

Doi: <https://doi.org/10.47879/ed.ep.2020144p82>

Gabriel Andrade Luiz

Técnico em Edificações e Mecânica Industrial, Cadista, Acadêmico do 6º período do curso de Engenharia Civil da Faculdade Vértix Trirriense. UNIVÉRTIX – Três Rios.

Thalles Gumieri da Silva

Acadêmico do 6º período do curso de Engenharia Civil da Faculdade Vértix Trirriense. UNIVÉRTIX – Três Rios.

Rita de Cássia Texeira Assis

Graduada em Engenharia Civil; Mestranda em Ambiente Construído; Professora da Faculdade Vértix Trirriense. UNIVÉRTIX – Três Rios.

Lucas Machado Rocha

Graduado em Engenharia Civil, pós-graduado em Sustentabilidade na Construção Civil e Mestre em Mecânica das Estruturas; Professor da Faculdade Vértix Trirriense. UNIVÉRTIX – Três Rios.

Silane Mattos Peres

Graduada em Engenharia Civil e Segurança do Trabalho; Pós-graduada em Gestão de Projetos e Mestranda em Ambiente Construído; Professora da Faculdade Vértix Trirriense. UNIVÉRTIX – Três Rios.

RESUMO

O aumento de ocorrência de enchentes urbanas na cidade de Três Rios nos últimos anos motivou o desenvolvimento desse trabalho, o qual tem como objetivo apontar a deficiência de permeabilidade existente nas pavimentações públicas. Tal deficiência, é analisada pelo efeito do aumento da urbanização e impermeabilização dos solos, acarretando no crescimento do escoamento superficial. Além disso, o trabalho ressalta a importância do direito de ir e vir, que é garantido por lei e deve ser cumprido pelo poder público do município, onde no seu próprio plano diretor local menciona direitos que são descumpridos aos cidadãos residentes. Desse modo, o estudo busca ainda desenvolver acerca da questão da falha urbanística que provoca diversas enchentes, devido à fatores como a utilização do asfalto CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente), além do dimensionamento defasado do sistema de drenagem, como também a poluição ocasionada pela ação humana. Mediante a esse fato, o conteúdo aponta os principais fatores que propiciam a recorrência de inundações, afetando o tráfego e qualidade de vida na cidade Três Rios. Com base nessa temática, é apresentado como proposta de intervenção, a utilização de uma camada asfáltica mais eficiente, como o CPA (Camada Porosa de Atrito), a revisão do dimensionamento das tubulações e a conscientização da ação humana, de forma a minimizar a incidência desse problema.

Palavras-chave: Enchentes. Asfalto. Permeabilidade. Inundações. Urbanização.

INTRODUÇÃO

Odom (1988) considera que a acelerada urbanização e crescimento das cidades, especialmente a partir de meados do século XX, promoveram mudanças fisionômicas no Planeta superiores à de qualquer outra atividade humana.

O processo de expansão significativa da urbanização, assim como o crescimento das superfícies impermeáveis nos grandes centros e cidades, começa a sofrer inúmeros problemas, muitas vezes, devido a um deficiente planejamento urbano.

Dados do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), do ano 2000, mostraram que o Brasil apresentava uma taxa de população urbana de aproximadamente 82%, próxima à saturação, sendo que 13 cidades já possuíam mais de um milhão de habitantes. Mediante a esse fato, o inchaço urbano propicia consequências diretamente proporcionais ao crescimento urbano, como a desproteção do meio ambiente e, conseqüentemente, uma frequência cada vez maior de enchentes que causam prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Relacionando esses atuais problemas, o século XX, em especial a partir da sua segunda metade, foi marcado pelo desenvolvimento técnico-científico em grandes proporções, no qual o Brasil urbano multiplicou-se num índice de aproximadamente 14 vezes sua população, segundo o IBGE (2010). No entanto, esse sistema globalizado de desenvolvimento desenfreado da população ocasionou grandes inchaços urbanos que, em decorrência da imigração populacional, promoveu o aumento urbanístico do solo devido à construção de edifícios, calçadas e ruas impermeáveis.

Portanto, o plano diretor de Três Rios, menciona que a zona urbana consolidada no Art. 20 tem como obrigatoriedade e dever de:

Art. 20 -Esta área deverá ser objeto de restrição construtiva através do controle dos índices urbanísticos tendo em vista a compatibilizar os seus níveis de ocupação com a capacidade instalada de infraestrutura e de mobilidade urbana tendo em vista evitar a saturação e a degradação dos níveis de qualidade de vida observados atualmente neste local.

Em contrapartida, segundo Fontes (2003) o processo de urbanização traz profundas modificações no uso do solo, que por sua vez acarretam em respostas hidrológicas deficientes nas áreas urbanizadas, apresentando implicações como o aumento do escoamento superficial e na diminuição da infiltração, o que tem como consequência direta a ocorrência de inundações urbanas como é recorrente na cidade trirriense. Esta camada de impermeabilização, quando submetida a um maior volume de chuva durante um curto espaço de tempo, faz com que o revestimento não seja capaz de drenar toda água para os canais captadores e tão pouco absorver para o solo.

