



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

CASSIO COSTA RODRIGUES

DRENAGEM URBANA E SEUS PRINCIPAIS IMPACTOS

**UBÁ/MG
2021**

CASSIO COSTA RODRIGUES

DRENAGEM URBANA E SEUS PRINCIPAIS IMPACTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Fundação Presidente Antônio Carlos – FUPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Suymara Toledo de Miranda.

**UBÁ/MG
2021**

AGRADECIMENTO

A Deus por tudo que me concedeu para que pudesse chegar até aqui e por tudo que ele ainda vai fazer por mim.

A toda minha família pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis que passei durante toda a graduação.

A minha orientadora Profa. Dra. Suymara Toledo de Miranda pelo apoio e direcionamento da pesquisa com muita sabedoria e seriedade.

A todos os professores do Curso de Engenharia Civil que ajudaram a construir as estruturas de minha vida acadêmica.

A todos os amigos que, direta ou indiretamente, participaram deste trabalho, aos amigos que fiz e com os quais convivi durante toda a minha graduação.

RESUMO

O crescimento populacional acelerado das cidades, juntamente com o consumo excessivo e descarte incorreto de rejeitos ao longo da história, relaciona-se diretamente com problemas de saneamento básico. Este trabalho visa, através de uma revisão bibliográfica, apresentar temáticas sobre sistemas de drenagem urbana e seus principais modelos, macrodrenagem e microdrenagem, abordando os principais problemas que uma má projeção de sistemas de drenagem podem causar em uma sociedade, tais como: alagamentos, enchentes e inundações. Engloba ainda medidas estruturais que visam minimizar tais impactos mencionados acima, medidas estas voltadas a modelos de drenagem compostos por sarjetas, bocas de lobo e galerias pluviais. Mediante esse estudo tornou-se possível observar a relevância de um bom planejamento estrutural no que se diz respeito a sistemas de captação de águas pluviais, e evidenciar sua relevância perante aos impactos ambientais que assim são minimizados.

Palavras-chave: Saneamento Básico. Medidas Estruturais. Microdrenagem.

ABSTRACT

The accelerated population growth of cities, along with excessive consumption and incorrect disposal of tailings throughout history, is directly related to basic sanitation problems. This work aims, through a bibliographic review, to present themes about urban drainage systems and their main models, macrodrainage and microdrainage, addressing the main problems that a poor projection of drainage systems can cause in a society, such as: flooding, floods and floods. It also includes structural measures aimed at minimizing such impacts mentioned above, measures aimed at drainage models composed of gutters, wolf mouths and storm galleries. Through this study it became possible to observe the relevance of a good structural planning with regard to rainwater collection systems, and to evidence its relevance to the environmental impacts that are thus minimized.

Keywords: Basic Sanitation. Structural Measures. Microdrainage.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	DESENVOLVIMENTO	8
2.1	Urbanização.....	8
2.2	Saneamento Básico	10
2.3	Escoamento Pluvial Superficial	12
2.4	Sistemas de Drenagem.....	13
2.5	Principais problemas nos sistemas de drenagem	16
2.5.1	<i>Inundações</i>	18
2.5.2	<i>Alagamento</i>	19
2.5.3	<i>Enchente</i>	20
2.6	Medidas Estruturais	21
2.6.1	<i>Sarjetas</i>.....	22
2.6.2	<i>Bocas de Lobo</i>	22
2.6.3	<i>Galerias Pluviais</i>.....	23
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização cresceu significativamente ao longo dos tempos, e com este vieram as mudanças ambientais que afetam a vida de toda sociedade, uma vez que apesar de interligado ao saneamento básico, ambos não crescem na mesma proporção.

Através do crescimento das cidades e conseqüentemente de sua área urbana, surgem problemas como a drenagem urbana, principalmente através da impermeabilização do solo, acarretando assim diversos agravantes afetando boa parte da população (SILVA, 2015).

Pode-se evidenciar problemas relacionados ao crescimento populacional: o crescimento de áreas periféricas, aumento de lixo, enchentes, problemáticas de mobilidade urbana e ainda precarização de serviços. Assim, faz-se necessário a urbanização estar atrelada ao saneamento básico, uma vez que este por si só visa à garantia de condições mínimas de higiene para a sociedade.

O escoamento superficial exerce um papel de fundamental importância no transporte de água e de seus sedimentos e nas obras de engenharia possui grande relevância quanto ao dimensionamento e vazões máximas de escoamento. É através dos sistemas de drenagem que se torna possível, dentro de uma sociedade, minimizar os impactos que por ventura venham a ocorrer perante enchentes, deslizamentos e inundações. Os sistemas de macro e microdrenagem se fazem presentes em toda a sociedade, a fim de reduzir significativamente possíveis problemas causados por uma má projeção de sistemas de drenagem, estes, ligados a enchentes, alagamentos e inundações.

Algumas medidas estruturais visam reduzir em escala significativa esses impactos através de obras de infraestrutura, tais como: confecção de sarjetas, bocas de lobo e galerias pluviais, a fim de proporcionar para sua cidade uma melhor captação da água oriunda das chuvas, bem como transportá-la de forma segura, tratá-la e por fim dar o destino final correto para a mesma.

