+DECLIVIDADE
PEe2+ Psbls +Pasto	0-3	PEe2+ Psbls +Pasto+ 0-3
PEe2+ Psbls +Pasto	0-3	PEe2+ Psbls +Pasto+ 0-3
CAa3+ Psbls +Pasto	0-3	CAa3+ Psbls +Pasto+ 0-3
CLa1+ Psbls +Pasto	0-3	CLa1+ Psbls +Pasto+ 0-3
PEe2+Psbsh+Pasto	0-3	PEe2+Psbsh+Pasto+ 0-3
PEe2+Qha+Pasto	8-20	PEe2+Qha+Pasto+ 8-20
CAe+ Psbls +Pasto Su	8-20	CAe+ Psbls +Pasto Sujo+ 8-20
PEe2+ Psbls +Pasto	8-20	PEe2+ Psbls +Pasto+ 8-20
CAa3+ Psbls +Pasto	3-8	CAa3+ Psbls +Pasto+3-8
CAa3+ Psbls +Pasto	3-8	CAa3+ Psbls +Pasto+3-8

Tabela 6 – Parte da tabela de atributos de solos, geologia, uso e declividade

- Cruzamento de informações de solos, geologia, uso, declividade e compartimentos geomorfológicos

Esta etapa segue os mesmos passos dos cruzamentos anteriores, tais que, não são necessárias atribuições, sendo que o tema dos compartimentos geomorfológicos estão no formato vetorial já classificados, e segue o mesmo método de união no Arcview.

Sendo, assim na tabela haverá mais uma categoria, perfazendo um total de cinco variáveis para identificar a suscetibilidade à erosão na APA Carste de Lagoa Santa.

- Determinação das Possíveis Áreas Suscetíveis à Erosão

Para classificar as áreas de suscetibilidade à erosão foram levados em consideração cada variável separadamente. Para a variável solos (**Tabela 7**) foi considerado o fato deles terem alta, média ou baixa suscetibilidade à erosão, levando em consideração principalmente o fator do relevo e sua textura, o mesmo foi feito para as demais variáveis geológica (**Tabela 8**), uso (**Tabela 9**), declividade (**Tabela 10**) e compartimentação geomorfológica (**Tabela 11**). Sendo que para a variável de solos, foi levada em consideração a declividade, sugerimos estudos mais detalhados, em nível de campo para checagem dos solos quanto à suscetibilidade à erosão.

Classes de Solos (analisado de acordo com a declividade)	Suscetibilidade à Erosão
LEa1 – Latossolo Vermelho Escuro álico A moderado textura muito argilosa. Relevo plano e suave ondulado.	Baixa
LEa2 – Fase da unidade LEa1. Relevo suave ondulado.	Baixa
PEe1 – Podizólico Vermelho Escuro eutrófico Tb A moderado textura muito argilosa. Relevo plano e suave ondulado.	Baixa
PEe2 – Podizólico Vermelho Escuro eutrófico Tb A moderado + Cambissolo Latossólico álico A moderado, ambos com textura muito argilosa. Relevo ondulado e forte ondulado com microrrelevo forte (carstico).	Alta
CAa1 – Cambissolo álico Tb A moderado + Cambissolo Latossólico álico A moderado, textura muito argilosa. Relevo suave ondulado e com microrrelevo moderado (carstico).	Média
CAa2 – Cambissolo álico Tb A moderado textura muito argilosa, cascalhenta e não cascalhenta + Cambissolo Latossólico álico A moderado textura muito argilosa. Relevo suave ondulado e ondulado.	Média
CAa3 – Cambissolo álico Tb A moderado textura muito argilosa, cascalhenta e não cascalhenta, pedregoso e não pedregoso.	Alta

Relevo ondulado e forte ondulado.	
CAe – Cambissolo Greico eutrófico Tb A moderado textura muito argilosa. Relevo plano e suave ondulado.	Baixa
CLa1 – Cambissolo Latossólico álico A moderado + Cambissolo álico Tb A moderado, ambos textura muito argilosa. Relevo plano e suave ondulado.	Baixa
CLa2 – Fase da unidade CLa. Relevo suave ondulado e ondulado.	Média
HGPe – Gleia Pouco Húmico eutrófico Tb A moderado textura muito argilosa. Relevo plano.	Baixa
AR – Afloramentos de Rocha	Baixa
X – Áreas de mineração	Alta

Tabela 7- Suscetibilidade dos Solos da APA Carste à Erosão.

