

IX-013 - AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO INTEGRADA A EQUIPAMENTO PÚBLICO COMO SOLUÇÃO TÉCNICA PARA ATENUAÇÃO DOS PROBLEMAS DE INUNDAÇÃO NA CIDADE DE RIO PARANAÍBA-MG

Ana Luiza Barbosa Alcântara⁽¹⁾

Graduada de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa *campus* de Rio Paranaíba.

Bianca de Melo Soares Leão⁽¹⁾

Graduada de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa *campus* de Rio Paranaíba.

Daniella Christianne Brandão Silva⁽¹⁾

Graduada de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa *campus* de Rio Paranaíba.

Lineker Max Goulart Coelho⁽¹⁾

Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental Ecole des Ponts Paristech.

Tatiane Gracielle Andrade Rezende⁽¹⁾

Graduada de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa *campus* de Rio Paranaíba.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal Viçosa, Rodovia MG-230 – Km 7, Rio Paranaíba – MG, CEP: 38810-000, Caixa Postal 22 - Tel: +55 (34) 3855-1366, e-mail: linekermx@yahoo.com.br

RESUMO

Bacias de retenção são utilizadas em situações em que se busca um alívio nas redes de drenagem através da redução dos picos de enchentes e do retardamento do escoamento da água. Apresentadas como uma alternativa de técnica compensatória em locais em que a drenagem urbana não é eficiente, essas bacias podem ser construídas a céu aberto ou subterraneamente. Localizada na região do Alto Paranaíba, a cidade de Rio Paranaíba enfrenta diversos problemas relacionados à infraestrutura urbana incluindo o gerenciamento das águas pluviais.

Visando amenizar o problema de drenagem das águas advindas das chuvas mais intensas, o presente trabalho vem apresentar resultados de um estudo de construção de uma bacia de retenção superficial na cidade em questão. Nesse estudo é proposto que em uma área de 1800 m² e 1.2 m de profundidade seja construído um campo de futebol que será utilizado como amortecimento no período de cheia e como área de lazer em outros períodos.

Após a análise dos resultados, conclui-se que a implementação da técnica compensatória consegue igualar o pico de vazão à jusante do local escolhido, para uma chuva de período de retorno de 20 anos, ao pico de vazão de uma chuva de período de retorno igual a 2 anos. Portanto, demonstrou-se que a técnica compensatória é satisfatória para o uso em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Urbana, Bacia de Retenção, Técnica Compensatória.

INTRODUÇÃO

Situada na região do Alto Paranaíba, a cidade de Rio Paranaíba até o ano de 2007 tinha sua economia dependente exclusivamente da produção agrícola. Nesse mesmo ano a cidade recebeu um campus universitário. A partir de então a cidade passou por uma intensa expansão da área urbana. A chegada de estudantes, professores e funcionários vêm aumentando a demanda por moradia, transporte, alimentação, comércio, lazer dentre outras necessidades. (STEPHAN et al., 2013).

Diante disso Rio Paranaíba vem enfrentando diversos problemas relacionados à infraestrutura urbana incluindo o gerenciamento das águas pluviais. Isso porque, a cidade não possui um plano diretor que planeje e direcione o desenvolvimento e a expansão do espaço a ser construído. Com topografia predominantemente plana, moradores residentes na região mais baixa sofrem pela falta de planejamento referente ao sistema drenagem de águas pluviais. Na verdade na maior parte dos bairros não existem bocas de lobo nem galerias de drenagem nem tampouco sistemas alternativos do tipo técnicas compensatórias. Além disso, nas áreas em que existe algum sistema de drenagem pluvial este se apresenta subdimensionado e em situação precária, conforme

apresentado nos estudos de Santos (2014) e Araújo & Coelho (2015). Desta forma, quando ocorrem chuvas mais intensas, o volume de água que escoar é muito alto e provoca transtornos aos moradores. Outro agravante é a diminuição do número de áreas permeáveis ocasionado pelo número de construções desordenadas, minimizando assim a infiltração e consequentemente aumentando o escoamento superficial.