Dessa forma, este trabalho visa, através de uma revisão bibliográfica, apresentar temáticas sobre sistemas de drenagem urbana, seus principais modelos, macrodrenagem e microdrenagem, abordando os principais problemas que uma má projeção de sistemas de drenagem podem causar em uma sociedade, tais como alagamentos, enchentes e inundações.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Urbanização

A urbanização é o processo de crescimento tanto populacional como territorial de determinado local, traz consigo o êxodo rural, ou seja, a migração populacional acelerada. Com início na Europa a urbanização se deu com a Revolução Industrial, meados dos anos 1760-1840, em que a oferta de empregos nas áreas urbanas foi muito crescente, estimulando assim a saída das pessoas da área rural. A criação das máquinas à vapor também contribuiu para tal avanço devido a diminuição de geração de empregos no campo, diante dessa situação muitos moradores não encontraram outra saída a não ser ir para a cidade procurar novas oportunidades, iniciando a urbanização (CRUZ, 2021).

No Brasil, o processo de êxodo rural ocorreu em meados dos anos 1970 e 1980, “a mecanização da produção agrícola expulsou trabalhadores do campo que se deslocaram para as cidades em busca de oportunidades de trabalho” (IBGEEDUCA, 2015, p.1).

Cruz (2021) ressalta que no Brasil esse processo se concentrou mais especificamente na região sudeste, onde as cidades passaram a receber muitas pessoas e cresceram então de forma exagerada e acelerada, situação essa que trouxe consigo diversos problemas.

Segundo o IBGE (2010) pode-se observar na FIG.1 o aumento da população urbana em meados dos anos 1970 e 1980. É evidente que a partir dos anos 2000 a população brasileira rural migrou-se de forma significativa para as áreas urbanas a fim de melhores oportunidades.

Figura 1 – Distribuição percentual da população nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões, as Unidades de Federação e a situação do domicílio – 1976/2010

Região	Grandes Regiões e Unidades da Federação	1960 ¹		1970 ¹		1980 ¹		1991 ²		2000 ²		2010 ²	
		Urbana	Rural										
	BRASIL	45.1%	54.9%	56.0%	44.0%	67.7%	32.3%	75.5%	24.5%	81.2%	18.8%	84.4%	15.6%
N	Região Norte	35.5%	64.5%	42.6%	57.4%	50.2%	49.8%	57.8%	42.2%	69.8%	30.2%	73.5%	26.5%
NE	Região Nordeste	34.2%	65.8%	41.8%	58.2%	50.7%	49.3%	60.6%	39.4%	69.0%	31.0%	73.1%	26.9%
SE	Região Sudeste	57.4%	42.6%	72.8%	27.2%	82.8%	17.2%	88.0%	12.0%	90.5%	9.5%	92.9%	7.1%
S	Região Sul	37.6%	62.4%	44.6%	55.4%	62.7%	37.3%	74.1%	25.9%	80.9%	19.1%	84.9%	15.1%
CO	Região Centro-Oeste	37.2%	62.8%	50.9%	49.1%	70.7%	29.3%	81.3%	18.7%	86.7%	13.3%	88.8%	11.2%

Fonte: IBGE, Censo 2010¹

¹ Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=9&uf=00>. Acesso em: 05 out. 2021.

Atualmente as estruturas dos grandes centros urbanos brasileiros não condizem com a população que neles habitam e uma das principais consequências deste cenário é o crescimento de áreas não planejadas como favelas e ocupações irregulares, esses locais são os que mais sofrem com a falta de saneamento básico, asfalto, iluminação pública além de transporte de qualidade (CRUZ, 2021).

O manual de Drenagem Urbana elaborado pelo Município de Toledo (2017) relata ainda que embora o planejamento urbano envolva fundamentos interdisciplinares, em sua prática, é realizado dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento. A falta de observação dos aspectos de drenagem urbana e qualidade da água trazem consigo grandes transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente, ou seja, a falta de planejamento do plano Diretor Urbano e da ocupação do espaço urbano gera diversos agravamentos para com o meio ambiente e social.

Cunha (2018) relata que o processo de urbanização tende a afetar de maneira impactante a natureza, uma vez que o crescimento territorial e populacional transforma o espaço rural em urbano fazendo com que vários malefícios ocorram nessa transição.

Segundo Cruz (2021) são consequências rápidas da Urbanização:

- Problemas de Mobilidade Urbana
- Crescimento de Áreas Periféricas
- Precarização de Serviços
- Aumento de Lixo Urbano
- Enchentes
- Surgimento de Ilhas de Calor
- Gentrificação

O crescimento desordenado das cidades traz consigo uma infinidade de problemas sociais e ambientais, “a poluição sonora, do ar, visual, dos rios e mananciais, além de inundações, maior ocorrência de desabamentos e criminalidade” (CUNHA, 2018, p.2).

Jatobá (2011, p.1) enfatiza em seu estudo que “a urbanização, por implicar a concentração de pessoas e atividades produtivas sobre um espaço restrito, gera, necessariamente, impactos degradadores do meio ambiente com efeitos sinérgicos e persistentes”, ela pode ainda gerar impactos ambientais de forma concentrada, difundindo os mesmos além dos limites urbanos.

