



FUNDAÇÃO EDUCACIONAL SERRA DOS ÓRGÃOS  
CENTRO UNIVERSITÁRIO SERRA DOS ÓRGÃOS  
REITORIA  
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA  
DIREÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO - DPPE

**Título:** Aplicação de Técnicas Compensatórias de Drenagem no 1º distrito de Teresópolis para Minimização de Inundações

**Linha de Pesquisa a que se destina:** Saneamento Ambiental

**Nome do Coordenador do Projeto:** Teresa Cristina Moreira Lindoso

**e-mail:** teresalindoso@gmail.com    **telefone:** 21 99400-6411

**Link do Currículo Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/8262276104427621>

**Nome dos Docentes participantes:** Teresa Cristina Moreira Lindoso

**Nome dos Discentes participantes:** Rodrigo Scheffer de Almeida Bucher

#### **Resumo do projeto:**

Os efeitos da urbanização intensa sobre o meio físico, especialmente sobre os processos hidrológicos, têm produzido impactos negativos significativos na dinâmica social e nos corpos hídricos, principalmente no que tange ao aumento da intensidade das inundações. Historicamente, os limites das soluções tradicionais de drenagem urbana sempre priorizaram a simples transferência do escoamento superficial, não sendo mais aceitável tal concepção sem a avaliação integrada da natureza.

A partir dos anos de 1970, uma abordagem alternativa para tratar tais questões vem sendo desenvolvida, notando-se um maior acúmulo de experiências em alguns países da Europa, na América do Norte, na Austrália e no Japão. Trata-se do conceito de tecnologias compensatórias de drenagem pluvial e faz referência ao propósito central de tais técnicas de compensar ou minimizar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico.

No Brasil, estes mecanismos ainda são poucos utilizados embora algumas instituições financiadoras de projetos já façam referência da aplicação destas técnicas nos projetos apresentados, exigindo desta forma, uma mudança no paradigma para a incorporação destes elementos inovadores de caráter menos intervencionista no ciclo hidrológico.

Nesse sentido, o desenvolvimento de um programa sustentável de águas pluviais considera que o escoamento superficial durante os eventos chuvosos não pode ser aumentado pela ocupação urbana da bacia, tanto num simples loteamento, como nas obras de macrodrenagem existentes no ambiente urbano.

Com isso, esse projeto busca aplicar as técnicas compensatórias de drenagem no 1º distrito do município de Teresópolis e avaliar se a proposta apresenta como um eficaz instrumento de controle do escoamento superficial, visando o crescimento ordenado das cidades.

**Palavras-chaves:** inundação, drenagem, técnicas compensatórias

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização, seu impacto sobre os recursos naturais e a qualidade dos assentamentos humanos evidenciam as dificuldades de articulação entre a temática ambiental e urbana. Por outro lado, a necessidade da convergência destes temas torna-se cada vez mais evidente. Para Santos (2004), uma melhor qualidade do ambiente só será obtida quando o processo de ocupação e de interferências dos usos humanos for considerado harmônico com os arranjos e funções imprescindíveis das dinâmicas naturais.

Em janeiro de 2006, após amplo processo de planejamento participativo, foi aprovado o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Este documento trouxe grandes inovações na gestão dos recursos hídricos nacional. Entre outras diretrizes, o PNRH estabelece que planos diretores municipais devam refletir soluções para a drenagem urbana, o manejo dos resíduos sólidos e a expansão desordenada da malha urbana. Ainda, em uma visão mais abrangente dispõe que essas propostas de soluções devam ser consideradas nos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas para que seus efeitos possam ser avaliados.

Entretanto, o que se observa é que os municípios ainda não estabeleceram prioridade no manejo adequado das águas pluviais em seu território. Esta inadequação provoca alterações no sistema hidrológico repercutindo tanto na quantidade quanto na qualidade dos recursos hídricos. Em áreas urbanas, a prática de engenharia de drenagem que prioriza a simples transferência de escoamento e a falta de controle da ocupação em áreas naturalmente alagáveis têm produzido impactos significativos nas áreas ocupadas e nos corpos hídricos, entre eles vale ressaltar o aumento da frequência e intensidade das enchentes.

