

Proposta para Seleção de Áreas Potenciais para Implantação de Trincheiras de Infiltração: Estudo de Caso - Campus da UFSCar, São Carlos – SP

Alessandro Hirata Lucas; Lorena Avelina Rojas Gutierrez; Sérgio Antonio Rhöm; José Augusto de Lollo

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos
aless_hirata@yahoo.com.br; lorenavelina@gmail.com; ja_loлло@yahoo.com; sarohm@yahoo.com.br

Recebido: 09/12/09 - revisado: 16/08/10 - aceito: 08/12/10

RESUMO

Inundações e alagamentos constituem o problema ambiental urbano mais comum nas cidades brasileiras nos dias atuais. Sua existência é consequência não só da ocupação de áreas ribeirinhas, mas da adoção de projetos de drenagem urbana que durante décadas valorizaram apenas a condução do escoamento superficial para corpos e cursos d'água. Técnicas que privilegiem a solução local com ênfase na infiltração pode ser a alternativa para minimizar os problemas existentes e reduzir os processos no futuro. O presente trabalho propõe o uso de técnicas de cartografia digital do meio com apoio em sistemas de informações geográficas como alternativas para seleção de áreas para implantação de trincheiras de infiltração. A proposta foi aplicada ao campus da UFSCar com vistas a uma análise preliminar de áreas potenciais para implantação de trincheiras de infiltração considerando os atributos declividade dos terrenos, pedologia e uso e ocupação do solo. Os resultados mostraram boa adequação da técnica à finalidade pretendida, indicando bom potencial de aplicação em outras áreas com um número maior de atributos a serem considerados.

Palavras-chave: trincheiras de infiltração, drenagem, Geoprocessamento, cartografia do meio físico.

INTRODUÇÃO

A pesquisa interdisciplinar na Engenharia Urbana, acoplada à Cartografia Geoambiental, contribui na caracterização e atualização de estudos em bacias hidrográficas a partir da análise dos processos dinâmicos naturais e antrópicos e da interferência da urbanização no ambiente, neste caso, especificamente no sistema de drenagem existente, permitindo a proposição de técnicas compensatórias em drenagem urbana como subsídio ao controle de inundações, planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

As alterações causadas pelo homem no meio ambiente produzem diversos impactos. A urbanização e o crescimento demográfico implicam em alterações significativas no escoamento das águas pluviais em decorrência do desmatamento e impermeabilização do solo, que refletem em alterações no ciclo hidrológico e no balanço hídrico, com o aumento da produção do escoamento superficial direto e ampliação dos picos de vazão, que por sua vez, demandam o redimensionamento de estruturas hidráulicas.

Observa-se crescente urbanização nas universidades dada à crescente demanda por vagas e

constante abertura de novos cursos, fato que pode ser observado também na Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Considerando que grande parte da área de expansão urbana da UFSCar concentra-se em áreas de montante da bacia hidrográfica que se situa, a urbanização e a impermeabilização do solo produzirão aumento das vazões de pico e, conseqüentemente à jusante, o aumento dos riscos de inundações, o surgimento de processos erosivos com o aumento do potencial de assoreamento dos corpos d'água existentes no campus e o redimensionamento de estruturas hidráulicas da rede de drenagem existente.

A demanda pelo redimensionamento hidráulico pode ser reduzida, ou até mesmo eliminada através de técnicas de controle de escoamento na fonte, também conhecidas como técnicas compensatórias de drenagem urbana. As técnicas compensatórias buscam compensar ou reduzir os efeitos da impermeabilização do solo e a produção de escoamento através da retenção e/ou infiltração na fonte, ou seja, em sua origem (Canholi, 2005).

De acordo com Urbonas e Stahre (1993) e Lowndes (2000) algumas condições devem ser respeitadas previamente sua construção, como declividade do terreno, capacidade de infiltração de água do solo, risco de contaminação deste e do lençol

freático, colmatação da estrutura, etc. Apesar da necessidade de estudos mais aprofundados, a técnica apresenta resultado satisfatório de uma análise primária para instalação de trincheiras de infiltração.

Como exemplos de técnicas compensatórias podem ser citados: trincheiras, bacias, valas, valetas, poços e planos de infiltração, pavimentos permeáveis, telhados armazenadores e reservatórios de retenção nos lotes.

