



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO CAMPOS LOPES
FRANCISCO TARCIANO DA SILVA SALES**

**ALTERNATIVAS DE DRENAGEM NÃO CONVENCIONAIS APLICADAS A
PONTOS DE ALAGAMENTOS PROXIMOS AO RIACHO PAJEÚ**

**FORTALEZA
2021**

BRUNO CAMPOS LOPES
FRANCISCO TARCIANO DA SILVA SALES

ALTERNATIVAS DE DRENAGEM NÃO CONVENCIONAIS EM TRECHOS DE
INUNDAÇÃO PRÓXIMOS AO RIACHO PAJEÚ

Artigo TCC apresentado ao curso de Bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO – como requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação do Prof. Dr. Marcos Saboia.

FORTALEZA

2021

BRUNO CAMPOS LOPES
FRANCISCO TARCIANO DA SILVA SALES

ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES CONVENCIONAIS DO RIACHO PAJEÚ EM
FORTALEZA E OS BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS MODERNAS DE
DRENAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharel em Engenharia Civil, do Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Fortaleza, 07 de junho de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Abilio Medeiros de Saboia
Orientador – Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza

Prof. Doutor Jefferson Pereira Ribeiro
Membro - Centro Universitário Unifametro

Prof. Mestre Anisio de Sousa Meneses Filho
Membro - UNIFOR

ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES CONVENCIONAIS DO RIACHO PAJEÚ EM FORTALEZA E OS BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS MODERNAS DE DRENAGEM

Bacharelado: Bruno Campos Lopes¹, Francisco Tarciano da Silva Sales². Professor Orientador: Marcos Abílio Medeiros de Sabóia³

RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar o sistema de drenagem empregado no entorno do riacho Pajeú em Fortaleza-CE, sendo aquele executado com técnicas convencionais para manejo das águas pluviais e apresentar metodologias modernas utilizadas em cidades desenvolvidas. Delimitamos nossa área de estudo na Avenida Heráclito Graça, pois reúne os principais pontos de alagamentos no centro da cidade, compreendendo a bacia da vertente marítima. Na fase preliminar analisamos as intervenções realizadas no leito do riacho e utilizamos imagens de satélites e pesquisas por registros fotográficos a fim de entender como tais intervenções e uso desordenado do solo ocasionam os alagamentos. Extraímos os resultados através dos acervos sobre as Melhores Práticas de Gestão de Águas Pluviais (BMP), do kit de treinamento europeu SWITCH, para sugerirmos a adoção dessas práticas sustentáveis para viabilidade em nossa área de estudo.

Palavras-chaves: Drenagem sustentável. Riacho Pajeú. Alagamentos. Micro drenagem.

ABSTRACT

The objective of this article is to analyze the drainage system used around the Pajeú creek in Fortaleza - CE, being the one executed with conventional techniques for rainwater management and to present modern methodologies used in developed cities. We delimited our study area to Avenida Heráclito Graça, because it gathers the main flooding points in the city center, comprised in the sea slope basin. In the preliminary phase we analyzed the interventions made in the creek bed and used satellite

1 INTRODUÇÃO

Os riachos naturais compõem a paisagem urbanística de vários centros urbanos no Brasil. Na cidade de Fortaleza, estado do Ceará, encontra-se o leito do riacho Pajeú, que é considerado o berço da capital cearense, pois foi a partir da margem direita do riacho, que foram erguidas as primeiras construções e o Forte Shoonemborch pelos holandeses em meados do século XVI (Nobre, 2019).

Os vilarejos construídos ao longo de aproximadamente três quilômetros nas margens do riacho, foram os precursores do desenvolvimento que desencadearam o povoamento da região e que, a partir do século XX, começou a sofrer grandes mudanças urbanas que modelaram o centro da cidade. O riacho era responsável pelo abastecimento hídrico para as famílias e a pecuária.

Devido ao êxodo rural e o forte potencial de desenvolvimento da cidade, começaram a serem construídos os bairros mais afastados do centro da cidade. Contudo, toda as atividades econômicas eram mais presentes no centro, resultando rapidamente no crescimento da ocupação dos usos dos solos e a ascensão das atividades industriais. Vários empreendimentos foram sendo construídos ao longo do leito do riacho, sem manter a integridade da Área de Preservação Ambiental (APA).

O crescimento se deu de forma desordenada, o que culminou na modificação do leito natural do riacho que mantinha em todo seu percurso a céu aberto, porém, devido a necessidade dessas construções, optou-se por canalizar alguns trechos permitindo assim a ocupação da área onde antes era possível ver o riacho. Como exemplo, o da construção do antigo edifício Pajeú, prédio que atualmente é a sede do Tribunal de Contas do Estado do Ceará (Nobre, 2019).

Essas modificações no leito natural do riacho ocasionam um grande problema social na cidade, pois a falta de planejamento prévio e a má preservação do leito do riacho tem causado sucessivos alagamentos anuais, principalmente em um trecho da Avenida Heráclito Graça, próximo ao ginásio Paulo Sarasate, onde em períodos chuvosos sempre tem a retenção de águas trazendo inúmeros problemas a sociedade devido à falta de áreas permeáveis.

O desenvolvimento da cidade de Fortaleza desconfigurou radicalmente o perfil do riacho Pajeú, que atualmente se torna mais difícil entender por onde percorre o seu leito e o modelo de drenagem empregado. Com a análise de todas as

modificações feitas e o mapeamento dos trechos, temos várias incompatibilidades que dificultam o entendimento sobre o curso original do riacho.

Segundo ICLEI (2011), as cidades mais desenvolvidas abordam a drenagem como uma fonte de benefícios para promoção de uma gestão sustentável, através do reconhecimento das águas pluviais e adoção de soluções inovadoras do reuso e preservação das águas pluviais. A implantação de sistemas sustentáveis deveria ser uma opção para o riacho Pajeú diante de inúmeros benefícios que o trariam.