Visando minimizar esses agravantes será exposto neste trabalho um tipo de técnica compensatória do tipo bacia de retenção integrada a equipamento urbano.

As bacias de retenção são utilizadas com o objetivo de reduzir os picos de enchentes e retardar o escoamento da água, tendo como efeito positivo um alívio nas redes de drenagem. Entretanto, tais estruturas requerem a utilização de grandes espaços urbanos devendo, portanto se buscar sempre associá-las a outros equipamentos urbanos. Normalmente são utilizadas praças, parques e áreas de lazer como quadras e campos de futebol para atuarem com função de retenção. Nestes casos as bacias podem ser tanto subterrâneas, localizadas abaixo dos equipamentos urbanos, como a céu aberto. No último caso o próprio equipamento urbano é utilizado como reservatório durante eventos pluviométricos sendo preenchido pela água pluvial. A utilização de bacias de retenção subterrâneas possuem como inconveniente a necessidade de maiores investimentos para sua construção. Já as bacias de retenção a céu aberto necessitam de manutenções após a ocorrência de evento pluviométrico para garantir que a outra função do equipamento urbano (praça, quadra, campo de futebol) não seja limitada pelo acúmulo de sólidos trazidos pelas águas pluviais. Estas em geral possuem um custo de construção entre três e cinco vezes menor que os custos de construção das bacias subterrâneas (DEP, 2015). Levando em consideração as vantagens e desvantagens dos dois tipos de bacias, escolheu-se para este estudo a bacia de retenção do tipo superficial para que seja implantada na região do Rio Paranaíba.

OBJETIVO

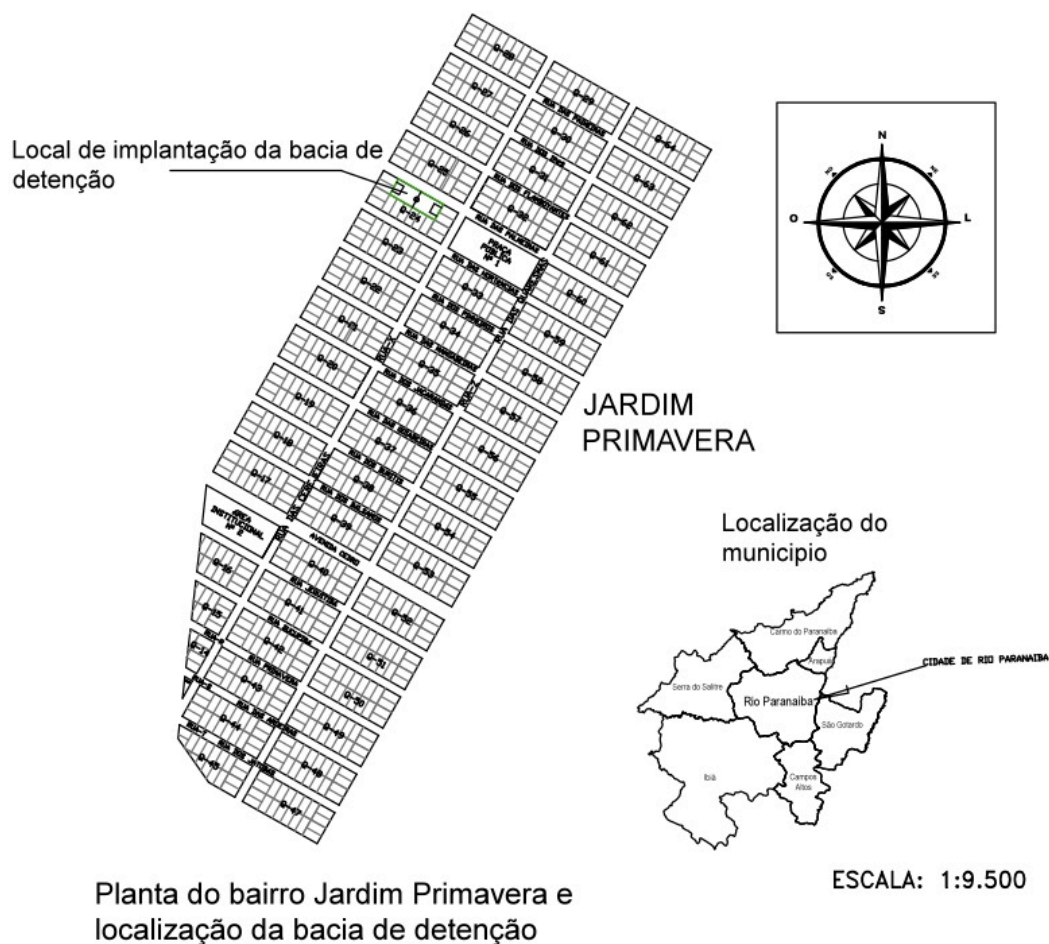
O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados de um estudo de aplicação de sistema de técnica compensatória do tipo bacias de retenção associada a equipamentos urbanos como instrumento para melhoria da gestão das águas pluviais para a cidade de Rio Paranaíba.