2.2 Saneamento Básico

O saneamento básico pode ser definido como “o conjunto de serviços que garantem as condições de higiene da população” (SOUSA, 2017, p.5).

Ele é constituído pelo conjunto de ações sobre o ambiente físico, ou seja, o controle ambiental, com objetivo de proteger a saúde humana. A oferta de saneamento é associada a sistemas constituídos por uma infraestrutura física, ou seja, obras e equipamentos, além ainda de uma estrutura educacional, legal e institucional que abranja serviços como: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta e destinação adequada de resíduos, coleta de águas pluviais e ainda controle de vetores de doenças transmissíveis (BOVOLATO, 2014).

Oliveira (2017) evidencia que ao contrário do que se pensa, o saneamento básico não se constitui apenas pelos sistemas de água e esgoto, ele inclui também o manejo adequado dos resíduos sólidos e a drenagem urbana.

Sousa (2017) complementa ainda como serviços componentes do Saneamento Básico: abastecimento de água potável, a coleta e tratamento dos esgotos, os sistemas de drenagem de águas pluviais e o gerenciamento dos resíduos sólidos, desde a limpeza das ruas da cidade até a destinação final dos mais diversos tipos de resíduos gerados dentro da sociedade.

Segundo a Lei 11.445 de 2007 atualizada pela Lei nº 14.026 de 2020, o saneamento básico constitui o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais, pode-se considerar como seus quatro pilares (BRASIL, 2007):

- Abastecimento de água: captação, tratamento e distribuição da mesma com qualidade e quantidade suficiente para a população.
- Esgoto sanitário: captação, tratamento e lançamento do mesmo tratado nos efluentes, evitando assim a exposição a possíveis doenças.
- Manejo de resíduos sólidos: limpeza urbana, coleta, tratamento e destinação adequada de todos os resíduos gerados na sociedade.
- Drenagem urbana: sistemas de captação de águas pluviais.

A utilização do saneamento como instrumento de promoção da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que dificultam por si a extensão dos benefícios do mesmo à sociedade. (RIBEIRO, ROOKE, 2010)

Segundo a FUNASA (BRASIL, 2020) são efeitos das ações de saneamento básico na saúde:

- Água de boa qualidade para o consumo humano e seu fornecimento contínuo asseguram a redução e controle de: diarreias, cólera, dengue, febre amarela, tracoma, hepatites, conjuntivites, poliomielite, escabioses, leptospirose, febre tifóide, esquistossomose e malária.
- Coleta regular, acondicionamento e destino final adequado dos resíduos sólidos diminuem a incidência de casos de: peste, febre amarela, dengue, toxoplasmose, leishmaniose, cisticercose, salmonelose, teníase, leptospirose, cólera e febre tifóide.
- Esgotamento sanitário adequado é fator que contribui para a eliminação de vetores da: malária, diarreias, verminoses, esquistossomose, cisticercose e teníase.
- Melhorias sanitárias domiciliares estão diretamente relacionadas com a redução de: doença de Chagas, esquistossomose, diarreias, verminoses, escabioses, tracoma e conjuntivites.

Em 15 de julho do ano de 2020, foi sancionado pelo atual Presidente da República, Jair Bolsonaro, o novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei 14026/2020), com o objetivo de universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor. Hoje no país, cerca de 35 milhões de pessoas não tem acesso a água tratada e mais de 100 milhões não contam com serviços de coleta de esgoto, estima-se que até o ano de 2033 garantir que 99% da população brasileira tenha acesso a água potável e que 90% tenham acesso ao tratamento e a coleta de esgoto. O novo marco visa contribuir também para a revitalização de bacias hidrográficas, conservação ambiental, redução de perdas de água, proporcionando assim uma maior qualidade de vida e saúde para a população, aquecer a economia e gerar empregos, prevendo ainda acabar com os lixões a céu aberto em todo o país (BRASIL, 2020).

Dentre os principais pontos do Marco Legal pode-se citar (BRASIL, 2020)²:

- Contratos de concessão: a nova lei extingue os chamados contratos de programas, firmados, sem licitação, entre municípios e empresas estaduais de saneamento. Esses acordos, atualmente, são firmados com réguas de prestação de tarifação, mas sem concorrência. Com o novo marco legal, abre-se espaço para os contratos de concessão e torna obrigatória a abertura de licitação, podendo, então, concorrer à vaga prestadores de serviços públicos e privados.
- Blocos de municípios: outra mudança prevista na lei se refere ao atendimento a pequenos municípios, com poucos recursos e sem cobertura de saneamento. Pelo modelo anterior, as grandes cidades atendidas por uma mesma empresa estatal ajudavam a financiar a expansão do serviço nos municípios menores. A nova lei determina que os estados, no intuito de atender aos pequenos municípios, componham em até 180 dias grupos ou blocos de municípios que poderão contratar os serviços de forma coletiva.
- Comitê Interministerial de Saneamento: Será criado o Comitê Interministerial de Saneamento Básico para melhorar a articulação institucional entre os órgãos

² Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/07/novo-marco-de-saneamento-e-sancionado-e-garante-avancos-para-o-pais>.

federais que atuam no setor. Esse comitê será presidido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional.