As políticas públicas de cidades desenvolvidas, como Inglaterra e Alemanha, abordam as novas técnicas construtivas de drenagem com a visão técnica de “cidade do futuro”, no qual revelam a importância da gestão de recursos hídricos como fator imprescindível para qualidade de vida da população e não podem ser avaliados somente pela variável financeira, mas principalmente as variáveis sociais.

Esse artigo traz uma relação entre a adoção de técnicas mais modernas e sustentáveis para a revitalização do curso do leito natural do riacho Pajeú, na cidade de Fortaleza-Ceará, diante das técnicas convencionais e defasadas que são usadas atualmente. Complementando com a discussão acerca dos benefícios gerados para a população e o meio ambiente.

1.1 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é analisar as condições atuais do riacho Pajeú em relação ao desenvolvimento urbano do centro de Fortaleza-CE, a fim de sugerir alternativas não convencionais de drenagem para a situação específica do trecho escolhido no estudo. Os objetivos específicos são:

1. Analisar as condições atuais dos trechos próximos ao Riacho Pajeú e sugerir aplicações técnicas de drenagem.
2. Apresentar metodologias previstas pelo poder público.
3. Sugerir ao governo práticas sustentáveis e de baixo impacto econômico.

1.2 JUSTIFICATIVA

As canalizações e construção de galerias subterrâneas, ligadas a falta de saneamento básico e acúmulo de lixo, interferem diretamente para os casos de alagamentos no centro da cidade, afetando a mobilidade urbana e aumento da incidência de doenças transmitidas pelas águas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 15 mil pessoas no Brasil, morreram devido a essas doenças entéricas somente em 2008.

As construções que foram executadas ao longo dos últimos anos não foram executadas de maneira resolutiva, tornando-se um prejuízo recorrente para a cidade de Fortaleza. Santos e Haddad (2014), afirmam que os alagamentos trazem impactos para as famílias, para as atividades comerciais e industriais, bem como, para os serviços públicos e privados, ou seja, afeta direta ou indiretamente a vida da população de toda a cidade.

Destarte, é preciso garantir que as obras de drenagem e urbanização que sejam executadas na cidade de Fortaleza garantam as ações estratégicas previstas que regulam o uso e ocupação do solo, conforme a LEI COMPLEMENTAR Nº 062, DE 02 DE FEVEREIRO DE 2009, no que se refere ao Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza. Além disso, é importante tratar sobre as inovações sustentáveis na urbanização da cidade, que, em 28 de junho de 2018 ganhou prêmios internacionais no eixo da mobilidade urbana pelo Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento (ITDP, tradução da sigla em inglês de Institute for Transportation and Development Policy). Essas ações trazem segurança para as gerações atuais e perspectivas de futuro para as próximas gerações.

Os sistemas atuais de drenagem se tornam ineficientes frente a demanda conferida através do crescimento populacional, que resultam nas construções de mais indústrias e residências que apenas derivam as águas pluviais para rios e córregos, contudo, essas modificações poderiam serem revestidas se tivéssemos um plano diretor municipal robusto e inovador que fosse fiscalizado e adequado ao novo contexto urbanístico.

A água deve ser vista como um recurso reaproveitável para todas as espécies, visto que as bacias hidrográficas precisam seguir o ciclo hidrológico. Quando a gestão dos recursos hídricos é pautada em fundamentos técnicos e respeitando ao meio ambiente, temos a melhoria da qualidade da água e do ar, redução do efeito da

ilha de calor, preservação de habitat aquáticos naturais, ampliação da quantidade de parques e atividades ao ar livre.

2 METODOLOGIA

O estudo realizado tem por base a pesquisa de campo e documental, com o objetivo de estudar os locais de maior incidência de alagamento nas proximidades da Heráclito Graça que estejam próximas ao leito de Riacho Pajeú.

A coleta de dados com o auxílio do google Earth possibilita a visualização detalhada afim de analisar a mudança no terreno para destacar importantes pontos relacionados a sua utilização e analisar a expansão da urbanização na localidade e apontar localidades que foram sobrepostas ao riacho.

A pesquisa de campo foi realizada com o objetivo de registrar os detalhes nas ruas que a pesquisa documental não permite, dessa forma, pode-se ser analisado as estruturas que estão próximas as localidades do riacho e observar o curso das águas, detalhamentos sobre a poluição, obstruções no decorrer do córrego.

Podemos simplificar os pilares da metodologia em: visualização do Google Earth, registro fotográfico e base documental.

Com estes pilares conseguimos verificar as seguintes condições do trecho:

- Pontos críticos de alagamento
- Áreas que não são impermeabilizadas
- Análise das medidas previstas

2.1 ESTUDO DA REGIÃO

A bacia da vertente marítima é uma das quatro bacias que compõem as bacias hidrográficas de Fortaleza, e possui a menor área de extensão entre elas, apenas 23,6 Km². Contudo, a bacia abrange 7% da área da cidade, principalmente o centro da cidade e os bairros circundantes a este. Trata-se de uma área predominantemente residencial e ocupa a maior concentração populacional. (COGERH, 2009).

FIGURA 1 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA



Nessa região da bacia da vertente marítima localiza-se os bairros com maior valorização imobiliária da cidade, entre eles os bairros Aldeota, Meireles, Varjota etc. (COGERH, 2009). Essa valorização reforça a escassez de áreas permeáveis e equipamentos hídricos que foram escusos ou aterrados para dar espaço as construções.

O leito natural do riacho Pajeú abrange trechos da Avenida Heráclito Graça, conforme figura 2, e com os processos de canalização e sistemas de drenagem que já são bastante antigos estão com cerca de 80% do seu percurso obstruído pelo lixo (NOGUEIRA, 2019). Na cia da vertente marítima um dos pontos mais propício para alagamentos fica localizado no cruzamento entre a Avenida Heráclito Graça com a rua Barão de Aracati (SEUMA/PMF, 2015).

O leito natural do riacho Pajeú abrange trechos da Avenida Heráclito Graça, conforme figura 2, e com os processos de canalização e sistemas de drenagem que já são bastante antigos estão com cerca de 80% do seu percurso obstruído pelo lixo (NOGUEIRA, 2019). Na cia da vertente marítima um dos pontos mais propício para alagamentos fica localizado no cruzamento entre a Avenida Heráclito Graça com a rua Barão de Aracati (SEUMA/PMF, 2015).

