

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

PAULO RICARDO GOMES BRANDÃO

**SISTEMA DE ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO:** problemas  
causados por mau dimensionamento e má execução

Paracatu

2022

PAULO RICARDO GOMES BRANDÃO

**SISTEMA DE ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO:** problemas causados por mau dimensionamento e má execução

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos - Drenagem

Orientador: Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro Chula

Paracatu

2022

PAULO RICARDO GOMES BRANDÃO

**SISTEMA DE ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO:** problemas causados por mau dimensionamento e má execução

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos - Drenagem

Orientador: Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro Chula

Banca examinadora:

Paracatu – MG, 19 de novembro de 2022.

---

Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro Chula.  
Centro Universitário Atenas

---

Prof. Me. Romério Ribeiro da Silva  
Centro Universitário Atenas

---

Prof<sup>a</sup>. Anelise Avelar de Araújo  
Centro Universitário Atenas

Dedico ao todo-poderoso Deus por abençoar a minha vida todos os dias, me dando força, fé e sabedoria para concluir esse trabalho. Dedico esse trabalho aos meus pais que fizeram o possível e o impossível para eu chegasse aqui nesse momento. Obrigado por toda dedicação. Vocês são os melhores pais do mundo. Amo vocês! A todos os meus amigos de curso, grandes companheiros de jornada. Em especial aos brilhantes amigos: Daiane, Douglas, João Paulo e Maria Luiza pelo excepcional apoio e incentivo que me deram durante a pesquisa. Ao meu querido orientador Carlos Eduardo Ribeiro Chula que se dedicou na orientação a esse projeto. Você foi fundamental para a realização desse momento, esse trabalho é nosso, por isso, dedico esse trabalho a você. Serei eternamente grato a Deus por tê-lo em meu coração e por ter me proporcionado as maiores alegrias como a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTO**

Nada neste mundo se conquista sem a ajuda das pessoas ao seu redor, por isso, tenho muito a agradecer a todos que me auxiliaram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho. Hoje estou me formando e olho ao redor e vejo pessoas muito especiais, sem as quais, eu não teria chegado até aqui. Aos meus Pais, que sempre acreditaram em mim e nunca me deixaram desistir. Agradeço meus amigos, que estiveram sempre ao meu lado e me deram sempre motivos para sorrir. E acima de tudo, agradeço a Deus, pois eu não seria nada sem Ele. Em cada motivo difícil, encontrei força na minha fé, para conseguir e seguir em frente.

A instituição de ensino UniAtenas, pelo conhecimento adquirido no decorrer desses anos por meio dos grandes profissionais, que não foram somente professores, se tornaram amigos, e colegas de profissão.

Sabe o que é mais caro na engenharia? O desconhecimento.

Autor desconhecido

## RESUMO

O processo de urbanização resulta em alterações no ciclo hidrológico prejudiciais à população. Para amenizar esses efeitos, as técnicas compensatórias em drenagem urbana visam à maior sustentabilidade hidrológica na expansão urbana. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivos descrever os danos que poderão advir de um sistema de drenagem de águas pluviais deficiente. As chuvas possuem variadas durações e intensidades, o que dificultam os processos de drenagem extrapolando as diversas técnicas de escoamento urbano fazendo com que cada local tenha que ser estudado de forma individual. Os sistemas de drenagens pluviais apresentam potenciais benefícios para o processo urbano, porém necessitam da colaboração da população para que esse processo consiga ser instalado e mantido por um longo período de tempo, visto que são técnicas de alto custo para os municípios. Com essa pesquisa deixamos claro a importância da realização de um planejamento de ocupação urbana, pois com essa decisão se pode planejar as vias de escoamentos da água e o planejamento da macro e microdrenagem de forma antecipada facilitando assim o escoamento das águas pluviais. Foi evidenciado também os mecanismos que devem ser utilizados para a correção de locais urbanamente habitado sem planejamento, e ainda apontamos a necessidade de elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, instrumento esse utilizado de forma legal para a gestão das águas pluviais nos municípios. Após todos esses itens, ressaltou-se ainda, os benefícios da utilização do sistema de drenagem, que por meio desse sistema, podemos reduzir gastos com a reconstrução de vias públicas, danos materiais para as pessoas que habitam a área, redução de doenças, pois se reduz as águas paradas e conseqüentemente favorecemos o fluxo de transporte terrestre nessas vias. Vale ressaltar ainda, a necessidade de um estudo aprofundado a respeito de cada caso e a necessidade de conscientização da população com o cuidado, não só quanto a maneira de ocupação de um local, bem como, manutenção da higiene do mesmo, a fim de não sobrecarregar o sistema pluvial do local.