Coluna Litoestratigráfica (Considerando-se as áreas de deposição e reposição de seus caracteres)	Suscetibilidade à Erosão
Qha – Sedimentos aluviais constituídos de cascalhos, areias, siltes e argilas.	Baixa
Qpa1 – Sedimentos areno – argilosos, com grânulos de quartzo.	Baixa
Qpa2 – Sedimentos conglomeráticos, arenosos e argilosos mal selecionados e inconsolidados.	Baixa
Tdl – Sedimentos detrito-lateríticos constituídos de solo laterítico material areno argiloso, concreções ferruginosas e fragmentos de quartzo.	Baixa
Psbsb – Rochas pelíticas constituídas de siltitos argilosos, arenitos subordinados, lentes carbonáticas correspondentes a margas e calcarenitos muito finos.	Alta
Psbls – Rochas carbonáticas constituídas predominantemente por calcarenitos, com intercalações de calcissiltos, espatito/microespatito, brecha, estromatólitos e milonitos protoderivados.	Alta
Psbpl – Rochas carbonáticas constituídas predominantemente por calcissiltos, marjar, micropelitos, micritos, subordinadamente calcarenitos muito finos e milonitos protoderivados.	Alta

Agngr – Domínio de migmatitos com estruturas diversas, granitóides, gnaisses e homblenda, biotita-gnaisses, diopsídio, anfibólio, gnaisse.	Média
--	-------

Tabela 8 - Suscetibilidade geológica da APA Carste à Erosão.

Uso (Considerando-se seus caracteres e localização)	Suscetibilidade à Erosão
Mata Semidecídua	Baixa
Mata Decídua	Baixa
Cerrado	Baixa
Transição de Mata para Cerrado	Baixa
Eucalipto	Média
Pasto	Alta
Pasto Sujo	Média
Plantios	Média
Áreas Urbanas e Aeroporto	Alta
Minerações	Alta
Afloramentos Rochosos	Baixa

Tabela 9 - Suscetibilidade do uso do solo da APA Carste à Erosão.

OBS: Os pastos, foram considerados com alta suscetibilidade, segundo conhecimento prévio geral da área de estudo, sugerimos trabalhos de campo para checar informações, na possibilidade de tornar esta tabela e o mapa de uso bem mais compartimentado e explicativo.

Declividade (%)	Suscetibilidade à Erosão
0 a 3 – Plano	Baixa
3 a 8 – Suave Ondulado	Baixa
8 a 20 – Ondulado	Média

20 a 45 – Forte Ondulado	Alta
Maior que 45 – Montanhoso ou Escarpado	Alta

Tabela 10 - Suscetibilidade quanto a declividade da APA Carste à Erosão

	Compartimentos Geomorfológicos	Suscetibilidade à Erosão
Compartimento não Cárstico	NC1 – Superfície cimeira de relevo aplainado sobre metapelitos de Formação Serra de Santa Helena compreendendo restos da Superfície sul Americana e o carste encoberto. Solos Lateríticos espessos, pavimentos detríticos e restos de couraça.	Média
	NC2 – Área à direita do córrego do Jaque, de relevo acidentado, sobre metapelito da Formação Serra de Santa Helena, Grupo Bambuí. Solo laterítico pouco espesso, pavimentos detríticos e voçorocas.	Média
	NC3 – Faixa de relevo de baixa declividade ao longo da margem esquerda do rio das Velhas, da confluência do Ribeirão do Jaque ao norte. Três níveis de terraços sobre os metapelitos da Formação Vespasiado, recobertos por solos aluviais e hidromórficos.	Média
Compartimento Cárstico	C1 – Desfiladeiros, abismos e altos paredões do sistema Palmeiras/Mocambo	Alta
	C2 – Cinturão de Ouvalas	Média
	C3 – Planalto de Dolinas	Alta
	C4 – Ouvala do Mocambeiro	Média
	C5 – Região de Humes	Baixa
	C6 – Mega Ouvalas com Lagoas	Baixa
	C7a – Grandes Maciços	Alta
	C7b – Planície de Baixo Curso do Riacho do Gordura	Baixa
	C8 – Polié do Sumidouro	Baixa
C9 – Sistema do Ribeirão da Mata	Alta	