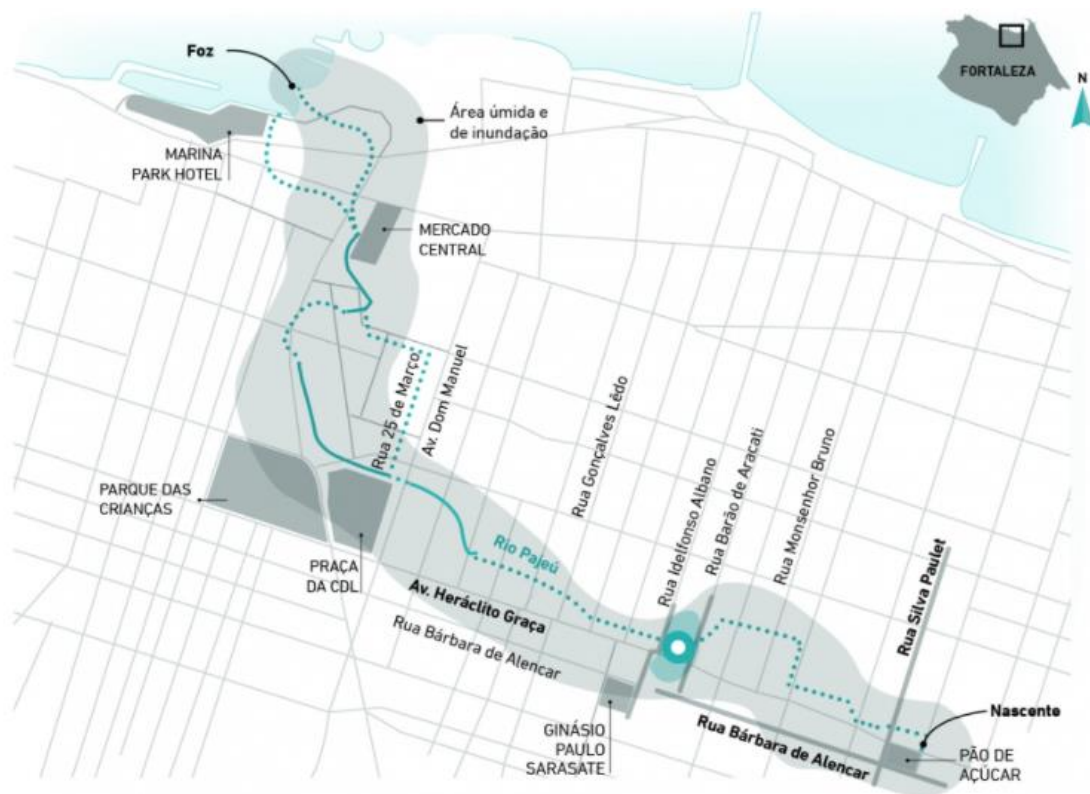


FIGURA 2 – PERCURSO DO RIACHO PAJEÚ
 FONTE: O POVO, 2018.

A falta de permeabilidade na área periférica à bacia da vertente marítima contribui de forma constante para os efeitos de alagamento:

A alteração na capacidade de infiltração faz com que ocorra o aumento da velocidade da água nos períodos chuvosos, gerando um acúmulo de água nos pontos mais baixos, podendo assim, causar inundações, alagamentos, erosões, assoreamentos e etc (SILVA, 2019, p.13).

Fazendo um trajeto por esse trecho é possível observar que existe vários bueiros (vide figura 2) na sua extensão, contudo, por ser o trecho mais baixo, recebe a vazão de todos as malhas viárias adjacentes e não atende a demanda solicitada, resultando, mesmo que por poucas horas de chuva, em grandes alagamentos que demoram bastante para serem escoado pelo leito do rio. A principal preocupação ambiental envolvida nesse processo deve-se degradação do leito natural do riacho, que se torna depósito de lixo e recebe efluentes de ligações clandestinas e produtos

químicos oriundos de fabricas e oficinas mecânica, e com ação das chuvas essas substâncias irão desaguar no mar.



FIGURA 3 – Alagamento da rua Heraclito Graça

Fonte – Diário do Nordeste(07/03/2019)



FIGURA 4 – Bueiros Av. Heráclito Graça

Fonte: Google Maps

É possível apontar vários pontos críticos de alagamentos e inundações na cidade de Fortaleza, contudo, um dos pontos mais visível fica na Avenida Heráclito Graça que causa mais transtornos, devido estar no centro da cidade impacta em custos financeiros para a população e o comércio da região.

A coordenadoria de gestão de recursos hídricos estadual está atuando de forma integrada com a prefeitura de Fortaleza e as secretarias municipais de meio ambiente e infraestrutura para elaborar estudos técnicos e financeiros para mitigar os impactos dos efeitos da ocupação inadequada do solo. Todas essas estratégias

traçadas a curto e longo prazo devem ser elaboradas com base no plano diretor municipal, de modo a evitar transtornos aos habitantes.

2.2 IMPACTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO

A Urbanização é o processo que transforma a paisagem rural em espaço urbano, como demonstrou Phillip et al (2011), contribuindo para extensão territorial e distribuição da população. Com o auxílio do google Earth (FIGURA 5) podemos notar a substituição da paisagem natural devido a urbanização, portanto o perfil natural do terreno é afetado, o que compromete nas mudanças nos padrões de drenagem.

No trecho analisado no centro de Fortaleza, observamos as derivações no decorrer de uma década, precisamente entre 2009 a 2020, onde é notável as características de urbanização (FIGURA 6). O riacho é sobreposto por edificações e a paisagem verde é desmatada.



