

DRENAGEM URBANA E OS DESAFIOS DA INFRAESTRUTURA DE VIAS NAS CIDADES

MOREIRA, Jean Carlos Duarte

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (jeancarlos321@outlook.com)

LACERDA, Jéssica Ferreira De

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (jessica.ferreira10@hotmail.com)

VITURINO, Lucas Vinicius Barcelos

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (lucasyu06@gmail.com)

DIAS, Saulo Leite

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (sauleitedias15@gmail.com)

SILVA, Agnaldo Antônio Moreira Teodoro da

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA
(agnaldo.silva@docente.unievangelica.edu.br)*

RESUMO

Um dos problemas mais frequentes nos municípios e grandes metrópoles brasileiras, é a escassez e a falta de infraestrutura em relação a drenagem urbana. Suas dificuldades implicam em grandes atrocidades no meio urbano ao longo dos tempos e deixa uma grande lacuna no cenário de infraestrutura regional e estadual no Brasil. Pavimentos, ruas, córregos maus projetados; implicam num leviano desgaste de todos em suas particularidades. Em suas mais importantes características está: redução da incidência de doenças de veiculação hídrica; condições de circulação de veículos e pedestres nas áreas urbanas. Basicamente é um processo de controle das águas da chuva e seu principal objetivo é minimizar os problemas que esse excesso de água. As principais vias das cidades apresentam uma enorme quantidade de lixo gerados pelos comércios, a falta de manutenção das ruas e elementos de drenagem, são as principais causas de problemas em épocas de chuvas. A gestão das cidades deve ter uma visão totalmente moderna, desenvolvendo a integração dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e das águas urbanas (diretamente a drenagem urbana). Nos próximos itens desse estudo é apresentada essa vinculação, de uma forma mais característica na relação entre os outros constituintes das águas urbanas e do saneamento com a drenagem urbana. As principais causas dos problemas atualmente da gestão dos recursos hídricos é a falta de infraestrutura destes dois níveis gestão, ou seja, o externo à cidade e o interno à cidade. O modelo institucional para drenagem caracteriza-se como o planejamento que deve ser executado nas cidades e apresentado diretamente em um plano diretor específico da gestão de drenagem urbana. As conclusões externadas nesse estudo são citados os principais problemas e destacados os principais prejuízos econômicos e debatidos os componentes de um potencial nacional e municipal.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Urbana, Alagamentos, Inundações.

1 INTRODUÇÃO

As cidades foram crescendo com muita rapidez sem o conhecimento prévio de que são necessárias políticas para a ocupação urbana, de forma que garanta a segurança dos moradores e do meio ambiente. As grandes cidades buscam ferramentas através da engenharia juntamente com as políticas públicas, em específico o Plano Diretor Municipal de Drenagem Urbana, para a melhoria no cenário urbano.

Segundo (Tucci 2003)

O ciclo hidrológico sofre fortes alterações nas áreas urbanas devido principalmente, a alteração da superfície e a canalização do escoamento aumentam de poluição devido a contaminação do ar, das superfícies urbanas e do material sólido disposto pela população. Esse processo apresenta grave impacto nos países em desenvolvimento, onde a urbanização e as obras de drenagem são realizadas de forma totalmente insustentável, abandonada pelos países desenvolvidos já há trinta anos.

Com o passar dos anos o crescimento acelerado da cidade fez com que não só áreas adequadas, como também áreas que oferecem grande risco a população foram ocupadas. Sendo tais ameaças advindas de uma dinâmica natural como também pela ocupação com o planejamento inadequado.

Transtornos, poluição, vários parâmetros que envolvem a ação humana ou a falta dela, vem assolando as cidades no Brasil. Adotam-se soluções generalizadas de caráter localizado, índice pluviométrico de alagamento em épocas de chuvosas e elevadas, ainda que não haja nenhum sistema de drenagem urbana que corresponda as necessidades atuais do devido local. Implica-se na realização de um estudo nas diretrizes que reagem um plano de drenagem urbana, estabelecendo normas para o uso/ocupação do solo e preservação do residencial, com a finalidade de analisar o cumprimento ou não das mesmas e simultaneamente, cogitar novas ideias que cooperem para finalizar todo o tipo de transtorno da região. Segundo o MINISTERIO DA CIDADE/IPT (2007) “A alta concentração transitória pluvial em uma região específica, promovidas por falhas no sistema de drenagem das cidades são dados como alagamentos, não necessariamente tendo qualquer vínculo com a questão de caráter fluvial”. O presente trabalho tem como área de estudo os alagamentos que ocorrem nas cidades do Brasil. Em grande parte das cidades, além de possuir um sistema de drenagem defasado, o transbordamento com as recentes chuvas tem deixado vítimas fatais. Tal fato ocorre devido o acréscimo dos índices pluviométricos ao longo dos anos, decorrente das mudanças climáticas. Assim o presente trabalho tem o intuito de realizar um levantamento bibliográfico sobre os principais problemas de drenagem nas cidades e destacar possíveis soluções para minimizar o impacto das chuvas.

2 ALAGAMENTO URBANO

De acordo com o Manual de Desastres (2003) tem sido muito comum os problemas relacionados aos impactos dos alagamentos nas cidades, devido a falta de planejamento urbano e de conscientização da população com as práticas de educação ambiental. Dos vários tipos de Desastres Naturais estão os hidrológicos como alagamentos, inundações e enxurradas. De maneira resumida, concluímos que o alagamento se trata de um fenômeno onde há um acúmulo de águas em uma região onde se encontra com problemas no sistema de drenagem urbana. A inundação é o acréscimo do nível dos rios além da sua vazão normal; é quando ocorre um transbordamento das águas sobre as áreas próximas ao curso do rio, alcançando a planície de inundação ou áreas de várzea. A enxurrada apresenta-se com um escoamento superficial centrado e com alta energia de transporte.