METODOLOGIA

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia de retenção adotada consistiu em um campo de futebol locado a uma determinada altura abaixo do nível do terreno, a qual foi definida no presente estudo, com área de 1800 m² possuindo 30 m de largura e 60 m de comprimento. O terreno em que se pretende instalar o equipamento urbano em questão situa-se no bairro Jardim Primavera da cidade de Rio Paranaíba. Esse bairro apresenta uma área de contribuição de aproximadamente 346750 m². O local escolhido para implantação da bacia de retenção encontra-se no exutório da área em estudo permitindo a condução das águas por gravidade.

O critério utilizado para a escolha desse bairro foi fundamentado nos problemas e transtornos causados a jusante desta área durante os períodos chuvosos, devido a ausência de um sistema de drenagem adequado. São recorrentes os relatos em que a água pluvial advinda deste bairro escoar superficialmente para a região a jusante provocando alagamentos nas vias de circulação. Para determinar a localização da bacia de retenção foi escolhido um terreno com área suficiente para a implantação de um campo de futebol. A figura 1 mostra uma visão geral da localização da bacia de retenção no bairro Jardim Primavera, e as figuras 2 e 3 mostram o local escolhido para a implementação.



Planta do bairro Jardim Primavera e
localização da bacia de detenção

Figura 1: Localização da bacia de Detenção no bairro Jardim Primavera.



Figura 2: Local escolhido para implementação da bacia de detenção.



Figura 3: Imagem panorâmica do local escolhido para implementação da bacia de retenção.

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

HIETOGRAMA

A equação 1 permite estimar a intensidade pluviométrica para um evento pluviométrico de duração t e tempo de retorno T .

$$i = \frac{k \cdot T^a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Em que:

T : tempo de retorno em anos;

t : tempo de concentração em minutos;

k , a , b e c : constantes de ajustes locais;

i : em mm/h.

O tempo de retorno(T) varia com o tipo de ocupação, de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 1: Períodos de retorno (DAEE/CETESB, 1980 e Porto *et al.* 2000)

T (ano)	Tipo de ocupação	Tipo de obra
2	Residencial	Microdrenagem
5	Comercial	
5	Áreas com edifícios públicos	
2-5	Aeroportos	
5-10	Áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários	
50-100	Áreas comerciais e residenciais	Macrodrenagem
500	Áreas de importância específicas	

Usando o programa Plúvio 2.1, foram determinados os parâmetros da equação de chuvas intensas para a área em estudo. Os parâmetros fornecidos pelo Plúvio 2.1, para o município de Rio Paranaíba/MG, cuja latitude e longitude são 19°11'37" e 46°14'50", respectivamente, foram:

$K = 1472,679$.

