



RELEVO E ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: O CASO DA CIDADE DE MARÍLIA-SP

Caio Augusto Marques dos Santos - Doutorando em Geografia da FCT/UNESP de Presidente Prudente-SP. kiomarques@hotmail.com;

João Osvaldo Rodrigues Nunes - Professor Doutor do Departamento de Geografia da FCT/UNESP de Presidente Prudente-SP. joaosvaldo@fct.unesp.br.

RESUMO: Para a concepção e projeção do sistema de afastamento e tratamento de esgotos da cidade de Marília, o relevo foi um dos pontos de importância fundamental para se traçar e dimensionar os condutos. A partir de sua análise e, em combinação com os outros elementos técnicos, econômicos e ambientais, chegou-se a construção de três subsistemas a partir das seis bacias de esgotamento em que a cidade é dividida: Barbosa, Palmital e Pombo. O primeiro subsistema será responsável pelo tratamento dos esgotos provenientes da bacia do Ribeirão Cascatinha e de sua própria bacia (Córrego Barbosa); o segundo tratará os esgotos provenientes da bacia do Ribeirão dos Índios, da bacia do Córrego Cascata e de sua própria bacia (Córrego Palmital); e o terceiro tratará os esgotos provenientes unicamente de sua bacia (Córrego do Pombo). Dessa forma, o objetivo do trabalho é verificar a adequabilidade ambiental das áreas escolhidas para a construção das estações de tratamento do ponto de vista geomorfológico. Para se alcançar tal propósito, analisa-se as morfodinâmicas das paisagens: características hidrogeológicas, geológicas, pedológicas e geomorfológicas.

Palavras-chaves - Marília-SP, Relevo, Paisagem, Esgoto

ABSTRACT: To sewerage withdraw system conception and projection in Marilia city, relief was one of the fundamental importance points to trace and to size conducts. From its analysis and combination with others technical, economic and environmental elements, we have reached the construction of three systems from six sewerages basin wich is divided the city: Barbosa, Palmital e Pombo. The first subsystem will be responsible for the Cascatinha brook drainage-basin proceeding sewer treatment, besides its own (Barbosa creek drainage-basin); the second one will treat Índios brook and Cascata creek drainage-basin proceeding sewer, in addition to its own (Palmital creek drainage-basin); and the third will treat only its own



drainage-basin proceeding sewer (Pombo creek). Thus, our objective in this paper is to verify the environmental suitability of the chosen areas to treatment stations construction by the geomorphologic point of view. For us to reach this purpose, we analyze the landscape morphodynamics, in its hydrogeologic, geologic, pedologic and geomorphologic properties.

Keywords – Marília-SP, Relief, Landscape, Sewerage

1 INTRODUÇÃO

A ciência geomorfológica tem contribuído técnica e cientificamente para estudos de impacto ambiental e direcionamento de locais adequados para fins de instalação de grandes obras de engenharia.

A cidade de Marília, em seu projeto de implantação do tratamento dos esgotos, prevê a construção de três estações, em que a influência do relevo foi fundamental para a escolha das áreas. Localizada no Centro-Oeste Paulista (Fig. 1), geomorfológicamente a cidade situa-se na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, mais precisamente no Planalto Residual de Marília.

