



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA-UNIARA

GRACIÉLE BARÃO MERENCIANO

<https://doi.org/10.47820/recima21.v2i11.985>

**ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE DRENAGEM
URBANA E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE
EM UM BAIRRO NO MÚNICÍPIO DE ARARAQUARA-
SP**

Trabalho apresentado no curso de
graduação da Universidade
de Araraquara.

Orientador: Eng. Civil Alexandre Coan Pierri

Araraquara –
São Paulo 2021

1. INTRODUÇÃO

A drenagem pluvial urbana trata-se da ação de gerenciar e destinar o transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas. Auxilia no aspecto social, legal, institucional, tecnológico e ambiental de toda urbanização, com plano diretor da cidade estabelecido é correto afirmar que a base da cidade e seus interesses estão delineados.

A Constituição Federal de 1988, pela Lei Nº 11.445 assegurado que o sistema de drenagem pluvial, “No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal de 1988 e pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.”

Nota-se que devido ao processo citado acima e a forma acelerada de ocupação da cidade, preocupa na questão de drenar toda água, não absorvida pela permeabilidade do solo ou captada pelo sistema de drenagem. Dentro do estudo da microdrenagem do bairro, foi definida pela bacia de acordo principalmente pelo traçado das ruas.

Nos municípios a decisão de todo andamento da cidade cabe ao Prefeito, portanto a verba destinada a drenagem pluvial, que sofre pelo giro de gestores nos setores, o que impede um padrão de sistema, o mapeamento adequado das galerias e a implantação por partes das galerias pluviais.

Entretanto, essas tomadas de decisões não impendem a implantação da galeria no bairro estudado de forma adequada, pois é realizado um estudo do local e separado por bacias e sub-bacias para suportar a precipitação da área. Por isso, se tratando de drenar toda essa água, a estrutura vai desde sarjetas até seu destino final, lagoas, córregos ou rios.

De acordo com o relatório da OMS (2014), os benefícios do investimento em água e saneamento estão ligados a diminuição da poluição nos recursos hídricos e da terra. São destacados os ecossistemas aquáticos, a valorização da terra, a reutilização de nutrientes como geração de biogás e a oportunidade de expandir o turismo, devido a um ambiente mais limpo, menos insalubre e com mais atrativos.

Neste contexto, o município deve justamente incentivar o descarte correto do lixo urbano, a separação de cada tipo de resíduo e oferecer locais em pontos estratégicos da cidade para esse descarte. Nesta visão geral e em seu significado, o meio ambiente não é só parte de uma boa drenagem, e sim, essencial para drenagem correta e para a população em todos os sentidos.

Este estudo visa instrumentalizar decisões quanto às técnicas adequadas para implantação de galerias pluviais utilizando o estudo de um caso real, a relação com o meio ambiente e alternativas técnicas atuais para auxílio de menos custos e mais eficiência nos projetos.

De acordo com Tucci (1993), o sistema de drenagem urbana sustentável divide-se em dois métodos: estruturais e não estruturais. Os métodos estruturais têm o embasamento na construção que reduza os impactos causados pelas enchentes, e subdividem-se em extensivas ou intensivas.

As extensivas operam na bacia e modificam as relações entre precipitação e vazão, com redução e retardamento nos picos de enchentes e do controle de erosão na bacia agindo, principalmente no controle de inundações frequente.

As intensivas operam sobre rio e podem ser representadas de quatro tipos: medidas que aceleram o escoamento; medidas que amortecem e retardam o escoamento; medidas de desvio do escoamento; e medidas que englobam a introdução de ações individuais, visando tornar as edificações à prova de enchentes.

A falta de maior divulgação do assunto, por meio de publicações, estudos e teses, retarda a chegada do conhecimento necessário para um projeto de drenagem pluvial adequado para cada região, com maior qualidade e evitando futuros retrabalhos. As consequências da implantação incorreta ou com estimativas longe da realidade, são sempre as mesmas em todo lugar, o retrabalho de um serviço finalizado, prejuízos e custos elevados de mão de obra e material a cada mudança de estação.