Os alagamentos tornam-se um problema bastante comum no dia a dia das famílias brasileiras, do interior e das capitais. Os alagamentos são responsáveis pelas principais causas do acúmulo de

águas no leito das ruas e nos perímetros urbanos devido às fortes precipitações pluviométricas, o que gera grandes problemas em cidades com sistemas de drenagem não eficientes, principalmente as cidades que tiveram um péssimo planejamento ou aquelas que foram crescendo de forma desorganizada.

Com base no que disse Vineis (2010) o estudo e planos contra situações adversas ainda é uma realidade distante para grande parte das cidades brasileiras, principalmente para as pequenas cidades. Em 2017 apenas 25% das cidades tinham plano diretor contra enchentes e enxurradas e 23% afirmam ter lei de uso e ocupação do solo prevendo tais situações. Os dados indicam a falta de controle dos órgãos públicos das cidades brasileiras contra desastros naturais.

Inundações ocorrem quando o aumento do nível da água transborda as calhas principais, atingindo as planícies de inundação. Ocorrem com maior frequência em decorrência de chuvas prolongadas em áreas mais planas.

Os alagamentos ocorrem principalmente devido a um grande acúmulo de água em algum lugar, justamente provocado pela falta do sistema de drenagem.

2.1 TIPOS DE ENCHENTES

No que corresponde Tucci (2003) as enchentes em áreas urbanas são por causa de dois processos, que ocorrem de forma isolada ou integrada:

Enchentes devido à urbanização: são o aumento da frequência e intensidade das enchentes devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente o desenvolvimento urbano pode produzir impasses ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.

Enchentes em áreas ribeirinhas: as enchentes naturais que atingem os moradores que ocupam o leito maior dos rios. A maioria das enchentes ocorre, principalmente pelo processo natural no qual o rio engloba o seu leito mais cumprindo, de acordo com problemas extremos.

2.2 ENCHENTES DEVIDO À URBANIZAÇÃO

De acordo com Freitas (2012) o desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando vários efeitos, alterando os componentes do ciclo hidrológico natural. Com a urbanização, a cobertura da bacia é alterada para pavimentos impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando as seguintes mudanças no referido ciclo:

1. Redução da infiltração no solo;
2. O volume que não infiltra fica na superfície, aumentando o escoamento superficial. Como foram construídos condutos pluviais para ajudar no escoamento superficial, fazendo com que esse processo seja feito de maneira mais rápida, ocorre uma grande diminuição no tempo de deslocamento. Desta forma as vazões máximas também aumentam, acelerando seus picos no tempo;
3. Com a grande diminuição da infiltração, o aquífero tende a reduzir o nível do lençol freático por falta de alimentação (principalmente quando a área em questão se trata de uma parte urbana é muito extensa), reduzindo em muito o escoamento subterrâneo. As redes que são responsáveis pelo abastecimento e cloacal possuem pequenos vazamentos que podem alimentar o aquífero, tendo efeito inverso do citado anteriormente;
4. Devido a substituição da cobertura natural ocorre uma grande redução da evapotranspiração, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo;

Essas são as principais mudanças no balanço hídrico quantitativo. A proporção como esses valores sofrem alterações variam de acordo com as condições de cada localidade em função do tipo de solo, cobertura, geologia, pluviosidade e clima. Para uma localidade onde a cobertura é rochosa e impermeável certamente as alterações relativas serão menores. Entretanto, para bacias onde o escoamento superficial é insignificante o impacto poderá ser maior.

O impacto da urbanização é mais significativo para precipitações de maior frequência onde o efeito da infiltração é mais significativo. Manual dos Desastres (2003) para precipitações de baixa frequência maior tempo de retorno a relação entre as condições naturais e com urbanização são comparativamente menores. A tendência é de que à medida que aumenta o risco diminua a diferença relativa entre as vazões máximas pré-urbana e urbana. Para uma enchente determinada como de alto risco a proporção de água que infiltra sobre o total precipitado tende a diminuir, pois a infiltração tende a ser basicamente a mesma, independentemente da precipitação, já que a capacidade de infiltração é menor que a precipitação. Já que a rede de águas pluviais está dimensionada para riscos pequenos, ocorrem alagamentos que funcionam como amortecedores também observados nas condições naturais das bacias.

2.3 ENCHENTES EM ÁREAS RIBEIRINHAS:

Com base no que disse Santos (2010) as cidades no passado, localizavam-se as margens de rios de médio e grande porte, para uso do transporte fluvial. A maior parcela do leito do rio que vem sendo ocupada pela população sempre dependeu da memória dos habitantes e da constância com que as enchentes ocorriam na região. Uma sequência de anos sem inundação é um grande motivo para que a sociedade precise ocupar o leito maior do rio.

Em algumas cidades onde a regularidade de inundação é constante, as áreas de risco são ocupadas por sub-habitações, porque representam espaço urbano pertencente ao poder público ou desprezado economicamente pelo poder privado. A defesa civil é, frequentemente, acionada para proteger essa parte da população. A questão com a qual o administrador municipal depara-se, nesse caso, é que, ao transferir essa população para uma área segura, outros se acomodam no mesmo lugar, como resultado das dificuldades econômicas e diferenças sociais.

As medidas de controle de inundações podem ser classificadas em dois módulos; estruturais, quando o homem modifica o rio, e em não estruturais, quando o homem convive com o rio. No primeiro caso, estão as medidas de manuseamento através de obras hidráulicas, tais como barragens, diques e canalização, entre outras. No segundo caso, encontram-se as medidas preventivas, tais como zoneamento de áreas de inundação, alerta e seguros. Evidentemente que as medidas estruturais que foram tomadas envolvem custos bem mais elevados que as medidas não estruturais.

De acordo com Dias (2010) as principais medidas adotadas para um melhor controle de enchentes, sendo eles não estruturais são: o zoneamento de 13 áreas de inundação, um sistema interligado à defesa civil e seguro. O zoneamento se baseia no mapeamento de grandes áreas onde a inundação dentro da delimitação da cheia de 100 anos ou a maior registrada. Dentro dessa faixa, observa-se áreas de acordo com o risco e com a sua capacidade hidráulica de impactar nas cotas da cheia a montante. A regulamentação depende muito das características de escoamento, topografia e tipo de ocupação dessas determinadas faixas.