**Palavras-chaves:** Sistema de drenagem. Urbano. Água pluvial.

## **ABSTRACT**

*The urbanization process results in changes in the hydrological cycle that are harmful to the population. To mitigate these effects, compensatory techniques in urban drainage aim at greater hydrological sustainability in urban expansion. In this sense, this work aimed to describe the damage that may result from a deficient rainwater drainage system. The rains have different durations and intensities, which make the drainage processes difficult, extrapolating the various urban flow techniques, making each location have to be studied individually. The rainwater drainage systems have potential benefits for the urban process, but they need the collaboration of the population so that this process can be installed and maintained for a long period of time, since they are high cost techniques for the municipalities. With this research, we make clear the importance of carrying out an urban occupation planning, because with this decision it is possible to plan the water flow routes and the planning of macro and micro drainage in advance, thus facilitating the flow of rainwater. It was also evidenced the mechanisms that should be used for the correction of urbanly inhabited places without planning, and we also point out the need to develop an Urban Drainage Master Plan, an instrument that is used legally for the management of rainwater in the municipalities. After all these items, it was also highlighted the benefits of using the drainage system, which through this system, we can reduce expenses with the reconstruction of public roads, material damage to the people who inhabit the area, reduction of diseases, because stagnant water is reduced and consequently we favor the flow of land transport on these roads. It is also worth mentioning, the need for an in-depth study regarding each case and the need to make the population aware of the care, not only regarding the way of occupying a place, as well as maintaining its hygiene, in order not to overload the site's rainwater system.*

**Keywords:** *Drainage system. Urban. Pluvial.*



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 -</b>	Sistemas de Microdrenagem e Macro drenagem	18
<b>FIGURA 2 -</b>	Escoamento natural da água das chuvas	20

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CBH's	Comitês de Bacia Hidrográfica
CNRH	Conselho Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SNGRH	Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	11
<b>1.1 PROBLEMA DE PESQUISA</b>	12
<b>1.2 HIPOTESE</b>	13
<b>1.3 OBJETIVO</b>	13
<b>1.3.1 OBJETIVO GERAL</b>	13
<b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	13
<b>1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO</b>	13
<b>1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO</b>	14
<b>1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	14
<b>2 SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL</b>	16
<b>2.1 MICRODRENAGEM</b>	17
<b>2.2 MACRODRENAGEM</b>	17
<b>2.3 DRENAGEM SUSTENTÁVEL</b>	18
<b>3 DANOS QUE PODEM ADVIR DE UM SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAIS</b>	19
<b>4 BENEFÍCIOS DE UM SISTEMA DE DRENAGEM BEM ELABORADO PARA A SOCIEDADE COMO UM TODO</b>	23
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	26
<b>REFERÊNCIAS</b>	27

## 1 INTRODUÇÃO

O crescente populacional gera o surgimento de áreas urbanas, e conseqüentemente ocorre a retirada da vegetação dando assim lugar para a construção de casas e edifícios, o que ocasiona a pavimentação de ruas e avenidas, o que proporciona a formação de áreas impermeáveis, o que impede a permeabilidade da água de forma correta no solo. Com esses acontecimentos ocorre a necessidade de um sistema de drenagem pluvial eficiente, porque no planeta a água percorre um ciclo fechado, o ciclo hidrológico, e esse interrompido, pode ocasionar o aumento da velocidade escoamento superficial desencadeando enchentes urbanas, e conseqüentemente impactos na população como um todo (RAMOS *et al.*, 2019).