$a = 0,175$.

$b = 15,594$.

$c = 0,765$.

A duração da chuva adotada para avaliar o efeito da bacia de retenção foi de 60 min. Buscou-se determinar a capacidade de armazenamento da bacia necessária para que a vazão máxima de escoamento superficial de jusante após um evento de tempo de retorno de 20 anos fosse inferior a vazão de pico para um evento pluviométrico com período de retorno de 2 anos.

Isso porque de acordo com estudos de Araújo & Coelho (2015) o pico de vazão para um evento com tempo de retorno de 2 anos e duração de 60 min corresponde ao limite de capacidade do sistema de drenagem de Rio

Paranaíba. Considerando que a área em questão é um bairro de ocupação recente, adotou-se um coeficiente de runoff (C) igual 0,7, valor recomendado por Porto (1991) para áreas pouco densas.

Tabela 2: Coeficiente de escoamento superficial direto adotado pela PMSP (Wilken, 1978 apud Porto, 1995)

Ocupação do solo	(C)
Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com rua e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
Edificação com poucas superfícies livres: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
Edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes.	0,25 a 0,50
Subúrbios com alguma edificação: partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
Matas, parques e campos de esportes: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campo de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

O hietograma foi construído considerando uma distribuição temporal da chuva do tipo triângulo simples.

HIDROGRAMA

O hidrograma por sua vez foi elaborado com base na determinação das vazões para cada intervalo de tempo. Diversos modelos de transformação chuva-vazão podem ser utilizados para definir o hidrograma afluente, como por exemplo: o do método racional, o hidrograma unitário sintético ou modelos mais completos como (IPH2), (HEC-RAS), (HMS), (Mike 11), entre outros.

De acordo com as recomendações atualmente aceitas na literatura (TUCCI, 2000; LINSLEY e FRANZINI, 1964; PINTO et al., 1975), limita-se a aplicação do método racional em bacias até 2 km². Tendo em vista que a região em estudo possui área igual a 346750 m² as vazões foram determinadas por este método.

Para elaboração do hidrograma utilizando o método racional tem-se:

$$Q = ciA \quad (2)$$

Em que:

c: coeficiente de Runoff;

i: intensidade da chuva (m/s);

A: Área de contribuição (m²);

Q: vazão escoada (m³/s).

A eficácia da bacia de detenção quanto a atenuação do pico de vazão e amortecimento do sistema de drenagem foi avaliada comparando-se os hidrogramas das bacias com e sem intervenção para uma chuva de T igual 20 anos.

Para o cálculo da vazão de saída da bacia de detenção utilizou-se a equação 3, que permite o cálculo da vazão para cada tubulação de saída. Foram adotados duas tubulações de saída com diâmetro de 200mm.

$$Q = A \times 0,6 \sqrt{2gh} \quad (3)$$

Em que:

Q: vazão de saída da bacia de detenção (m³/s);

g: aceleração da gravidade (m/s²);

h: altura de lâmina de água acima do eixo do tubo de saída;

A: área da seção do tubo de saída (m²).

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

O custo de implantação da bacia será analisado através do Setop conforme a planilha referencial de preços do estado de Minas Gerais na região do Triângulo e Alto Paranaíba, local de construção do método compensatório e preços do mercado. Serão considerados os gastos: nos serviços de terraplanagem, gramado, tubulações e demais componentes necessários para construção de um campo de futebol (traves, demarcação). A manutenção não será incluída nos cálculos dos custos, considerando que esta será de responsabilidade da prefeitura local. É importante salientar que o estudo desses custos torna-se necessário para análise da viabilidade do projeto proposto.