Conforme Tucci (2003) o zoneamento pode ser incorporado pelo Plano Diretor Urbano da cidade e regulamentado com base na legislação municipal especificada ou pelo Código de Obras. Para as áreas onde já uma ocupação, o zoneamento prevê estabelecer um programa de transferência para toda a população que foi afetada com os eventos que se tornaram mais frequente. O sistema de alerta tem como sua principal função de prevenir com antecedência de curto prazo, reduzindo os prejuízos, pela remoção, dentro da antecipação permitida.

3 ELEMENTOS DA DRENAGEM URBANA

3.1 PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA

Conforme o Tucci (2003), uma forma para ter soluções eficientes é a elaboração de planos diretores. O plano diretor de drenagem urbana deve conter medidas locais de caráter restritivo, de acordo com alguns estudos da bacia hidrográfica, no que diz respeito às normas e aos critérios de

projeto, considera-se a bacia homogênea. São fundamental a elaboração do zoneamento da várzea de inundação e o estabelecimento de um escalonamento cronológico e espacial da implantação das medidas necessárias, de forma tecnicamente correta e de acordo com os recursos disponíveis. O plano de drenagem deve ser vinculado com as outras atividades urbanas (abastecimento de água e de esgoto, transporte público, planos viários e instalações elétricas.) de tal forma a possibilitar o desenvolvimento harmonizado. Dentro do plano diretor deve constar a elaboração de campanhas educativas que informem a população sobre a natureza e a origem do problema das enchentes, suas dimensões e consequências. É de grande importância o esclarecimento da comunidade sobre as formas de solução existentes e os motivos da escolha das soluções propostas. A solicitação de recursos deve ser embasada tecnicamente e politicamente, dando preferência para adoção de medidas preventivas com maior alcance social e menor custo.

3.2 BOCA DE LOBO

De acordo com Dias (2010), os projetos das sarjetas e das bocas de lobo são normatizados pelos municípios, porém a tipologia e dimensões são determinadas pela vazão que chega, calculada com o índice pluviométrico local e período de chuva, estipulado em projeto.

A boca de lobo, conhecida como meio fio vazado, é inserida em intervalos do meio fio. Trata-se de uma peça com orifícios que possibilita que a água seja drenada até a rede de escoamento. Sua aplicação é essencial para que se evitem alagamentos.

De acordo com Watanabe 2021, p,7

As aberturas das bocas de lobo e das grelhas não devem ultrapassar um certo limite pois cria riscos às pessoas. Imaginem uma situação em que uma criança seja, acidentalmente, arrastada pela enxurrada. Se a abertura da boca de lobo for maior que 20 centímetros irá permitir a passagem de uma criança. Ao contrário, se a abertura for muito pequena, irá entupir com facilidade pois a rua tem todo o tipo de detritos como pedaços de papel, embalagens, palito de sorvete e latas de refrigerantes. A rede de águas pluviais deve ser dimensionada para permitir o transporte desses materiais pela água da chuva. A chuva lava e limpa a rua. Detritos comuns como excrementos de animais, pequenas embalagens, latas de refrigerante devem ser transportados pela água da chuva (ou pela água da lavagem da rua) para dentro das Galerias de Drenagem.

A localização das bocas de lobo precisa respeitar o critério de eficiência na condução das vazões superficiais para as galerias. É fundamental posicionar bocas-de-lobo nos pontos de níveis mais baixos do sistema, com vistas a impedir alagamentos e águas paradas em zonas mortas.

3.3 GALERIAS DE DRENAGEM

Com base no que disse Thomas (2011), as bacias hidrográficas são elaboradas por uma rede de elementos de drenagem composta por rios, riachos, córregos e pântanos ou várzeas, que se formaram e se mantem em prol da atividade das precipitações e as características do terreno, como o tipo de solo, declividades, cobertura vegetal, entre outros. Devido ao uso urbano abundante do solo da bacia hidrográfica, o sistema é alterado consideravelmente pela introdução de elementos artificiais.

Galeria de drenagem é um sistema direcionado para a coleta e condução dos dejetos líquidos e sólidos da drenagem urbana. O meio urbano recebe inúmeros tipo de materiais que são lançados nos telhados, calçadas, ruas e avenidas. Pó, areia, terra, folha de árvore, galhos de árvore, papel de bala, embalagem de papel, sacos plásticos, palito de sorvete, goma de mascar, cuspe, resto de sanduiche, latas de refrigerante, garrafas vazias, lixo, chuva etc.

De acordo com Ponce (1989), o diâmetro mínimo das galerias de seção circular é de 30 cm. Deve-se observar as normas básicas: O dimensionamento das galerias de forma que funcione à vazão plena para a vazão de projeto, sendo que a velocidade máxima admissível é função do material

utilizado (Ex.: $0,60 \text{ m/s} \leq V \leq 5,0 \text{ m/s}$ para concreto). Quando se empregar canalizações sem revestimento especial, o recobrimento deve ser maior que 1,00 m. Se, por motivos topográficos, possuir imposição de um recobrimento menor, as tubulações deverão ser dimensionadas sob o ponto de vista estrutural. Os tubos precisam ser alinhados pela geratriz superior, no caso de mudanças de diâmetro.

3.4 POÇO DE VISITA

Segundo Uehara (1985), poços de visita são mecanismos colocados em pontos apropriados do sistema, para permitir sua manutenção. A implantação dos poços de visita deve atender à necessidade de visita em relação as mudanças de direção, de declividade e de diâmetro, ao entroncamento dos trechos e às bocas de lobo. O afastamento entre poços de visita ininterruptos deve ser o máximo possível, por critérios econômicos.

