

Estudo de Viabilidade Geotécnica para Implantação de Bacias de Detenção de Águas Pluviais

Roberto Pimentel de Sousa Júnior
UnB, Brasília, Brasil, eng.robertopimentel@gmail.com

Douglas de Araújo Martins
IESPLAN, Brasília, Brasil, dmartins.a@hotmail.com

Eduardo Hermínio Noronha
IESPLAN, Brasília, Brasil, eduardonoronha.engenharia@gmail.com

RESUMO: A destinação de águas pluviais tem sido um dos maiores desafios enfrentados no processo de expansão das cidades. O uso e ocupação do solo e sua impermeabilização gera o desequilíbrio do ciclo hidrológico local, sobretudo na parcela da infiltração. Dessa forma a água que deixa de ser infiltrada contribui para o aumento do escoamento superficial, gerando as enchentes. Nesse contexto, procurou-se avaliar bacias de retenção como alternativa para o controle de fluxos de águas pluviais superficiais locais, com o intuito de oferecer soluções que minimizem os impactos da impermeabilização nas cidades, além de evitar processos erosivos. O objetivo da pesquisa foi realizar um estudo hidrológico local, e avaliar as condições geotécnicas de uma bacia de retenção, a fim de se saber se o solo local suporta toda a vazão lançada em sua área. A coleta de dados para os estudos hidrológicos foi desenvolvida com a finalidade de permitir a caracterização pluviométrica na área do projeto e o levantamento das condicionantes topográficas das bacias interceptadas. Ao se considerar um período de retorno de 10 anos, e após outras simulações que levaram em consideração a geometria das áreas de contribuição e o histórico de chuvas local, encontrou-se um volume para a bacia de 2.800 m^3 , com uma lâmina d'água de 2,0 metros de altura e uma área de 1.400 m^2 , com o talude da bacia definido com uma altura de 3,0 metros. Foram realizados alguns ensaios de caracterização e após a realização dos ensaios de cisalhamento direto e adensamento, foram realizadas análises quanto à possibilidade de escorregamentos considerando-se determinada geometria. Conclui-se que para o dimensionamento correto de uma estrutura de tamanha importância como uma bacia de retenção de águas pluviais, além da determinação da área necessária para recebimento de toda a vazão existente, é necessário o conhecimento sobre o desempenho da obra durante sua construção e funcionamento, já que o rompimento de tal estrutura pode vir a desencadear processos erosivos na região, além de prejuízos financeiros.

PALAVRAS-CHAVE: Chuvas, Drenagem Urbana, Erosão, Ensaios, Colapso, Taludes.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, observa-se que o êxodo rural aumentou significativamente nas últimas décadas, fazendo com que boa parte dos projetos de ocupação urbana fosse comprometida. O censo do IBGE (2010)

revelou que várias cidades brasileiras apresentaram mais de 2.000.000 de habitantes. Entre as maiores cidades encontram-se São Paulo (sexta maior cidade do mundo) com mais de 10.600.000 habitantes na região metropolitana, e a região metropolitana do Rio de Janeiro, com mais de 5.900.000 habitantes.

A expansão do meio urbano gera o aumento de superfícies impermeabilizadas por obras de diversas naturezas, como residenciais, comerciais, industriais e vias públicas, o que implica na alteração do ciclo hidrológico nas cidades.

Nas áreas urbanas, a impermeabilização do solo é responsável pelo aumento do escoamento superficial e suas consequências. O fluxo de águas pluviais utiliza as ruas como seu principal conduto para escoamento e juntamente transportam materiais sólidos e poluentes.

Durante as chuvas, e sem a possibilidade de se infiltrarem no solo, grandes fluxos interferem vigorosamente nas regiões urbanas e redondezas, causando diversos transtornos à população, (Luiz, 2012).

Além disso, esses grandes fluxos somados ao aumento da velocidade de escoamento nos pontos de lançamento tornam inevitáveis o surgimento de erosões superficiais tendo como consequências: a degradação da paisagem e dos ecossistemas; poluição por sedimentos; riscos à saúde pública; e altos custos para correção dos problemas gerados.

A destinação de águas pluviais tem sido um dos maiores desafios enfrentados no processo de expansão das cidades. O uso e ocupação do solo e sua impermeabilização gera o desequilíbrio do ciclo hidrológico local, sobretudo na parcela da infiltração. Dessa forma a água que deixa de ser infiltrada contribui no aumento do escoamento superficial, contribuindo para as enchentes. A vantagem principal do uso da bacia de retenção é a disponibilização de um volume razoável para a reserva de água nos momentos de pico das chuvas.

1.1 Caracterização da Área Estudada

O parcelamento é composto por 437 (quatrocentos e trinta e sete) lotes residenciais, com áreas de 800 m², 10 (dez) lotes comerciais com área de 200 m² cada, 02 (dois) lotes destinados a Equipamento Público Urbano – EPU com 990,08 m² e 01 (um) lote destinado ao uso coletivo com área de 711,40 m².