Tabela 11 - Suscetibilidade da Compartimentação Geomorfológica da APA Carste à Erosão.

Com estes parâmetros foram estabelecidas a alta, média e baixa suscetibilidade (Tabela 12) à erosão relacionando cada variável, a partir da tabela de atributos final de solos, geologia, uso, declividade e compartimentos geomorfológicos, foram feitas atribuições quanto ao cruzamento destas, áreas com variáveis, por exemplo:

Suscetibilidade à erosão das variáveis solos/geologia/uso/declividade/geomorfologia	Suscetibilidade à Erosão
A+A+A+B+A	Alta
A+A+A+B+A	Alta
A+A+A+B+B	Alta
B+A+A+B+B (Ligada à geologia e ao uso)	Média
A+A+A+B+A	Alta
A+B+A+M+B (ligada aos solos e ao uso)	Média
A+A+A+M+A	Alta
A+A+A+M+M Solos com alta suscetibilidade à erosão, junto a uma geologia que possivelmente representa uma área de deposição e uso com alta suscetibilidade à erosão.	Alta
A+A+A+B+A	Alta
A+A+A+B+A	Alta

Tabela 12 – Exemplo da análise quanto à suscetibilidade à erosão na APA Carste. Onde: B (Baixa), M (Média) e A (Alta).

OBS: Foi considerada alta, média e baixa suscetibilidade à erosão, devido ao fato de ser um trabalho que levou em consideração, os parâmetros principalmente da declividade e da geomorfologia, estes dados podem ser trabalhados pontualmente no Arcview 3.3, podendo atribuir valores para cada variável de acordo com sua suscetibilidade, como por exemplo, baixa suscetibilidade com valor 1, o valor 2 teria mais suscetibilidade em relação ao valor 1 e assim por diante. Este tipo de informação compartimentaria mais ainda as informações obtidas, detalhando o trabalho.

Houve preocupação em relação às análises de cada variável levada em consideração para determinar a suscetibilidade à erosão final, a característica dos compartimentos geomorfológicos e a declividade foram decisivas, tendo em vista que reflete o modelado do relevo local e a influência na variável solo.

Por fim foi gerado após estas etapas o mapa de suscetibilidade à erosão da APA Carste de Lagoa Santa.

3.1.2. Potencial de Infiltração

Existem vários meios para se analisar o potencial de infiltração de um solo, um deles consiste no Método da CN "Curve Number que tem como propriedade $0 < CN \leq 100$, que tabela o número de deflúvio CN para cada tipo de solo, desenvolvido pelo SCS- Soil Conservation Service USDA em 1972. Este modelo é um dos mais utilizados segundo Tucci (2001), em aplicações práticas devido a sua simplicidade, facilidade e qualidade dos resultados fornecidos.