O poço de visita proporciona acesso aos condutos para sua manutenção, segundo Silva (2008), os poços de visita também funcionam como caixas de ligação aos ramais secundários. Deste modo, sempre deve haver um poço de visita onde existir mudanças de seção, de declividade ou de direção nas tubulações e nas junções dos troncos aos ramais. Normalmente, os poços são construídos de concreto, tijolos, blocos de concreto ou metal corrugado. A forma mais usual é de poços de visita de concreto ou de tijolos. O fundo do poço é, em geral, de concreto e possui uma canaleta de seção semicircular para o escoamento da água. Os ramais podem ser ligados em direção ao poço, ou pode-se, através de uma queda externa, ligá-los ao fundo do poço.

Segundo Lima (2007), quando a queda exceder 60 cm, geralmente, adota-se esta última solução. Já as tampas dos poços, bem como as molduras onde se encaixam, precisam ser de ferro fundido com peso variando entre 90 kg (quando a tráfego leve) e 270 kg (em vias principais). As tampas não devem ser lisas para evitar que os veículos derrapem ao trafegar sobre elas. É prudente que as tampas sejam aferrolhadas, se possuir possibilidade de saltarem por pressão de águas refluídas ou por explosão de gás de esgoto.

4 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS QUE IMPACTAM O SISTEMA DE DRENAGEM NAS CIDADES

Com o passar do tempo tornou se visível a falta de organização a respeito da urbanização das cidades, pois o crescimento acelerado dos grandes polos, acaba obrigando com que as cidades tenham seu desenvolvimento mais igualitário, em se tratando de sua infraestrutura. Com o grande aumento da população se torna obrigatório que haja uma melhor gestão na criação de melhores moradias, um melhor saneamento básico e um sistema de drenagem urbana descente responsável por evitar problemas como enchentes e grandes inundações, pois a falta desses sistemas básicos de drenagem acaba se tornando impossível prevenir o surgimento de novas adversidades para a população (BEZERRA et al., 2016).

De acordo com Montes (2008), toda cidade que não possui um sistema de drenagem urbano bem planejado irá encarar problemas, mesmo que pequenos no futuro, sendo eles relacionados a drenagem urbana, enchentes e grande alagamentos.

Além da falta de planejamento do sistema de drenagem das cidades, a falta de manutenção constante, causa vários problemas que podem impactar no bom funcionamento da drenagem urbana de uma região. Observa-se que as regiões centrais, por serem normalmente as mais antigas de uma cidade, apresentam uma precariedade dos sistemas de drenagem estando defazadas em relação às novas demandas das cidades. Além disso, o lixo gerado nessas regiões adentra no sistema de drenagem e acabam sendo despejados nos rios das cidades, responsáveis pelo recebimento das águas pluviais. O lixo é um dos principais elementos que causa entupimento dos sistemas de drenagem, provocando o retorno das águas pluviais para as ruas causando alagamento. As figuras abaixo apresentam exemplos de problemas recorrentes nas cidades que impactam no sistema de

drenagem.

É comum nas cidades, principalmente nas grandes capitais, a construção de canais de drenagem que cortam a cidade com o intuito de direcionar os rios, evitar erosões nas vias de trânsito e receber as águas provenientes do sistema de drenagem. A Figura 2, apresenta dois exemplos de canais, um em concreto e um em pedra amarrada, usados como principais soluções, porém observa-se que na figura 2A o canal possui comprometimento no seu funcionamento com acúmulo de lixo e vegetação nos dutos de drenagem que recebem as águas provenientes das sarjetas/ boca de lobo. Na figura 2B observa-se que além do lixo acumulado, a falta de manutenção provocou um deslizamento das pedras de contenção do solo. O acúmulo de lixo e o deslizamento das pedras de contenção para a região interna do canal, pode ocasionar no caso de uma chuva de alta intensidade a inundação do sistema, onde toda água proveniente do alagamento ocupará a via de passagem de carros e pedestres. Esse tipo de alagamento, pode levar sérios riscos a vida dos transeuntes. Como exemplo o óbito de uma mulher na cidade de Goiânia em 21/11/2022, que foi arrastada pela enxurrada para dentro do canal situado no córrego Botafogo, setor leste Universitário (QUETTO, 2022).

Figura 2 - Canal de direcionamento do rio e recebimento de águas pluviais.



Fonte: Salomão et al (2019) e Rodrigues (2020)

A falta de manutenção constante desses sistemas acaba gerando maiores problemas no futuro, a Figura 3 mostra o estado atual de como estão as galerias de drenagem nas cidades. De acordo com as imagens e possível observar problemas causados pelo acúmulo de lixo nos canais de drenagem. As figuras 3A e 3B mostram o comprometimento das bocas de lobo com o acúmulo de lixo. A falta de manutenção nas bocas de lobo reduz a capacidade de escoamento, aumento a taxa de escoamento superficial. Com chuvas intensas e a falta de local para o escoamento a água que escoar encontra defeitos no sistema de pavimentação percolando no pavimento causando o levantamento e descolamento do pavimento asfáltico, surgindo as panelas, denominação para buracos no pavimento asfáltico. Além disso, o aumento no percurso do escoamento superficial ocasiona um acréscimo de energia, aumentando a velocidade de escoamento da água provocando estragos por onde o fluido passa. A figura 3C demonstra o entupimento das galerias de drenagem com o lixo gerado nas zonas urbanas. A obstrução das galerias altera o regime de escoamento do fluido, que deve funcionar como conduto livre (preenchimento parcial da tubulação com atuação apenas da pressão atmosférica), para o regime de escoamento forçado, onde a tubulação é preenchida totalmente com fluido surgindo um acréscimo de pressão em relação a pressão atmosférica. Tal acréscimo de pressão provoca o rompimento das galerias, que devido a falta de manutenção permite a percolação da água no solo ocasionando a erosão e destruição da via de tráfego conforme apresentado na Figura 4.