FIGURA 5 - Preservação da paisagem natural. Destaque na quadra da rua R.J da Penha e R. Nogueira Acioli 2009. Fonte: Google Earth. Acesso em: março 2020



FIGURA 6 – Sobreposição da área verde. Destaque na quadra da rua R.J da Penha e R. Nogueira Acioli 2020. Fonte: Google Earth. Acesso em: março 2021

No trecho analisado no centro de Fortaleza, observamos as derivações no decorrer de uma década, precisamente entre 2009 a 2020, onde é notável as características de urbanização. O riacho é sobreposto por edificações e a paisagem verde é desmatada.

Segundo Phillip et al (2011), a impermeabilização da região é uma das causas dos grandes alagamentos. Trazendo a colocação para área analisada, a região apresenta grande parte de pisos impermeáveis e o crescimento urbano favorece a probabilidade de recebimento de matéria orgânica, principalmente com climas de precipitação, contribuindo para o mal cheiro em áreas de lazer e enchentes.

Conforme a Revista Caminhos da Geografia, (MATOS, 2020) A velocidade de escoamento na região trecho, que envolve a Heráclito Graça é um dos grandes desafios para o controle das enchentes, com a redução no uso da alternativa natural de drenagem, a velocidade de escoamento decaí, o que pode ser observado é que a pavimentação não é porosa e áreas verdes são cada vez mais escassas, resultando em alternativas que são a construção de grandes bueiros para o escoamento, desta forma sobrecarregando a vazão do riacho.

Conclui-se que atualmente os problemas de gestão em águas pluviais nesta região incluem:

- Excessos de extravasamentos dos efluentes de sistemas unitários.
- Poluição Difusa
- Escoamento de base reduzidos

2.2.1 Excessos de extravasamentos do efluentes de sistemas unitários

O clima de Fortaleza é acentuado, principalmente, no período de fevereiro ao mês de maio (climatec.data.org). O clima da metrópole é tropical, chovendo muito mais no verão do que no inverno. Conforme a figura 7, podemos notar a acentuação climática na metrópole.

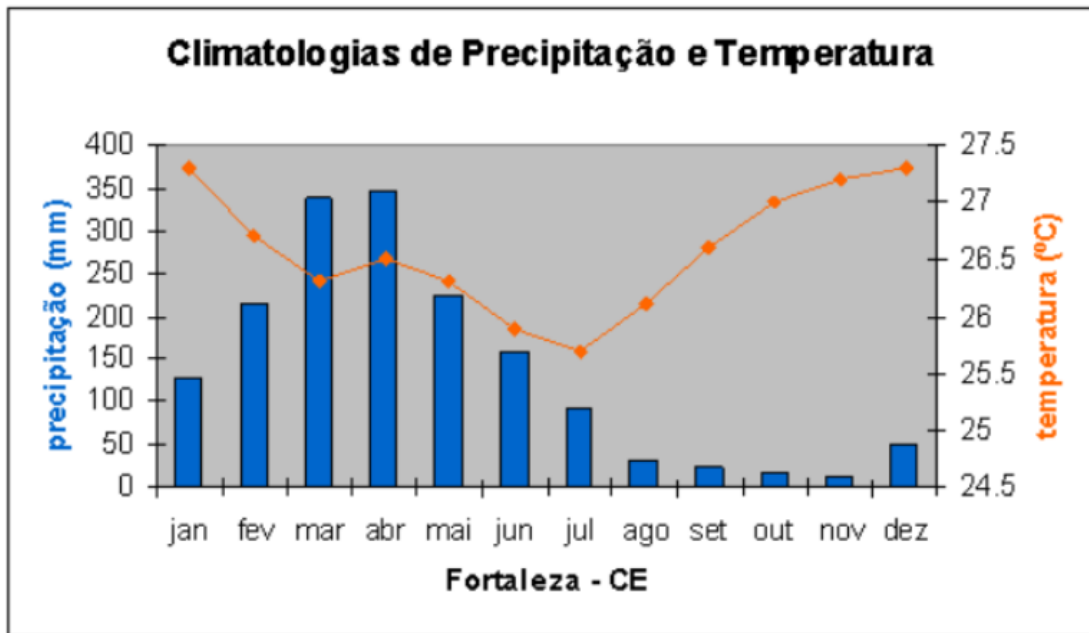


Figura 8 – Gráfico de Temperaturas e Precipitações Médias. Disponível em: Climatec.org. Acesso em: Abril 2021.

Portanto, com a concentração da precipitação sendo apenas em poucos meses ao decorrer do ano, a estrutura de drenagem não é eficiente em certos pontos da cidade, preferencialmente no ponto analisado, sendo de grande importância para o tráfego e comércio no centro de Fortaleza. De acordo com Phillip et. al (2011) “chuvas intensas fazem com que a capacidade de sistemas unitários seja excedida, resultando em transbordamentos de águas residuais não tratadas para o ambiente”.

2.2.2 Poluição Difusa

A expansão urbana nas proximidades do riacho foi crescendo no decorrer dos anos, estabelecimentos foram construídos, a resultante da urbanização nas proximidades emite poluentes sem origem definida (FIGURA 7 e FIGURA 8), as origens estão de acordo com as afirmações de Philip et al.

Poluentes sem uma origem definida, como metais pesados e óleos provenientes de telhados, ruas e estacionamentos, além de nutrientes, pesticidas e herbicidas de jardins parques e loteamentos são diluídos nos escoamentos superficiais até os cursos d’água receptores. (PHILIP et al, 2011, p 11).



FIGURA 9 - Veículos nas proximidades do curso da água, R.J da Penha, 2020.

Fonte: Google Maps. Acesso em 2021.