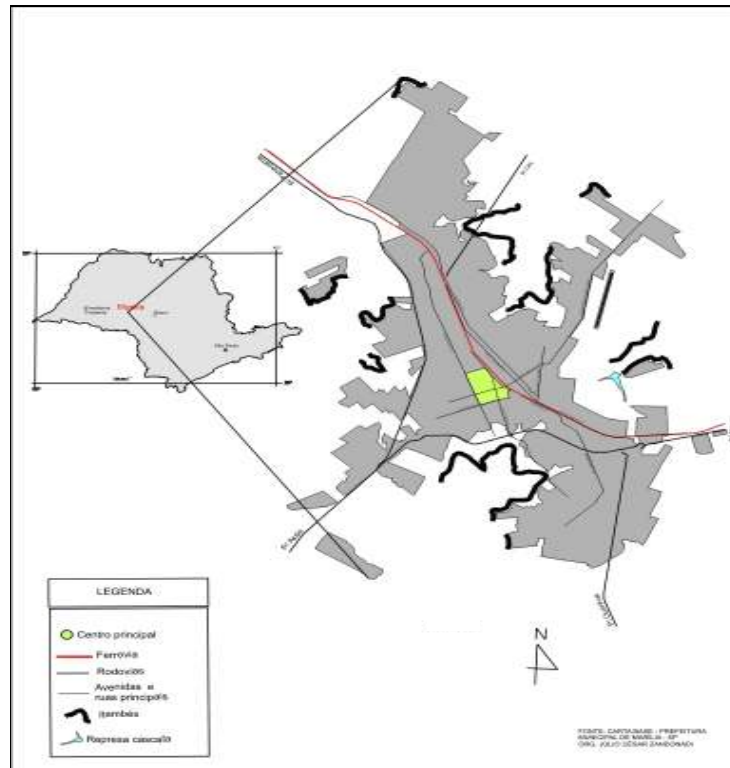


Figura 1: Localização da Cidade de Marília-SP.

O relevo sobre o qual está situada é um típico Tabuliforme de centro de bacia sedimentar. Sua gênese e dinâmica de evolução apresentam aspectos relacionados com as alternâncias climáticas ocorridas durante o período geológico do Quaternário.

As sucessivas passagens de clima seco para clima úmido respondem, respectivamente, pelo componente paralelo (recoo paralelo das vertentes e formação de superfícies de aplainamento) e perpendicular (organização do sistema hidrográfico com entalhamento linear) de evolução do relevo.

Segundo Casseti (2001), esse tipo de relevo é caracterizado por camadas sedimentares horizontais ou sub-horizontais que correspondem a chapadas, chapadões e tabuleiros que lembram a presença de mesa, uma extensão de mesa ou tabuleiros mantidos por camadas basálticas ou sedimentos mais resistentes, além de concreções ferralítico. Sua formação é favorecida pelas camadas geológicas, que deixam de ser inclinados nas periferias da bacia para se horizontalizarem em direção ao centro.



Especificamente na cidade, o relevo é composto por um grande compartimento de topo (espigão divisor de águas das bacias hidrográficas do Rio do Peixe e do Rio Aguapeí) interligado a topos secundários, cujo domínio das vertentes tem por característica interligar os topos às escarpas (delimitadoras do Planalto de Marília) e tende a ficar mais acidentado, quanto mais se aproximam delas. Por possuir essa morfologia, torna-se zona dispersora de drenagem. Os córregos que nascem nas cabeceiras dos espigões fluem nas mais diversas direções, muitas vezes recortando a malha urbana e desaguardando nas escarpas até alcançarem os rios principais que drenam a região ao entorno do município (SANTOS, 2009).

Em decorrência da morfologia que o relevo apresenta, optou-se por três estações de tratamento de esgotos. A escolha foi baseada na inviabilidade de se utilizar uma única estação de tratamento que centralizasse todo o tratamento de esgoto da cidade. Assim, buscou-se a formulação de alternativas através da transposição de divisores de água, promovendo a reversão dos esgotos de bacias contíguas mediante estações elevatórias e linhas de recalque.

Tendo em vista o exposto, nesse trabalho pretende-se, analisar alguns dos condicionantes, bem como fatores locais diretamente ligados ao relevo, que influenciaram a escolha das áreas, objetivando, assim, a verificação da adequabilidade ambiental dos locais selecionados sob o ponto de vista geomorfológico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho aborda a relação existente entre a morfologia atual do relevo sobre o qual está situada a cidade com as áreas escolhidas pela prefeitura para a instalação dos três subsistemas de tratamento de esgoto, visando entender o porquê da divisão tripartite.

Posteriormente, para a análise da adequabilidade ambiental das áreas do ponto de vista geomorfológico, elencou-se condicionantes geomorfológicos, hidrogeológicos/geológicos e pedológicos de cada área.

Área de Estudo - A caracterização do relevo da cidade é feita a partir da sua compartimentação entre topos, vertentes e fundos de vale.

Em Marília há um grande compartimento de topo. Este compartimento de forma o principal divisor de águas da cidade. Sua morfologia varia de plana a suavemente ondulada ao



longo de sua extensão. Ele está conectado aos topos secundários, de menor extensão, que são recortados pelas vertentes que se limitam nas escarpas.

O domínio das vertentes estabelece o intermédio entre os topos e as escarpas, onde as declividades tendem a aumentar em direção a elas.

Os fundos de vale apresentam morfologias em “V” e de fundo chato. Os vales em “V” tendem a ocorrer mais frequentemente próximos aos topos, no domínio das vertentes, ou quando a distância entre as bordas das escarpas é pequena, enquanto que os de fundo chato tendem a ocorrer nos vales intra-escarpa, conforme as bordas se afastam.