Figura 3 - Estado atual do sistema de drenagem nas cidades: acúmulo de lixo



(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Watanabe (2022)

A Figura 3D apresenta o acúmulo de lixo nos rios, abaixo das galerias de passagem, que localizam em baixo de pontes e ruas nas zonas urbanas. Tal obstrução pode ocasionar o aumento do nível da água ultrapassando o limite da via ocasionando alagamentos na região conforme apresentado na Figura 5. Problemas este que comumente causa acidentes fatais com a passagem dos carros, que na maioria dos casos não suportam a força da água e acabam sendo levados pela correnteza. Como exemplo tem-se um acidente com vítimas fatais em Anápolis-G, onde em uma região alagada, devido a força da correnteza, um carro foi arrastado para dentro de um córrego causando a morte de três pessoas (CBN, 2022).

Figura 4 – Erosão nas vias de tráfego devido a percolação de água no solo.



Fonte: EJEAMB (2018)

Figura 5 – Alagamento em vias de passagem de veículos



Fonte: Ruas (2022)

Devido aos inúmeros defeitos de estrutura, observa-se que os pontos de alagamento ocorrem em pontos de concavidade das regiões, onde várias rodovias desembocam na região sobrecarregando o sistema, sendo tomadas pelas águas nos tempos mais chuvosos, águas essas que deveriam ser escoadas pelos sistemas de drenagem. Outro fator que favorece o surgimento de tais situações citadas, está ligado diretamente ao diâmetro das tubulações, que estão defasados devido as variações bruscas nos índices pluviométricos advindas de problemas climáticos, que são responsáveis pela drenagem e pela canalização de toda a água para um só local, por possuírem um diâmetro as vezes muito inferior, essas tubulações não possuem capacidade suficiente para realizar o escoamento necessário das águas.

Com base no que disse MARTINS (2019), a drenagem urbana se trata de um sistema de suma importância para o meio urbano, sendo de grande responsabilidade para evitar o grande acúmulo de poluição difusa, ocasionada pelos grandes alagamentos e inundações. Com o crescimento desordenado da urbanização torna-se cada vez mais essencial a criação de novas soluções e ideias para combatermos essas falhas de drenagem que têm causado muitos transtornos, buscando meios mais rápidos e de maior eficácia que consigam drenar todo aquele material.

Com tudo pode se observar outro fator muito presente quando o assunto é drenagem é a questão da limpeza dos sistemas, como pode ser observado nas Figuras 3.

O acúmulo da vegetação no local se torna muito visível e a falta de uma limpeza adequada nas galerias e ao entorno delas reforçam o problema, como observado na Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Área ao entorno das galerias de drenagem: região de São Francisco de Goiás



(A)



(B)

Fonte: Autoria Própria

Como se observa nas figuras 3 e 4, os locais enfrentam alguns contratempos em relação a limpeza, a falta de cuidado adequado tanto da região, como do entorno das próprias galerias que se

localizam abaixo da via, fazendo com que acabe gerando problemas para a região, e para os moradores que sofrem com alagamentos constantes em épocas de chuvas. Como a água perde a sua capacidade de correr livremente devido a presença de grandes quantidades de lixo e de vegetação ali presentes ao longo de todo o trecho, a permanência desses materiais acaba ocasionando os alagamentos no decorrer do trajeto da via, de acordo com Nascimento et al. (2018) e Monte (2008).

Todo este processo, quando não implantado e gerenciado de forma planejada e sustentável, acaba gerando vários problemas, tais como: enchentes, inundações, enxurradas e conseqüente contaminação dos rios, resultando em diversos impactos socioambientais como, por exemplo, a alteração da qualidade das águas dos córregos provenientes da carga de poluentes, assim como de resíduos sólidos lançados juntamente com as águas pluviais; surgimento de erosões; escorregamento de encostas; além de problemas relacionados a saúde pública (com veiculação de doenças) e interdição de vias com prejuízo ao trânsito de veículos. (MONTE, 2008, citado por NASCIMENTO et al., 2018)

Como se observa a erosão do solo também pode ser uns dos grandes fatores que impactam na hora da formação de novos alagamentos, como visto nas imagens pois, a falta de um sistema capaz de realizar a drenagem total dessa água ocasiona a aparição dessas erosões. De acordo com o (IPT, 1986), as erosões podem ser definidas como um grande e complexo conjunto de processos que ocorre no solo, no qual os materiais de sua composição de certa forma são desagregados do restante e são transportados devidos há algum tipo de força, na maioria das vezes pela ação da água; ainda segundo eles esse processo também pode acontecer de maneira natural ao longo de toda a superfície com o passar do tempo.

5 SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS DE DRENAGEM URBANA

Segundo Uehara (1989) as medidas estruturais ou ambientais levadas em consideração para algum local onde existem problemas relacionados a drenagem urbana são realizada com o intuito de evitar, desviar, reter ou até mesmo escoar a água com uma maior rapidez, fazendo com que todo aquele volume de líquidos seja redirecionado de maneira a garantir a segurança das pessoas daquele determinado local, assim podendo ser caracterizadas principalmente como uma obra hidráulica.

Após uma análise, sugere-se possíveis soluções para ser resolver a questão dos alagamentos, sendo elas divididas em 5 etapas. Primeira etapa seria a limpeza e manutenção das galerias, como se observa na figura 3 e 6, o acúmulo da vegetação se encontra por todo o leito do rio, o descaso dos órgãos públicos faz com que a vegetação cresça, impedindo o fluxo da água dentro das galerias.

Através disso com a realização de manutenções corretas como a retirada do excesso de vegetação e da terra que se aglomeram dentro das galerias, obterias se um fluxo normal de água, com isso diminuiria o risco de novos alagamentos.