Este efeito pode ser notado tanto a nível local, quando são analisadas enchentes de algumas ruas e bairros, quanto a nível de bacias hidrográficas inteiras como será feito nesta presente análise, onde as enchentes atingem maiores proporções e podem causar catástrofes ainda mais intensas.

Portanto, a película do produto betuminoso do asfalto do tipo CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente) o qual tem uma elevada resistência mecânica e durabilidade, flexibilidade e estabilidade, mas que em contrapartida tem pouca impermeabilidade de líquidos, é tido como o principal retentor da água da chuva (SENÇO,2001).

Fato este que na cidade de Três Rios-RJ, ao se aproximar da estação chuvosa, torna-se evidente o problema de alagamentos em vários pontos da

cidade, sendo um dos principais a Avenida Zoelo Sola, localizada nos bairros Triângulo e Centro.

Dessa forma, a parcela da água não infiltrada passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava pela superfície do solo ficando retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade das seções e maior número de captações de drenagem, as quais não suportam toda demanda de recurso hídrico.

Mediante a esse fato, esse trabalho tem objetivo a partir dos cálculos com coeficiente de runoff (c) comparar a viabilidade técnica do asfalto CPA (Camada Porosa de Atrito), como alternativa para a ocorrência de alagamentos urbanos, além de compará-lo com a camada de asfalto CBUQ.

A eficiência do asfalto CPA especificado no DNER 386/99, surge exatamente para combater esses efeitos indesejáveis do excesso de água sobre o pavimento. O CPA por apresentar grande volume de vazios que permitem com que a água infiltre em seus poros e seja encaminhada para drenos laterais.

O trabalho apresenta o CPA como proposta, como também aponta a necessidade de uma revisão das tabulações e pontos de drenagens, além de conscientizar a importância da ação humana com o meio ambiente, de forma que ajude a minimizar a incidência desse problema nas vias públicas da cidade de Três Rios.

METODOLOGIA

A análise do objeto de estudo será realizada na cidade de Três Rios pelos graduandos de Engenharia Civil da Faculdade Vértix Trirriense, onde serão avaliadas as condições de uma das principais vias da cidade com ocorrências de inundações nos últimos anos. A presente proposta trata-se de uma abordagem quantitativa no qual é usado métodos científicos como bibliográfico, documental e estudo de caso.

O primeiro procedimento feito foi uma consistente pesquisa bibliográfica em levantamentos já realizados como: artigos científicos, sites e livros.

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa científica começa com uma pesquisa bibliográfica, onde o pesquisador tem a oportunidade de conhecer o que já foi realizado sobre o conteúdo.

Após essa fase do estudada, será executada uma análise documental através de plantas de levantamento Planialtimétricos onde serão realizados cálculos de vazão (Q), além do uso de reportagens e imagens feitas por uma das principais rádios da cidade, a Radio 3Rios, buscando identificar a incidência de inundações ocorridas na Avenida Zoelo Sola, no bairro Triângulo.

RESULTADOS

CONSEQUÊNCIAS DA URBANIZAÇÃO.

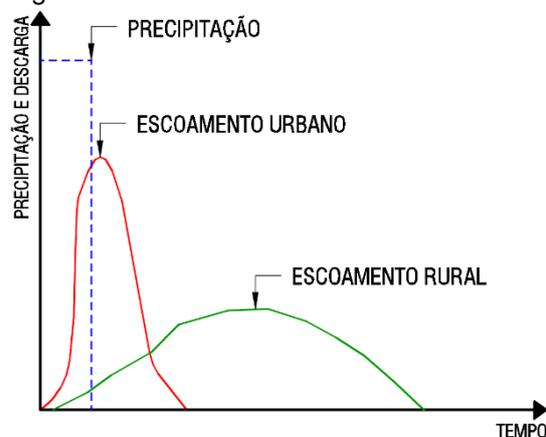
Considerados fenômenos naturais, as enchentes e inundações ocorrem repetidamente nos cursos d'água devido às chuvas intensas (POMPÊO, 2000). No entanto, apesar de serem naturais, a intervenção da ação antrópica tende também ser responsável pelas ocorrências registradas nos grandes centros urbanos, devido o descarte de lixos em locais impróprios, como ruas, córregos e bueiros.

A falta de planejamento, inerente do rápido crescimento urbano da cidade, provoca desastres relacionados às enchentes e inundações os quais são muito relevantes em âmbito mundial (PIRES; CARRILHO; GALVÃO. 2019).

Segundo Cristo (2002), muitas cidades desenvolveram suas malhas urbanas ao longo dos leitos dos rios colocando em risco populações que periodicamente, em consequência de chuvas intensas e concentradas, sofrem problemas com as inundações e/ou com acúmulo de águas pluviais nas vias urbanas.