As estruturas de infiltração proporcionam também melhoria da qualidade das águas e na recarga dos mananciais subsuperficiais, aspecto este de grande interesse para regiões que utilizam águas subterrâneas para abastecimento. Porém, há o risco de contaminação deste, caso o nível de água esteja próximo à superfície ou se as águas drenadas possuírem alto grau de poluição (Baptista *et al.*, 2005).

Nas estruturas de infiltração há condições que podem dificultar ou até mesmo inviabilizar sua adoção, como por exemplo, nível do lençol freático, declividade e propriedades físicas do solo.

As propriedades do solo são específicas das condições geológicas, geomorfológicas e pedológicas em que este se encontra.

Um dos fatores de maior importância no funcionamento e dimensionamento das estruturas de infiltração é a condutividade hidráulica do solo (k), fator este definido por parâmetros como índice de vazios, tamanho dos grãos, textura, composição e grau de saturação do solo. Baixos valores de k podem inviabilizar a adoção destas estruturas, pois seu dimensionamento é tanto maior quanto menor o valor de k . O problema então se torna uma questão de disponibilidade de espaço. Sendo assim, a viabilidade construtiva de estruturas de infiltração demanda a conciliação de algumas condições.

Os estudos do meio conduzidos sob a ótica da cartografia geotécnica e geoambiental geram importantes instrumentos técnicos que permitem a conciliação das atividades humanas com o meio físico, orientando medidas preventivas e corretivas para minimizar os danos ambientais e os riscos ao próprio homem (Pejon e Zuquete, 2004).

Para Bazarra Larios e Calijuri (2000) a cartografia geoambiental é um ramo da geologia ambiental que busca ultrapassar uma abordagem essencialmente geotécnica para uma incorporação de informações sobre riscos naturais, erosão, contaminação do solo, planejamento e gerenciamento do solo.

O uso de mapas temáticos em conjunto com dados científicos permite obter uma avaliação integrada da capacidade do terreno frente a diversos tipos de atividades.

Ferramentas computacionais, técnicas de Sistemas de Informações Georreferenciadas, emprego da cartografia automatizada e técnicas de gerenciamento de banco de dados constituem tecnologia para a investigação de fenômenos diversos relacionados com engenharia urbana, geologia, pedologia, vegetação, bacias hidrográficas e problemas ambientais, proporcionando melhor entendimento e representação dos modelos complexos de distribuição espacial dos atributos e propriedades dos solos.

A interpretação e atualização destes dados permitem a elaboração de diagnósticos, prognósticos, medidas corretivas e ações de conservação para o problema em questão de maneira rápida e eficiente (Bazarra Larios e Calijuri, 2000).

De acordo com Ministério das Cidades (2006), a preparação de bases cartográficas é importante atividade para o levantamento de dados e informações geológicas, pedológicas e de uso e ocupação do solo no mapeamento de áreas disponíveis para implantação de sistemas de retenção, retenção e retardamento do escoamento. Ou seja, são partes constituintes de plano de manejo de águas pluviais.

O objetivo deste trabalho é analisar, com base em técnicas de cartografia digital, a viabilidade de implantação de estruturas de infiltração baseados nas características topográficas, pedológicas e de uso e ocupação do solo da área de estudo.

Também se pretende que as cartas geradas possam servir de subsídio para estudos preliminares de viabilidade de implantação de trincheiras de infiltração do ponto de vista geoambiental, legislativo e técnico.

Por se tratarem de técnicas de conhecimento restrito ao meio acadêmico, com poucas aplicações em larga escala no Brasil, permanece certa resistência relacionada à sua viabilidade de construção, optando-se por técnicas tradicionalmente conhecidas.

Para outras técnicas de infiltração já citadas acima, outros fatores e restrições técnicas devem ser considerados.

As trincheiras de infiltração têm a finalidade de compensar o efeito da impermeabilização do solo produzido pela expansão urbana no campus da Universidade Federal de São Carlos sobre o escoamento das águas pluviais.