Esses mesmos autores descrevem que o escoamento da água pluvial acontecerá sempre, independentemente da existência de sistema de drenagem, e a qualidade do sistema de drenagem é que irá determinar os benefícios ou danos, maiores ou menores, à população. Fica evidente que se não houver as intervenções de construções e impermeabilização de grandes áreas, a água pluvial ficaria retida pela vegetação presente, infiltraria no subsolo e escoaria superficialmente de forma gradual, filtrando e melhorando a qualidade da mesma, porém após interferência do homem, o processo não acontecerá e sem um sistema eficiente de drenagem urbana, se tornará impossível disponibilizar uma qualidade de excelência no saneamento básico para a população (BARROS, 2015).

Segundo a Lei nº 11.445/2007 ficou estabelecido que em toda a área urbana devesse estar disponibilizado serviço de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização de prevenção das redes, para que sejam adequados à saúde pública, segurança da vida, patrimônios públicos e privados (BRASIL, 2007).

Segundo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) demonstra que não há o cumprimento da Lei, pois os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, entre os quatros componentes do setor de saneamento, são os que mais possuem necessidade de políticas e organização institucional. O uso inadequado desse sistema, que é utilizado para a destinação de esgoto sanitário doméstico, e industrial, associado com a inexistência de medidas preventivas para áreas que já estão predestinadas à sofrerem inundações e a falta de elaboração de projetos de drenagem dimensionados de

maneira correta, contribuem de maneira significativa a essa problemática (BRASIL, 2013).

Segundo Tucci, Porto e Barros (2015), não há no Brasil nenhum programa sistemático para o controle de ocupação das áreas urbanas, existindo apenas algumas ações isoladas de alguns profissionais, e isso é devido à falta de conhecimento sobre controle de enchentes pelos planejadores urbanos, desorganização do governo, pouca informação técnica na graduação de engenharias, falta de conhecimento da população sobre controle de enchentes e a falta de controle de zoneamento do administrador público.

De acordo com Cruz (2004), ainda referindo-se ao Brasil, os sistemas de drenagens apresentam em grande parte deles o formato do tipo combinado, que além das águas pluviais, também são descartados os esgotos cloacais domésticos, acarretando problemas na saúde pública. A maior problemática também ocorre devido à falta de conscientização das pessoas e de educação ambiental, podendo gerar uma quantia imensa de resíduos sólidos provocando obstrução do sistema, causando acúmulos de lixos nas ruas.

Diante do citado a união do processo de urbanização falho, associado com a falta de estudos e nenhuma preocupação com o meio ambiente, os rios são sobrecarregados. Rios que anteriormente não inundavam, passarão a inundar, além disso, serão contaminados e contaminará, isso tudo devido à inexistência de tratamento do esgoto sanitário e com isso, surge à necessidade de obras onerosas de desassoreamento (BARROS, 2015).

Dessa forma, diante de tamanha necessidade de soluções e para contribuir com a literatura sobre o tema, este trabalho visará descrever os danos que poderão advir de um sistema de drenagem de águas pluviais deficiente.

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Quais danos poderão advir de um sistema de drenagem de águas pluviais deficiente?

## **1.2 HIPOTESE**

a) Acredita-se demonstrar ao final deste trabalho que a boa elaboração do sistema de drenagem de água pluviais poderá demonstrar soluções efetivas no sistema pluvial

b) Percebe-se que um sistema de drenagem deficiente poderá agravar e gerar sérios danos com o passar do tempo e o aumento da frequência e intensidade das grandes tempestades.

## **1.3 OBJETIVO**

### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Descrever os danos que poderão advir de um sistema de drenagem de águas pluviais deficiente.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) descrever sistema de drenagem de água pluvial;
- b) identificar os danos que poderão advir de um sistema de drenagem de água pluviais;
- c) apontar os benefícios de um sistema de drenagem bem elaborado para a sociedade como um todo.