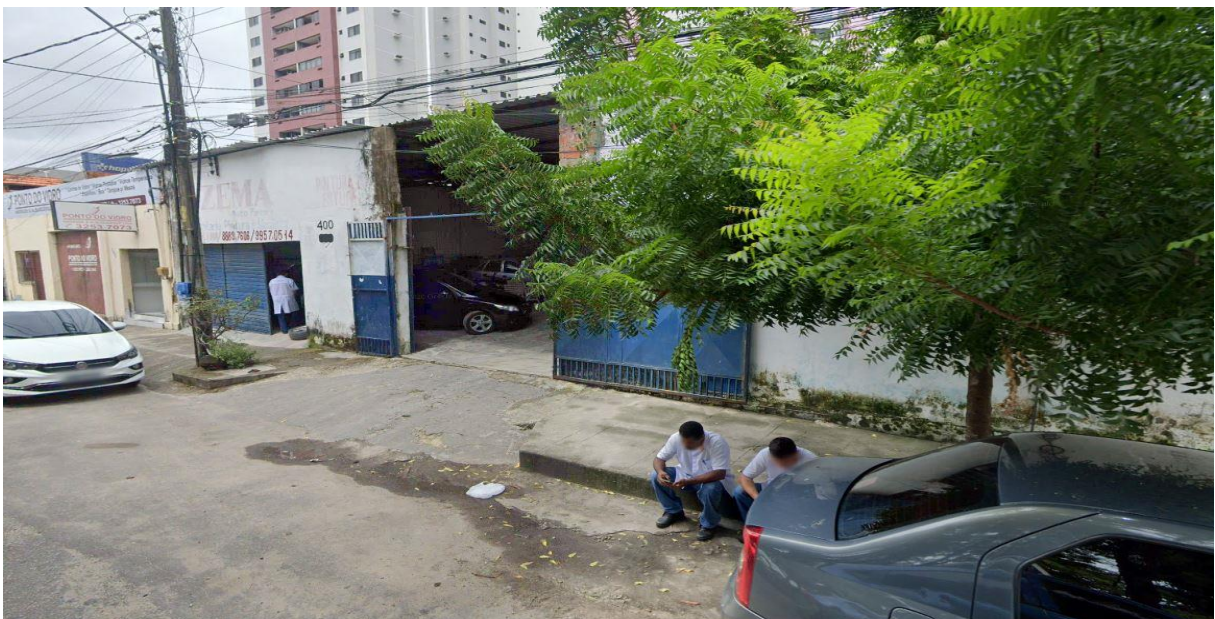


Figura 10 - Estabelecimentos comerciais que trabalham com derivados de materiais e óleos nas proximidades, RJ da Penha, 2020. Fonte: Google Maps. Acesso em 2021

2.2.3 Escoamento de base reduzidos

O comportamento do ciclo hidrológico acontece de forma natural entre a superfície terrestre e a atmosfera através dos processos físicos, químicos e biológicos e quando sofrem grandes intervenções antrópicas, pelo uso e ocupação do espaço,

causam o comprometimento desse ciclo trazendo riscos para a subsistência do homem e do próprio ambiente natural (TUCCI, 2005).

Devido à falta de escoamento das águas pluviais relacionadas ao desenvolvimento urbano percebemos eventos corriqueiros de alagamentos nos centros urbanos. “O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento” (TUCCI, 2008).

Os efeitos do desenvolvimento urbano contribuem de forma bastante significativa para a interrupção desse ciclo, pois mediante as construções de edificações e a pavimentação dos solos resultam em superfícies impermeáveis e implica diretamente sobre o escoamento das águas (MOTA, 1997). Dessa forma, impede a fluidez do ciclo hidrológico.

“Diante disso, a urbanização e a ocupação desordenada não consideraram o relevo que determina o sistema natural de drenagem, sendo executadas assim construções e aterros em locais inadequados como em linhas preferenciais de escoamento e pontos baixos (depressões)”, segundo o plano de drenagem urbana (SEUMA, 2015). Estes problemas relacionados ao uso e ocupação do solo é bem complexo e precisa sempre ser atualizado a partir do plano diretor das cidades. Na visão de (PHILIP, 2011), a escassez de superfícies com solos permeáveis compromete diretamente os aquíferos, uma vez que a vazão recebida através da malha de drenagem reduz a recarga natural dos rios.

A rápida remoção de água de chuva de áreas urbanas reduz a evapotranspiração. Quando combinado ao efeito de aquecimento de superfícies impermeáveis, o resultado é um micro-clima urbano mais quente.(PHILIP et al, 2011, p11)

2.3 SOLUÇÕES PREVISTAS PELA GESTÃO PÚBLICA

Diante da necessidade de impor ações para mitigar essa problemática na cidade de Fortaleza, a prefeitura municipal, por meio da Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEINF), elaborou um edital de licitação nº 4949 que prevê a contratação de uma empresa especializada para executar serviços de saneamento

básico e drenagem, compreendida na bacia da vertente marítima, com o objetivo de descontaminar a costa marítima de Fortaleza (CLFOR, 2019).

O projeto básico que trata o edital descreve as ações de medidas estruturais desempenhadas para atender a LEI n° 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece sobre as diretrizes nacionais para o saneamento básico (PDPFOR). Foram feitos diagnósticos das áreas críticas com potencial para inundações e estudos sobre estas áreas para implementação de obras de macrodrenagem. Nessa ocasião enquadra-se a bacia da vertente marítima, que abrange 7 sub-bacias, englobando a bacia do riacho Pajeú (CLFOR, 2019).

A proposta de intervenção consiste em drenar 3,50 km de extensão das vias, partindo do trecho mais propício as inundações na Avenida Heráclito Graça, desaguando no Poço de Dragas, já na orla marítima de Fortaleza. Todo esse remanejamento será executado através de medidas convencionais das técnicas construtivas de drenagem, utilizando galerias de concreto armado pré-moldadas e tubulação PEAD (CLFOR, 2019).

De acordo com RIGUETTO (2009), a adoção de medidas estruturais e não-estruturais introduzidos para reduzir os impactos das cheias, consiste em realizar o rápido escoamento superficial para a jusante mais próxima, e trata a água como um elemento indesejado e danoso.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos problemas apresentados em relação ao sistema de drenagem do trecho analisado, buscamos sugerir os modelos de algumas práticas elaboradas pelo material do kit de treinamento SWITCH, bem como estudos já aplicados em algumas cidades brasileiras. Nesse sentido, iremos discorrer sobre as melhores práticas de gestão de águas e conceituar sobre o sistema de infiltração e reservatórios de retenção.