Se a limpeza de galerias pluviais não é feita de maneira correta e periodicamente, sucede no surgimento de dejetos, gerando entupimento e mal funcionamento das galerias. Com o tempo, o sistema de galerias acaba sendo bloqueado por terra, pedras e entulhos, reduzindo drasticamente a capacidade de escoamento da rede e provocando grandes alagamentos a cada chuva. Caso a rede pluvial esteja entupida, há grandes chances de águas transbordarem e invadirem os imóveis, com isso trazendo esgoto, resíduos, pragas entre outras perturbações. Como se observas na figura 7, pode se notar como o processo será realizadas com a limpeza das galerias para evitar o acúmulo da vegetação.

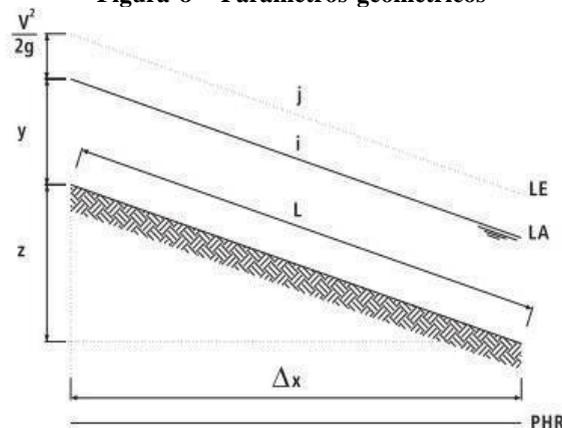
Figura 7 – Limpeza das galerias e dos gabiões



Fonte: Comurg Goiânia.

Com a limpeza realizada de forma correta é dado início a segunda etapa, que seria o aumento do poder de escoamento do córrego. De acordo com (Porto 2015), todo dimensionamento hidráulico de um canal sempre será baseado em equações referentes a resistência ao escoamento daquele determinado líquido, essa relação pode ser realizada com base alguns parâmetros geométricos, esses parâmetros são levando em consideração quando se quer determinar o movimento de um canal, como se observa na figura 8 onde pode-se analisar alguns desses parâmetros. Ainda de acordo com Porto (2015), o escoamento de um conduto livre e caracterizado pela presença atmosférica atuando sobre o líquido, sendo assim escoamentos em canais são caracterizados de duas formas, podendo ser elas de regime variável ou de regime permanente.

Figura 8 – Parâmetros geométricos



Fonte: Revestimento de canais e cursos de água, Manual técnico.

- PHR - Plano horizontal de referência
- LA - linha d'água; LE - linha de energia
- y - Profundidade máxima da água [m]
- z - Cota de fundo do canal em relação ao PHR [m]
- L - Comprimento do trecho do canal estudado [m]
- Δx - Projeção do comprimento do canal (L) no PHR [m]
- i - Declividade longitudinal do leito do canal [m/m]
- j - Declividade da linha de energia [m/m]
- 1/m - Inclinação da margem
- i - Declividade da linha d'água [m/m]
- $V^2/(2g)$ - Parcela da energia total referente ao termo cinético [m]

- V - Velocidade média do escoamento [m/s]
- A - Área da seção transversal do canal [m²]
- P - Perímetro molhado na seção transversal [m]
- B - Largura da superfície livre da água na seção transversal [m]
- b - Largura do fundo do canal na seção transversal [m]
- Q - Vazão que está escoando pelo canal [m³/s]
- RH - Raio hidráulico da seção transversal do canal [m]

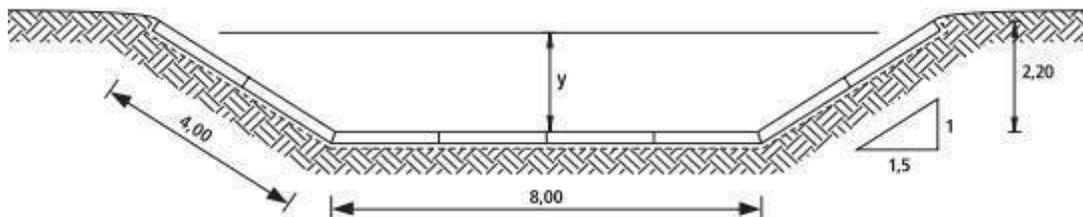
De acordo com a figura observa que entres os fatores necessários, alguns que se destacam em relação ao escoamento da água, sendo eles o Y, B e I que respectivamente se trata da profundidade máxima da água do rio, largura da superfície livre de água e a declividade do leito do rio. Com isso torna-se possível a aplicação de uma fórmula muito utilizada em condutos livres, a fórmula de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot RH^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (1)$$

- Q – Vazão
- A- Área molhada
- RH – Raio hidráulico
- N – Coeficiente de rugosidade
- I – Declividade do rio

Com isso observar-se existe uma relação direta entre a vazão, a área molhada e declividade do rio, com base nisso outra solução para tentar resolver os problemas de constantes alagamentos seria o alargamento dos taludes do rio, um rebaixamento do fundo e o aumento da declividade do rio, como podemos ver na figura 9.

Figura 9 – Alargamento dos taludes e afundamento do nível do rio



Fonte: Revestimento de canais e cursos de água, manual técnico

Através da aplicação dessas mudanças conseguiria se alcançar uma maior vazão dos fluidos com isso diminuído em muito o risco de novos alagamentos.

Com a segunda etapa realizada da se início a um recurso mais rentável e eficaz disponível para a solução dos problemas, temos a aplicação das gaiolas, popularmente conhecidas como gabiões que são construídas de arame recozido ou de também de aço galvanizado, a aplicação dessas gaiolas vem se tornando cada vez mais comum na engenharia, por possuírem diversas aplicações, entre elas hidráulicas, ambientais e geotécnicas. Dentre suas vantagens está sua durabilidade mais prolongada no que se incluem o zinco, gerando uma proteção considerável a corrosão.

O zinco é o mineral utilizado para prolongar a vida útil do arame. Tal material diminui a corrosão do ferro. Quando um arame ou um gradil de ferro recebe esse revestimento, recebe também uma proteção extra, no que aumenta a sua durabilidade. Logo essas cercas feitas de aço galvanizados são resistentes a água, o ar, entre outros fenômenos naturais em geral. A figura 10, mostra como é a estrutura dessas gaiolas.