A área de projeto está limitada ao norte com a rodovia BR 479 – DF 250, ao sul com o Córrego Cachoeirinha e o Quinhão 04 da Fazenda Sobradinho dos Melos, confronta-se a leste com o parcelamento de solo denominado Jardins Genebra e a oeste com o Quinhão 12 da Fazenda Sobradinho dos Melos. A Figura 1, retirada do Google Earth mostra uma vista da área de estudo:



Figura 1. Imagens de satélite da área estudada.

2 METODOLOGIA

Serão realizados os procedimentos orientados pela Agência reguladora de Águas do Distrito Federal (ADASA), juntamente com a Secretaria de Obras do Distrito Federal (2009), que solicitam, quando do lançamento de águas pluviais em dispositivos de retenção, que seja realizada a análise de escorregamento e colapso da bacia em questão.

Dessa forma, após a realização dos estudos hidrológicos para a região de estudo, será realizado o dimensionamento da bacia de retenção, com a análise geotécnica solicitada pelos órgãos competentes.

2.1 Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos foram elaborados visando definir os regimes de chuvas e as climatologias específicas para a região.

O conhecimento do regime anual de chuvas através das alturas de precipitações mensais permite também estabelecer a época mais propícia ao início de execução das obras.

As atividades executadas para a realização dos estudos hidrológicos foram:

- a) Escolha dos Postos Meteorológicos para o projeto;
- b) Definição do modelo de chuvas a ser utilizado no projeto para cálculo das vazões;
- c) Estabelecimento das características de precipitação pluviométrica dos Postos Meteorológicos na região do projeto;
- d) Determinação das características das bacias hidrográficas de contribuição para o projeto;

A coleta de dados para os estudos hidrológicos foi desenvolvida com a finalidade de permitir a caracterização pluviométrica na área do projeto e o levantamento das condicionantes topográficas das bacias interceptadas.

Os dados utilizados para realização dos Estudos Hidrológicos estão abaixo relacionados:

- a) Carta SICAD escala 1:10.000;
- b) Dados pluviométricos fornecidos pela SIH/ANA - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas, sendo que a estação escolhida é a mais representativa do regime pluviométrico da região, sendo esta a Estação de Tratamento de Esgoto, Região Administrativa do Paranoá, dados pluviométricos de 1979 a 2006 (18 anos com séries confiáveis utilizadas), localizada na latitude -15°47'48" e longitude - 47°47'1".

A metodologia empregada na elaboração do estudo hidrológico em questão foi extraída da Instrução de Serviço IS-203 do DNIT (2006), que contempla os estudos de Pfafstetter (1957) e Torrico (1974).

2.1 Estudos Geotécnicos

A campanha de ensaios envolveu ensaios de campo e ensaios de laboratório. Os ensaios de campo compreenderam os ensaios de sondagens SPT, infiltração e identificação tátil visual dos

solos. Já os ensaios de laboratório compreenderam os ensaios de granulometria, massa específica natural do solo, massa específica dos grãos de solo, cisalhamento direto e adensamento. Na Figura 2 a seguir, apresenta-se o local de realização dos ensaios.



Figura 2. Local de realização dos ensaios.

Na sondagem SPT, o estudo consistiu na execução de 02 (dois) furos de sondagens, totalizando 4,90 m (quatro metros e noventa centímetros) de perfuração, a Figura 3 mostra a execução do ensaio.



Figura 3. Execução de furos do ensaio SPT

Para os ensaios de infiltração “in situ” foram definidos 2 (dois) pontos na área de implantação da bacia de retenção. As localizações dos 2 (dois) pontos foram definidas de acordo com a inspeção de campo na área destinada para a retenção das águas pluviais e seguiram a espacialização dessas áreas. Os ensaios visaram

verificar os coeficientes de permeabilidade das áreas em estudo. Os ensaios consistiram da execução nas profundidades de 0,0 (zero) a 2,0m ao longo do perfil de solo em estudo.

3 RESULTADOS

3.1 Estudos Hidrológicos

A organização dos dados disponíveis levou a obtenção de variáveis como precipitação total anual e número de dias com chuva para a região de estudo.

Todo o tratamento estatístico foi conduzido para o levantamento das Curvas "Intensidade-Duração-Frequência", da região, onde ao se fixar o tempo de retorno, observa-se a relação entre intensidade e duração do evento chuvoso. A determinação do tempo de retorno está relacionada, entre outras situações, à natureza da obra, danos em caso de rompimento, além dos custos e segurança. A seguir apresentam-se os valores das curvas "Intensidade-Duração-Frequência", após a realização de um tratamento estatístico para a estação escolhida.