RESULTADOS

A figura 4 apresenta os hietogramas de projeto para um período de retorno de 2 e 20 anos. Já a figura 5 apresenta a resposta da bacia em estudo em termos de hidrogramas de saída. Ressalta-se que o valor da profundidade da bacia requerido para atingir o objetivo do estudo foi 1,2 m. Para este valor de profundidade da bacia de detenção nota-se que esta estrutura conseguiu-se obter um pico de vazão para uma chuva de T igual a 20 anos equivalente ao pico de vazão para um chuva de T igual a 2 anos, conforme ilustrado na figura 4.

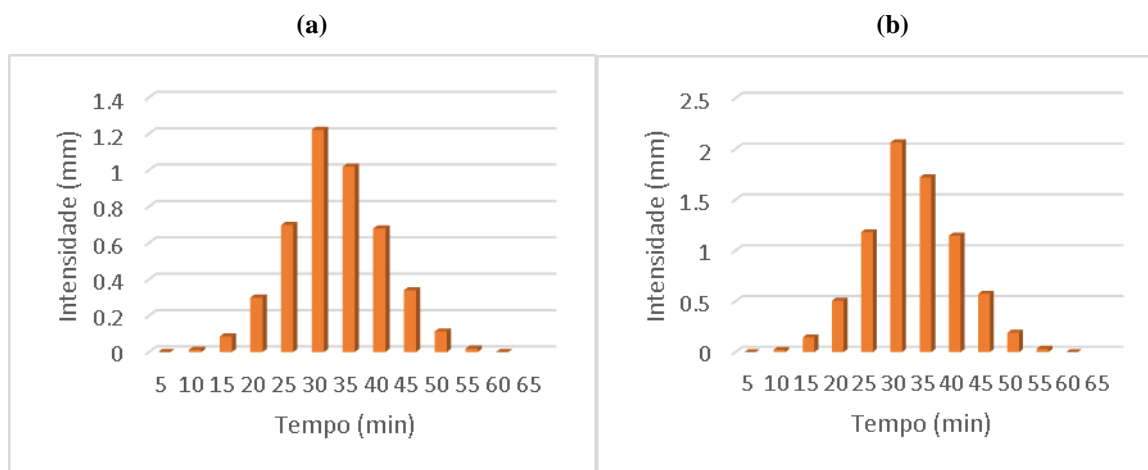


Figura 4 – Hietograma de Rio Paranaíba/MG para uma chuva de duração de 60 minutos e período de retorno: a) 2 anos, b) 20 anos.

Além disso, comparando-se os hidrogramas para um evento pluviométrico com período de retorno igual a 20 anos com e sem bacia de detenção nota-se que a bacia em questão contribui tanto para reduzir o pico de vazão quanto para retardá-lo no tempo. Conforme se observa na figura 5 o pico de vazão com a estrutura de detenção foi 40% inferior ao obtido quando não se utiliza a bacia proposta. Observa-se também um retardamento do pico de vazão com a instalação da técnica compensatória em questão. Este retardamento foi de aproximadamente 10 min. Este efeito também contribui para reduzir a sobrecarga no sistema de drenagem pois cria uma defasagem entre os pico de vazão do bairro em questão e dos bairros a jusante.

A figura 6 apresenta um esquema detalhado da bacia de detenção em questão.