A cada nova construção de casa, prédio comercial ou industrial com ruas asfaltadas, a vazão das águas pluviais escoadas superficialmente aumenta como demonstra a figura 1. Além disso, a impermeabilização faz com que essa vazão seja transportada para a captação da rede pública num tempo bem menor do que ocorria anteriormente, acelerando ainda mais com o período chuvoso.

Figura 1: Sistema de Escoamento Pluvial em áreas urbanas e rurais



Fonte: Acervo Próprio dos autores.

Com o acréscimo do volume e da velocidade do fluido transportado, faz com que ocorra a sobrecarga do sistema de drenagem, provocando os alagamentos e enxurradas urbanas (VIRGILLIS, 2009).

Na tentativa de mitigar o problema, a gestão pública enfrenta a limitação dos métodos tradicionalmente usados para escoar as águas pluviais, tais como calhas, sarjetas, bocas de lobo e tubulações enterradas, mas que, não colaboram para uma gestão eficaz da questão das cheias, transferindo o problema para jusante (foz/baixadas).

Com isso, é ocasionada a perda da capacidade natural de infiltração do solo, desta forma acontece um maior escoamento superficial o qual, agrava ainda mais o problema das enchentes (TUCCI,2003).

Com a urbanização, ocorre também o processo de compactação do solo devido o fluxo de veículos transitando pelas vias e assim diminuindo o número de vazios das partículas do solo, dificultando a drenagem do mesmo e demais efeitos negativos.

ASFALTO CONVENCIONAL (CBUQ)

No Brasil, há grande utilização do asfalto (CBUQ), Faixa B DNER com polímero, segundo definição da norma DNER – ES 313/97 (15) “mistura executada em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e ligante betuminoso, espalhada e comprimida a quente”.

Nos grandes centros urbanos a utilização de CBUQ, além da grande densidade de áreas construídas e pavimentadas e com a baixa densidade de áreas verdes, nota-se uma considerável elevação da temperatura do ar local. Segundo Amorim (2005) este fenômeno é conhecido como ilha de calor, caracterizado pela elevação das temperaturas do ar e das superfícies do meio urbano em relação às do entorno rural próximo.

A presença e o desenvolvimento das ilhas de calor nas pavimentações urbanas como a de Três Rios são negativos para o meio ambiente, pois provocam alterações na umidade do ar, precipitação e ventos e intensificam o fenômeno conhecido como aquecimento global (GARTLAND, 2010).

Além disso, trazem como consequência desconforto térmico, problemas de saúde, elevação do consumo de energia para refrigeração dos ambientes, maior poluição do ar, dentre outros (OKE, 1987).

O asfalto (CBUQ), além de ser um corpo sólido (negro) que segundo a física absorve toda a radiação térmica incidente, têm propriedades que contribuem para a formação das ilhas de calor, como por exemplo, a utilização de agregados finos que aumentam sua compactação e diminuem o número de vazios, além da sua composição formada pelo impermeabilizante betuminoso que não absorve umidade.

A permeabilidade é a propriedade que o solo apresenta de permitir o escoamento da água através dele, sendo expresso o seu grau através do "coeficiente de permeabilidade". O conhecimento da permeabilidade de um solo é de importância em diversos problemas práticos de engenharia, tais como: drenagem, rebaixamento do nível d'água, recalques, e outros.

Intervalos de Variação do Coeficiente de Permeabilidade, o valor de K é comumente expresso como um produto de um número por uma potência negativa de 10 como, por exemplo, $K = 1,3 \times 10^{-8}$ cm/seg. Valor este, característico de solos considerados impermeáveis para todos os problemas práticos.

No caso de misturas betuminosas, a classificação em termos de permeabilidade, segundo ZOOROB apud C. A. O'FLAHERTY (26), conforme é apresentada na Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação em termo de permeabilidade para misturas betuminosas.

K (cm/s)	Permeabilidade
1×10^{-8}	Impermeável
1×10^{-6}	Praticamente Impermeável
1×10^{-4}	Drenagem Baixa
1×10^{-2}	Drenagem Razoável
1×10^{-1}	Drenagem Alta

Fonte: Adaptado de ZOOROB apud C. A. O'FLAHERTY (26) – Highways- the location, design, construction and maintenance of road pavements, 2020.

ASFALTO PERMEÁVEL (CPA)

Do ponto de vista técnico, é falho não incorporar a drenagem na fase inicial do desenvolvimento urbano, o que resulta em projetos muito caros ou, em estágios mais avançados, na sua inviabilidade técnico-econômica (BRAGA, 1994).

Com estas prerrogativas, nasce em 1999 o estudo no Brasil sobre a utilização da Camada Porosa de Atrito (CPA) com polímero: segundo definição da norma DNER – ES 386/99 (02) “mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída de agregado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente.”