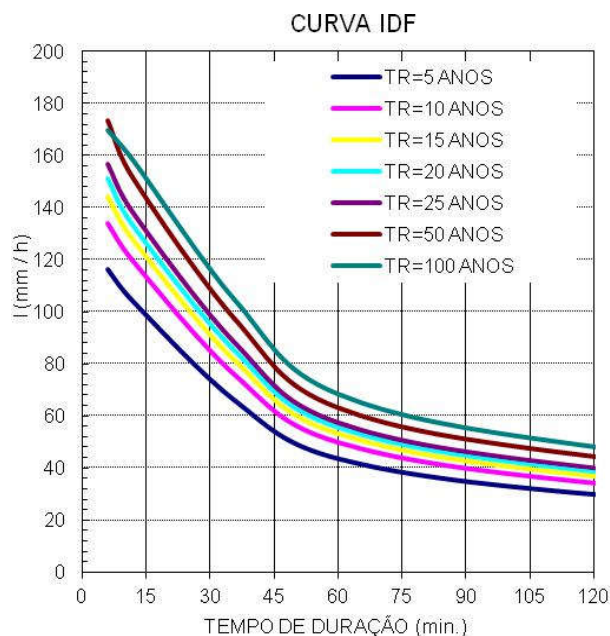


Figura 3. Curva IDF para a região.

Para o dimensionamento da bacia de retenção, foi utilizada a curva IDF referente a

um período de retorno de 10 anos, e após outras simulações que levaram em consideração a geometria das áreas de contribuição, encontrou-se um volume para a bacia de 2.800 m³, com uma lâmina d'água de 2,0 metros de altura e uma área de 1.400 m².

3.1 Estudos Geotécnicos

A Tabela 1 apresenta o resumo com os resultados das permeabilidades obtidas para a área destinada à bacia de retenção, com cada furo recebendo a denominação de CA 01 e CA 02.

Tabela 1. Dados dos ensaios de infiltração.

Permeabilidade de 0,0 até 1,0 metro de profundidade		
Furo de infiltração	CA 01	CA 02
Diâmetro do furo (cm)	15,0	15,0
Altura da coluna d'água (cm)	100,0	100,0
Δh (cm)	11,0	24,0
Tempo total (s)	900,0	900,0
Permeabilidade (cm/s)	$1,78 \times 10^{-4}$	$3,87 \times 10^{-4}$
Taxa de infiltração (min/m)	136,4	62,5
Taxa de aplicação (m ³ / m ² x dia)	0,11	0,16

Os ensaios de permeabilidade realizados em campo evidenciam que os valores obtidos são da ordem de grandeza de 10^{-4} cm/s. Em termos de consistência, verifica-se que o solo local apresenta predominantemente características areno-argilosa/siltosa.

Na outra bateria de ensaios, foram realizados ensaios de laboratório, de tal forma que foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo para execução dos ensaios de laboratório. Tais ensaios compreenderam granulometria, massa específica natural do solo, massa específica dos grãos de solo, cisalhamento direto e adensamento. Esses ensaios serão fundamentais no dimensionamento da bacia. A Tabela 2, a seguir, apresenta o resumo dos resultados dos ensaios geotécnicos efetuados.

Tabela 2. Índices físicos e parâmetros de resistência dos solos investigados.

Resumo dos resultados	
γ_{nat} (kN/m ³)	12,90
w (%)	23,33
c' (kPa) – condição inundada	3,00
ϕ' (°) – condição inundada	31,00
γ_d (kN/m ³)	10,46
γ_s (g/cm ³)	2,70
γ_{sat} (kN/m ³)	16,39
e	1,53
η (%)	60,50
Sr (%)	41,12

Onde: γ_{nat} – peso específico aparente natural; w – teor de umidade; c' – coesão efetiva; ϕ' – ângulo de atrito efetivo; γ_d – peso específico aparente seco; γ_s – peso específico dos grãos; γ_{sat} – peso específico saturado; e – índice de vazios; η – porosidade; Sr – grau de saturação.

O ensaio de adensamento realizado visou determinar o risco de colapsividade da bacia, portanto foi realizado na condição em fosse alcançado o colapso, conforme critério especificado por Jennings e Knight (1957), o Coeficiente de Colapso (CP) foi calculado de acordo com a Equação 01 e a Tabela 3 apresenta os dados obtidos no ensaio.

$$CP = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad (1)$$

Onde: C.P. – coeficiente de colapso; e_0 – índice de vazios inicial; e – índice de vazios final.

Tabela 3. Resultados do ensaio de adensamento

Resumo dos resultados	
σ_c (kPa)	40,00
e_0	1,513
e	1,483
C.P.(%)	1,19

Onde: σ_c – tensão de colapso.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A bacia foi dimensionada para possuir uma lâmina d'água de 2,0 metros de altura e uma

área de 1.400 m² com o talude de contenção possuindo 3,0 metros. Foi considerado que o solo de fundação possui os mesmos parâmetros de resistência que o material constituinte do talude.