A análise que está sendo feito sobre o bairro Cidade Jardim, este trabalho acompanha o processo desde o início do projeto, seus problemas, sua implantação, até o fim deste curso. Com análise de documentos, pesquisas de campo e resultados, serão comparadas com uma alternativa mais sustentável, a fim de melhorar o processo atual e contribuir para projetos futuros.

1.3. Baciae Sub-bacias

Segundo a revista Rega, O escoamento natural de uma bacia hidrográfica é significativamente alterado pelo processo de urbanização, que conseqüentemente ocorre um aumento do volume de águas pluviais escoadas superficialmente, o acréscimo das vazões dos corpos d'água, geração de sedimento, a degradação da qualidade da água, entre outros.

O Córrego do Cupim pertence à bacia hidrográfica Tietê-Jacaré e Sub-bacia Ribeirão das Cruzes, a área da microbacia possui aproximadamente 4,35 km². É evidente que o córrego em questão, é muito importante para o ambiente que manterá vida no planeta, fazendo parte diretamente na qualidade e quantidade da água, servindo para diferentes usos do ser humano e o abastecimento das residências.

A Microbacia do Córrego do Cupim não faz parte do sistema de captação de água superficial, quer dizer que não é considerado um manancial. Seu papel se estende principalmente nos âmbitos de conservação da biodiversidade local (fauna e flora) em zona urbana, melhoria na qualidade do ar, sensibilização ambiental pelo convívio diário com a natureza e educação ambiental através experiências promovidas com tal finalidade.

No Córrego do Cupim, sua nascente está localizada entre a Rua Carmino Brambilla (Cidade Jardim) e Rua Álvaro Alves da Silva (Maria Luiza IV). Seu trajeto, por conseqüência, inicia no bairro Cidade Jardim e termina entre os bairros Residenciais Cambuy e Jardim Residencial Paraíso, próximo ao início da Rua Julieta Cruscade Jesus com extensão superior a 2 km.



A bacia estudada é denominada como bacia de pequeno porte, sendo possível assim a utilização do método Racional, foram divididas em quatro áreas:

Bacia I: 214.848,47 m²;

SUB-BACIAS

1-1: 13.700,35m² / 1-2: 15.160,69m² / 1-3: 3.637,40m² / 1-4: 21.824,06m²

1-5: 18.112,43m² / 1-6: 6.153,90m² / 1-7: 19.055,95m² / 1-8: 14.468,44m²

1-9: 18.898,22m² / 1-10: 6.984,22m² / 1-11: 3.493,37m² / 1-11A: 1.796,26m²

1-12: 17.643,03m² / 1-13: 4.895,00m² / 1-14: 3.800,00m² /

1-14A: 2.597,12m² / 1-15: 18768,27m² / 1-16: 1824,83m²

1-17: 15648,96m² / 1-18: 6.378,65m²

Bacia II: 81.429,85 m²;

SUB-BACIAS

2-1: 20.193,53m² / 2-2: 3.188,59m² / 2-3: 16.678,20m² / 2-4: 19.596,15m²

2-5: 12.788,26m² / 2-6: 5.098,65m² / 2-7: 3.951,37m²

Bacia III: 114.449,66 m²;