Figura 10 – Construção das gaiolas dos gabiões



(A)

Fonte: Cobramseg 2008

(B)

O sistema de drenagem convencional funciona como um tipo de escoamento pluvial de forma ligeira, no qual se resulta em: aumento do volume escoado e vazões de pico; reduções no tempo de escoamento fazendo com que os hidrogramas de cheias sejam mais críticos; aumentando a frequência e gravidade das inundações.

Segundo Pereira (2018) essas estruturas foram criadas a mais de 7000 anos pelos povos que criaram as grandes pirâmides, essas estruturas eram utilizadas a margem do rio Nilo e anos depois começaram a ser utilizadas também em parte por militares que as usavam como uma espécie de fortificação ou até mesmo de defesa em fortes militares, por serem muito pesadas e com uma enorme resistência eram peças muito utilizadas.

De acordo com MACCAFERRI (2009) os gabiões são grandes muros de gravidade que fornecem a estabilização e a contenção dos taludes, controlando principalmente a erosão de obras hidráulicas. Com o peso excessivo das gaiolas, tudo que possa estar atrás delas é contido. Contudo, a força resistente das pedras tem um papel essencial e isso explica o porquê de serem colocadas em locais de planos inclinados.

Ainda segundo MACCAFERRI (2009) os gabiões são estruturas que possui inúmeras características próprias, que se acomodam de acordo com a necessidade da região em que são colocados. Com isso observam-se algumas delas como sendo, estruturas monolíticas, resistentes, flexíveis, permeáveis, de baixo impacto ambiental, práticas e versáteis.

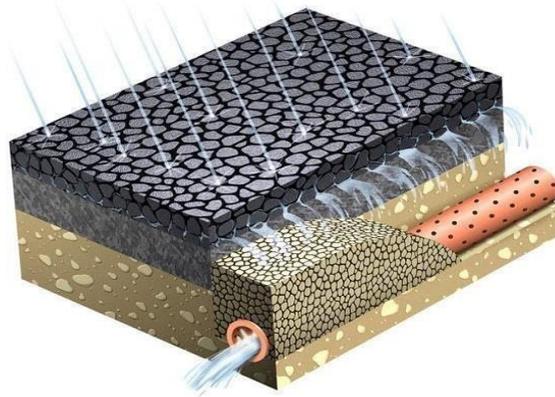
Sugere também como solução após concluir as etapas acima, para evitar o alagamento das vias pavimentadas, o asfalto poroso, que basicamente sua composição é parecida com a do asfalto convencional, porém seu grande diferencial é a capacidade é uma forma rápida de absorção do fluxo da água, possui espaços vazios em sua estrutura, fazendo com que a demanda de água escape por esses espaços vazios.

O asfalto poroso foi submetido pela USP em São Paulo, e absorve rapidamente o fluxo de água demandado, semelhante a uma areia de praia permitindo que a água absorvida chegue com maior velocidade ao lençol freático, seu diferencial em relação aos demais pavimentos permeáveis existentes no mercado é seu base de pedra também conhecido como reservatório de brita de 35 cm que proporciona essa rapidez de escoamento.

Em vigor aos custos, quando produzido em grande quantidade pela Nova Xavantina, 28 de maio de 2019, se torna bem mais acessível, mesmo tendo um aumento considerável de 20% se produzido em pouca quantidade em relação ao asfalto convencional.

Segundo Athanasio (2010), a diferença entre o asfalto poroso e o concreto poroso está na superfície, pois um é feito com concreto e outro com asfalto comum, porém o asfalto poroso possui um índice de vazios maior por ser executado com agregados com tamanho maior facilitando a absorção, conforme a figura 11.

Figura 11 - Sistema do asfalto permeável.



Fonte: Inovacivil.

Na última etapa seria a instalação de um elemento essencial para a eficiência do sistema como a boca-de-lobo, cuja função é captar a água que escoar pela sarjeta. Sua produtividade depende da capacidade de esgotamento, que é função de seu tipo, altura da água no trecho da sarjeta imediatamente à montante e dimensões. Conforme CHIN, (2000) as grelhas da boca de lobo funcionam como um vertedor de soleira livre.

A boca de lobo de sarjeta é feita com um pré-fundido de aço ou de concreto, sendo capaz de ser simples encaixe ou com dobradiça. Para aquela região seria necessária que ela tivesse o mesmo comprimento que a galeria, instaladas nos dois lados das pistas, conforme observa-se na figura 12.

Figura 12 - Boca de lobo, sarjeta



Fonte: Q concurso.

Com isso, concluiu-se todas as etapas propostas para tentar sanar os problemas relacionados aos alagamentos constantes da região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as mudanças climáticas que vem ocorrendo ao longo dos últimos anos, problemas devidos a tempestades, secas, variações térmicas bruscas.

Segundo Argolo e Giustina (2016), em Anápolis o índice de chuva nos próximos anos subsequentes vão aumentar, devido a alterações climáticas, fenômeno também previsto para as demais regiões do país. Dessa forma o presente trabalho teve como objetivo apresentar soluções para problemas de drenagem nas cidades, que constantemente sofrem com alagamentos e problemas ambientais, trazendo sérios prejuízos a sociedade, como desde impactos a pavimentação como acidentes.

Diante da situação apresentada, este trabalho apresentou os problemas enfrentados pela falta de um sistema de drenagem eficiente, a falta de elementos básicos para a drenagem urbana como bocas de lobo, galerias de drenagem entre outros. Através da análise observa-se como a água pode influenciar na vida útil do pavimento asfáltico, influenciando diretamente moradores dos bairros

afetados.

Através de todo o estudo e o levantamento de dados de diversas bibliografias, tornou-se possível diversas sugestões viáveis para resolver os problemas expostos, através da implementação de capas asfálticas impermeáveis, o aumento das bocas de lobo juntamente com as grelhas e o aumento das sarjetas evitando assim o descontentamento dos moradores, além de economizar no sistema de bocas de lobo, além de possuir um custo consideravelmente acessível aos municípios.