2.3 Escoamento Pluvial Superficial

O crescimento populacional tem um papel relevante no que se diz respeito às alterações do meio ambiente quando associado ao desenvolvimento urbano, tais alterações se destacam principalmente quando se diz respeito aos recursos naturais, em especial dos hídricos (CAMPANA, BERNARDES, 2010).

É através da expansão territorial, que acaba ocorrendo sem legislação e/ou fiscalização, que surge o uso e ocupação inadequada do solo, intensificando assim diversos problemas como alagamentos e inundações, e “se distribuindo ao longo das linhas naturais de escoamento das águas superficiais em função da planialtimetria da cidade e do grau de impermeabilização da área de drenagem” (LIMA, 2019, p.22).

Schiavetti e Camargo (2002, p.82) pondera que o escoamento superficial é o processo que “corresponde ao segmento do ciclo hidrológico relativo ao deslocamento da água sobre a superfície do solo e é de fundamental importância para o projeto de obras de engenharia, dimensionadas de modo a suportar as vazões máximas decorrentes do escoamento”.

O escoamento superficial é de fundamental importância para o transporte da água e seus sedimentos, o solo possui capacidades distintas de infiltração, fator que acaba contribuindo para o início do processo erosivo e o aumento da umidade do solo, quando esgotada a capacidade de infiltração, a água superficial busca novos trajetos na superfície, transportando assim minerais e húmus contidos na parte superficial do perfil para pontos mais baixos do relevo, a presença da cobertura vegetal em uma dada vertente dá ao escoamento superficial então uma outra dinâmica, assim sendo, o processo de umidificação e infiltração do solo ocorre de forma mais harmônica comparada à de uma vertente sem cobertura vegetal (SILVA, 2012).

O escoamento superficial sempre ocorre de um ponto mais alto para outro mais baixo, de regiões mais altas para mais baixas até o mar, esse processo de escoamento inclui uma série de fases intermediárias entre a precipitação e o escoamento em rios (ESCOAMENTO, 2005) (FIG. 2).

As cargas poluentes de origem difusa, originadas na bacia hidrográfica e incorporadas ao escoamento superficial e lançadas no sistema de drenagem, geram preocupações crescentes no contexto do controle da poluição e da proteção dos recursos hídricos. O escoamento decorrente da precipitação lava ruas, telhados, calhas e demais superfícies, carrega os mais diversos detritos e contaminantes para os corpos receptores através da drenagem existente. (CAMPANA, BERNARDES 2010, p.53).

Figura 2: Modelo de Escoamento Superficial



Fonte: Andrade, 2014³

2.4 Sistemas de Drenagem

Os sistemas de drenagem pluvial possuem como função principal a minimização de problemas como enchente, deslizamentos de encostas causados pelo excesso da circulação de água. Ele é composto por diversas estruturas e instalações em vias públicas destinadas ao escoamento das águas e apesar de passar despercebido pelos olhos da população, este se faz de fundamental importância para diminuir os possíveis impactos causados pelo fortes chuvas (BORGES, 2020).

Os sistemas de drenagem de águas pluviais possuem como função o escoamento dos grandes volumes das precipitações que caem sobre as cidades na direção de canais de drenagem, rios e outros corpos de água, no maior volume e no menor tempo possível (SOUSA, 2017).

³ Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/fandrade/teaching/files/aula_8_escoamento.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

A drenagem urbana constitui de um sistema de manejo que é projetado pelo poder público municipal, para coletar as águas provenientes da chuva e então escoá-las para as galerias de águas e esgoto pluvial até o curso hídrico. São componentes do sistema de drenagem urbana: sarjetas, bocas-de-lobo, galerias de drenagem, bueiros, dentre outros (LIMA, 2019).

As redes de drenagem de águas pluviais são redes de tubulações subterrâneas independentes da rede de esgoto, essa rede de tubulações deve receber apenas as águas pluviais captadas pelas bocas-de-lobo, grelhas, bueiros e outros dispositivos e deve encaminhar o fluxo de águas na direção das valas de drenagem, córregos, rios ou outros receptores como piscinões, lagos e represas (SOUSA, 2017).

São benefícios oriundos de um bom sistema de drenagem urbana (GONZALEZ, 2014, p.17):

- Desenvolvimento do sistema viário;
- Redução de gastos com manutenção das vias públicas;
- Valorização das propriedades existentes na área beneficiada;
- escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das precipitações;
- Eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais;
- Rebaixamento do freático;
- Recuperação de áreas alagadas ou alagáveis;
- Segurança e conforto para a população habitante ou transeunte;

Os sistemas de drenagem são divididos em microdrenagem e macrodrenagem.

A microdrenagem se constitui do sistema de condutos pluviais ou dos canais de loteamentos ou na rede primária urbana, esse modelo de drenagem é projetado a fim de atender a drenagem de precipitações com riscos moderados (DIAS, ANTUNES, 2010) (FIG. 3). A FUNASA (BRASIL, 2018) complementa que a microdrenagem é composta pelos principais dispositivos que drenam o sistema viários, tais como canaletas, bocas-de-lobo, sarjetas, galerias e ainda condutos de ligação e tubulações com diâmetro máximo de 80cm.