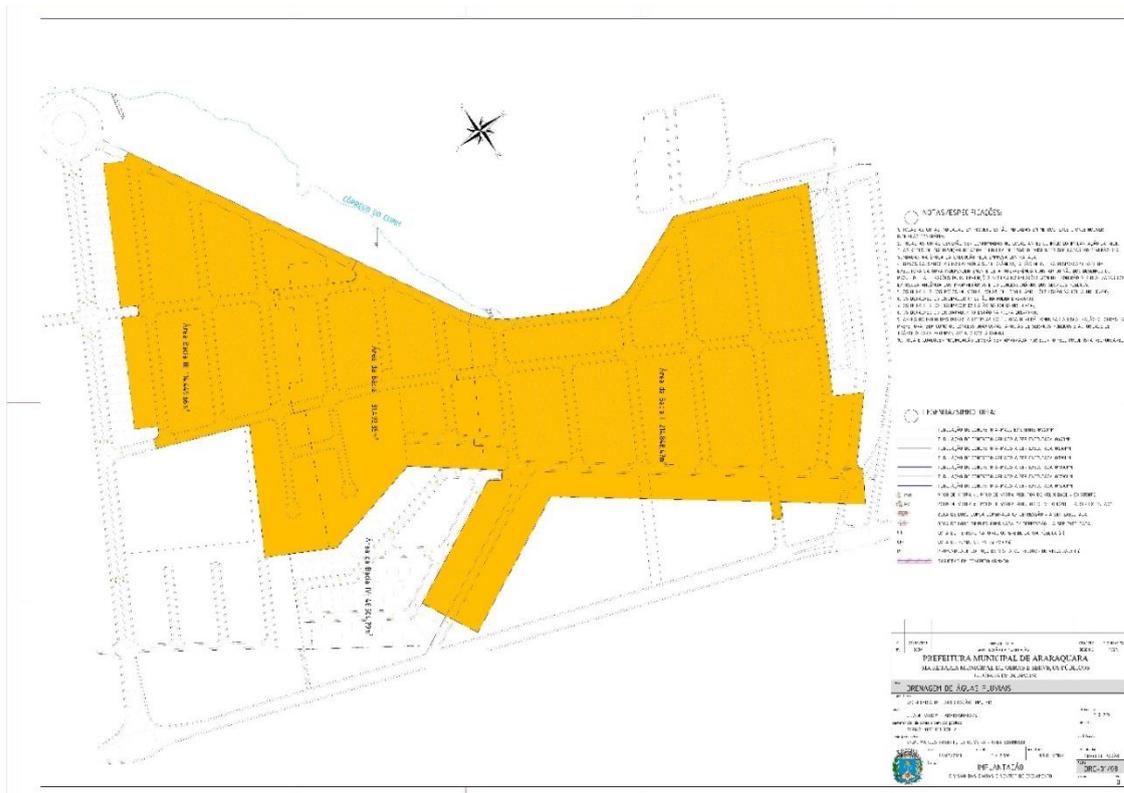
SUB-BACIAS

3-1: 3.849,76m² / 3-2: 30.686,20m² / 3-3: 8.375,90m² / 3-4: 3.669,88m²

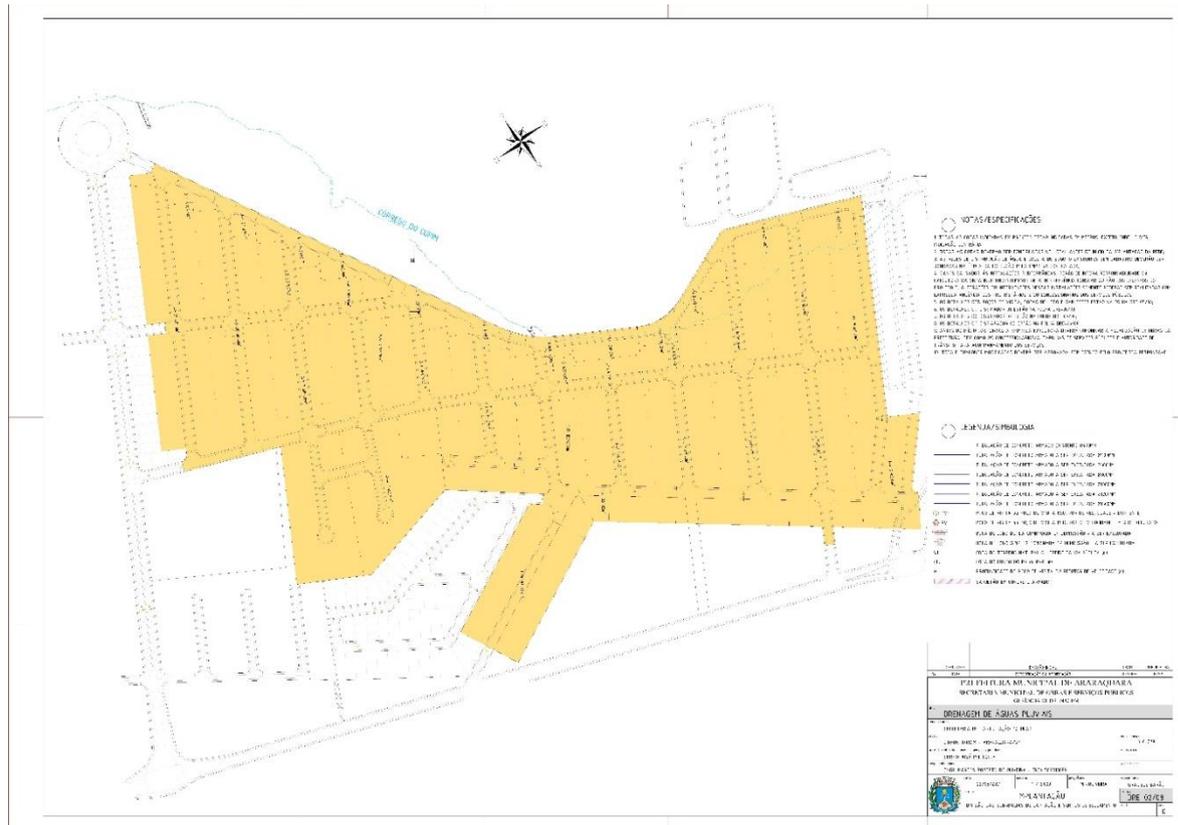
3-5: 28.080,48m² / 3-6: 2.138,35m² / 3-7: 33.855,06m² / 3-8: 3.794,31m²

Bacia VI: 48.504,79 m²;

Bacias:



Sub-Bacias



1.4. IMPLANTAÇÃO

De acordo com Tucci (2004) a ocupação do solo determina o cenário do escoamento natural que não é dividida corretamente, sendo a zona urbana definida pelo traçado das ruas.

Para o cálculo e dimensionamento das galerias foi utilizado o método racional, baseada na equação de Manning que fornece o valor da velocidade, vazão para certo diâmetro adotado e a equação $\ln \ln$ de Araraquara para intensidade da chuva na região.

Considerou-se regime permanente e uniforme, a tubulação de concreto armado, de seção circular, operando em condição de seção plena, contudo, como conduto livre. O diâmetro mínimo da tubulação de 600 mm, com velocidade máxima de 5,00 m/s e velocidade mínima de 0,75 m/s.

As bocas de lobo apresentadas em detalhe, indicadas em planta, que apresentam capacidade de engolimento de 50 L/s, os ramais de ligação em tubos de concreto de diâmetro de 400 mm para todas as ligações de bocas de lobo, com declividade mínima de 1,5%.

1.5. MEMORIAL DE CALCULO

O tempo de retorno (T) – é quando se determina um intervalo de tempo para um evento hidrológico é igualado ou superado ao menos uma vez. Adotado para o cálculo do bairro = 10 anos.

O tempo de concentração (t_c) – deve ser usado as fórmulas de Kirpich para o tempo de concentração. Onde t_c = é tempo de concentração, dado em min; L = é o comprimento do talvegue, dado em km; S = é a declividade do talvegue, dado em m/m e H = é a diferença entre as cotas da seção de saída e o ponto mais a montante da bacia, dado em m.

$$t_c = 3,989 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

A duração da chuva de projeto (D): deve se igualado ao tempo de concentração (t_c).
A previsão máxima de chuvas em Araraquara é:

Tabela 3.5 – Araraquara: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	115,8	138,2	153,1	161,5	167,4	171,9	185,9	199,8	213,6
20	86,2	104,9	117,5	124,2	129,1	132,9	144,5	156,0	167,5
30	69,1	85,4	96,2	102,2	106,5	109,8	119,9	129,9	139,9
60	44,1	56,4	64,5	69,1	72,3	74,8	82,5	90,1	97,6
120	26,3	34,7	40,3	43,5	45,7	47,4	52,6	57,9	63,0
180	19,1	25,0	28,9	31,1	32,6	33,8	37,4	41,0	44,6
360	10,9	13,9	16,0	17,1	17,9	18,5	20,4	22,3	24,1
720	6,1	7,6	8,7	9,3	9,7	10,0	10,9	11,9	12,9
1080	4,3	5,4	6,1	6,4	6,7	6,9	7,6	8,2	8,9
1440	3,4	4,2	4,7	5,0	5,2	5,3	5,8	6,3	6,8

A Intensidade da chuva de projeto (I): é usado para determinar a quantidade de chuva pela unidade de tempo, chuva de projeto é feito com base na a equação In In de Araraquara para intensidade da chuva na região, que segue abaixo:

$$I_{(mm/h)} = 32,4618 \times (t + 15)^{-0,868} + 2,1419 \times (t + 15)^{-0,582} \times \left(-0,4772 - 0,901 \times \ln \left(\ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right) \right) \times 60$$

O calculado foi de I: 2,27 mm / min.

A vazão De Projeto (Qp): calculado a transformação da chuva de projeto, com fundamento no dimensionamento de galerias hidráulicas e no alcance de cotas de alerta. Assim, será utilizado o Método Racional:

$$Q = C \times I \times A$$

Onde, Qp = é a vazão de projeto, dado em m³/s; C = é o coeficiente de escoamento superficial; I = é a intensidade da chuva de projeto, dado em mm/He; A = é a área de drenagem, dado em ha; A vazão para primeira fase do projeto é 7, 613 m³/s.

A seção molhada da rede tubular será adotada a máxima para a rede tubular correspondente à seção com altura da lâmina d'água (y) igual a 80% do diâmetro nominal da respectiva rede que será usada e 20% da mesma tubulação livre.

A capacidade das sarjetas foi determinada pela equação de Manning modificada:

Onde, Qs = é a capacidade de vazão da sarjeta, dado em (m³/s); A = é a área da seção transversal, dado em (m²); S = é a declividade longitudinal da via, dado em m/m e n = é o coeficiente

$$Q_s = \frac{A x R h^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

de rugosidade média de Manning.

Para execução do projeto, foram adotadas medidas e regras seguindo as normas e parâmetros estabelecidos pela Prefeitura Municipal, como:

Rede Tubular - A rede tubular deve ser implantada com tubos de concreto armado.

Recobrimento Mínimo - Para rede com tubos de concreto, o recobrimento mínimo sobre a geratriz externa superior é de 0,80 m. A Implantação da primeira fase de execução da galeria.



3. RECURSOS SUSTENTÁVEIS

A drenagem sustentável visa principalmente ter soluções naturais para a captação da água de chuva, é possível dispor de vários recursos, como exemplo, as trincheiras de infiltração, jardins de chuva, pavimentos permeáveis, reservatórios de retenção entre tantos outros.

A escolha do sistema correto depende da característica de cada projeto. O trecho de maior extensão da galeria será implantado com o sistema convencional e a água pluvial é direcionada até o córrego.

De acordo com a revista Vitrus Vius de 2020, com uma mudança de padrão, ou seja, maior incentivo as práticas sustentáveis em drenagem, tendo em contrapartida, grandes gastos com obras milionárias de macrodrenagem. A população tem a capacidade e sente-se preparado para transformar a paisagem urbana positivamente.