As planícies aluviais ocorrem nos vales de fundo chato intra-escarpas. A elas está associada a formação de alvéolos.

As escarpas, “*rampa ou declive de terrenos que aparecem nas bordas dos planaltos, serras, morros testemunhos etc*” (GUERRA, 2001), por serem festonadas (diferença de resistência litológica) e não contínuas, recortam a cidade. Elas condicionaram a origem dos topos principais e secundários, que limitam e favorecem a expansão da malha urbana.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fatores locais e número de estações - Vários aspectos devem ser analisados quando se busca a definição do tipo de tratamento dos esgotos sanitários. As decisões devem ser tomadas após avaliação cuidadosa da classe, tipo e natureza do corpo receptor local, da disponibilidade de área, do relevo local, da rede coletora existente, dentre outros.

Em Marília, a opção por uma única estação foi descartada pelo fato da rede coletora ser dividida em dois grandes setores com vazões equivalentes, o que exigiria construir estações elevatórias com vazões significativas, demandando custos muito elevados. Outro fator refere-se ao desenho dos talvegues dos fundos de vale. Pela morfologia do relevo, a cidade torna-se dispersora de drenagem, o que origina um padrão radial, também inviabilizando a concentração em estação de tratamento única.

Uma segunda opção seria vários pontos de tratamento. Reduzem-se os diâmetros das tubulações e com isso os custos de transporte dos esgotos. A alternativa de implantação de duas ETEs, uma na vertente da bacia do rio do Peixe, abarcando as bacias do córrego do Pombo e do Barbosa, e outra na vertente da bacia do Aguapéí, bacias dos córregos



Cascatinha, Cascata, Palmital e Ribeirão dos Índios, ainda apresentou o mesmo problema de custos.

Convergiu-se, portanto, para a opção de três estações de tratamento (Fig. 2):

- Subsistema Barbosa: compreende a instalação de uma estação de tratamento na bacia 2 que receberá os esgotos dessa bacia e da bacia 1;
- Subsistema Pombo: compreende a instalação de uma estação de tratamento na bacia 3 que receberá esgotos dessa única bacia;
- Subsistema Palmital: compreende a instalação de uma estação de tratamento na bacia 5 que receberá esgotos dessa bacia e das bacias 4 e 6.

Devido às limitações da ocupação urbana, que coincidem com as bordas das escarpas, procuraram-se localizações das estações de tratamento sempre em cotas altimétricas bastante inferiores, já nos vales intra-escarpas.

Tais locais abrangem terrenos rurais amplos e de baixo custo e em posições favoráveis quanto aos impactos negativos à população, uma vez que não inibirão o crescimento ocupacional da malha urbana, não propiciarão a chegada de odores à cidade e tampouco oferecerão mal aspecto visual, todos fatores inerentes a esse tipo de obra.

3.2 Morfodinâmica das Paisagens: Condicionantes Geomorfológicos, Geológicos/Hidrogeológicos e Pedológicos para Seleção de Áreas - O fator relevo, segundo Gusmão (2009) influencia a avaliação de áreas de duas maneiras a serem ponderadas: declividade e comprimento de encosta. A relação existente entre esse dois fatores está diretamente ligada a possíveis ocorrências de erosões, em que se tem 12% como grau limite para se considerar um terreno muito propenso à erosão; maiores velocidades de erosão podem ser esperadas em relevos acidentados; e de que a declividade ganha importância quanto maior for o comprimento de rampa. Além desses dois elementos, Tressoldi e Consoni (1998) somam áreas sujeitas a inundações e suscetíveis a escorregamentos e subsidências.