Para obter informações sobre o Potencial de Infiltração, foi levado em consideração o CN, que é a curva número (Curve Number), tabelado pelo SCS em função das características fisiográficas e de ocupação do solo, ver **(Tabela 13)**. Através do cruzamento dos mapas de solos e de uso e ocupação, foram atribuídos números de deflúvio seguindo a tabela proposta por Wilken (1978) com as características dos solos e do uso local, esta tabela foi modificada de acordo com as características da área de estudo. Foram considerados os seguintes parâmetros:

- Características dos solos da APA Carste: Todos os solos possuem caracteres de solos tipo C e tipo D : LEa1 (D), LEa2 (D), PEa1 (D), PEa2 (D), CAa1 (C), CAa2 (C), CAa3 (C), CAe (D), CLa1 (D), CLa2 (D), HGPe (C). No respectivo trabalho foi generalizado os tipos de solos em função de seu caráter textural, uma compartimentação maior poderá ser feita em trabalhos futuros, como já foi sugerido anteriormente em relação a suscetibilidade à erosão. Este método já foi utilizado para áreas tropicais, e obteve bons resultados, mas sugere-se futuros estudos em relação à sua aplicabilidade em áreas tropicais, e uma maior compartimentação da tabela de número de deflúvio utilizada.

- Os plantios e os eucaliptos foram identificados como terrenos cultivados e em sua maior parte estão dispostos em fileiras retas.

- As pastagens foram consideradas na sua maioria pobres de acordo com suas características, sendo que o pasto sujo foi considerado com características de superfície, boas em função de possuir áreas com vegetação e em curvas de nível.

- As matas semidecíduas foram consideradas florestas esparsas, e decíduas como normais. Com o Cerrado e a transição de Mata para Cerrado, foram observadas como características o fato de serem esparsos.

- As áreas que possuem algum tipo de edificação, foram consideradas áreas impermeáveis.

Utilização da terra	Condições da Superfície	Tipos de Solo da Área			
		A	B	C	D
Terrenos cultivados	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
	Más	72	82	87	89
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

Tabela 13 - Valores do Número de Deflúvio segundo SCS Fonte: (adaptada de WILKEN,1978)

Onde segundo Wilken (1978):

- solo do tipo A é o de mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouca silte e argila.

- solo do tipo B tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento, inclui solos arenosos.

- solo do tipo C tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contém porcentagem considerável de argila e colóide.

- solo do tipo D é o de mais alto potencial de deflúvio. Terreno quase impermeáveis junto à superfície.

Por fim foi gerado o mapa de Potencial de Infiltração na APA Carste de Lagoa Santa.

As informações contidas nos mapas de suscetibilidade foram analisadas junto às informações do mapa de Potencial de Infiltração na APA Carste de Lagoa Santa.

4. Resultados e Discussão

4.1. Suscetibilidade à Erosão

Considerando as variáveis de solos, geologia, uso e ocupação, declividade e compartimentação geomorfológica, a APA Carste de Lagoa Santa apresentou áreas em torno de 19.000 hectares com suscetibilidade à erosão alta, 15.714 hectares com suscetibilidade média e 4.966 hectares com suscetibilidade baixa, ver **(Figura 10)**. Para compreender melhor tal resultado é importante individualizar as variáveis consideradas:

-Solos: A maioria dos solos da APA Carste são muito argilosos e argilosos, o que implica numa textura que em relação a areia possui um baixo grau de arraste de solo, por serem solos mais agregados e que, portanto, são mais resistentes ao processo de erosão implicando em exposições cada vez maiores e mais prolongadas dos solos de alteração. **(Foto 3)**.



Fonte: CPRM

Foto 3 - Deslizamentos estabilizados em vertentes de alta declividade, constituídas por solos de metapelitos (ao fundo). Município de Sete Lagoas.

O uso de máquinas, em poucos anos, tem compactado o solo, na área existe também reflorestamentos com o eucalipto.

Os solos da APA Carste apresentam na sua maior parte alta suscetibilidade à erosão quando somado às demais variáveis do ambiente, são eles LEE2, CAa1 e CLa1, existem ainda algumas áreas de solos PEE2 e LEa1; quanto à média suscetibilidade, aparecem solos da unidade LEa1, LEa2, algumas áreas de CAa3 e CLa2, as outras poucas áreas significativas; em relação à baixa suscetibilidade prevalecem as áreas com solos LEa1 e CAa3, que possui pequena participação. Isto foi analisado a partir dos mapas obtidos mediante a metodologia adotada.