3.1 MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO DE ÁGUAS

A partir da análise e leituras feitas para a realização desta pesquisa, pode-se perceber que o riacho é desperdiçado em diversos aspectos. Além de não concluir com eficiência a drenagem em tempos de precipitação, o recurso natural é deixado

em segundo plano no quesito da expansão urbana. Conseqüentemente, a paisagem natural destes trechos foi se extinguindo e a substituição do solo natural para o asfalto e outros pisos em concreto favoreceram os aspectos prejudiciais a qualidade vida e problemas de infraestrutura.

O cenário econômico brasileiro muitas vezes não é favorável para mudanças infraestruturas em curto prazo, entretanto, métodos podem ser adotados com poucos gastos e revertendo a situação atual em curto prazo.

Conforme o manual SWITCH (*Kit de treinamento SWITCH*) que planeja Melhores Práticas de Gestão de Águas Pluviais (BMP) em oposição as abordagens convencionais, promovendo alternativas integradas ao estudo e análise. O BMP promove o manejo das águas pluviais, retendo, tratando e reutilizando.

O ambiente natural tem papel central na tecnologia escolhida, e sistemas naturais como zonas pantanosas artificiais (wetlands), vegetação e solos são muito utilizados nas várias soluções (PHILIP et al, 2011, p 29).

As soluções baseadas em BMP (FIGURA 10) obedecem a uma “hierarquia” de controle da situação dependendo das condições locais.

Essas escalas formam uma hierarquia de medidas preferenciais, começando por medidas preventivas, proativas e de controle das águas pluviais na origem e, aumentando a escala, até a gestão dos escoamentos em uma maior área geográfica. (PHILIP et al, 2011, p 30)

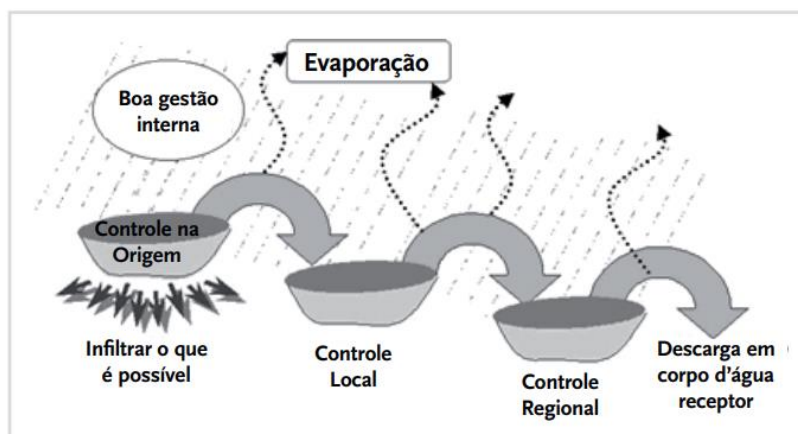


Figura 10 – Hierarquia BMP. Kit de treinamento SWITCH

Existe uma enorme variedade de opções e métodos para auxiliar na implantação de BMP (*Kit de treinamento SWITCH*). Elas incluem:

- Planejamento local (boa gestão interna)
- Planejamento poroso (controle na origem)

- Valas (controle na origem)
- Coleta de Chuva (controle na origem)
- Telhados Verdes (controle na origem)
- Sistemas de Infiltração (controle regional e local)
- Lagoas e Bacias de retenção (controle local e regional)
- Participação Pública (boa gestão interna)

O controle local é o objetivo da pesquisa, portanto, conforme o manual podemos adotar medidas de retenção, tratamento e escoamento como sistemas de infiltração.

Sistemas de infiltração podem solucionar problemas comuns que foram ressaltados na análise, como impermeabilização, poluentes e drenagem.

Conforme o manual de Philip (2011), os sistemas de infiltração que se assemelham a trincheiras são bacias que coletam as águas pluviais e infiltrações no solo por meio de cascalho de pedra, desta forma o escoamento é tratado pelos cascalhos e pedras que preenchem o reservatório e pelos solos naturais vizinhos aos reservatórios além de possuir a capacidade de remover diversos poluentes, dentre matérias orgânicas, sedimentos, sólidos suspensos, materiais pesados e nutrientes.

O sistema é isento de despejo em sistemas de drenagem, que resulta no alívio de carga no riacho e acrescenta um amortecimento já que o escoamento infiltra no solo.

Segundo (TUCCI, 2008), o sistema de drenagem urbana deve ser estudado em duas classificações, sendo elas: a microdrenagem constituídas através de condutos e canais distribuídos nos loteamentos ou diretamente na rede primária urbana. Nessa situação de microdrenagem, temos um aumento da velocidade e diminuição do tempo de escoamento superficial para a jusante (TUCCI, 2005). A segunda classificação se refere a macrodrenagem que abrange um estudo mais complexo, pois é delimitado através de uma região maior como as bacias hidrográficas e necessita fazer análise para saber de que forma as zonas de proteção e os recursos hídricos estão sendo afetados pela impermeabilização do solo (SEUMA, 2015).

É de suma importância analisar medidas inovadoras e sustentáveis que possam ser aplicadas para os pontos críticos de alagamento na avenida Heráclito Graça,

bem como para outros logradouros com problemas similares. As soluções que visam minimizar os alagamentos estão presentes no sistema de microdrenagem. Segundo o que diz (TUCCI, 1995) deverão ser feitas medidas de controle na fonte para que não seja ocasionados os efeitos na jusante, devido aos problemas da urbanização.

Apesar da microdrenagem abranger áreas menores de intervenção como loteamentos e ruas é preciso ressaltar que existem algumas variáveis que dificultam a adoção da medida se formos considerar dentro do contexto social. Podemos citar a ocupação de loteamentos e as ligações de forma clandestinas, invasão de áreas públicas conforme Cruz et al. (1998).

O aumento da infiltração e medidas de armazenamento são técnicas que são empregadas na cidade de Curitiba e podem ser utilizadas como alternativas no plano de drenagem em Fortaleza. Os sistemas de infiltrações podem ser empregados através de valas de infiltrações que dever ser executados justamente na fonte para contribuir na redução da velocidade do escoamento superficial e as medidas de armazenamento se deve pela construção de reservatórios de detenção ou de retenção (MDU, 2002).