Figura 3: Modelo de Sistema de Microdrenagem



Fonte: PM de Fortaleza, 2019⁴

A macrodrenagem abrange áreas de pelo menos 2 km² ou 200ha, esse modelo de drenagem envolve os sistemas coletores dos mais diversos sistemas de microdrenagem e deve ser projetado a fim de acomodar precipitações maiores às da microdrenagem, com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais (DIAS, ANTUNES, 2010) (FIG. 4).

A macrodrenagem é formada ainda por canais, sejam eles abertos ou fechados de maiores dimensões e seu enfoque é o aumento da condutividade hidráulica para o se controlar o escoamento superficial direto (OSASCO, 2016).

Figura 4: Modelo de Macrodrenagem



Fonte: Chaves, 2016⁵

⁴ Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/tag/Drenagem>. Acesso em: 20 out. 2021.

⁵ Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-20-Projeto-final-do-canal-de-macrodrenagem-a-Vista-1-b-Vista-2-c-Vista-3_fig11_309397775. Acesso em: 20 out. 2021.

2.5 Principais problemas nos sistemas de drenagem

Através do constante desenvolvimento e aumento populacional das cidades brasileiras, o crescimento da área urbana para atender a demanda é inevitável. Mediante essa necessidade, o crescimento acelerado da produção de resíduos e consequentemente da perda de áreas permeáveis, surgem novas problemáticas quando essas práticas ocorrem sem planejamento e controle da drenagem urbana, vinculada com o remanejamento da nova vazão que se insere no contexto social (NASCIMENTO, et.al., 2018).

Circundado a esses fatores, o sistema de drenagem urbana apresenta falhas quando ocorre sem um planejamento, afetando assim a sociedade, a fauna e flora local. Soares (2018, p.2) afirma:

“Todo este processo de urbanização, quando não implantado e gerenciado de forma planejada e sustentável, acaba gerando vários problemas, tais como: enchentes, inundações, enxurradas e consequente contaminação dos rios, resultando em diversos impactos socioambientais como, por exemplo, a alteração da qualidade das águas dos córregos devido à carga de poluentes, assim como de resíduos sólidos carregados com as águas pluviais; surgimento de erosão; deslizamento de encostas; além de problemas relacionados à saúde pública, como veiculação de doenças, e interdição de vias com prejuízos ao trânsito de veículos”.

As técnicas de Drenagem Urbana convencionalmente utilizadas não abordam o problema por um todo, do ponto de vista do ciclo hidrológico, geralmente resolvem o problema hidráulico de imediato, o que por sua vez, leva ao excesso de precipitações para a jusante mediante seus sistemas lineares (DIAS, ANTUNES, 2010).

Nas cidades o crescimento desenfreado das construções interfere significativamente na dinâmica das chuvas. Segundo Sousa (2017, p.14):

- 1 – A ocupação cada vez maior de encostas de morros leva a remoção da cobertura vegetal e ao corte do solo para construção de habitações. Períodos de chuva mais intensos saturam o solo com água, o que pode provocar sérios desmoronamentos, com alto risco para os moradores;
- 2 – A impermeabilização do solo resultante da aplicação de imensas faixas de asfalto nas ruas, concretagem de calçadas e quintais, reduz drasticamente a absorção de água pelo solo e provoca a formação de fortes enxurradas, com enorme potencial de inundações;
- 3 – Construções ocupam grandes extensões de solo e concentram nos seus telhados grandes volumes de água que descem velozmente por sistemas de calhas e se somam as volumosas enxurradas do solo;

- 4 – Áreas de várzea, que originalmente absorviam os excedentes de águas nos períodos de chuva, foram aterradas para permitir o aumento da área disponível para as construções;
- 5 – Margens de rios e córregos foram retificadas e urbanizadas, diminuindo a área de recepção das águas excedentes e, em muitos casos, diminuindo a velocidade da correnteza do curso d'água, e aumentando assim o tempo de drenagem das águas da chuva;
- 6 – Restaram nas áreas urbanas poucas áreas verdes e remanescentes florestais com grande capacidade de absorção de água nos seus solos e pela vegetação.

Tucci (2008) enfatiza ainda que quando não há na cidade um sistema de tratamento de esgoto adequado e seus efluentes são lançados de forma direta nas redes pluviais de esgoto, os problemas ganham ainda mais gravidade, uma vez que este ato pode gerar a contaminação dos mananciais hídricos e ainda afetar de forma direta no abastecimento de água da cidade e na disseminação de diversas doenças.

Pode-se pontuar como os principais motivos pela falha do sistema de drenagem urbana: a falta de conhecimento tanto da população como de profissionais de diferentes áreas que não possuem conhecimento sobre os problemas e suas causas; falta de capacidade gerencial por meio do município que não possui estrutura de planejamento e gerenciamento adequado dos aspectos da água no meio urbano; ainda a concepção inadequada dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle dos sistemas (TUCCI, 2008).