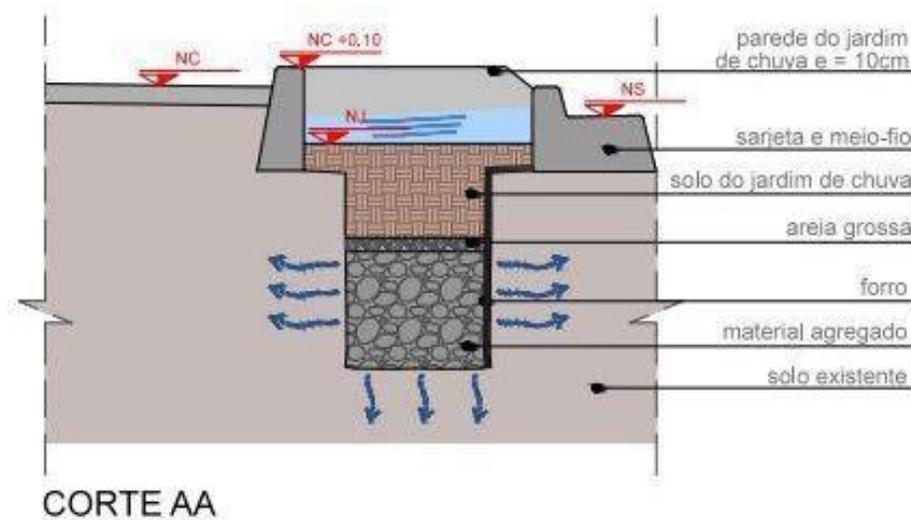
As designações para as técnicas sustentáveis na drenagem urbana, que surgiram e são amplamente utilizadas em países desenvolvidos, como o BMP–Best Management Practices; o LID–Low Impact Development; o SUDS–Sustainable Urban Drainage systems; o WSUD–Water Sensitive Urban Design; e o GI–Green Infrastructure.

As técnicas citadas são basicamente a junção da drenagem convencional com o meio ambiente, sendo um critério a preservação do meio e reflorestamento, agredindo o mínimo possível o meio ambiente ou até mesmo se executado conforme a proposta, somente enriquecendo o meio.

3.1. TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

As são projetadas ao longo de superfícies impermeáveis destinadas a amortecer os volumes superficiais. Trata-se de uma técnica linear, na qual a dimensão de comprimento é superior às de largura e profundidade. Para implantação de sistema deve haver um estudo prévio de todos os aspectos do terreno, além da declividade do mesmo, não devendo passar de 5%.

Sendo assim, um estudo realizado por Duchene, McBean e Thomson (1994), apontam que do total infiltrado de $\frac{3}{4}$ do volume da entrada na trincheira de infiltração. Estudos apontam positivamente o auxílio das trincheiras em relação a drenagem pluvial, com capacidade de infiltrar 63,57%, tendo uma compensatória no manejo das águas pluviais urbanas.



3.2. JARDINS DE CHUVA

É um jardim de arbustos nativos, perenes e flores plantadas em uma pequena depressão do terreno, que geralmente é formada em uma encosta natural. Ele é projetado para reter temporariamente e absorver o escoamento da água da chuva que flui de telhados, pátios, gramados, calçadas e ruas.

Para que o sistema funcione adequadamente e não polua o aquífero, deve ter seu fundo impermeabilizado, sua capacidade vária de infiltração é de 7 a 200 mm/h.



3.3. COMBINADO DE MEIO-FIO E DRENAGEM

O sistema combinado de meio-fio e drenagem foi feito para ser parte integrante do gerenciamento da água de chuva, além de ser uma solução nova e sustentável. A fabricação desse sistema é feita com concreto polímero, a peça é única facilitando sua utilização em qualquer ponto das ruas.

O produto tem sobrenome de eficiência, pois combina com os paisagismos e reduz drasticamente a entrada de sujeiras, pedras ou lixo no sistema pluvial. Segundo o site New Roads de 2018, "em reconhecimento a sua tecnologia e o design único, ACO Kerbdrain já recebeu inúmeros prêmios internacionais. Possui certificado de homologação CE para Classes de Carga até D 400 e está de acordo com a norma EN1433: 2002."

Então com a colocação do meio-fio, agilizando o assentamento, em conjunto com a economia no orçamento e o grande auxílio na drenagem convencional.