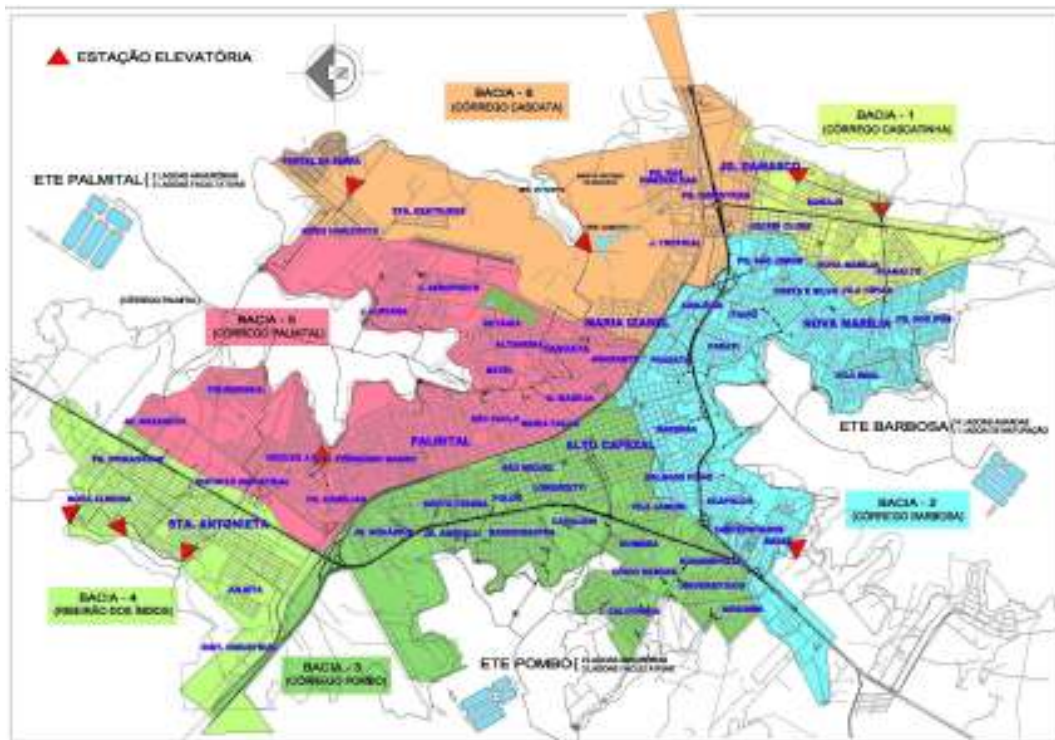


Figura 2: Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto de Marília-SP. Fonte: Departamento de Água e Esgoto de Marília – DAEM.

Gusmão (2009) ao citar Zuquete (1987) e McBean *et. al.* (1995) afirma que a faixa de declividade ideal situa-se entre 2 e 5%. Complementa, ainda, que declividades abaixo de 2 a 3% não são indicadas, pois irregularidades existentes na superfície do solo passam a atuar como “sifões” facilitando a infiltração da água no solo e, também, dificultam o escoamento da água fazendo com que a mesma permaneça estagnada no perfil do solo. Tal acúmulo pode produzir uma mancha ao redor de uma possível fonte poluidora, ao invés de escoar sentido aos pontos mais baixos. Por outro lado, declividades acima de 5% implicam em maior velocidade de escoamento, provocando uma maior erodibilidade do solo.

De modo geral, os locais escolhidos para a instalação e construção das ETes situam-se em vertentes de colinas amplas de perfil retilíneo/convexo, de modo que ocuparão áreas próximas aos topos em direção aos fundos de vale. Suas morfologias tendem de plana a suavemente ondulada, com declividades variando de 0 a 5%.



Ao se observar as morfologias dos terrenos podem-se fazer inferências acerca das dinâmicas de escoamento das águas superficiais e subterrâneas. Devido às formas dos perfis apresentados pelas vertentes se localizarem próximos aos topos das colinas, às águas tendem a escoar em forma de lençol e/ou de modo disperso. Além disso, as áreas escolhidas não se localizam em terraços fluviais ou planícies de inundação, fato esse que colabora para que sejam evitadas inundações e, conseqüentemente, poluição de águas superficiais próximas.

Sobre os condicionantes geológicos, segundo Tressoldi e Consoni (1998) estão relacionados a: zonas de alto risco sísmico; zonas de falhamentos regionais; zonas cársticas e de subsidência; estratigrafia, tipos litológicos, heterogeneidades e anisotropias (condição de variabilidade de propriedades físicas de um corpo rochoso ou mineral segundo direções diferentes) do maciço rochoso; estruturas geológicas, como planos de acamamento, fraturas, falhas e dobras; características do manto de alteração e dos solos superficiais, como capacidade de troca de cátions, conteúdo de matéria orgânica, composição geoquímica, principalmente a presença de óxidos-hidróxidos, fosfatos e carbonatos, espessura, granulometria e estruturas.

O substrato rochoso das áreas é o arenito da Formação Marília. De acordo com Tressoldi e Consoni (1998), no grupo das rochas sedimentares, os arenitos e conglomerados desprovidos de matriz argilosa e de cimentação, apresentam condutividades hidráulicas elevadas, ou seja, favorecem a migração de contaminantes. Porém, a alta concentração do carbonato de cálcio (agente cimentante da formação Marília), em níveis que superam 60%, é um fator que pode colaborar para a retenção de poluentes por tornar a ligação entre os sedimentos extremamente coesos, portanto, com nível de dureza elevado.