O Campus Universitário da UFSCar – Universidade Federal de São Carlos se localiza na direção norte do Município de São Carlos – SP, entre as coordenadas 21°58' e 22°00' de latitude sul e 47°51' e 47°52' de longitude oeste e está a 230 km da capital do Estado de São Paulo, com uma área total de

643,08 ha (Paese *et al.*, 1998). A Figura 1 indica a localização do campus da UFSCar.

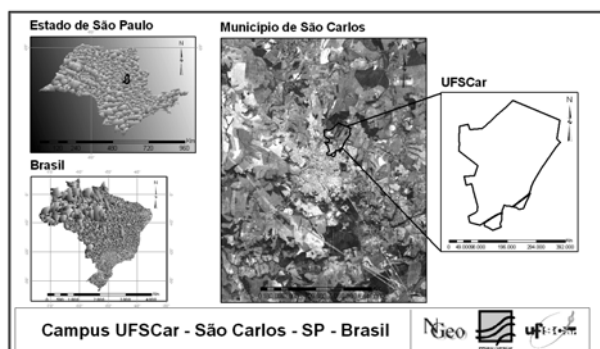


Figura 1 - Localização da área de estudo

MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa do trabalho compreendeu o levantamento cadastral do Campus da UFSCar. As cartas foram obtidas do trabalho de Paese *et al.* (1998) que apresentam uma escala compatível com o estudo desenvolvido (1:2000), e continha os atributos básicos a serem analisados (declividade dos terrenos, classes de solos, e tipos de uso e ocupação do solo).

Como a aplicação a ser feita tinha um caráter de teste da técnica utilizada, foi possível o desenvolvimento do trabalho com dados de uso e ocupação de 1998.

O trabalho foi desenvolvido no Sistema de Informações Geográficas (SIG) SPRING versão 5.0.3, (Camara *et alii*, 1996).

Tabela 1 – Estrutura do banco de dados utilizado.

Formato	Informação	Categoria
Vetorial	Limite do campus	Cadastro Campus
Vetorial e matricial	Classes de solos	Pedologia
Vetorial e matricial	Uso do solo	Cobertura do solo
Vetorial e matricial	Relevo	Declividade

O retângulo envolvente da área de estudo corresponde a toda extensão do campus da UFSCar,

georreferenciada à projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e datum SAD 69 (*South American Datum 1969*) em coordenadas geográficas.

Os dados utilizados para extrair as informações de interesse nas aplicações do SIG são provenientes de dois formatos de arquivos: vetoriais e matriciais, conforme mostra a Tabela 1.

PROCESSAMENTO E CRUZAMENTO DOS DADOS

Classificação da cobertura do solo

O campus da UFSCar contém áreas urbanizadas e não urbanizadas. No resultado da classificação de Paese *et al.* (1998), adaptada das assinaturas espectrais propostas por Lorandi, Gonçalves e Mattelato (1988), considerou-se dezenove classes temáticas: Silvicultura (*Pinus sp.*), Silvicultura (*Eucalyptus sp.*), Vegetação de cerrado, Campos antrópicos, Eucaliptal com sub-bosque, Bosque, Represas, Jardins e gramados, Ocupação urbana, caminhos não pavimentados, Área de preservação permanente, Reserva florestal, Edificações, Estacionamentos, Cursos d'água, Parque ecológico, Carreadores mestre (vias não pavimentadas na área de cerrado do campus), Carreadores (trilhas não pavimentadas na área de cerrado do campus) e Vias pavimentadas.

Elaboração das cartas básicas

A geração da carta temática com a representação do grau de potencialidade para implantação de trincheiras de infiltração nas áreas correspondentes à urbanização do período de estudo (1997) foi processada por scripts a partir da linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), baseada no modelo de dados SPRING, onde os operadores atuam sobre representações de dados dos modelos Numérico (MNT) e Temático (classificação).

As categorias de entrada de dados para o cruzamento de variáveis temáticas foram: "Declividade", "Pedologia" e "Cobertura do solo".