Historicamente, a segunda metade do século XIX tornar-se-ia um período fundamental na relação do sítio urbano com as chuvas intensas, pois existia o mito que alguns problemas de saúde pública estavam correlacionados com águas paradas, ou seja, sem escoamento. Neste período, o crescimento acelerado da população urbana concomitante com as grandes epidemias de cólera e febre amarela explicavam a então chamada “teoria dos miasmas”. Com isso, era imprescindível atacar os causadores dos miasmas: os pântanos, águas estagnadas, a umidade, o material orgânico em decomposição etc. Assim é que a partir de 1850, melhoramentos urbanos começaram a sair do papel, entre eles, aterros, nivelamento do solo para evitar poças e a drenagem superficial.

Segundo Silveira (1998), nos anos subsequentes à proclamação da República em 1889, o Brasil viveu um período de reformas urbanísticas no qual ficou consolidado o conceito higienista do saneamento urbano. E, assim, no início do século XX, as ações de Saturnino de Brito<sup>1</sup> ajudaram a consolidar o que hoje é chamado no Brasil de “drenagem urbana”, ou seja, o uso do conceito higienista de evacuação rápida. Profundas reformas urbanísticas faziam parte dos objetivos do movimento, dominados pela ideia de livrar a cidade o mais rápido possível das águas nocivas, conduzindo-as organizadamente para um corpo de água receptor.

O conceito higienista predominou no século XX no mundo inteiro, mas o início do seu fim foi decretado no final dos anos 1960, nos países desenvolvidos, quando a consciência ecológica expôs os conflitos ambientais entre as cidades e o ciclo hidrológico.

Para tentar reverter esse quadro de desajuste, é importante avaliar e adaptar novas estratégias no controle das enchentes, práticas já em andamento em outros países. Nessas novas concepções os interesses locais de proteger a própria área devem ser harmonizados aos interesses de toda bacia, incluindo a proteção de toda população, considerando os aspectos sociais e econômicos, o ecossistema e as necessidades do próprio rio (SEMADS, 2001).

Em lugar de direcionar e acelerar as águas das enchentes rio abaixo se deve privilegiar o quanto possível a retenção natural já nas cabeceiras, nas matas, nas áreas ribeirinhas e conservar as áreas de inundação ainda existentes (SEMADS, 2001).

Desta forma, conforme abordado por Porto et al. (2009), o conceito do que se entende por drenagem urbana extravasou o campo restrito da engenharia, para se tornar um problema gerencial, com componentes políticos e sociológicos, aliados harmonicamente com o ambiente natural.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Pela Lei Federal nº 11.445/2007, entende-se que o manejo de águas pluviais urbanas, corresponde ao conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Baseado nesta definição, Righetto (2009) entende a ampliação do escopo de trabalho e de ações relacionadas com a drenagem, integrando-a na prática aos problemas ambientais e

---

<sup>1</sup> Engenheiro sanitário, com sólidos conhecimentos de engenharia civil, mecânica e hidráulica.

sanitários das águas urbanas, com estreita integração com a qualidade das águas, poluição difusa, transporte e retenção de resíduos sólidos e utilização das águas pluviais urbanas como recurso hídrico utilizável e de grande significância ao urbanismo e estética da cidade.

Em 2009, o IBGE publicou a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico e apontou que 40,9 % dos municípios brasileiros sofreram com inundações e/ou alagamentos na área urbana, nos cinco anos anteriores a pesquisa. Acima da média nacional se encontra a região Sudeste, com 51,0% de seus municípios afetados. Agrava-se a situação dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro que apresentaram números alarmantes, mais de 80% de seus municípios sofreram com inundações e/ou alagamentos.