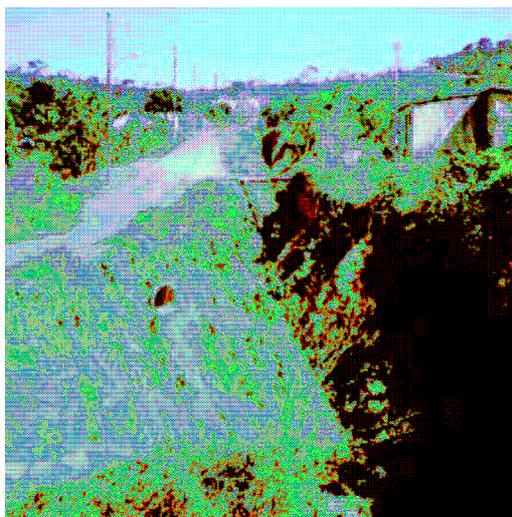
-Geologia: Em relação aos parâmetros geológicos deposição e de reposição, que ocorre no sentido sudoeste (SO) para o nordeste (NE) da área, é importante lembrar que as áreas de formação calcária, sofrem com o processo de dissolução, através da água, com isso ocorrem os processos de solifluxão e os vazios subterrâneos peculiares de áreas calcárias. Analisando a suscetibilidade à erosão, somando a geologia às outras variáveis, observa-se que a alta e média suscetibilidade diz respeito às formações Psbls, Psbpl e Psbsh, sendo que nas médias o Psbpl tem pouca participação, este fato comprova os parâmetros levados em consideração quanto a geologia estas são na maior parte áreas de deposição; a baixa suscetibilidade aparece em áreas de Qpa2, poucas de Qha, e demais formações.

- **Declividade:** Observa-se que as áreas de maior declividade (**Figura 11**) correspondem em grande parte às áreas com alta e média suscetibilidade à erosão. O leste da APA, o norte e a porção sudoeste correspondem aos declives maiores. A alta suscetibilidade à erosão encontra-se relacionada na maioria das vezes às áreas de maior declividade (**Foto 4**) e (**Foto 5**) e assim sucessivamente também ocorre com a média e baixa declividade.



Fonte: CPRM

Foto 4 - Extensa e profunda voçoroca linear em solos residuais de metapelitos, devido a urbanização de terrenos de alta declividade em solos inadequados. Morro do Cruzeiro, L. Santa.



Fonte: CPRM

Foto 5 - Assentamento urbano em terrenos inadequados de alta declividade, exibindo efeitos da erosão em sulco. Morro do Cruzeiro, Lagoa Santa.

- **Compartimentação Geomorfológica:** Os grandes maciços – compartimento C7a cárstico, que constitui formações montanhosas parcialmente erodidas, tem uma considerável expressão em áreas de alta suscetibilidade à erosão, compartimentos como o C4 compartimento de ouvala de Mocambeiro e C5 Região de Humes, correspondem à média suscetibilidade, as áreas com baixa suscetibilidade estão na sua maior parte relacionadas ao compartimento C6 mega ouvala e NC3 faixa de baixa declividade.

4.2. Potencial de Infiltração

Com os resultados do cruzamento de uso do solo e tipo de solo, obteve-se o mapa de Número de Deflúvio (**Figura 12**). O mapa foi titulado como potencial de infiltração, como uma forma de podermos analisar a questão, tendo em vista que estão expostos neles os números de deflúvio, significa valores altos para áreas em que o escoamento superficial possivelmente será alto em função do tipo de solo e do uso que lhe foi atribuído. Os maiores deflúvios consistem em áreas de edificações, com valores 100. Os tipos de solos existentes na APA Carste são argilosos e muito argilosos o que faz com que a infiltração seja menor em muitas áreas, porém, existe na APA uma característica

peculiar à qual diz respeito ao seu caráter geológico de rochas na sua maior parte das vezes permeáveis e diretamente refletindo nas características dos solos que estão sobre formações em sua maior parte calcárias.