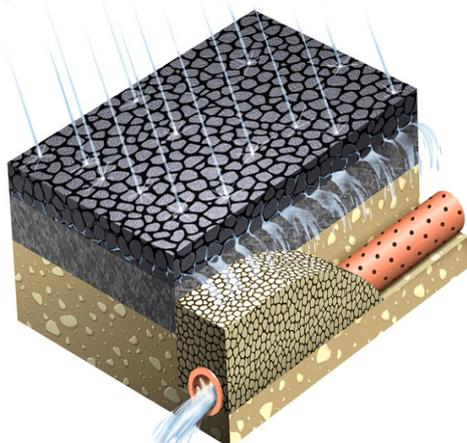
O pavimento drenante não tem como função a drenagem, ou seja, não deve ser adotado no lugar de bocas de lobo, bueiros e outras captações. O CPA é um pavimento poroso que tem como função diminuir os riscos de aquaplanagem, aumentando o atrito entre pavimento e pneu e possibilitando ainda a redução de ruídos gerados pelos veículos (VIRGILLIS, 2009).

Virgillis (2009) comenta que os processos de construção do revestimento poroso não apresentam diferenças expressivas em relação ao concreto betuminoso convencional, a exceção de algumas particularidades. Este tipo de pavimento pode ser aplicado a partir do leito ou ser executado em cima do pavimento existente. Antes da aplicação, realiza-se a impermeabilização e regularização da superfície, que não pode ter depressões com profundidade maior que 1 cm, para evitar a formação de bacias que propiciam o acúmulo de água entre o revestimento e o pavimento existente.

A regularização deve propiciar uma declividade transversal adequada ao escoamento da água. Deve ser previsto, também, dispositivos que permitam que a saída da água do interior seja rápida, podendo-se usar os acostamentos para implantar drenos (VIRGILLIS, 2009).

Essencialmente, o concreto permeável é um pavimento de concreto estrutural, com um grande volume de vazios interconectados (15 a 35%). Como o concreto convencional, é feito de uma mistura de cimento, agregados graúdos e água. Contendo pouca ou nenhuma areia, resulta em uma estrutura celular porosa que permite que a água passe facilmente como demonstra figura 2.

Figura 2: Sistema do asfalto permeável



Fonte: Il Populista, 2018.

Quanto maior a resistência que se procura, menor será a permeabilidade. Para obter maior permeabilidade é preciso maior volume de vazios e,

consequentemente, haverá menos resistência. Por isso, há limitações na aplicação do sistema de drenagem com concreto permeável, que é mais indicado para locais com menor solicitação de carga, onde a resistência é menos exigida, locais de tráfego leve (FEBESTRAL, 2005). Fatores que influenciam na durabilidade dos pavimentos permeáveis é uma rotina de limpeza e um controle de sedimentos (SCHUELER et al, 1992).

Após os estudos bibliográficos e de campo efetuado pode-se afirmar que uma sociedade só é realmente justa a partir do momento em que ela garante, a todos, a igualdade de direitos, como o direito da mobilidade urbana eficaz que é garantida pela lei nº12.587 art. 5º.

Mobilidade Urbana está fundamentada nos seguintes princípios:

I- acessibilidade universal; II - desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais; III - equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo; IV - eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de transporte urbano; V - gestão democrática e controle social do planejamento e avaliação da Política Nacional de Mobilidade Urbana; VI - segurança nos deslocamentos das pessoas; VII - justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do uso dos diferentes modos e serviços; VIII - equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros; IX - eficiência, eficácia e efetividade na circulação urbana.

Desse modo, é evidente que não oferecer condições adequadas de mobilidade urbana é negar direitos e, por isso, a busca por construir por um Brasil mais acessível é cada dia mais um dever dos arquitetos, engenheiros e outros profissionais da área. As questões de enchentes urbanas vão muito além de proporcionar dignidade à sociedade. Isso se deve, uma vez que nos dias atuais de acordo com Dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2004) indica que no Brasil mais de 80% das pessoas são moradores urbanos, próximo a saturação. Deste modo garantir segurança em períodos chuvosos, como também permitir o tráfego da sociedade, está diretamente ligado a esta temática.

O estudo foi feito com uso de uma planta esquemática, entre os pontos (P1) definido como Praça do Triângulo e (P2) definido como Rua Jacinto Sobrinho, delimitando em vermelho o trecho da Avenida Ozelo Sola no Bairro Triângulo e centro, o qual visa pontuar a maior ocorrência de enchentes na cidade Três Rios-RJ.

Com isso, foi traçado um perímetro de estudo em amarelo tracejado para uma análise da enchente, onde a rua em destaque na cor vermelha, é de mão de dupla possuindo um comprimento entre os pontos de referência mencionados com comprimento de 1,509 km e área de 13.869,59 m², ambos medidos a partir do centro de cada via, somando também o comprimento da rotatória localizada próxima a UPA.