**Tabela 1** Municípios da região sudeste com inundações e/ou alagamentos

<b>Municípios da região sudeste com inundações e/ou alagamentos</b>			
<b>Região/UF</b>	<b>Total</b>	<b>Municípios afetados</b>	<b>%</b>
<b>Sudeste</b>	<b>1668</b>	<b>851</b>	<b>51,0</b>
Minas Gerais	853	409	47,9
Espírito Santo	78	67	85,9
Rio de Janeiro	92	78	84,8
São Paulo	645	297	46,0

Pertinentemente, a Moção nº 57, de 16 de dezembro de 2010, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), publicada no Diário Oficial da União em 03/02/2011, atenta para o problema da drenagem urbana nos municípios brasileiros. Anexo a este documento, foram listadas as recomendações de prioridade de investimento em ciência, tecnologia e inovação para recursos hídricos e, para cada demanda de pesquisa, foi estabelecido um grau de prioridade, no qual o item “Técnicas de Manejo de Águas Pluviais” restou identificado como prioridade “URGENTE”, ou seja, demandas que precisam de investimentos imediatos para resolver um problema atual, segundo análise desta assembleia deliberativa. Para tanto, justifica no documento:

O crescimento desordenado das cidades, com ocupação de áreas de baixadas e próximas aos rios, provoca a impermeabilização do solo, propiciando a elevação no escoamento superficial e, conseqüentemente, a ocorrência de inundações. A orientação da drenagem urbana no Brasil carece de uma mudança de paradigmas, no

sentido de incorporar elementos inovadores, especialmente aqueles que conduzem à manutenção do ciclo hidrológico, de caráter menos intervencionista. Assim, é importante fomentar estudos de alternativas para retenção e ou infiltração de águas pluviais, estabelecendo parâmetros e indicadores de utilização (Moção nº 57, de 16 de dezembro de 2010).

Nos EUA, no início da década de 1980, foram desenvolvidos pela Environmental Protection Agency (EPA), os conceitos das Best Management Practices (BMPs), técnicas com foco na não transferência dos problemas para jusante pelo controle do escoamento na bacia, isto é, mais próximo de sua fonte e não no curso d'água. Este conceito é constituído pelo planejamento de controle de águas pluviais em escala de bacia e uso de estruturas físicas para armazenamento e infiltração do escoamento (reservatórios, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis) na tentativa de compensar os efeitos da urbanização. Na década de 1990, ainda nos EUA, foram implementadas de forma pioneira no condado de Prince George em Maryland, USA, práticas do LID (Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto), numa tentativa de reduzir os impactos negativos do aumento das áreas impermeabilizadas (DIETZ, 2007). Com conceitos semelhantes às BMPs, os princípios e práticas preconizados pelo LID gerenciam a água pluvial de tal forma que reduz o impacto de áreas construídas e promove o movimento natural da água dentro da bacia hidrográfica e têm evoluído para a conservação de áreas verdes no meio urbano e o controle das alterações dos processos hidrológicos de forma integrada às atividades locais (DIETZ, 2007). O armazenamento, a infiltração e a recarga de água do solo, bem como o volume e frequência de descargas são mantidos através do uso integrado e distribuído em microescala, a partir de projetos que proporcionem a retenção de águas pluviais e áreas de detenção, a redução de superfícies impermeáveis e o alongamento das vias de fluxo e tempo de escoamento (COFFMAN, 2000). Outras estratégias incluem a preservação/proteção dos recursos naturais ambientalmente sensíveis, tais como faixas ciliares, encostas íngremes, manutenção da vegetação, planícies de inundação etc. Estas práticas, quando avaliadas em larga escala, harmonizam as respostas ecológicas de uma bacia hidrográfica, uma vez que são mantidos importantes parâmetros hidrológicos do período anterior à urbanização, tais como o tempo de concentração da bacia e *runoff* (escoamento superficial). Os conceitos e aplicações propostas pelo LID evoluíram e tomaram espaço nas diretrizes de controle de inundações nos EUA de tal forma que, em abril de 2007, o LID Center, organização não governamental dedicada à divulgação das práticas e técnicas do LID, assinou uma Declaração de Intenções com a EPA para promover os benefícios das estratégias

de infraestrutura verde e incentivar o seu uso para a gestão municipal de águas pluviais. A parceria desenvolveu a Estratégia de Ação Infraestrutura, definindo objetivos e metas do programa. O LID Center assiste o EPA com workshops e conferências por todo o país, demonstrando como infraestrutura verde está sendo usada para gerenciar as águas pluviais. As conferências são destinadas a funcionários municipais, urbanistas, designers e gestores públicos.