Estando diretamente ligados as características geológicas, há os condicionantes hidrogeológicos. Para sua análise, segundo Gusmão (2009), é necessário dispor dos seguintes dados: ocorrência e tipo de aquífero (livre ou confinado), litologia do aquífero (arenito, basalto, calcário, cascalho), áreas de recarga e descarga, profundidade do nível de água (flutuações) e variação do nível da água.

Nas áreas das estações, assim como em toda cidade há a ocorrência do aquífero Bauru. Trata-se de um aquífero livre, portanto, com área de recarga e aflorante por toda sua extensão e superfície, fato que aumenta o risco de poluição por atividades desenvolvidas sobre essa



unidade hidrogeológica. Tressoldi e Consoni (1998) afirmam que, juntamente com o aquífero Tubarão, o Bauru também favorece o transporte de contaminantes.

A respeito dos aspectos pedológicos, Gusmão (2009) apresenta três fatores de elevada importância. O primeiro, ao citar Mota (2003), é o fato de o solo ser usado como base para lançamento dos esgotos e na execução de diques para sua contenção nas lagoas de tratamento. A permeabilidade tem influência na barreira que a impermeabilização do fundo das lagoas exige a fim de evitar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas. O segundo se refere ao material localizado abaixo e nas adjacências das lagoas serem adequados à construção da mesma, proporcionando uma fundação adequada. E por fim, o solo condiciona a taxa de percolação e o comportamento (retenção ou mobilidade) dos contaminantes.

O autor referido apresenta dois elementos geotécnicos relativos aos solos: compressibilidade e recalques. O autor afirma ser compressibilidade a propriedade dos solos em mudar de forma ou volume quando submetidos a forças externas. Nos solos finos essa propriedade é mais elevada do que nos solos grossos, porque a estrutura granular é mais ampla e complexa e os grãos, escamosos ou alongados, sofrem deformações por flexão ou dobramento. Quando eles são submetidos à pressão, as águas têm dificuldade de sair dos poros para fora do solo em razão da baixa permeabilidade. Assim, parte da pressão aplicada é absorvida pela estrutura do solo e parte é suportada pelo líquido. À medida que a drenagem for se desenvolvendo, os vazios irão diminuindo e, conseqüentemente, os recalques se desenvolvendo.

Ainda se referindo a fatores geotécnicos, há o aspecto colapsividade de solos a ser considerado nos estudos de seleção de áreas. “O acréscimo do teor de umidade juntamente ou não com aumento de tensão, sofrem um rearranjo estrutural seguido de diminuição de volume” (GUIMARÃES NETO E FERREIRA, 1998 *apud* FREIRE *et. al.* 1999, p. 84). Fatores que colaboram para a colapsividade são estruturas instáveis, não saturadas, porosas e com partículas ligadas por pontes de argilas, colóides, óxidos de ferro, etc.

A topografia dos locais favorecem a pedogênese, isto é, colaboram para que os solos sejam bem desenvolvidos, condicionando a formação de latossolos. Em decorrência da baixa declividade, os agentes intempéricos têm oportunidade de agir sem que os sedimentos oriundos do intemperismo sejam carregados, originando, assim, um solo bastante espesso. Por possuir homogênea distribuição das argilas pelo perfil, apresenta boa drenagem interna, o que



facilita a dispersão de poluentes que percolam na zona não-saturada, todavia, a presença de argila é um fator que pode contribuir para a retenção dos contaminantes e para a colapsividade do solo.

A espessura do perfil de solo aliado a sua porosidade, mantém uma relação diretamente proporcional à zona não-saturada, o que resulta em menor flutuação do nível de água, maiores distâncias a serem percorridas pelos poluentes, o tempo transcorrido e a absorção obtida até ele atingir águas subterrâneas (aquífero confinado ou aquífero freático), o que possibilita a retenção dos contaminantes próximo a fonte de poluição (TRESSOLDI e CONSONI, 1998).

Contudo, em decorrência das grandes extensões das áreas, as estações tendem, conforme avançarem em direção aos fundos de vale, a localizarem-se em solos de menor espessura, sobre neossolos litólicos. Nesse tipo de solo, pela pouca espessura do manto de alteração, o custo das fundações aumenta devido a perfuração em rocha ser bem maior em comparação com os latossolos. E no caso de percolação de poluentes, a migração destes tende a ser acelerada por causa do contato com a rocha, pois se muda bruscamente a granulometria, fazendo com que o contaminante não mais flua verticalmente, mas horizontalmente.