Ao redor da localidade estudada, a cobertura vegetal é a superfície predominante contendo área de 105.923,99 m² como também em maior parte, ocupada por área construída na cor cinza com valor de 205.384,62 m² representadas na figura 3.

Figura 3: Planta Esquemática do estudo efetuado entre os pontos (P1) e (P2), Triângulo de Três Rios-RJ com traçado do perímetro bacia adotado no estudo.



Fonte: Adaptado pelos autores de Google Earth, 2020.

Nessa localidade a pavimentação é feita de asfalto CBUQ, e há nos dois lados da via a presença de bueiros e bocas de lobo, no entanto não produzem uma eficiência de drenagem em períodos chuvosos mediante a demanda das águas pluviais.

Ademais a esse fato, o município de Três Rios/RJ está localizado na região central do estado do Rio de Janeiro, inserido na sub-bacia do Rio Paraíba do Sul possuindo uma área de 326.757 km² (IBGE, 2010) localiza-se a uma altitude aproximada de 329 metros do nível do mar. A população de Três Rios, segundo IBGE (2010), é de 77.432 habitantes.

Para melhor entendermos a questão das enchentes urbanas deve-se ser analisada fatores como os dados pluviométricos. Por isso, será analisado a estação de Moura Brasil, código 02243015, localizada na Latitude 22°08'15.5"S e Longitude 043°09'33.25"O. A estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1936, sendo operada pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM como demonstra a figura 4.



Figura 4: Localização do Município da Estação Pluviométrica no Município de Três Rios
 Fonte: Adaptado de Atlas Pluviométrico do Brasil pelos autores, 2020.

EXEMPLO DE INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA NA AVENIDA ZOELO SOLA

Suponha que em uma determinada ocasião do dia, em Três Rios, ocorreu uma chuva que gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade provocando uma enchente urbana. No entanto, foi registrada com tempo de duração (t) de 5 minutos e adotando o tempo de retorno (T) igual 5 anos. Qual é a intensidade pluviométrica da chuva em mm/h no local do estudo?

Portanto, respondendo esse questionamento vamos adotar a seguinte equação 01 para obter a intensidade chuva em (mm/h).

Equação 01 adotada para cálculo é a seguinte:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \text{ Onde:}$$

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (minutos)

a, b, c, d são parâmetros da equação

No caso da estação de Moura Brasil que fica muito próximo do bairro Triângulo, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2085,0; b = 0,1877; c = 17,3 \text{ e } d = 0,8976;$$

Considerando (t) = 5 minutos e (T)= 5 anos, logo então a resposta será:

$$i = \frac{2085 \cdot T^{0,1877}}{(t + 17,3)^{0,8976}}$$

$$i = \frac{2085 \cdot 5^{0,1877}}{(5 + 17,3)^{0,8976}}$$

$$i = 173,80 \text{ mm/h}$$

TEMPO DE RETORNO DA CHUVA NA AVENIDA ZOELO SOLA

Adotando a intensidade pluviométrica da chuva no local de 173,80 mm/h, qual será o tempo de retorno dessa precipitação?

Portanto, para encontrar esse dado, será necessário a inversão da equação 01. Dessa forma obtemos a equação 02.

Equação 02 adotada para cálculo é a seguinte:

$$T = \left[\frac{i(t + c)^{1/b}}{a} \right]$$

Então logo sabemos que a intensidade (i) é igual a 173,80 mm/h. Substituindo os valores na equação logo temos:

$$T = \left[\frac{173,80(5 + 17,3)^{0,8976}}{2085,0} \right]^{1/0,1877}$$

$T = 5$ anos

Confirmado o tempo de retorno de 5 anos, pode-se afirmar que esse valor corresponde a probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 20% como demonstra o cálculo abaixo:

$$P(i \geq 173,80 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T}100 = \frac{1}{5}100 = 20\%$$

Um relato deste problema foi feito por uma das principais rádios da cidade, Rádio 3Rios, onde reporta sobre o alagamento ocorrido no dia 24 de dezembro de 2019. O ocorrido no trecho da Avenida Zoelo Sola, impossibilita o deslocamento de carros, prejudicando não só o tráfego urbano como também toda a população residente nessa extensão, os impedindo de saírem de suas casas para efetuarem suas atividades cotidianas, como pode ser visto através dos esquemas A e B representados na figura 5.



Figura 5 – Fotos da Avenida Zoelo Sola no Bairro Triângulo-Três Rios (A e B).
Fonte: Rádio 3Rios, 2019.

Em contraposição ao relato, o Município de Três Rios, menciona no Art. 42 do plano diretor que alcançará o desenvolvimento sustentável mediante os seguintes objetivos:

- I - Valorização, preservação, recuperação e exploração racional de seus recursos naturais de forma a compatibilizar as necessidades sociais e econômicas da população sem criar risco e danos ao ambiente que comprometam a qualidade de vida das gerações futuras;
- II - O ordenamento territorial do Município deve assegurar o justo equilíbrio entre as áreas urbanas, rurais e naturais;

Em desconformidade ocorre o reflexo contrário do que é estipulado no plano diretor local, onde pode ser notado que nos dias de hoje na cidade, os problemas agravam-se pelas condições socioeconômicas e culturais brasileiras que fazem com que os cursos de d'água urbanos sejam vistos pela população como locais de destino de esgotos e lixo. As movimentações de solo são descontroladas e acabam assoreando também os rios.