Tucci (2017) enfoca ainda que os municípios não investem em projetos consistentes e sequer possuem sistemas de drenagem. Geralmente esses são constituídos por córregos, valas, galerias e tubos, em síntese, os municípios precisam investir em elaboração de Planos Diretores de Drenagem Urbana, sendo este um documento de suma importância para a implementação de soluções sustentáveis para um bom manejo de águas pluviais. Sem um plano, os gestores não possuem um guia para seguir e a cada gestão, novas prioridades são pré-estabelecidas.

A ineficiência pode levar a ocorrência de inundações, alagamentos e enchentes (FIG. 5).

Figura 5: Exemplificação de problemas oriundos de um mal planejamento de sistemas de drenagem.



Fonte: Berns, 2018⁶

2.5.1 Inundações

O processo de inundação ocorre mediante a submersão de áreas que não se encontram nos limites normais do curso d'água, o transbordamento ocorre de modo gradativo em áreas de planície e geralmente é ocasionado pela chuva distribuída e em alto volume (BRASIL, 2016).

Segundo a SEMASA (2015) a inundação se dá pelo transbordo das águas em um canal de drenagem, atingindo assim às áreas marginais.

Amaral e Moni (2020) enfatizam que este é um processo que ocorre quando as águas do rio transbordam perante às chuvas e ocupam a área ao lado do rio, essas são denominadas planícies fluviais ou várzeas. É um fenômeno natural, e dependendo da intensidade da chuva as águas do rio podem subir centímetros formando assim pequenas camadas de água ao redor do rio ou ainda podem subir rapidamente atingindo alturas que podem chegar a cobrir o telhado de casas.

Elas costumam ocorrer no médio curso ou na área de jusantes, essas são áreas mais baixas e/ou planas, que tornam então o curso da água mais lento e concentrado. Quando ocorre a incidência de chuva forte as águas chegam de forma acelerada ao médio curso e a jusante, sendo nessas áreas o escoamento mais lento, o nível da água pode subir

⁶ Disponível em: <https://acqualisengenharia.com.br/voce-sabe-a-diferenca-entre-enchente-inundacao-enxurrada-e-alagamento/>. Acesso em: 20 out. 2021.

e transbordar para as planícies fluviais, lugar próprio para acomodar as águas da inundação (AMARAL, MONI, 2020).

O processo de inundação corresponde então ao transbordamento das águas de um curso d'água para suas margens, quando a vazão a ser escoada é superior à capacidade de descarga da calha (SANTOS, 2012) (FIG. 6).

Figura 6: Inundação



Fonte: G1, 2020⁷

2.5.2 Alagamento

Os alagamentos caracterizam-se por exceder a capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem urbana e pelo acúmulo de águas em calçadas, ruas e demais infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas, este por si só não se configura como um desastre natural (BRASIL, 2016).

O alagamento então é oriundo do acúmulo de água nas ruas e nos demais perímetros urbanos, por problemas de drenagem (SEMASA, 2015) (FIG. 7).

Amaral e Moni (2020, p.11) pontuam ainda que “o alagamento não tem ligação com o rio, mas sim com bueiros entupidos ou áreas mais baixas que causam acumulação das águas da chuva.

⁷ Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/07/05/sobe-o-numero-de-mortos-e-desaparecidos-em-inundacao-no-japao.ghtml>. Acesso em: 20 out. 2021.

Figura 7: Alagamento



Fonte: Lorrutama, 2019⁸

2.5.3 *Enchente*

Amaral e Moni (2020) conceituam enchente como o fenômeno onde as águas chegam ao ponto mais alto do rio, porém não ocorre o transbordamento do mesmo (FIG. 8). Esta ocorre devido a grande quantidade de volume de chuva e escoamento, sendo proveniente com mais frequência em cidades construídas sob planícies aluviais dos rios ou ainda de baixa altitude, consequentemente ocorre pela ação do homem levando assim a grandes problemas (CAETANO, 2016).

Segundo o manual de Drenagem Urbana elaborado pelo Município de Toledo (2017) as enchentes em áreas urbanas são consequências de dois processos que podem ocorrer de forma isolada ou conjunta:

- Enchentes em áreas ribeirinhas: os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação;
- Enchentes devido à urbanização: as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.

⁸ Disponível em: <https://diaonline.ig.com.br/2019/11/23/chuvas-intensas-veja-pontos-de-alagamento-em-goiania-para-se-evitar/>. Acesso em: 20 out. 2021.

Figura 8: Enchente



Fonte: Jovem Pan, 2021⁹

2.6 Medidas Estruturais

Os sistemas de drenagem de águas pluviais devem seguir sempre um plano básico, inicialmente faz-se o corte das ruas e avenidas na fase de loteamento de um lote ou gleba considerando o nível do solo, possibilitando assim desde o início da obra a criação de um caminho para as águas de chuva fluírem naturalmente, seguido da instalação de meio fio e a sarjeta, que darão um corpo sólido para os caminhos de drenagem das águas da chuva (SOUSA, 2017).

As medidas estruturais são de grande valia para a solução de boa parte dos problemas ligados aos sistemas de drenagem, no entanto, de forma isolada não são soluções extremamente eficazes e sustentáveis, além ainda de trazerem consigo altos custos para sua implementação e manutenção. A comunidade influencia diretamente na busca de soluções viáveis para minimizar tais problemas, “preferindo quase sempre medidas estruturais, talvez por serem obras vultosas que chamam a atenção e dão a sensação de proteção” (MACHADO, POLEZA, 2017, p.7).