Com isso conclui-se que não se trata somente de uma melhor infraestrutura, no bom âmbito da sociedade ambas sempre trabalharam em conjunto e assim, de certa forma, compensar uma melhor qualidade de vida para todos. Então deve-se ter a máxima atenção possível, fazendo o levantamento dos pontos de drenagem, refazendo e prevendo as soluções para drenar a água do local, avaliando o índice de eficiência dos sistemas de drenagem, afim de evitar acidentes como o ocorrido a alguns dias atrás que gerou 3 óbitos. É de extrema importância que a premissa do sistema de drenagem urbana sofrerá colapso em qualquer cidade ou bairro, se não estiver trabalhando de forma eficiente.

REFERÊNCIAS

ABCDOABC. **DAE alerta: lixo jogado nas ruas compromete sistema de drenagem urbana**. 2014. Disponível em: <https://www.abcdoabc.com.br/sao-caetano/noticia/dae-alerta-lixo-jogado-ruas-compromete-sistema-drenagem-urbana-23341>. Acesso em: 24 nov. 2022.

ARGOLO, Eduardo; GIUSTINA, Carlos Christian Della. 2016. **Simulações E Modelagem Hidrológica De Microbacia Urbana Para Previsão De Inundações: O Caso Do Rio Das Antas Na Cidade De Anápolis-GO**. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science 5 (3), 252-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.21664/2238-8869.2016v5i3.p252-270>.

ATHANASIO, Ana. **Asfalto poroso absorve água e reduz riscos de enchentes**. São Paulo, 2010.

BEZERRA, A. M. et al. **Drenagem urbana de água pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Assú/RN**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL CAMPINA GRANDE/PB, 7. Anais. 2016.

CHIN, D, A. **Water resources Engineering**. Prentice Hall, 2000. 749páginas.

DIAS, Liliane. **Impressionante quantidade de lixo é descoberta em rede de drenagem**. 2019. Disponível em: <https://notisul.com.br/geral/impressionante-quantidade-de-lixo-e-descoberta-em-rede-de-drenagem/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

DIAS, F. S.; ANTUNES, P. T. S. C. **Estudo Comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos**. Projeto (graduação em Engenharia Civil) – Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

EJEAMB. **Erosão: fatores que aceleram esse processo**. 2018. Disponível em: <https://ejeamb.com.br/erosao-fatores-que-aceleram-esse-processo/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

IPT (1986). **Departamento de Águas e Energia Elétrica**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe – Paranapanema. Vol.6. (IPT, relatório, 24.739), (C.P; ME), São Paulo, SP.

LIMA, J. G. A., Coelho, M. M. L. P. **Avaliação das capacidades das sarjetas e bocas de lobo in Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte, MG, 2007.

MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. **Obras de contenção**: manual técnico. Publicação Técnica.

2009.

MACHADO, E. V. **Qualidade das águas da bacia hidrográfica do Córrego do Góis, Anápolis / GO.** 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, 2009.

MARTINS, S. Q. **Verificação do sistema de drenagem urbana e das áreas com risco de erosão no bairro Itamaraty 2ª etapa em Anápolis, GO.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2019.

MANUAL DE DESASTRES (2003). **Desastres Naturais** –vol. I. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília-DF, 2003.

MOURA, E. M.; NASCIMENTO, N. C.; BATISTA, M. S.; MARTINS, A. F. A. **Sistema de drenagem em nascente: estudo de caso na cidade de Ceres, Goiás.** In: Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente, 8. Anais. SNCMA, 2018.

PEREIRA, Caio. **O que é Gabião, principais tipos, vantagens e desvantagens.** Escola Engenharia, 2019.

PONCE, V. M. **Engineering Hydrology: Principles and Practice.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, (1989).

PORTO, M. **Revestimento de canais e curso de água.** 2015. 101p. Manual técnico. 2015.

RODRIGUES, Antonio Carlos. **Canalização e Contenção de Córrego Parque Arariba.** 2020. Canalo Youtube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Z3W9Dt-4q9I&ab_channel=AntonioCarlosRodrigues. Acesso em: 24 nov. 2022.

RUAS, Matheus. **Temporada de chuvas: 11 estados enfrentam enchentes e alagamentos neste começo de ano.** 2022. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/temporada-de-chuvas-11-estados-enfrentam-enchentes-alagamentos-neste-comeco-de-ano-25340554>. Acesso em: 24 nov. 2022.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; LOPES, Everaldo Jardim; RHIS, Arnon Roberto; COELHO, Sandro Sofia Figueredo. **Verificação dos principais tipos de contenções de taludes existentes na cidade de Teófilo Otoni.** Research, Society And Development, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 1-17, 25 fev. 2019. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i4.911>

TODA MATÉRIA **Rios Poluídos.** 2022. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/rios-poluidos/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2003.

UEHARA, K. (1985) - **Necessidade de Estudos de Novos Critérios de Planejamento de Drenagem de Várzea de Regiões Metropolitanas.** In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 6., São Paulo (SP). Anais. São Paulo: ABRH, v.3, pp. 111-119.

UEHARA, K. (1989). **“Drenagem das Várzeas Causam Problemas”.** Revista do Departamento de Águas e Energia Elétrica, ano 5, nº 15, pp: 18-22, 1989.

SANTOS, I. P. **Análise de barragens de gravidade: uma abordagem computacional.** 2011. 153 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia

Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

SANTOS, K. R. As relações entre o sítio natural e a urbanização na produção dos riscos ambientais: as inundações na cidade de Anápolis (GO). 2017. 341 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

WATANABE, R.M. Drenagem urbana, boca de lobo. 2021. Ebanataw drenagem, Disponível em <https://www.ebanataw.com.br/drenagem/bocadelobo.htm>. Acesso em 15/10/2022.