Com conceitos semelhantes, na Austrália, a WSUD (Water Sensitive Urban Design) apresenta uma abordagem de planejamento urbano que proporciona uma maior harmonia entre a água, o ambiente e as comunidades. Desta forma, se vislumbra a oportunidade de criar ambientes menos vulneráveis e integrados à estética paisagística que, além de proporcionar segurança, oferece bem-estar à população. Para a aplicação destas práticas é necessária a integração de gestão do ciclo da água com o ambiente construído, tendo dois princípios essenciais para a aplicação desta abordagem (MORGAN, 2013): (a) todos os elementos do ciclo hidrológico e suas interconexões são considerados concomitantemente e; (b) as considerações sobre o comportamento hidrológico estão incluídas em todas as fases do planejamento. No Reino Unido, a CIRIA, uma associação inglesa sem fins lucrativos da indústria de construção se propõe a divulgação de informações, pesquisa para a atualização, inovação e melhorias do setor. Seguindo as diretrizes do WSUD, a associação divulga e incentiva as ações dispostas no WSUD e as práticas de drenagem sustentável.

No Brasil, o Ministério das Cidades gerencia o programa de drenagem urbana sustentável, viabilizando ações necessárias à implantação ou à melhoria de sistemas para recuperação, prevenção, controle ou minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas. O programa contempla intervenções estruturais voltadas à redução das inundações e melhoria de segurança sanitária, patrimonial e ambiental dos municípios, por meio da execução de obras que privilegiem a redução, retardamento e amortecimento do escoamento das águas pluviais por meio de (a) reservatórios de amortecimento de cheias; (b) adequação de canais para a redução da velocidade de escoamento; (c) sistemas de drenagem por infiltração; (d) implantação de parques lineares; (e) recuperação de várzeas e (f) renaturalização de cursos de água. Por outro lado, observa-se que, dos setenta e oito municípios fluminenses que sofreram com inundações nos últimos cinco anos, somente cinco municípios foram contemplados com verbas para apoio ao sistema de drenagem. Ou seja, faltam projetos adequados encaminhados pelos municípios aos órgãos financiadores e este baixo índice de projetos aprovados pode estar relacionado a falta de técnicos capacitados para

elaborar projetos considerando as técnicas compensatórias, uma vez que são propostas relativamente novas no Brasil e exigem uma mudança de concepção do que é drenagem urbana.

Ainda, a escolha dos tipos de técnicas a serem adotadas depende de fatores urbanísticos, sociais, econômicos e ambientais. Os critérios de análise são fundados essencialmente no confronto entre a tipologia da técnica e seus princípios de funcionamento e manutenção. Cada uma das diferentes técnicas deve ser confrontada com os vários requisitos e implicações pertinentes que podem ou não limitar seu emprego, possibilitando a identificação das técnicas efetivamente viáveis para uma dada situação (RIGHETTO, 2009).

Nesse sentido este trabalho justifica-se pela necessidade da mudança de paradigma no manejo e interferências nos cursos hídricos, uma vez que as atividades antrópicas geram impactos negativos com reflexos na qualidade de vida de toda a sociedade. Para tanto, é importante conhecer o andamento e aplicação destas técnicas em outras cidades, no Brasil e no exterior, bem como analisar os seus resultados. Desta forma, é possível verificar a aplicabilidade destas técnicas em Teresópolis, um dos municípios fluminense que sofrem com inundações recorrentes, conforme atestado pelo IBGE.

### **3. OBJETIVOS E METAS**

O presente trabalho tem por objetivo geral identificar as principais técnicas compensatórias utilizadas para o manejo de águas pluviais, a partir das experiências internacionais e nacionais e verificar a aplicação destas no município de Teresópolis. Os objetivos específicos são:

- a) Identificar as práticas de gerenciamento de drenagem urbana e cheias nas principais cidades da Europa, Estados Unidos e Austrália, no que diz respeito à aplicação de técnicas compensatórias de águas pluviais;
- b) Análise do modelo de gestão e políticas públicas no manejo de águas pluviais nas cidades estrangeiras que utilizam técnicas de drenagem sustentável;
- c) Comparação entre as práticas internacionais e brasileiras de gerenciamento das águas pluviais urbanas;

- d) Apresentar recomendações para a escolha e concepção das técnicas que possam ser aplicadas no município de Teresópolis, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, considerando as condições geoambientais, climatológica e socioeconômica da região, visando desta forma contribuir para a elaboração do plano de Manejo de Águas Pluviais do município.