As classes de uso do solo foram divididas em três grupos: favoráveis à implantação de trincheiras de infiltração, agrupando as classes 'Campos antrópicos' e 'Jardins e gramados', com peso "0"; secundariamente favoráveis à implantação de trincheiras de infiltração agrupando as classes "Silvicultura (*Pinus sp.*)", "Silvicultura (*Eucalyptus sp.*)", "Eucaliptal com sub-bosque" e "Caminhos não pavimentados",

com peso "1"; e desfavoráveis à implantação de trincheiras de infiltração, agrupando as classes "Vegetação de cerrado", "Bosque", "Represas", "Ocupação urbana", "Área de preservação permanente", "Reserva florestal", "Edificações", "Estacionamentos", "Cursos d'água", "Parque ecológico", "Carreadores mestre", "Carreadores" e "Vias pavimentadas", com peso "2".

As classes consideradas favoráveis estão localizadas próximas ou paralelamente às edificações e demais construções que geram a impermeabilização do solo, como estacionamentos e via pavimentadas, estão disponíveis para uso e não possuem vegetação densa.

As classes de uso classificadas como secundariamente favoráveis incluem áreas cuja ocupação não representa restrição à implantação de trincheiras, mas que devido a baixos índices de ocupação não representam áreas prioritárias para implantação de estruturas de compensação.

Os usos do solo considerados desfavoráveis à implantação de trincheiras compreendem ocupações que limitam a construção das estruturas, seja em função de limitações construtivas ou por serem áreas de proteção ambiental ou preservação de recursos naturais.

Os pesos adotados para as classes de uso do solo estão sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Pesos para o atributo ocupação do solo.

Classe de Uso	Peso
Campos Antrópicos	0
Jardins e Gramados	0
Silvicultura (pinus)	1
Silvicultura (eucalipto)	1
Eucaliptal com sub-bosque	1
Caminhos não pavimentados	1
Vegetação de cerrado	2
Bosque	2
Represas	2
Ocupação urbana	2
Área de preservação permanente	2
Reserva Florestal	2
Edificações	2
Estacionamentos	2
Cursos d'água	2
Parque ecológico	2
Carreadores mestre	2
Carreadores	2
Vias pavimentadas	2

A definição das classes favoráveis levou em conta a futura expansão urbana do campus nas áreas atualmente utilizadas para plantio de monoculturas. Por fim, as classes desfavoráveis são constituídas de áreas de preservação, impróprias para ocupação de acordo com a legislação brasileira, cursos d'água ou construções existentes. O uso e a ocupação do solo no campus da UFSCar são apresentados na figura 2.

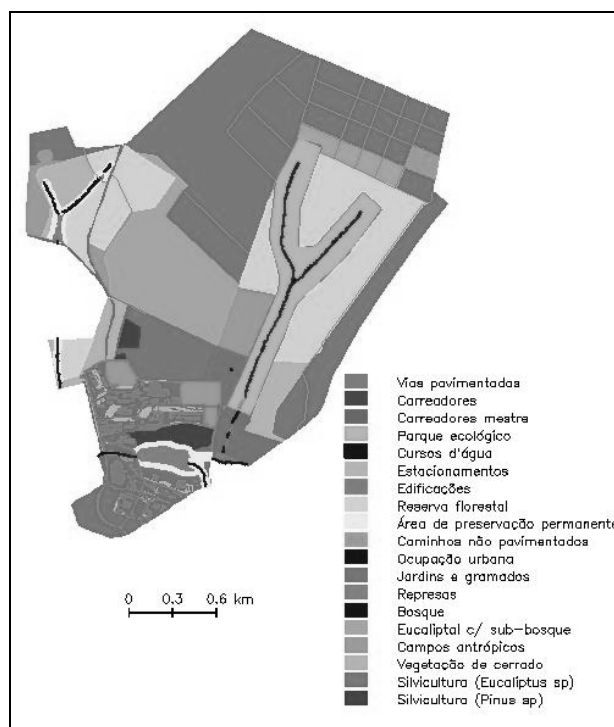


Figura 2 - Uso e ocupação do solo do campus da UFSCar.

Fonte: Paese et al. (1998).

A ponderação da categoria "declividade" considerou os seguintes intervalos: de "0 a 5%", peso "0" (favoráveis), de "5 a 10%", peso "1" (favoráveis com restrição) e "maior que 10%", peso "2" (desfavoráveis).

As limitações para implantação se devem ao fato da declividade reduzir o volume de armazenamento de águas pluviais no interior da trincheira e produzir velocidades acentuadas das águas de escoamento, podendo estas passar sobre a estrutura e não serem "infiltradas" e/ou provocar erosão do solo e arraste das partículas para a estrutura, e conseqüentemente, sua colmatação precoce.