## **1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO**

O Brasil é um país contrastante, onde se pode observar suas características climáticas e ambientais, e o que demonstra a importância de se realizar projetos que envolvam o meio ambiente e que sejam direcionados para cada região devido à necessidade de cuidados especiais em determinadas áreas (SOUZA, 2022). Atualmente existem problemas comuns que devem ser estudados de forma aprofundada como a escassez de recursos hídricos as inundações que acometem várias cidades (BARROS,

2015).

A técnica de aproveitar melhor a água presente na natureza, nos apresenta conceitos de sustentabilidade e na necessidade de se utilizar técnicas adequadas para o melhor tratamento e escoamento de água (MARTINS, 2012).

Baseado nesse contexto, nosso trabalho estudará como é formado o sistema de escoamento pluvial urbano e os problemas causados pelo mau dimensionamento e má execução.

## **1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO**

Optou-se pela pesquisa exploratória, tendo como objetivo propiciar maior familiaridade com o tema e a construção de hipóteses, com vistas a torná-lo mais explícito o entendimento, tendo como principal objetivo o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 2002).

No escopo da pesquisa exploratória optou-se pela pesquisa bibliográfica, isto é, aquela desenvolvida a partir de livros e artigos já elaborados. (GIL, 2002).

Será realizada uma busca nas bases de dados de sites, para conhecimento e entendimento melhor do tema. A pesquisa ocorrerá de forma íntegra, sendo incluídos artigos da língua portuguesa. Ademais, a fim de complementar o estudo será utilizado pesquisa em revistas e livros acadêmicos na busca de dados sobre sistema de escoamento pluvial urbano e os problemas causados pelo mau dimensionamento e má execução.

## **1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No primeiro capítulo foi apresentada a introdução com a contextualização do estudo, formulação do problema de pesquisa; as hipóteses do estudo; os objetivos gerais e específicos; as justificativas; a metodologia do estudo e a definição estrutural da monografia.

No segundo capítulo foi descrever sistema de drenagem de água pluvial.

No terceiro capítulo foi identificar os danos que poderão advir de um sistema de drenagem de água pluvial.

No quarto capítulo foi apontar os benefícios de um sistema de drenagem bem elaborado para a sociedade como um todo.

No quinto e último foi apresentado às considerações finais.



## 2 SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL

O crescimento da população mundial tem aumentado a pressão sobre os recursos naturais, especialmente sobre a água que é um recurso essencial para a manutenção da vida. A alteração da disponibilidade quantitativa e qualitativa, e da dinâmica natural do fluxo de escoamento desse fluido causa transtornos em diversas partes do globo. Podem-se citar a falta de acesso à água potável e ao saneamento básico, as enchentes e as secas entre os principais problemas. Apesar de ocorrerem em áreas diversas, esses problemas são potencializados em áreas urbanizadas, alterando radicalmente o meio natural (CRUZ, SOUZA & TUCCI, 2021).

No Brasil, a urbanização ocorreu rapidamente, de 1950 a 2008, a população urbana saltou de 55,9% para 86%. Esse aumento tem acarretado a formação de grandes cidades e levado a um cenário recorrente nos dias atuais. São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e outras cidades de médio e grande porte têm sofrido frequentemente com inundações, enchentes, deslizamentos de terra, falta de água para abastecimento, epidemias, congestionamentos etc. Muitas vezes, as ocorrências ultrapassam o limite de uma determinada cidade e afetam toda a bacia hidrográfica (CHRISTOFIDIS, 2021).

A falta de planejamento urbano, na maior parte das metrópoles brasileiras, é um dos fatores que contribui fortemente para esse cenário. A ocupação urbana mesmo quando ordenada sofre problemas crônicos, tais como a ausência de fiscalização, recursos insuficientes para a implantação completa da infraestrutura dos loteamentos, visão política desenvolvimentista e fragmentada, além da falta de visão sistêmica do ambiente a ser ocupado (FARIAS, 2021).