O método da curve number nos fornece informações sobre o quadro da influência do uso do solo no valor do escoamento superficial. Na APA Carste, quando analisa-se os solos junto às declividades, reconhecemos que áreas com declividades elevadas, a partir de 8% já apresentam algum tipo de erosão, no caso pressupõe-se que seja um tipo de erosão vertical, resultante provavelmente do escoamento superficial que de acordo com uso pode ser maior, por mais generalistas que se apresentem as análises e os métodos utilizados, pode-se observar relação entre a suscetibilidade à erosão e a infiltração. Quanto maior o número do deflúvio, mais propícia a área estará à erosão, o que nos dá a visão do potencial de infiltração na área. Em muitos locais que possuem elevado número de deflúvio, pode-se notar que existem alta ou média suscetibilidade à erosão. **(Foto 6)**



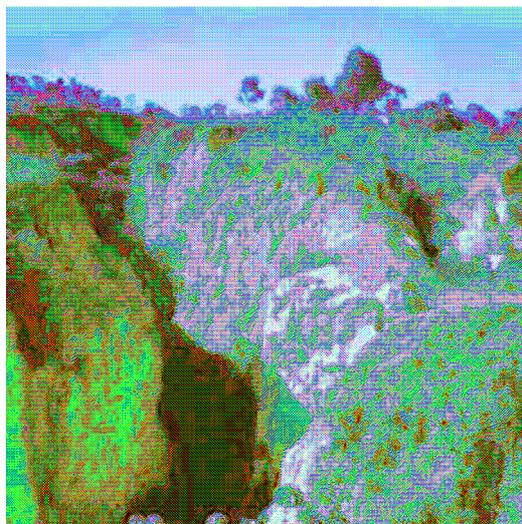
Fonte: CPRM

Foto 6 - Talude em solos residuais de migmatitos exibindo deslizamento de seus solos, devido a sua baixa coesão e a ausência de drenagens. MG 010 - Município de Vespasiano.

4.3. Uso e Ocupação

O conjunto de variáveis revela a suscetibilidade à erosão em diversas áreas da APA, o que não acontece com uma variável isolada como já foi falado anteriormente, significa que um tipo de solo pode ter baixa suscetibilidade à erosão, porém junto às declividades acentuadas podem passar a ter de média a alta suscetibilidade. Quando cruzada a variável uso e ocupação junto às demais variáveis, muitas áreas já com um alto grau de suscetibilidade à erosão passam a adquirir mais fragilidade ainda quanto ao processo. Observa-se relação do número de deflúvio com a erosão, na medida em que foram levados em consideração o uso do solo. As áreas que possuem elevado número de deflúvio, estarão possivelmente mais suscetíveis à erosão

A área apresenta muitas pastagens, o que indica que suas matas primitivas foram extensamente derrubadas dando espaço à novos usos advindos da expansão urbana **(Figura 7)**.



Fonte: CPRM

Foto 7 - Sulcos profundos resultantes da erosão acelerada em solos residuais de metapelitos devido a abertura de loteamentos em terrenos instáveis. Quintas da Fazedinha, P. Leopoldo.

Os cerrados da APA foram e continuam sendo devastados para dar lugar ao setor de siderúrgica local, pois a atividade industrial **(Foto 8)** tem grande expressão, concentrando a maior parte da população ativa economicamente e contribuindo para o processo erosivo.

A exploração mineral atuante em parte da área é intensa, devastando os maciços de calcário e as cavernas neles existentes, monumentos culturais e turísticos da região. Na APA existe um caráter ambiental de regiões instáveis, conseqüentemente está sujeita aos efeitos danosos da erosão acelerada e do deslocamento de massas. A mineração constitui-se num dos usos mais agressivos da APA, pelo fato de provocar mudanças em todos os componentes do meio físico, afetando outros usos, na medida em que contribui para com o desmatamento, escapeamento vegetal, altera a morfologia, existe o perigo de desabamento em certas áreas, o que já existe na dinâmica natural do carste, ainda tem que conviver com atividades que atenuam o fenômeno. Com a erosão e depauperização do solo em zonas de lavra, diminuição do rendimento, dissecação entre outros fatores que no estudo do presente trabalho não se fazem necessários, mas estudos nesse sentido são importantes, para avaliar o desempenho ambiental da APA no tocante da mineração.