Para os intervalos entre 5 e 10% é necessária a adoção de metodologia de dimensionamento específica e sistema de pré-tratamento para separação de finos.

Os pesos adotados são representados na Tabela 3, e os intervalos da declividade do campus da UFSCar são apresentados na figura 3.

Tabela 3 – Pesos para o atributo declividade.

Classe de Declividade	Peso
"0 a 5%"	0
"5 a 10%"	1
"maior que 10%"	2



Figura 3 - Declividade do campus da UFSCar.

Fonte: Adaptado de Paese et al. (1998).

Quanto à categoria "Pedologia", há três classes de solo na área do campus da UFSCar, de acordo com Paese et al. (1998): Latossolo Vermelho Amarelo Álico e Latossolos Vermelho Amarelo Distróficos, que têm textura arenosa e grande profundidade sendo atribuído peso 0 (condições favoráveis de infiltração), Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico, peso 1 (condições favoráveis com restrição) e, Gley Pouco Húmido Álico, peso 2 (condições desfavoráveis), localizado nas áreas próximas aos cursos d'água, que apresentam drenagem insuficiente e nível do lençol freático alto (Paese *et al.*, 1998).

A categoria favorável com restrição se deve ao fato do tipo de solo em questão possuir textura argilosa e, portanto, baixo coeficiente de permeabilidade. Baptista *et al.* (2005) recomendam que o solo apresente coeficiente de permeabilidade mínimo de 10^{-7} m/s, caso contrário, a infiltração não deve ser o único meio de evacuação das águas ou as estruturas demandarão grandes dimensões e disponibilidade de espaço.

Os pesos adotados para o atributo pedologia são representados na Tabela 4 e a classificação pedo-

lógica do campus da UFSCar é apresentada na figura 4.

Tabela 4 – Pesos para o atributo ocupação do solo.

Classe de Uso	Peso
Latossolo Vermelho Amarelo Álico	0
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico	0
Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico	1
Gley Pouco Húmido Álico	2

Com a análise da área de influência direta e indireta das classes temáticas 'Campos antrópicos' e 'Jardins e gramados' pôde-se apontar as possíveis áreas em níveis de potencialidade para a implantação de trincheiras de infiltração no campus da UFSCar.

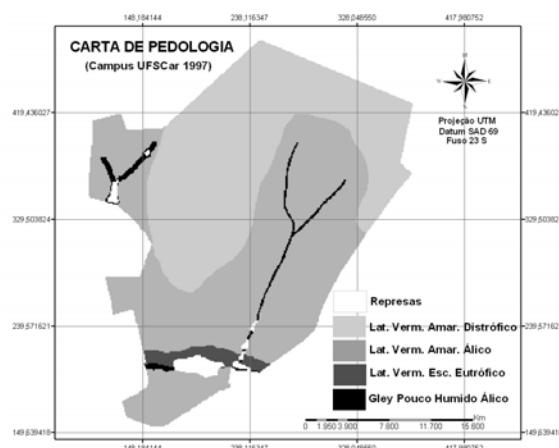


Figura 4 - Pedologia do campus da UFSCar.

Fonte: Paese et al. (1998).

A combinação dos três atributos considerados por meio da soma dos pesos atribuídos a classe utilizada na análise, resultou valores para definição das classes de potencial para implantação de trincheiras de infiltração segundo classes de potencial apresentadas na tabela 5.

A somatória igual a "0" indica as áreas sem restrições à implantação de trincheiras, o resultado "1" indica que apenas uma classe apresenta alguma restrição (condição secundariamente favorável), os valores maiores ou iguais a 2 indicam áreas cujas limitações indicam sérias dificuldades de implantação sem estudos mais aprofundados, sendo classificadas como restritivas.

Tabela 5 – Classes de potencial para implantação de trincheiras e somatória de pesos correspondente.

Classe de Potencial	Σ Pesos
Favorável	0
Intermediária	1
Restritiva	2 - 6

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do cruzamento das cartas declividade, pedologia e uso e ocupação do campus da UFSCar, obtidas do trabalho de Paese et al. (1998), pode-se obter a carta que indica as áreas potenciais para implantação de estruturas de infiltração (figura 5).