3.2 SISTEMAS DE INFILTRAÇÃO

A figura (FIGURA) e figura (FIGURA) mostra a influência positiva de sistemas de infiltração no ciclo hidrológico e desenvolvimento urbano. Os segmentos preenchidos indicam por simplificação o setor na qual o sistema é influenciado.

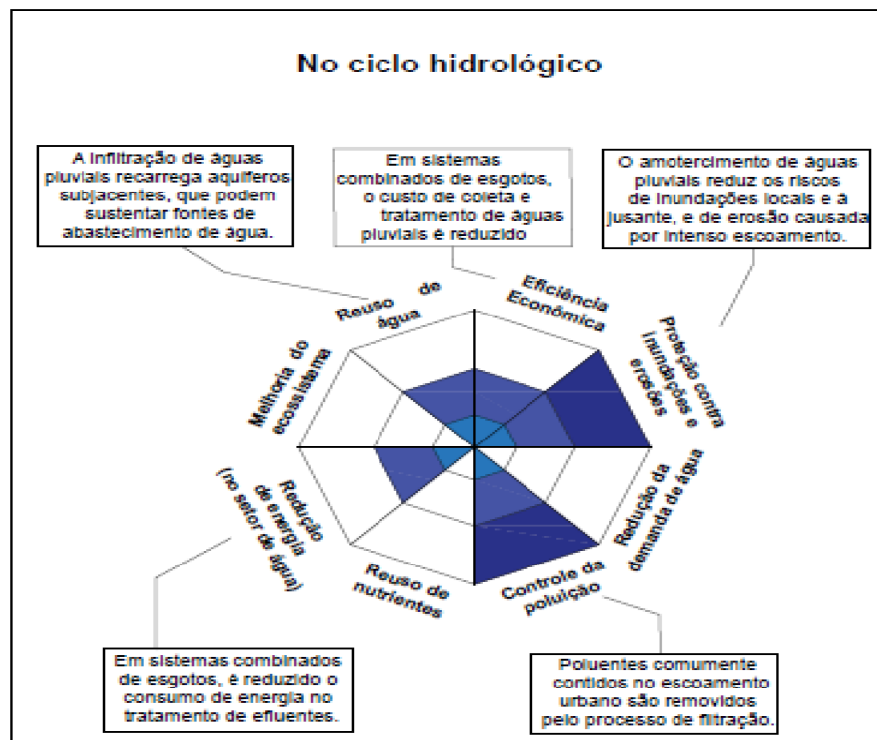


Figura 11 – Gráfico de impactos do sistema de infiltração

Adaptado, Kit de treinamento SWITCH

Em conformidade com Philip et al (2011), todo caso é necessário análise de solo. Solos que não possuem capacidade de absorção adequada podem causar colmatção do sistema e solos porosos demais oferecem pouco tratamento que aumenta o risco de contaminação de águas subterrâneas

A poluição das águas pluviais pode resultar em contaminação dos aquíferos subterrâneos, enquanto altas cargas de sedimentos causam colmatção do sistema PHILLIP et al (2011).

O sistema não é adequado para áreas de lençol freático alto, pois deve haver uma camada suficiente na instalação das trincheiras para tratamento de águas pluviais e evitar contaminação do solo.

É importante, portanto, um estudo geológico na região a fim de implantar o sistema de infiltração de águas pluviais. O resultado do paisagismo e simplicidade dos sistemas de infiltração podem ser observados nas FIGURAS 10 e 11 a seguir:



FIGURA 13 – Sistema de infiltração Inndrain, Alemanha. Disponível Em: Kit de Treinamento Switch



FIGURA 14 – Sistema de infiltração em Melbourne, Austrália. Disponível em: Kit de Treinamento Switch

3.3 RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO

A execução de depósitos para retenção de águas contribui de forma fundamental para o escoamento mais rápido de água e promove o acondicionamento de recursos para ser usados em atividades de jardinagem, entre outros. Segundo (ABCP, 2017), a utilização desses reservatórios minimiza os alagamentos, conforme:

Os microrreservatórios têm como função principal atenuar os picos dos volumes de água gerados pela chuva, funcionando como um dispositivo de retenção e possibilitando a recuperação da capacidade de retenção perdida pelas bacias hidrográficas devido à impermeabilização do solo. Outra função destes dispositivos é o controle de alagamentos pontuais.

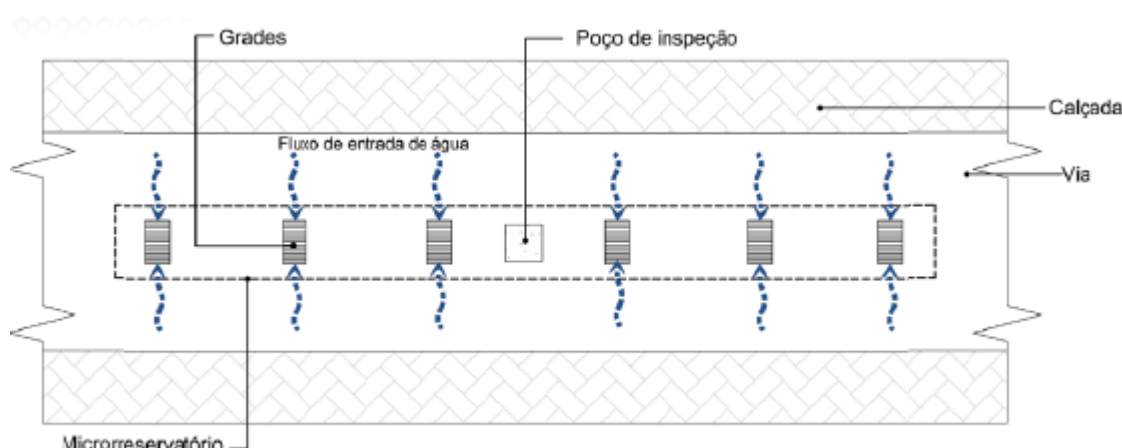


Figura 7 – Planta baixa de Microrreservatórios (ABCP., 2003)