⁹ Disponível em: <https://jovempan.com.br/noticias/mundo/australia-sofre-maior-enchente-em-decadas-e-18-mil-pessoas-sao-evacuadas.html>. Acesso em: 20 out. 2021.

As principais medidas estruturais e componentes do sistema de drenagem urbana são as sarjetas, bocas de lobo e as galerias de águas pluviais.

2.6.1 *Sarjetas*

As sarjetas são estruturas feitas próximas ao meio-fio, longitudinais e paralelas às ruas, possuem como função receber e transportar superficialmente às águas pluviais oriundas de todos os lotes e vias públicas até as bocas de lobo (LIMA, 2019) (FIG. 9).

Dias e Antunes (2010, p.45) complementam ainda que as mesmas são “condutos livres de seção triangular” com “função de transportar as águas pluviais longitudinalmente ao eixo das ruas, destinando as mesmas aos locais determinados pelo projeto de drenagem”.

Figura 9: Demonstrativo de modelo de Sarjeta



Fonte: Cimento Itambé, 2020¹⁰

2.6.2 *Bocas de Lobo*

Lima (2019) considera as bocas de lobo como aberturas nas sarjetas e/ou meio-fio, destinadas a coleta de água pluvial e transporte das mesmas até a galeria, suas posições dependem da capacidade de transporte das sarjetas e a quantidade das mesmas varia de acordo com sua capacidade de engolimento (FIG. 10).

As bocas de lobo devem ser localizadas de maneira a conduzirem adequadamente as vazões superficiais para a rede de condutos. (DIAS, ANTUNES, 2010)

¹⁰ Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/sarjeta-permeavel-e-alternativa-para-bocas-de-lobo/>. Acesso em: 20 out. 2021.

Figura 10: Modelo de Boca de Lobo



Fonte: Siga Mais, 2017¹¹

2.6.3 *Galerias Pluviais*

As Galerias pluviais tem como função o transporte das águas pluviais que chegam dos tubos de ligação até o sistema de macrodrenagem, ou seja, é através dessas que se conduz a água captada pelo sistema de microdrenagem, geralmente são utilizadas em áreas muito urbanizadas, devido às restrições impostas pelo sistema viário e a limitação do espaço (BRASIL, 2018) (FIG. 11).

Figura 11: Modelo de Galeria Pluvial



Fonte: PM Maricá, 2019¹²

¹¹ Disponível em: <https://www.sigamais.com/noticias/cidades/apos-denuncia-de-vereadores-bocas-de-lobo-sao-alteradas-no-california-park/>. Acesso em: 20 out. 2021.

¹² Disponível em: <https://www.marica.rj.gov.br/2019/01/07/obras-de-galerias-de-aguas-pluviais-avancam-em-sao-jose/>. Acesso em: 20 out. 2021.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho aprofundou-se as experiências quanto a importância de um bom planejamento estrutural relacionado aos sistemas de captação de águas pluviais.

Observa-se que o crescimento populacional bem como a urbanização possuem papéis relevantes quanto a possíveis impactos relacionados tanto a saneamento básico como a problemas provenientes de má captação e destinação de água e demais rejeitos nos rios.

Um bom dimensionamento e uma boa locação de bocas de lobo, sarjetas e galerias pluviais garantem para toda a sociedade uma segurança a mais, no que se diz respeito a impactos provenientes de enchentes e fortes chuvas, estas medidas estruturais quando bem alocadas podem evitar diversos prejuízos para a sociedade.

Faz-se necessário um estudo aprofundado da necessidade de cada cidade ou até mesmo de cada rua da cidade, para verificar quais métodos de drenagem deveriam ser utilizados a fim de trazer segurança para os moradores dos arredores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Rosângela do; MONI, Sandra. **Você sabe o que é inundação?** 1ª Ed. São Paulo, SP: Instituto Geológico, 2020. Disponível em:

https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/sites/233/2020/06/cartilha-voce_sabe_o_que_e_inundacao.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

BORGES, Leonardo. **Drenagem pluviais: saneamento básico e controle de enchentes.** 2020. Disponível em: <https://autossustentavel.com/2020/08/drenagem-pluvial-saneamento-basico-e-controle-de-enchentes.html>. Acesso em: 20 out. 2021.

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais. Cemaden. **Inundação.** 2016. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/inundacao/>. Acesso em: 04 out. 2021.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Plano Municipal de Saneamento Básico: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.** Brasília: FUNASA, 2018. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Drenagem+e+Manejo+das+%C3%81guas+Pluviais+Urbanas.pdf/72c03623-99ee-40d8-b1e8-107c182daf8e?version=1.0>. Acesso em: 04 out. 2021.

BRASIL. **Lei 11.445, 5 jan. 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 03 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Novo Marco de Saneamento é sancionado e garante avanços para o País.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/07/novo-marco-de-saneamento-e-sancionado-e-garante-avancos-para-o-pais>. Acesso em 04 out. 2021.