À medida que a bacia é urbanizada e a densificação consolidada, a produção de lixo obstrui ainda mais a drenagem e cria condições ambientais ainda piores. Esse problema pode ser minimizado com adequada frequência da coleta dos resíduos como também a educação da população com multas pesadas.

Há mais de vinte anos Viola (1987, p. 129) sugere que a reforma urbana ecológica aponta para uma cidade mais democrática, mais humana e respirável: a cidade do ser humano. Para isso, não é necessário que a cidade apenas tenha meios de aluguéis e transportes mais acessíveis, na qual cada família tenha direito a um terreno, mas também um ambiente urbano mais arborizado, mais silencioso e alegre, menos verticalizado, menos agressivo e com menores índices de poluição do ar.

Mediante da expressão “reforma ecológica” que segundo Viola (1987) usa para reivindicar um mundo urbano melhor, sugere, de imediato, que tal ambiente está longe de uma cidade ideal como propôs Tuan (1980). No Brasil, acreditamos que tal “reforma” seja urgente, especialmente no ambiente urbano pelos perceptíveis impactos ambientais negativos.

O lixo urbano, muitas vezes, é responsável pelos impactos ambientais evidentes na cidade de Três Rios. Assim, de acordo com essas ideias, foi feita uma Reportagem pela Rádio 3Rios no dia 07 de dezembro de 2015, sobre a grande quantidade de lixo encontrada em galerias pluviais do córrego Vila Isabel, que é localizado na Avenida Zoelo Sola demonstradas nos esquemas A e B da figura 6.



Figura 6 – Fotos da Avenida Zoelo Sola no Bairro Triângulo-Três Rios (A e B).
Fonte: Rádio 3Rios, 2015.

Reportagem feita pela Rádio 3Rios no dia 19 de fevereiro de 2020, sobre a grande quantidade de asfalto sendo pavimentado no bairro Triângulo, na Avenida Zoelo Sola demonstradas nos esquemas A, B e C da figura 7.



Figura 7 – Fotos da Avenida Zoelo Sola no Bairro Triângulo-Três Rios sendo asfaltada.
Fonte: Rádio 3Rios, 2020.

Fotos tiradas por internautas diante, do alagamento ocorrido no dia 20 de Março de 2020 como demonstra figura 8.



Figura 8 – Fotos da Avenida Zoelo Sola no Bairro Triângulo-Três Rios (A, B e C).
Fonte: Rádio 3Rios, 2020.

ALTERNATIVA PARA PREVENÇÃO DAS ENCHENTES URBANAS

Ainda assim, um estudo de Araújo, Tucci e Goldenfum (2000) avaliou o que ocorre com o escoamento superficial a depender do nível de permeabilidade do revestimento adotado. O nível de escoamento é mensurável a partir do chamado coeficiente de escoamento pela superfície (c), com os principais valores representados na tabela 2.

Tabela 2- Coeficientes experimentais de escoamento pela superfície

Tipo de Superfície	VARIAÇÃO DE RUNOFF (C)	VALOR ADOTADO	ÁREA DO ESTUDO
Telhado Cerâmico	0,80 a 0,90	0,80	A. Construída
Pavimento Betuminoso	0,80 a 0,95	0,95	A. Pavimentada
Vegetação Média	0,18 a 0,22	0,22	A. de Cobertura Vegetada
Camada Porosa Atrito (Proposta)	0,02 a 0,05	0,05	A. Pavimentada

Fonte: Adaptado de Manual de Drenagem Urbana, 2020.

Como pode ser notado na tabela 2, o coeficiente de runoff da superfície camada porosa de atrito, proporciona maior escoamento das águas pluviais no local e isso pode ser comprado mediante a seguinte expressão:

De posse deste coeficiente, utilizou-se como base de cálculo os desenvolvimentos de Marchioni e Silva (2016), que utilizam uma adaptação da equação 03 para o cálculo de vazão máxima de contribuição de uma bacia. Assim, caso a área de contribuição possua algum nível de permeabilidade, utiliza-se a seguinte equação:

Equação 03 adotada para cálculo é a seguinte:

$$Q = \frac{C.I.A}{60}$$

Onde:

C = Coeficiente de escoamento de *runoff*

Q = Vazão de Projeto, em L/min;

I = Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

Adotando a área pavimentada da Avenida Zoelo Sola de 13.869,59m² comparando o pavimento asfáltico betuminoso com o pavimento de camada porosa de atrito, para ambas as vazões, pode-se avaliar que são respectivamente:

ASFALTO BETUMINOSO:

$$Q1 = \frac{C.I.A}{60}$$

$$Q1 = \frac{0,95. 173,80. 13.869,59}{60}$$

$$Q1 = 38.166,80 \text{ l/min}$$

CAMADA POROSA DE ATRITO:

$$Q2 = \frac{C.I.A}{60}$$

$$Q2 = \frac{0,05. 173,80. 13.869,59}{60}$$

$$Q2 = 2.008,78 \text{ l/min}$$

Além da área pavimentada de 13.869,59m², adotando a área de cobertura vegetal de 105.923,99 m² e a área construída de 205.384,62 m² ao redor da Avenida Zoelo Sola, podemos calcular a vazão total (QT) da bacia de estudo considerando o coeficiente de runoff específico de cada uma superfície como demonstra a tabela 2, com isso obtemos:

VAZÃO TOTAL DO PERIMETRO DE ESTUDO DA BACIA:

$$Q_{TOTAL} = \frac{C.I.A}{60}$$

$$Q_T = \frac{(0,80. 173,80. 205.384,62) + (0,95. 173,80. 13.869,59) + (0,22. 173,80. 105.923,99)}{60}$$

$$Q_T = 581.613,26 \text{ l/min}$$

Pode ser notado que há uma diferença considerável entre as duas vazões, onde Q2 tem uma redução de 94,75% em relação a vazão Q1, o que de fato demandaria um tempo muito menor para seu escoamento total. No entanto, relacionando a vazão Q1 com o tempo de escoamento, fica evidente que essa demoraria 19 vezes a mais de tempo para efetuar o mesmo escoamento que a vazão Q2 e com isso fica notável que a capacidade drenante da camada porosa de atrito tem poder de minimizar os problemas ocorrentes na bacia de Enchentes urbanas.

Mas em contraposição, a vazão Q1 só consegue minimizar representa 6,22% da vazão total da bacia de estudo o que de fato seria necessário outras medidas para melhorias da drenagem urbana e pluvial do local. Devido a esse sistemática, além da alternativa do asfalto permeável, pode ser citada propostas que ajudem a escoar toda a vazão demandada pela bacia.

CONCLUSÃO

Em resumo, o aumento da ocorrência das enchentes urbanas na cidade de Três Rios é consequência de fatores socioeconômicos e de infraestrutura. Fatores estes, como a deficiência de permeabilidade nas pavimentações dimensionamento defasado das tubulações de drenagem, o não cumprimento das leis propostas no plano diretor local como também a poluição provocada pela população que desse modo prejudica o funcionamento dos pontos de drenagem.

Além disso, como a própria Constituição Federal cita que confere ao município o dever legal de promover o adequado ordenamento territorial, urbano e do uso e parcelamento do solo, fica notável que o plano diretor da cidade tem diretrizes muito interessantes no que tange a respeito das áreas urbanas e desenvolvimento sustentável, mas que no entanto, na prática não são cumpridas pelo poder público por falta de fiscalização dos órgãos competentes, como também a má administração das secretarias de infraestrutura que não garantem à sociedade uma boa qualidade de vida.

Fica notável, que esgotos sanitários, sedimentos e lixo, além da falta de controle urbanístico, contribuem para dificultar mais ainda a aplicação de medidas de controle corretivos da drenagem urbana. Mas apontar como pseudo-solução desse problema o ideal não é só canalizar as águas pluviais em galerias de modo que apenas erradique a paisagem de cenários degradados, (ainda que isso seja justificável para boa política urbana).

Apesar destes problemas típicos, a ação da população tem grande poder de modificação dentro desse problema alarmante, onde a educação ambiental e fiscalização do poder público proporciona em novos hábitos humanos. Por isso a o poder público deveria criar um serviço de remoção sistemática de sedimentos e lixo acumulados nas áreas urbanas e rios; onde este serviço teria grande visibilidade e publicidade para funcionar também como um fator de conscientização dentro da educação ambiental.

Portanto, fica evidente que o coeficiente de escoamento do asfalto betuminoso característico das pavimentações da cidade, não supre a demanda em dias de chuva máxima, onde ficou comprovado nos cálculos que vazão que o coeficiente de runoff desse tipo de superfície demandaria 19 vezes mais tempo para escoar toda água demandada comparado a Camada Porosa de Atrito.

Em contrapartida muitas soluções corretivas e propostas com técnicas modernas de projeto de drenagem urbana são aplicáveis como a utilização do asfalto CPA que tem um coeficiente de escoamento mais eficaz e capaz de reduzir o volume de água por um determinado tempo. Nesse estudo ficou evidente através dos cálculos que a superfície drenante porosa pode proporcionar uma drenagem 19 vezes mais eficiente que a atual pavimentação da Avenida Zoelo Sola que ocorre devido ao coeficiente de runoff característico dessa superfície.