As metas são:

- a) Sistematização da utilização destas técnicas para o município de Teresópolis
- b) Propor medidas que minimizem a ocorrência de inundações no 1º distrito de Teresópolis, com a aplicação de técnicas que promovam a manutenção do regime hidrológico;
- c) Consolidar um procedimento de atuação integrada em nível técnico e institucional.

#### **4. METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento deste trabalho de forma a fornecer visão global das atividades propostas e identificar seus elementos constitutivos será necessária a consecução das seguintes etapas:

- a) Levantamento, a partir de referências bibliográficas e consulta as instituições envolvidas, das principais técnicas compensatórias utilizadas para o manejo de águas pluviais, a partir das experiências internacionais;
- b) Revisão dos conceitos técnicos que envolvem a drenagem urbana;
- c) Levantamento das práticas de técnicas compensatórias de drenagem usadas nos Estados Unidos, Europa, Austrália e Brasil, com enfoque nas técnicas preconizadas pelo LID e WSUD;
- d) Comparação entre as práticas internacionais e brasileiras de gerenciamento das águas pluviais urbanas;
- e) Resumo dos casos de sucesso;
- f) Mapeamento dos principais áreas de inundação do 1º distrito de Teresópolis;
- g) Identificação das técnicas compensatórias com potencial para apresentar resultados positivos para controle de inundação no 1º distrito de Teresópolis.



## 5. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Moção nº 57, de 16 de dezembro de 2010**. Recomenda princípios e prioridades de investimento em ciência, tecnologia e inovação em recursos hídricos. Lex: Conjunto de Normas Legais, Recursos Hídricos: Brasília, 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em 30 de nov de 2012, 18:30.

DIETZ, M.E. **Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions**. Water Air Soil Pollut 186:351–363.2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Rio de Janeiro, 2009.

MORGAN, C. **Water Sensitive Urban Design in the UK- Ideas for built environment practitioners**. CIRIA. London, 2013.

PORTO, R. et al. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C.E.M.(Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2009.

RIGHETTO, A.M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

ROY, A.H. Impediments and Solutions to Sustainable, Watershed-Scale Urban Stormwater Management: lessons from Australia and United States. **Environmental Management**,v. 42,p. 344-359, 2008.

SANTOS, R.F. 2004. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 184p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMADS). **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro- Uma Abordagem Geral**. COSTA, H. (Org.). Cooperação Técnica Brasil- Alemanha. Rio de Janeiro Projeto PLANÁGUA/SEMADS. 2001.

SILVEIRA, A.L.L. Hidrologia Urbana no Brasil. In: **Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle**. BRAGA, B.; TUCCI, C.E.M.; TOZZI, M. (Org.). ABRH Publicações. Editora da UFRGS, Porto Alegre. 1998

## 6. CRONOGRAMA

ATIVIDADE	MÊS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Revisão dos conceitos técnicos que envolvem a drenagem urbana									
Levantamento das práticas de técnicas compensatórias de drenagem usadas nos Estados Unidos, Europa, Austrália e Brasil									
Comparação entre as práticas internacionais e brasileiras de gerenciamento das águas pluviais urbanas									
Resumo dos casos de sucesso									
Mapeamento dos principais áreas de inundação do 1º distrito de Teresópolis									
Identificação das técnicas compensatórias com potencial para controle de inundação no 1º distrito de Teresópolis									

## 7. PLANO DE TRABALHO DO BOLSISTA

ATIVIDADE	MÊS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Leitura e resumo de artigos técnicos dos conceitos técnicos que envolvem a drenagem urbana;									
Levantamento das práticas de técnicas compensatórias de drenagem usadas no Brasil									
Levantamento da legislação e normas referentes a drenagem das águas pluviais no Brasil									
Resumo dos casos de sucesso no Brasil									
Levantamento de informações sobre áreas sujeiras a inundação recorrente em Teresópolis (Prefeitura, Ministério Público, imprensa etc)									
Identificação das técnicas compensatórias com potencial para controle de inundação no 1º distrito de Teresópolis;									