CAETANO, Jéssica. **Controle do escoamento superficial urbano.** 2016. Disponível em: <https://nossacausa.com/controle-do-escoamento-superficial-urbano/>. Acesso em: 20 out. 2021.

CAMPANA, Nestor Aldo; BERNARDES Ricardo Silveira. **Qualidade do escoamento na rede de drenagem pluvial urbana: a situação de Brasília-DF.** 2010. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/76/0b2b3597c0d3c254050c7d89c31846ee_0a5d6e2acf06f843969561a739c2796b.pdf. Acesso em: 05 out. 2021.

CRUZ, Talita. **Urbanização: Entenda o processo no Brasil e no Mundo.** 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/urbanizacao/>. Acesso em: 18 set. 2021.

CUNHA, Leonardo. **Impactos da Urbanização.** 2018. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/impactos-a-urbanizacao-1.1852397>. Acesso em: 28 set. 2021.

DIAS, Fernanda Spitz; ANTUNES, Patrícia Tainá da Sila Correa. **Estudo comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos**. 2010. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000312.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

DISTRIBUIÇÃO percentual da população nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões, as Unidades de Federação e a situação do domicílio – 1960/2010. **IBGE 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=9&uf=00>. Acesso em: 01 out. 2021.

GONZALEZ, Fernanda Cristina Gonçalves. **Projeto de drenagem sustentável para mitigação de cheias na bacia do Rio Quitandinha, em Petrópolis, RJ**. 2014. Disponível em: <http://www.drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2014/fernanda-cristina-goncalves-2014.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

IBGEeduca. **População rural e urbana**. 2015. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 01 out. 2021.

JATOBÁ, Sérgio Ulisses Silva. **Urbanização, Meio Ambiente e Vulnerabilidade Social**. 2011. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf. Acesso em 02 out. 2021.

LIMA, Gabriel Henrique Arruda Tavares de. **Dimensionamento do Sistema de Drenagem Pluvial para o Loteamento Santa Bárbara em Centralina-MG**. 2019. Disponível: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26152/4/DimensionamentoSistemaDrenagem.pdf>. Acesso em: 06 de out. 2021.

MACHADO, Orli José; POLEZA, Maristela Macedo. **Medidas estruturais e não estruturais implementadas para minimizar impactos com as inundações no município de Taió**. 2017. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Orli-José-Machado.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

NASCIMENTO, Valter Henrique Alves do, et.al. **Problemas da impermeabilização excessiva do solo**. 2018. Disponível em: <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/396/474>. Acesso em: 15 out. 2021.

OLIVEIRA, Mariana Batista. **Saneamento: o que é o básico?** 2017. Disponível em: <https://www.politize.com.br/saneamento-basico/>. Acesso em: 03 out. 2021.

OSASCO (município), São Paulo. **Plano municipal de drenagem urbana de Osasco**. 2016. Disponível em: <http://www.seplag.osasco.sp.gov.br/Content/uploads/publicacao/arquivo/9027816e-d49b-4d84-b692-88cf0b5779d7.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. Disponível em: <https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoSa%C3%BAde.pdf>. Acesso em 04 out. 2021.

SANTOS, Kesia Rodrigues dos. **Inundações urbanas: um passeio pela literatura**. 2012. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/enchentes-inundacao-alagamento-e-enxurradas/>. Acesso em: 25 out. 2021.

SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antônio F.M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilheus – BA: Editus, 2002. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf. Acesso em: 25 out. 2021.

SESAMA. **Enchente, inundação e alagamento**. 2015. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/Qual-a-diferen%C3%A7a-entre-enchente-inunda%C3%A7%C3%A3o-e-alagamento..pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

SILVA, Joacir Cesar da. **Levantamento dos principais problemas ligados a drenagem na Avenida Juscelino Kubitschek**. 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15256/1/MD_GAMUNI_I_2014_57.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

SILVA, Josenilson Bernardo da. **Erosão e escoamento pluvial superficial: uma experiência na bacia hidrográfica do Glória em Uberlândia, Minas Gerais**. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities reserach médium, Ituiutaba, v.3, n.2, p.419-438, jul./dec. 2012.

SOARES, Zilmar Timoteo, et.al. **O problema de drenagem urbana da Rua Aquiles Lisboa (setor mercadinho), Imperatriz, MA**. 2016. Disponível em: <https://www.revistaeta.org/pf.php?idartigo=3619>. Acesso em: 10 out. 2021.

SOUSA, Fernando José de. **Tópicos de Saneamento Básico: Abastecimento e Esgoto**. 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=m7t5DwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 01 out. 2021.

SOUSA, Fernando José de. **Tópicos de Saneamento Básico: Águas Pluviais e Resíduos Sólidos**. 2017. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/tÓpicos_De_Saneamento_BÁSico/n7t5DwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=saneamento+básico&printsec=frontcover. Acesso em: 03 out. 2021.

TOLEDO (município), Paraná. **Manual de Drenagem Urbana**. 2017. Disponível em: https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Águas Urbanas**. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrvkxybFsjYQtx7v/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 15 out. 2021.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Problemas na drenagem urbana**. 2017. Disponível em: http://www.rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/problemas-na-drenagem-urbana/#wpautbox_about. Acesso em: 10 out. 2021.