Fonte: CPRM

Foto 8 - Efeitos da erosão acelerada (voçoroca) em solos residuais de gnaisse, devido a retirada de material superficial, para uso na construção civil. Pedro Leopoldo.

5. Conclusão

As características de solos, geologia, declividade e compartimentação geomorfológica cruzadas confirmam a fragilidade local quanto aos processos erosivos numa área em que existem usos agressivos, que contribuem diretamente com o processo erosivo, contribuindo assim com o processo de degradação ambiental local. O uso que é atribuído ao solo exerce influência sobre o potencial de infiltração, logo na suscetibilidade à erosão, sendo o uso somado aos demais componentes do meio físico agente acelerador dos processos de erosão. As perspectivas são positivas quanto à questão ambiental local em relação aos usos muitas vezes degradantes, que aceleram os processos de erosão, pois existem na área grupos ambientais que cobram a funcionalidade do Zoneamento Ambiental da APA além de realizarem estudos diversos nesse contexto.

O geocessamento mostrou ser muito útil na modelagem espacial de diferentes informações. A capacidade dos Sistemas de Informações Geográficas de integrar dados faz com que ocorra uma maior compreensão no tocante da relação dos componentes do meio físico local, fornecendo dados espacializados de que ficam fáceis de ser analisados, podendo ser atualizados e trabalhados junto à informações de diferentes fontes. O geoprocessamento fornece subsídio à gestão e planejamento, podendo ser utilizado como apoio aos instrumentos de organização racional dos espaços, como os zoneamentos ambientais.

É importante a tomada de um conjunto de medidas no sentido de preservar esse frágil meio físico, por suas características consiste em uma área que merece cuidados especiais devendo ser esclarecidos à comunidade, visando demonstrar a necessidade do uso racional do meio físico e a preservação das áreas na APA Carste.

6- Referências Bibliográficas

ÁGLIO, D.M.; CARVALHO JR., W.; OLIVEIRA, R.P. Modelagem topográfica de declividade para classificação de Solos: uma comparação metodológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

ALMEIDA, F.G. A estrutura fundiária como mais uma variável a ser considerada no processo de erosão dos solos. Sorriso.MT. (**Tese de doutorado**). UFRJ/PPGG, 1997. 218p.

AULER, A.S. 1994. Hydrogeological and hydrochemical characterization of the Matozinhos-Pedro Leopoldo Karst, Brazil. Western Kentucky, 110p. (Master of Science, Faculty of the Department of Geography and Geology). In: **APA Carste de Lagoa Santa - Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural**. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 71p, anexos e mapas. (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume III).

BATISTA, C. M. et.al. **Estudo de viabilidade turística do município de Lagoa Santa – MG**. Trabalho de Monografia. Centro Universitário Newton Paiva, faculdade de Ciências Sociais aplicadas: curso de turismo. 2005 p 84-133.

BERTONI, J.; LOMBARDI, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. p. 45-61.

BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. **Bragantina**, Campinas, SP, 1959. 18: 113-140.

BOEGLI, A. Karst hydrology and physical speleology. Nova York: Springer, 1980. p.13-17.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA – SPI / CPAC, 1998, p. 3-11.

CAMPOS, A.B. 1994. Relações entre as características faciológicas e estruturais das unidades do Grupo Bambuí e a morfologia cárstica na região de Lagoa Santa-Pedro Leopoldo (Minas Gerais). Belo Horizonte, **UFMG/FAPEMIG**, 21p. (Relatório final de pesquisa - aperfeiçoamento. Programa de Pesquisa "Estudos ambientais e proposta de manejo na região do carste no Planalto de Lagoa Santa, M.G.").