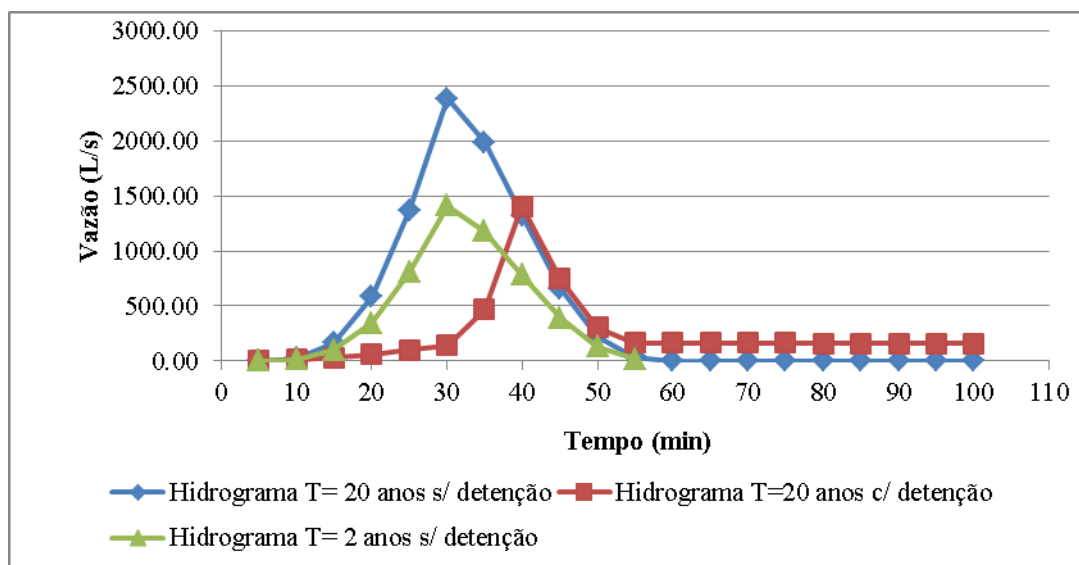


Figura 5 – Hidrograma comparativo para a região o bairro Jardim Primavera, Rio Paranaíba (MG) durante uma chuva de 60 minutos com diferentes cenários.

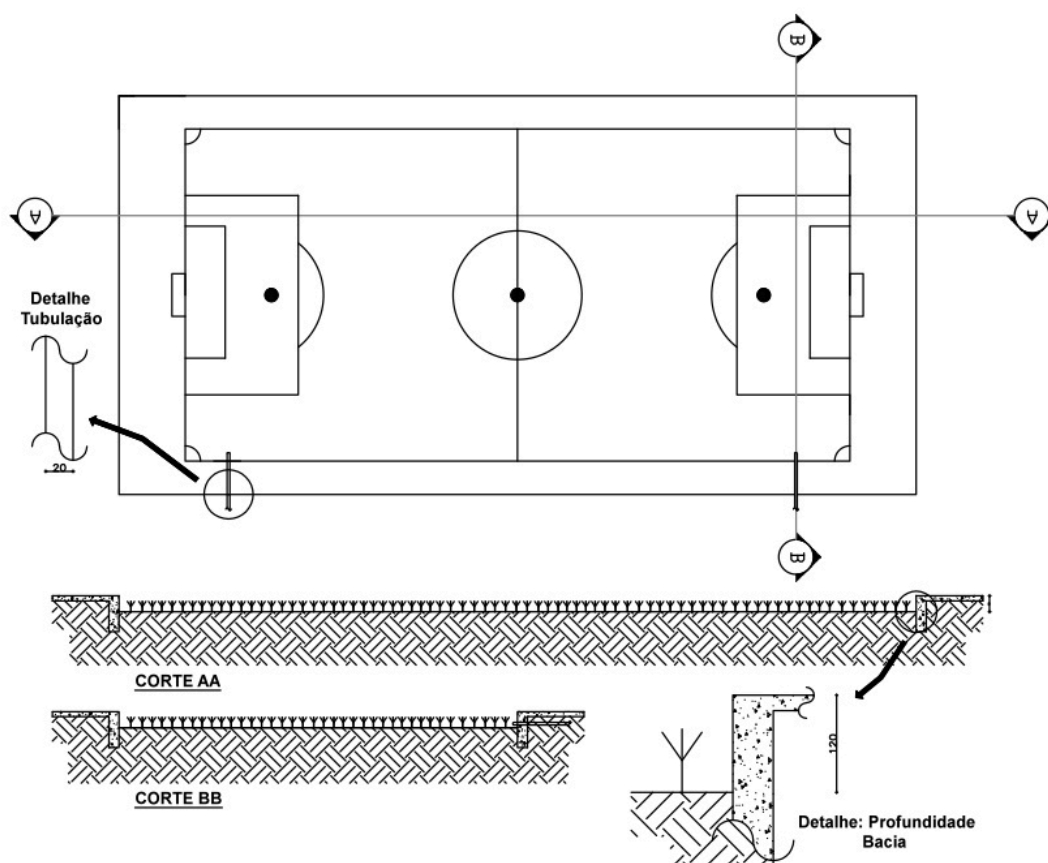


Figura 6: Esquema bacia de detenção.