Os aspectos técnicos são moldados de acordo com a vontade política e as análises ambientais só são consideradas se não causarem aumento de custos das obras, ou forem exigidas como parte do 16 procedimento de licenciamento, caso contrário são desconsideradas ou minimizadas. O aumento da área impermeabilizada nas cidades tem intensificado os eventos hidrológicos críticos, as cheias são cada vez mais frequentes e ocorrem mais rápido, as secas são mais duradouras e comprometem o abastecimento urbano e a manutenção dos ecossistemas naturais (GABAN & RODGHER, 2021).

A drenagem sustentável é composta por um conjunto de infraestruturas que

introduz elementos de compreensão e respeito à dinâmica natural da água, além de apresentar soluções que levam à priorização da infiltração em vez do escoamento superficial, propiciando uma tendência de retorno à condição natural. Constitui-se, assim, em forma de mitigação dos problemas acarretados pela implantação da área urbana, tornando-se forte indutora de recuperação socioambiental. A construção de sistemas de drenagem urbana sustentável permite maior controle sobre os eventos hidrológicos e melhora a qualidade do ambiente natural e urbano. Diversas cidades brasileiras já possuem redes de drenagem urbana, no entanto, faz-se necessária uma metodologia que permita que a infraestrutura existente seja aproveitada em parte (CRUZ, SOUZA & TUCCI, 2021).

Os sistemas de drenagem convencional são divididos conforme com suas dimensões e funções necessárias, em microdrenagem e macrodrenagem.

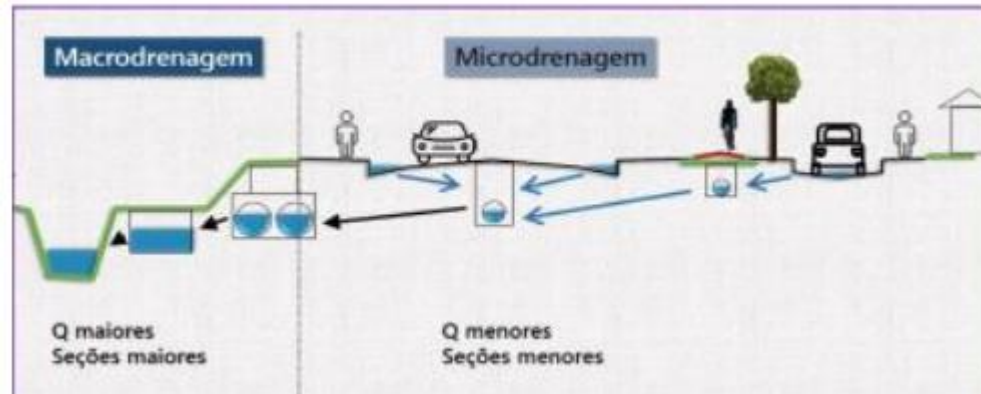
## **2.1 MICRODRENAGEM**

A microdrenagem é formada pela rede de condutos e canais na rede primária ou nos loteamentos agregados ao sistema viário. Diante disso, são projetadas para conduzir as águas até um deságue ou até a rede de macrodrenagem. Sendo efetuado um dimensionamento do sistema de microdrenagem correto e a manutenção regular, a população fica em menor risco de ocorrências de alagamentos e enchentes (REZENDE, 2018).

## **2.2 MACRODRENAGEM**

No sistema de macrodrenagem, como o sistema de microdrenagem é de grande importância a manutenção para garantir o funcionamento adequado das estruturas que constitui no sistema, evitando os riscos específicos da poluição hídrica e os riscos de inundação. Os sistemas de macrodrenagem são compostos de condutos enterrados ou de canais abertos. Em algumas ocasiões podem ser instalados dispositivos complementares, como bueiros e estações elevatórias de águas pluviais (REZENDE, 2018). A figura 1 esquematicamente representa o sistema de Microdrenagem e Macrodrenagem e suas sessões.