Essa metodologia técnica pode ser aplicada diretamente nos trechos da Avenida Heráclito Graça com o cruzamento da rua Barão de Aracati, pois por ser uma área onde alaga muito rapidamente, uma solução como está ligada a construção de trincheiras de infiltração possa ser paliativa para minimizar os alagamentos. A execução dos microrreservatórios traz vantagens ao possibilitar o armazenamento do volume morto que pode ser usado na limpeza de ruas e praças, irrigação de jardins e no combate de incêndios, contribui para compensar a vazão máxima da cheia e reduz a demanda do sistema de drenagem a jusante, além de preservar a área superficial de ocupação, uma vez que é construído no subsolo (ABCP, 2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a apresentação dos métodos alternativos de drenagem (sistemas de infiltração e reservatórios de detenção) conseguimos sugerir novas alternativas que o poder público não adota, preferindo optar por praticas convencionais, desta forma apresentando formas sustentáveis e econômicas sem grandes complexidades em seu projeto.

O riacho é um recurso natural histórico para Fortaleza, com isto, o estudo analisado pode servir de base para futuros planos de pesquisa e alternativas de escoamento que diferem do padrão habitual brasileiro com o intuito de preservar ao máximo as características naturais sem interceptar os avanços estruturais.

Portanto, as metodologias de drenagem sugeridas podem ser levadas adiante no cenário brasileiro, com o devido estudo de caso e pesquisa de alternativas não convencionais especificas a região, a estrutura local pode mudar em um curto intervalo de tempo sem grandes investimentos e preservando o legado histórico local, além de ser uma grande característica da Engenharia, resolver problemas de forma eficiente com boas alternativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FORTALEZA. Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. Plano Municipal de Saneamento Básico: diagnóstico das condições atuais de drenagem do município de Fortaleza. Fortaleza, 2013. Disponível em: <[http://www.fortaleza.ce.gov.br / sites / default / files / drenagem_situacao_de_fortaleza.pdf](http://www.fortaleza.ce.gov.br/sites/default/files/drenagem_situacao_de_fortaleza.pdf)>.

Acesso em: 18 mar. 2021

SEUMA/PMF. Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do município de Fortaleza, Fortaleza. Ceará. 2015.

CLFOR 2019, **Contratação de Empresa Especializada para Execução dos Serviços de Saneamento Básico (drenagem) do Riacho Pajeú - Bacia Vertente Marítima, Visando a Descontaminação da Costa da Cidade de Fortaleza/ce, de Acordo Com as Especificações Contidas Neste Edital e Seus Anexos**. Fortaleza, 2019. Disponível em:

<https://compras->

[arquivos.sepog.fortaleza.ce.gov.br/documentos/editais/5223/0/RDC%20018_2019%20-%20ED.%204949%20-%20DEFINITIVO%202.pdf](https://compras-arquivos.sepog.fortaleza.ce.gov.br/documentos/editais/5223/0/RDC%20018_2019%20-%20ED.%204949%20-%20DEFINITIVO%202.pdf)

Acesso em: 18 mar. 2021

PDPFOR. **Lei Complementar No 062**. Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza (PDPFOR). Fortaleza: Câmara Municipal, 2009.

PHILLIP, R. Kit de Treinamento SWITCH: gestão integrada das águas na cidade do futuro. Módulo 4. Manejo de águas pluviais: explorando opções. 1. ed. São Paulo: ICLEI Brasil, 2011. 54 p.

GGERH, Plano de Gerenciamento das Bacias Metropolitanas, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza. Ceará. 1999b.

Riguetto AM, Moreira LFF, Sales TEA. **Manejo de águas pluviais urbanas**. In: Riguetto AM. Manejo de águas pluviais urbanas. Rio de Janeiro: ABES; 2009, p. 19-73.

_____. Redação. **Diário Do Nordeste**, 22/04/2019, Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/alagamento-da-avenida-heraclito-graca-problema-historico-e-explicado-por-especialista-1.2072058> > Acesso em abril de 2021.

_____. Redação. **Diário Do Nordeste**, 22/04/2019, Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/alagamentos-na-av-heraclito-graca-podem-ser-resolvidos-por-galeria-subterranea-1.2090528> > Acesso em Abril de 2021.

TEIXEIRA, Ana Cecília de Andrade Teixeira: **Parque Ampliado Pajeú: Uma abordagem *SITE SPECIFIC* com uso de *LOCATIVE MEDIA***, Ceará, Fortaleza: UFC, 2017.

DEMES, Fernanda Oliveira Cavalcante Demes: **Impactos da Atividade Urbana no Riacho Pajeú, Em Fortaleza Ceará. Uma Abordagem Histórica E Ambiental**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. _____.

MATOS, Fábio de Oliveira Matos: **O Riacho Pajeú e a Cidade: Análise da Influência Antrópica no Curso de um Rio Urbano em Fortaleza**, Ceará, Fortaleza: UFC, 2020.

DIARIO DO NORDESTE (2019). Redação. **Diário Do Nordeste**, 22/04/2019, Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/80-da-drenagem-do-riacho-pajeu-esta-obstruidapor-lixo-1.2157744> > Acesso em Abril de 2021.

G1 CEARÁ (2021). Redação. **G1 Ceará**, 16/02/2021, Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2021/02/16/mancha-escura-surge-no-mar-da-praia-do-mucuripe-em-fortaleza.ghtml> > Acesso em Abril de 2021.

MOTA, Suetônio. 1997. Introdução à engenharia ambiental. Rio de Janeiro: ABES.

Tucci, C. (2005). Gestão de águas pluviais urbanas. Ministério das cidades, Brasília.

TUCCI, Carlos EM. Águas urbanas. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 63, pág. 97-112, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=en&nrm=iso>. acesso em 12 de maio de 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>.

CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, n. 4, p. 19-31, 1998.