Quanto à estabilidade ao escorregamento, após simulação no software GEOSLOPE, os fatores de segurança foram determinados na etapa de construção e operação, na Tabela 4 estão os valores encontrados.

Tabela 4. Condições simuladas

Condições	Fatores de segurança
Final de construção	1.80
Em operação	1.75

Em termos de estabilidade, enfatiza-se aqui que a boa prática de engenharia associada às orientações prescritas na NBR 11.682 (Estabilidade de taludes), adota o fator de segurança igual a 1,50 (talude permanente) e 1,30 (talude provisório) como o necessário e suficiente em termos de estabilidade de um maciço de terra que teve seus parâmetros adequadamente determinados em laboratório de acordo com procedimentos normalizados em geotecnia.

Pôde ser observado que a geometria de 1,0 (V): 1,0(H) com uma crista de 2,0 m atendeu aos critérios de análise. É de fundamental importância que a execução da bacia atenda à geometria especificada para a inclinação dos taludes, condição esta que garante a estabilidade exigida. Outro fator que contribui para a garantia da estabilidade desejada é o plantio de gramas em toda a extensão da bacia, evitando-se assim o carregamento de grãos finos e o consequente início de processo erosivo.

Em termos de colapsividade, Vargas (1977) informa que alguns solos não-saturados sofrem uma brusca redução do índice de vazios quando saturam e (ou) recebem algum tipo de solicitação. Este comportamento, por exemplo, é característico das argilas porosas. A explicação que pode ser utilizada associa os macros poros que se formam através da indução do processo de lixiviação gerado pela água, quando se observa que partículas com menores

diâmetro acabam sendo carreadas para as camadas mais profundas e deixado nos contactos um material cimentante (geralmente o carbonato de cálcio ou o óxido de ferro).

Com a saturação, esse material cimentante é dissolvido e o colapso da estrutura da argila pode ocorrer devido a alguma solicitação. O papel do material cimentante pode ser feito por forças capilares que surgem nos solos não-saturados e que também se perdem com a saturação. Assim, o grau de colapsibilidade do solo pode ser definido a partir de um índice chamado de potencial de colapso “CP” obtido nos ensaios em que a amostra é inundada a determinada tensão maior ou igual a que atua no campo. O resultado de 1,19 %, representa que a destinação das águas pluviais, em quantidades adequadas, não causará danos em termos de colapso na bacia topográfica.

4 CONCLUSÕES

O impacto da urbanização sobre os sistemas de drenagem natural de uma região e sobre os cursos d'água inseridos no meio urbano estão relacionados com o crescimento das cidades. Para gerenciamento dos impactos da drenagem urbana, cidades brasileiras contam com ações de controle de fluxos superficiais das águas pluviais, onde os sistemas de retenção e/ou infiltração têm sido aceitos para minimizar esses impactos. A partir deste estudo, conclui-se que projetos de drenagem devem ser de fato rigorosos tanto na fase de projeto quanto de execução. Estruturas de terra como bacias, devem passar por avaliação geotécnica criteriosa a fim de se evitar rompimentos e danos ao meio ambiente. No presente estudo de caso, recomenda-se o acompanhamento de um profissional da área geotécnica para verificar o comportamento do local durante as escavações necessárias para implantação, bem como em eventos chuvosos durante a operação, para observar ocorrências de eventuais gradientes hidráulicos a serem gerados na bacia proposta, visando garantir um melhor desempenho da estrutura.

REFERÊNCIAS

- ADASA, Agência Reguladora De Águas, Energia E Saneamento Básico Do Distrito Federal: Resolução nº 09 de 08 de abril de 2011.
- DNIT 203/2006-IS: Instrução de Serviço para Estudos Hidrológicos: Instrução de serviços. Rio de Janeiro, 2006.
- IBGE (2010). – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: . Acesso em: 17 out. 2015.
- LUIZ, G. C. (2012). Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados: estudo de caso - Município de Goiânia-GO. Tese de Doutorado. Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília (ENC/FT/UnB, Doutor, Geotecnia. Brasília.DF. 246p
- PFAFSTETTER, O. Chuvas intensas no Brasil. Rio de Janeiro, DNOCS, 1957. 419p.
- SECRETARIA DE ESTADO DE OBRAS DO DF: Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal. Concremat Engenharia. Volume 02, Brasília, Distrito Federal, 2009.
- TORRICO, J. J. T. Práticas hidrológicas. Rio de Janeiro, TRANSCON, 1974. 119 p.
- VARGAS,M., 1977., Introdução à Mecânica dos Solos, Mac Graw-Hill do Brasil, Editora da Universidade de São Paulo