**FIGURA 1** - Sistemas de Microdrenagem e Macro drenagem.



Fonte: Quizlet (2021).

No Brasil, a gestão dos inúmeros sistemas ainda é tratada de maneira inapropriada, em alguns casos, o município atua de forma correta, com os recursos orçamentários disponíveis ou até mesmo por questões políticas. Dessa maneira, o sistema convencional de drenagem urbana tem se apresentado ineficiente e insuficiente, não só no controle de enchentes urbanas, mas também na qualidade de vida da população, qualidade da água e na sustentabilidade ambiental (LOURENÇO, 2021).

### 2.3 DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Com consequência de enchentes e alagamentos, surge a necessidade de propor projetos de drenagem mais eficientes através da aplicação de medidas sustentáveis, já que ampliar a capacidade nos sistemas de drenagem convencionais para o escoamento das águas pluviais seria muito custoso e dependendo das condições meteorológicas talvez não seria possível solucionar o problema em totalidade e nem a longo prazo (LOURENÇO, 2021).

O retrofit é uma solução já adotada em outros países para permitir essa mudança no projeto e gestão das águas pluviais urbanas sem que se abdique do uso das infraestruturas existentes. Ela permite inserções pontuais no sistema previamente instalado, de forma que transforme uma infraestrutura que causa fortes impactos no meio físico em uma estrutura sustentável. O correto planejamento urbano, ou seja, o planejamento que considera os aspectos econômicos e, também, ambientais, culturais e sociais, pode ser feito de 17 duas formas (SOUSA *et al.*, 2021).

### 3 DANOS QUE PODEM ADVIR DE UM SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAIS

A análise dos sistemas de drenagem urbana são descritos a partir de uma base comparativa que aponta características vantajosas ou desvantajosas em relação à dinâmica do ambiente natural (DORNELLES, 2012).

A literatura indica diversos impactos causados ao meio ambiente pela urbanização, entretanto há o propósito de delimitar os aspectos qualitativos e quantitativos de um ambiente pré-urbanizado para, com isso, poder afirmar quais os métodos de manejo das águas pluviais urbanas que causam menores impactos ao meio ambiente (CANHOLI, 2014).

Em um ambiente urbanizado, a dinâmica de interceptação e escoamento da precipitação é diferente da que ocorre em um ambiente natural, ainda não afetado pela ação antrópica. No meio ambiente original, a precipitação é interceptada pela vegetação, pelos solos e pelos corpos hídricos, e escorre pela superfície até evaporar, infiltrar ou interceptar um corpo hídrico (GRIBBIN, 2013).

No solo, a parte da precipitação que ocupa as camadas subsuperficiais tende a contribuir para o ciclo hidrológico com a evaporação, a transpiração pela vegetação, o escoamento superficial e a infiltração, onde parte da água passa a alimentar os lençóis freáticos e, por percolação, flui para alimentar cursos de água, fontes ou trechos inferiores, podendo atingir os aquíferos em camadas mais profundas (LOU, 2010).