3.4. RESULTADOS

Para o dimensionamento da galeria a metodologia utilizada foi o cálculo racional. Esta metodologia foi a solução mais adequada para o dimensionamento da rede de drenagem tradicional que comporta até 2 km de bacia, utilizando o mesmo traçado da rede, e delimitação das áreas contribuintes, a partir da planta do local cedida pela Prefeitura Municipal.

O cálculo da vazão de projeto foi feito através do método racional, e a implantação de acordo com as normas NBR e demandas Municipais. Já os parâmetros da bacia, foram definidos pelo traçado das ruas e dividido em 4 bacias para não sobrecarregar a rede, contando com 3 lançamentos.

O tempo de retorno, e o tempo de concentração de entrada vindo das sarjetas foram considerados de acordo com as normas da cidade e do método utilizado para cálculo. Pode ser compreendido que com a junção da drenagem pluvial e o meio ambiente se criaria o sistema ideal, que além de aliviar a drenagem convencional quase por completo, estaria evitando interferência no meio ambiente e em vários outros problemas causados por enchentes, por exemplo.

Podemos compreender que através da junção da drenagem pluvial e meio ambiente seria o sistema ideal, aliviando a drenagem convencional quase que por completo usando alguns métodos como os citados acima. Além de aliviar a interferências das obras nos rios, lagos e córregos.

É de conhecimento que segundo a normal Lei Complementar nº 806, de 4 de abril de 2.011 de Araraquara, diz sobre o parcelamento do Solo Urbano que são destinados 20% para circulação, 10% para área institucional, 10% para área de lazer e 5% de espaço livre de uso. Portanto para meios comparativos, foi adotado 60% de áreas para lotes e desta mesma porcentagem foi tirado mais 5% para o cálculo da trincheira.

Para aliviar a rede de drenagem e verificar o quanto seria possível ter a menor interferência na implantação das galerias, a possibilidade da vazão é a primeira etapa é de 7, 613 m³/s, sabendo que a área total das bacias é de 459.232,77 m², tirando 60% dessa área para calcular para a área de uma trincheira, a área útil é de 275.539,66 m².

Com a área definida, segunda as pesquisas devem ser usadas até 5% para calcular a área da trincheira, totalizando 13.776,98 m² para as trincheiras. Sendo assim, esta área será dividida em 4 para cada bacia, então para primeira etapa sua área seria de 3.444,25 m², aliviando a rede em até 63%, diminuindo a vazão desta rede e chegando à 4,796 m³/s.

Portanto é possível compreender que utilizando somente uma das alternativas sustentáveis, a vazão que chega na rede convencional será reduzida praticamente pela metade, com menor interferências no meio ambiente e também uma rede de galeria pluvial menor.

4. CONCLUSÃO

É imprescindível a necessidade dos sistemas construtivos caminhe em conjunto com o desenvolvimento sustentável, entendendo que o custo será menor, a mobilização e interferências também serão menores e tudo isso sem perder qualidade no sistema construtivo da galeria pluvial.

O objetivo principal dos dispositivos sustentáveis é o de amenizar o escoamento para jusante, reduzindo a vazão e por consequência diminuindo assim os riscos provocados. Sendo possível com todos os estudos disponibilizados sobre o assunto, além da prática desenvolvida nos países citados, fazendo ser possível conhecer as vantagens e desvantagens para relacionar a viabilidade ou não de seu uso.

Por consequência o saneamento é parte importante em todo sistema construtivo de infraestrutura de uma cidade, é esperado que com essas tomadas de decisões sustentáveis, é esperado a diminuição de inundações da região, diminuindo também doenças transmitidas pela água.