A permeabilidade e a grande espessura, que são características dos Latossolos, tornam-se, por um lado, aspectos positivos a instalação das estações, por outro, sob o ponto de vista geotécnico, eles podem se tornar um fator negativo. Segundo Kertzman e Diniz (1995) o principal problema advém de seu uso inadequado, quando se provoca a concentração de água em grandes volumes no solo que, se atingida a saturação, os latossolos perdem a estrutura e sofrem colapso, o que provoca abatimentos no terreno.

Sobre a colapsividade dos solos das áreas, há aspectos que se leva a acreditar numa possibilidade rara de ocorrência: pela posição no relevo e baixa declividade não está sujeita a inundações oriundas de águas superficiais; pela permeabilidade e porosidade, em combinação com sua espessura e declividade das áreas, o escoamento de subsuperfície (variações e flutuações do nível do aquífero freático) tende a ser disperso, portanto sem concentrações, embora, apresente uma zona não saturada relativamente grande; apesar de apresentar distribuição homogênea de argila ao longo do perfil, suas concentrações, de modo geral, não ultrapassam 30%.



Outro aspecto relevante é a possibilidade quase nula de ocorrência de erosões e movimentos de massa, devido ao comprimento de rampa ser pouco extenso, a declividade não favorecer ganhos de velocidade no escoamento e o solo ser profundo e não estar em contato com a rocha.

4 CONCLUSÃO

É incontestável a importância da geomorfologia em estudos científicos e técnicos para subsidiar e dar suporte a construção de grandes empreendimentos. Para Marília, ela se mostrou de fundamental relevância para a quantidade de estações de tratamento e escolha das respectivas áreas.

O relevo influencia essas grandes obras de Engenharia não apenas nos aspectos físicos que o envolve (geologia, pedologia, hidrogeologia, etc.) no processo de avaliação de áreas, mas também em aspectos políticos (presente nas etapas de decisão entre autoridades e órgãos responsáveis a respeito da viabilidade e os locais dentro do município para a construção), econômicos (dependendo das áreas escolhidas para construção das estações e lugares por onde passarem tubulações, o custos de implantação, operacionalização e de materiais aumentam significativamente), sociais (em possíveis casos dos locais escolhidos serem próximos ao perímetro urbano, desapropriações de propriedades privadas, riscos de contaminação por doenças advindas da contaminação de águas, etc.) e, ambientais (contaminação de solos e águas).

A partir da análise feita nesse trabalho, acredita-se, do ponto de vista geomorfológico, os locais escolhidos para as três estações terem sido adequados.

Nossa afirmação baseia-se na análise do relevo e quanto à disponibilidade de outras áreas. Acreditamos não haver outras áreas propícias à instalação desse tipo empreendimento sem serem nos vales intra-escarpas. Razões: a) proximidade com residências; b) declividades elevadas ou quase nulas nas vertentes e nos topos; c) aumentaria o número de estações elevatórias; d) não haveria tanta oportunidade de se aproveitar o escoamento por gravidade quanto se tem com as estações nos vales intra-escarpas, pois elas representam o nível de base local, ou seja, todo escoamento (subterrâneo e superficial) segue sentido a eles.



5 REFERÊNCIAS

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 2001.

FREIRE, E. P.; RODRIGUES, E. G.; SOARES, Y. V. **Estudo do Grau de Colapsividade da Argila Laterítica de Alfenas**. R. Un. Alfenas, Alfenas, 5:81-92, 1999.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. Bertrand, Rio de Janeiro, 2001.

GUSMÃO, C. A. **Proposta de matriz de fatores que interferem na escolha de áreas destinadas a unidades de tratamento de esgotos sanitários tipo lagoas de estabilização**. Disponível em www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gusmao.pdf. Acesso em 10/05/2010.

KERTZMAN, F. F.; DINIZ, N. C. Processos do Meio Físico Modificados por Obras de Engenharia e pelo Uso do Solo. IN: BITAR, O. Y. (Org.) **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, p. 17-148, 1995.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A. J. Disposição de Resíduos. IN: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

SANTOS, C. A. M. **Formas de relevo da cidade de Marília-SP**. Presidente Prudente, 2006 (FCT/Unesp, Monografia).

SANTOS, C. A. M. **O Relevo e o sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade de Marília-SP**. (Dissertação de Mestrado). Presidente Prudente: FCT/Unesp, 2009.