Portanto fica evidente que o problema presente na Avenida Zoelo sola não é somente da pavimentação, mas também da falta de conscientização da população no

que diz a respeito ao descarte de lixo em locais indevidos como também as dimensões das tubulações de drenagem inferiores a demanda pluvial.

Mas em contrapartida, conclui-se que a utilização da camada porosa de atrito pode ser um agente minimizador diante do fenômeno de enchentes urbanas na cidade tririense, possibilitando um melhor tráfego de automóveis como também uma melhor mobilidade urbana da população residente nos bairros Triângulo, Centro e Vila Isabel como os demais outros que fazem ligação a essa via tão importante para cidade de Três Rios.

No entanto, a camada porosa de atrito não tem o poder de minimizar toda recorrência de enchentes urbanas. Portanto, pode ser efetuado em busca desse prol o aumento da cobertura vegetal ao redor da área urbana, desviar as águas pluviais para o Rio Paraíba do Sul que é muito próximo da localidade, redimensionar o sistema de drenagem existente, criar bueiros inteligentes que impeçam o congestionamento de resíduos provocados pela poluição humana. Ademais a esses pontos, pode ser criado taludes que diminuam a velocidade do líquido transmitido pelo solo, além de incentivar a população que faça emprego de telhado verde nas residências devido a seu coeficiente de runoff ser mais favorável para o escoamento do que o da telha cerâmica que é o predominante na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, P. R. D; TUCCI, C. E. M; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **Brazilian Journal of Water Resources**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29.2000.

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL. EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA. Disponível em: \leq
http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/17542/idf_tresrios_rj_suscet.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 de outubro de 2020

BRAGA, B. D. **Gerenciamento Urbano integrado em ambiente tropical.** Seminário de Hidráulica Computacional Aplicada a Problemas de Drenagem Urbana. São Paulo: ABRH. 1994.

BRASIL. Lei de mobilidade urbana, nº. 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 23 de maio de 2020

C. A. O'FLAHERTY, A. M. Highways- the location, design, construction and maintenance of road pavements. ZOOROB, S. E. Design and construction of hot-mix bituminous surfacings and roadbases – Chapter 12. Oxford. Butterworth Heinemann, 2002.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** 2. ed. São Paulo, 2005.

Febestral. **Les Revêtements Drainants en paves de beton.** São Paulo, 2005. Figura 2 – Disponível em: $<$ <http://www.ilpopulista.it/news/15-Ottobre-2018/29659/serve-l-asfalto-drenante-sulle-autostrade-siciliane.html> $>$. Acesso em: 10 março 2020.

Figura 3 - GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: 20 Outubro. 2020.

Figura 4 - GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://www.google.com/earth>>. Acesso em: 20 Outubro. 2020.

Figura 5, 6, 7 e 8. Disponível em: <<http://www.radiotresrios.com.br/>>. Acesso em: 14 de Outubro de 2020.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2007.

FONTES; A. R. M.; BARBASSA, A. P. **Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbana**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 8, n.2. 2003.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Outubro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo 2000. Indicadores de desenvolvimento sustentável: disposição de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>. Acesso em: 10 março. 2020.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Sistema de Indicadores de Percepção Social. Disponível em:<https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=6186>. Acesso em: maio 2020.

NAKAZONE, L. M. **Implantação de reservatórios de detenção em conjuntos habitacionais**: a experiência da CDHU. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo 2005.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1988.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2 ed. Routledge. New York, p. 435. 1987.

PIRES, RODRIGO AZEVEDO GONÇALVES; CALADO, JANE DA CUNHA; FURTADO, DAYANA BRAINER DA SILVA; NETO, WILSON LEVY BRAGA DA SILVA. VIABILIDADE TÉCNICA DO ASFALTO PERMEÁVEL, COMO ALTERNATIVA NA MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES, EM ÁREAS URBANAS. **Simposio internacional de gestão de projetos, inovação e sustentabilidade**, SÃO PAULO, v. VII, p. 1-15. 2018.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, V-5, Santa Catarina, 2000.

SENÇO, W. D. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, v. 1 e 2, 2001.

SHUELLER, T. GALLI, J. **Environmental Impacts of Stormwater Ponds**. In watershed Restorationn soucebook. Anacostia Restoration Teram Metro. Washington Council Governm. 1992.

TUAN, Y. F. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. Tradução de Livia de Oliveira. São Paulo; Rio de Janeiro, 1980.

TOLEDO. Manual de Drenagem Urbana, agosto de 2017. Disponível em: <[https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual de drenagem urbana - volume i.pdf](https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf)>. Acesso em: 20/10/2020

TUCCI, C. E., & BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, Porto Alegre, 2003.

TRÊS RIOS. Plano Diretor do município de Três Rios, de 02 de outubro de 2013. Disponível em: <http://cvtr.rj.gov.br/plano-diretor/>. Acesso em: 10 de outubro de 2020

VIOLA, E. et al. **Ecologia e Política no Brasil**. Espaço e Tempo: IUPERJ, Rio de Janeiro, 1987.