Portanto, é imprescindível que nos próximos projetos de galerias sejam implantadas soluções que ajudem na diminuição de sujeira na tubulação, mas auxílio no escoamento, não sobrecarregando o sistema e conferir demais possíveis inviabilidades para a implantação da técnica, assim como estudos econômicos mais aprofundados, uma base de infraestrutura prévia no local, verificação sobre a estrutura planejada suportaria a demanda necessária e adquirir novas tecnologias de construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPA DA ABNT. IN: NORMAS ABNT: [HTTPS://WWW.NORMASABNT.ORG/CAPA-DE-TRABALHO-ABNT/](https://www.normasabnt.org/capa-de-trabalho-abnt/). ACESSO EM: 21 ABRIL 2021

CICLO ÁGUA. IN: MUNDO EDUCAÇÃO: [HTTPS://MUNDOEDUCACAO.UOL.COM.BR/BIOLOGIA/CICLO-AGUA.HTM](https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.htm). ACESSO EM: 14 JUNHO 2021

RGS ENGENHARIA. IN: DRENAGEM URBANA: [HTTPS://WWW.RGSENGENHARIA.COM.BR/BLOG/DRENAGEM-URBANA-ENTENDA-O-QUE-E-E-SUA-IMPORTANCIA](https://www.rgsengenharia.com.br/blog/drenagem-urbana-entenda-o-que-e-e-sua-importancia). ACESSO EM: 14 JUNHO 2021

LEI 11445. IN: PLANALTO [HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/_ATO2007-2010/2007/LEI/L11445.HTM](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). ACESSO EM: 14 JUNHO 2021

ÁGUA E SANEAMENTO. IN XVIII ENANPUR: [HTTP://ANPUR.ORG.BR/XVIIIENANPUR/ANAISADMIN/CAPAPDF.PHP?REQID=1687](http://anpur.org.br/xviiienanpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1687). ACESSO EM: 14 JUNHO 2021

TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W.. DRENAGEM URBANA E CONTROLE DE EROSÃO. VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO. ANAIS. PRESIDENTE PRUDENTE, SÃO PAULO, 1998, 6. JG., P. 128-130

MANUAL DE DRENAGEM URBANA. IN TOLEDO: [HTTPS://WWW.TOLEDO.PR.GOV.BR/SITES/DEFAULT/FILES/MANUAL_DE_DRENAGEM_URBAN A_-_VOLUME_I.PDF](https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf). ACESSO EM: 20 JUNHO 2021

LUISMASCARÓ, RUAN. LOTEAMENTOS URBANOS. PORTO ALEGRE – 2005.

TUCCI, C. E. M. 1993. HIDROLOGIA: CIÊNCIA E APLICAÇÃO. EDITORA DA UFRGS, ABRH.

CHUVAS SP. IN: LED ESALQ : [HTTP://WWW.LEB.ESALQ.USP.BR/LEB/DISCIPLINAS/FERNANDO/LEB1440/AULA%203/DAEE_EQ_CHUVAS_SP.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/fernando/leb1440/aula%203/daee_eq_chuvas_sp.pdf). 24 NOVEMBRO 2021

OBRAS HIDRÁULICAS. IN: DAAE: GUIA PRÁTICO PARA PEQUENAS OBRAS HIDRÁULICAS, DAAE – 2005. 24 NOVEMBRO 2021

TUCCI, C. E. M. 2004. HIDROLOGIA: CIÊNCIA E APLICAÇÃO. 3ª ED., UFRGS EDITORA.

ÁGUAS PLUVIAIS. IN: DEGRAUS [HTTPS://WWW.DEGRAUS.COM.BR/DRENAGEM-DE-AGUAS-PLUVIAIS-ENTENDA-COMO-FUNCIONA/](https://www.degraus.com.br/drenagem-de-aguas-pluviais-entenda-como-funciona/). ACESSO EM: 25 NOVEMBRO 2021

TRINCHEIRAS. IN: SCIELO: [HTTPS://WWW.SCIELO.BR/J/AC/A/GGHRQ58K36HBFDYJ8ZQ5ZMV/?LANG=PT](https://www.scielo.br/j/ac/a/GGHRQ58K36HBFDYJ8ZQ5ZMV/?lang=pt). ACESSO EM: 25 NOVEMBRO 2021