CEDITUR – Centro de Documentação e informação turística. Secretaria de Cultura. **Inventário da oferta turística do município de Lagoas Santa**. Prefeitura Municipal de Lagoa Santa, Minas Gerais. 2004.

CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Caracterização geomorfológica da região cárstica de Sete Lagoas-Lagoa Santa (MG). Belo Horizonte, CPRM/CETEC. 1994, 37p., 1 mapa (6 folhas). (**Projeto VIDA VIDA - Programa Gestão e Administração Territorial**). FORD, D. C. e WILLIAMS, P.W. Karst geomorphology and hidrology. London Unwin Hyman, 1989.

HORTON, R.E. **The role of infiltration in the hydrological aycle**. Trans. Am. Geophys Union, 14. 1933. p.446-460.

DARDENE, M.A., WALDE, H.H.G. A estratigrafia dos Grupos Bambuí e Macaúbas no Brasil Central. In: SIMP. DE GEOL. DE MINAS, 1, 1979. Diamantina. **Atas...** Belo Horizonte: SBG, 1979, p.43-54.

ESRI and Arc/Info ® software. Copyrigh © 1990-1997 Environmental Systems Research Institute, Inc. All rights reserved.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Estudos integrados de recursos naturais - Bacia do Alto São Francisco e parte central da área mineira da SUDENE: hidrologia superficial**. Belo Horizonte: CETEC, 1984. 65p. [Relatório final].

GUERRA, A.T. **Dicionário geológico – geomorfológico**. 8.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Região Sudeste, Minas Gerais, Lagoa Santa. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **<http://www.ibge.gov.br>**. Acessado em janeiro de 2005.

KARMAN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FARCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (org.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos. 2000. p. 114-138.

KOHLER, H.C. 1989. **Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa/MG**. São Paulo. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo).

_____. Lei federal 6902/81 - Dispõe sobre a criação de ecológicas, áreas de proteção ambiental e dá outras providências. In: **COLETÂNEA DE LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL e ESTADUAL**. Paraná: Secretaria de Est. Desenvol. Urb. e Meio Ambiente, 1990. p. 102-104.

MAIA, L.F.P.G. Alguns aspectos dinâmicos - climatológicos em Minas Gerais. Viçosa, 1986. 164p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Viçosa.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2ed. Viçosa: UFV, 2003. 307p .:if.

OLIVEIRA, J. B. de, JACOMINE, P. K. T., CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

PATRUS, M.L.R.A. Hidrologia e qualidade de águas de superfície do município de Sete Lagoas. Belo Horizonte, CPRM.1996. **(Projeto VIDA - Programa Gestão e Administração Territorial)**. Inédito.

PILÓ, L.B. 1998. **Morfologia cárstica e materiais constituintes: Dinâmica e evolução da Depressão Poligonal Macacos-Baú - Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais**. 269p. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo).

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel. 2002 p. 234-251.

RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 8., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1990.

PINHEIRO, N.L. Meio Ambiente e desenvolvimento sustentável. In: TALK –TORNISIELO, S.M. et al. **Análise ambiental**.1995. p. 18-27.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base de distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT. 2002. p.13-151.

SILVA, Jorge Xavier da. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro, 2001. 228p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geog. Rev., v.38, p.55-94, 1948. apud VILLA NOVA, N.A., REICHARDT, K. Evaporação e evapotranspiração. In: RAMOS, F. et al. **Engenharia hidrológica**. Rio de Janeiro: FRJ/ABRH, 1989. p.175-193.

TUCCI, C.E.M. Escoamento superficial. In: Tucci, C.E.M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora UFRGS, 2001. p.391-441.

TULLER, M.P., RIBEIRO, J.H., DANDERFER FILHO, A. Geologia da região de Lagoa Santa e Sete Lagoas. Belo Horizonte: CPRM/CETEC, 1991. **[Projeto Vida/Inédito]**.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978. p 445-451.