Em relação aos custos de implantação, a tabela 3 mostra os custos dos serviços de implantação do sistema proposto, totalizando um valor de R\$52.884,12.

Tabela 3: Custos de implantação.

Serviço	Quantidade	Fonte	Preço
Corte e desaterro	2160 m ³	SETOP	R\$ 5.551,20
Tub. PVC 200mm	4 m	SETOP	R\$ 330,12
Contenção	44 m ³	Orçamento	R\$ 16.016,00
Gramado (batatais)	1800 m ²	SETOP	R\$ 23.868,00
Pintura (campo)	320m	Orçamento	R\$ 2.300,80
Traves	2 Uni.	SETOP	R\$ 3.318,00
Alambrado e Fixador	60 m	Orçamento	R\$ 1.500,00
Total			R\$ 52.884,12

CONCLUSÃO

A análise dos resultados indicaram que com a utilização de um campo de futebol como uma bacia de detenção, com altura de 1,2 m, permite-se que o pico de vazão à jusante da área de estudo em um evento pluviométrico de período de retorno de 20 anos seja equivalente ao pico de vazão de um evento com período de retorno de 2 anos, atendendo assim ao objetivo almejado, além de apresentar baixo custo benefício, se levado em consideração os transtornos que seriam evitados. Conforme os resultados obtidos, nota-se que a utilização de bacias de detenção associadas com equipamentos urbanos são uma boa opção para se aproveitar o espaço urbano, podendo ser utilizadas tanto como área de lazer quanto como infraestrutura de drenagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAUJO, M. M. A. & COELHO, L. M. G. Avaliação hidrológica e hidráulica de sistemas de microdrenagem urbana – Um estudo de caso da cidade de Rio Paranaíba-MG. Anais do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.
2. DEP – DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS. Detenção – As bacias que ficam secas. Prefeitura de Porto Alegre, 2015.
3. FRANCISCO, S. A. Estimativa de vazões máximas no rio Benevente (ES) com auxílio de modelo chuva vazão. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.
4. PORTO, R.L.L. Hidrologia ambiental. Coleção ABRH de Recursos Hídricos -. Vol. 3. ABRH, EDUSP, 1991.
5. SANTOS, D. R. Análise do sistema de drenagem de águas pluviais do município de Rio Paranaíba – MG. Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba. Monografia de Final de Curso. 2014, 67p.
6. SETOP (Minas Gerais) – Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. Preço SETOP. Planilha Referencial de Preços Unitários para Obras de Edificações e Infraestrutura. Dezembro 2015.
7. SILVA, M. K. D. Modelo para pré-dimensionamento de bacias de detenção para controle da poluição difusa das águas pluviais no município de Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
8. SILVA, V. E. A.; MONTES, L. R.; COELHO, L. G. Estudo de viabilidade técnica e econômica do reuso de águas cinzas para usos não potáveis em um condomínio com 100 residências. *Ecogestão Brasil*. Rio Paranaíba: Universidade Federal de Viçosa, 2015.
9. STEPHAM, I. LATINI, T. O impacto da implantação de um campus universitário em Rio Paranaíba, MG, 2013.
10. TOMAZ, PLÍNIO. Curso de Manejo das Águas Pluviais. Capítulo 116 – Hietograma pelo método de Yen e Chow, 1980, 2012.
11. TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade. UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993.