Figura 5 - Áreas potenciais para implantação de estruturas de infiltração no campus da UFSCar.

Grande parte da classe favorável, indicada na figura acima, consta de jardins e gramados adjacentes a edifícios, onde o solo é predominantemente arenoso, o nível de lençol freático é baixo e a declividade é menor do que 10%.

A classe intermediária aparece em grande parte das áreas hoje ocupadas por monocultura de eucalipto e pinus e que são passíveis de ocupação futura para esta finalidade considerando a legislação ambiental brasileira.

Área de proteção permanente, de reserva florestal, represas, e com mata ciliar, são consideradas restritivas. Tal definição pode ser alterada caso o plano de expansão do campus deixe de considerá-las prioritárias para preservação.

CONCLUSÕES

A técnica mostra-se eficaz como parte integrante da elaboração de Planos de Manejo de Águas Pluviais e servindo de subsídio na seleção de áreas que podem ser utilizadas para o emprego de trincheiras de infiltração para escoamento das águas de chuva, podendo ser expandida para outras técnicas de infiltração de acordo com a característica de cada uma.

A técnica também generaliza aspectos construtivos e de alocação de espaço. As trincheiras de infiltração são técnicas lineares e, por isso, demandam áreas de comprimento alongado, podendo se tornar inviáveis após o dimensionamento hidráulico da estrutura. Além disso, a construção de trincheiras de infiltração pode demandar o emprego de máquinas para escavação, sendo que nem sempre a circulação destas é possível.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.
- BARRAZA LARIOS, M. R.; CALIJURI, M. L. Identificação de Áreas de Risco à Erosão Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. In: IV Congresso de Engenharia Civil, 2000, Juiz de Fora, MG. Anais do IV Congresso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2000, v. 2. p. 703-714.
- CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M. & GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 1996. 20(3): 395-403.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de textos, 2005. 302 p.
- LORANDI, R.; GONÇALVES, A. R.; MATELLATO, J. M. **Levantamento pedológico semidetalhado do "Campus" da Universidade Federal de São Carlos (SP) e suas aplicações**. Relatório Final do Projeto CNPq 400186q87-0qPQqFV, 1988.
- LOWNDES, M. A. **The Wisconsin Storm Water Manual: Infiltration basins and trenches**. Wisconsin Department of Natural Resources, University of Wisconsin. Wisconsin, 2000. 15p. Disponível em: <http://learningstore.uwex.edu/pdf/g3691-3.pdf>. Acesso em 26 de outubro de 2009.

- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Drenagem Urbana Sustentável. Manual para apresentação de propostas.** 2006.
- PAESE, A.; SANTOS, J.E.; PIRES, J.S.R. Análise Ambiental através da identificação de unidades de paisagem. Caso de estudo: campus da UFSCar, São Carlos, SP. In: SEM. REG. ECOL., 8. **Anais...** São Carlos, 1998. p. 741-758.
- PEJON, O.J., ZUQUETTE, L.V. (Ed.). Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade. São Carlos (SP): Suprema Gráfica Editora, 2004. p. 1-20.
- URBONAS, B; STAHRE, D. Stormwater: **Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 449p.

A Proposal For Selection of Potential Areas For Infiltration Trench Deployment: Case Study - The Campus of UFSCar, São Carlos – SP

ABSTRACT

Flooding and flash-floods represent the most common urban environmental problem in Brazilian cities today. Their existence is the consequence not only of the occupation of the riverside areas, but the adoption of urban drainage projects which for decades merely prioritized the channeling of surface run-off to water bodies and courses. Techniques that favor the local solution with emphasis on infiltration could be an alternative to minimize existing problems and reduce the processes in the future. The present work proposes the use of digital cartography techniques on the environment with the support of geographical information systems for the implantation of infiltration trenches. The proposal was applied on the UFSCar campus with a view to the preliminary analysis of the potential areas for the implantation of infiltration trenches considering the attributes of steepness, soils and land use. The results showed good technical suitability to the desired purpose, indicating good potential for application in other areas with a higher number of attributes to be taken into consideration.

Keywords: infiltration trenches, drainage, Geoprocessing, physical environment mapping.