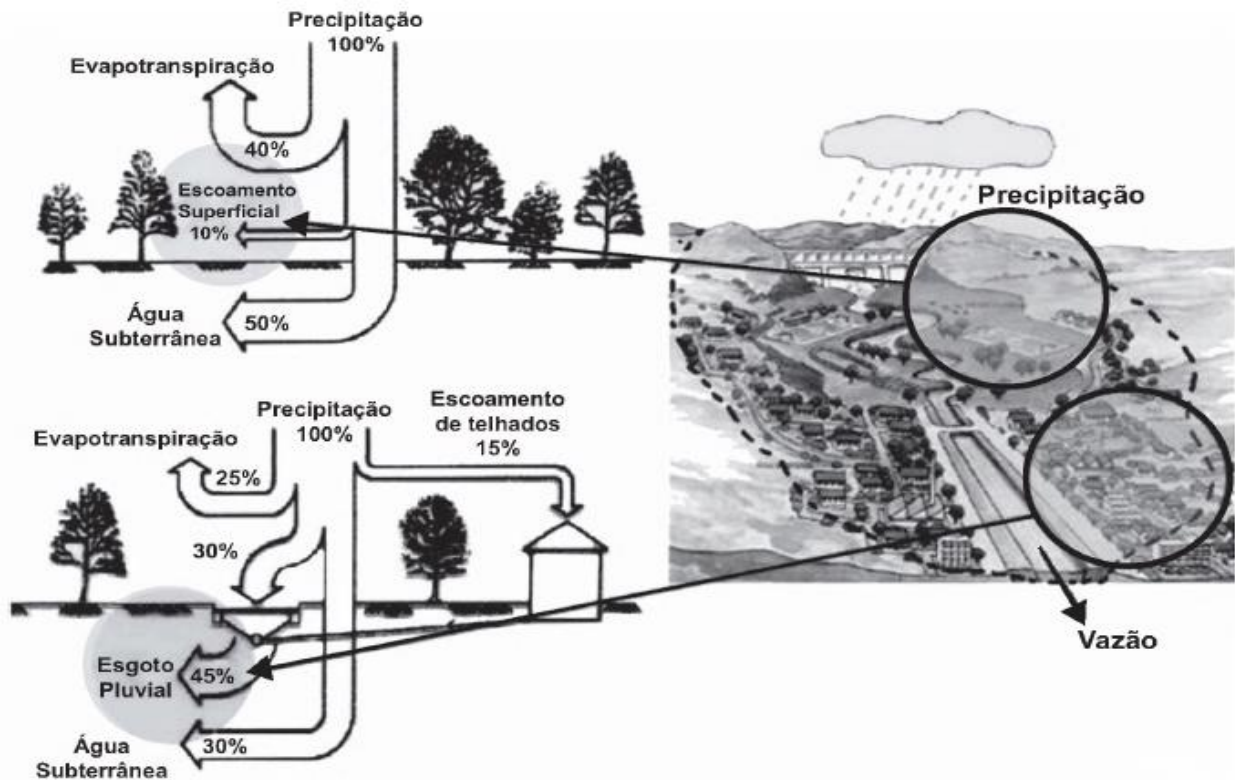
Nas situações em que a precipitação acontece sucessivamente em curtos períodos de tempo, ocorre a saturação do solo. Começa, então, a se formar uma massa de água que permite o escoamento sobre a superfície dos solos, vencendo depressões e obstáculos. Esse escoamento, inicialmente, é laminar, difuso e lento. Ocorre, normalmente de cotas mais elevadas para cotas mais baixas e, à medida que escoar, vai moldando o solo, cria caminhos preferenciais de escoamento das águas, pequenos regatos e talvegues (ZERBINATTI *et al*, 2011).

Ao atingir os talvegues, o escoamento tem comportamento mais próximo ao que ocorre em um canal. As águas desses canais naturais vão se juntando até formarem um curso de água de maior porte. As copas das árvores interceptam as precipitações e retardam o seu escoamento, a água escoar pela copa, depois pelo tronco e,

posteriormente, fica armazenada entre as raízes, onde infiltra e é absorvida pelas plantas para depois ser evapotranspirada (DORNELLES, 2012).

A água que fica retida em depressões no solo tende a infiltrar e abastecer os lençóis freáticos e os aquíferos mais profundos; parte dessa água evapora para a atmosfera. A água que escoam superficialmente e subsuperficialmente nos lençóis freáticos são as principais responsáveis pela variação do nível dos rios. Já as águas que escoam subsuperficialmente nos aquíferos profundos se encarregam da manutenção do nível dos cursos d'água em períodos de estiagem (LOU, 2010). A figura 2 representa esquematicamente o escoamento natural da água das chuvas demonstrando os processos de precipitação, evapotranspiração, água subterrânea, escoamento de telhado, esgoto pluvial.

**FIGURA 2 -** Escoamento natural da água das chuvas.



Fonte: BRASIL (2022).

Essa configuração possibilita diversos processos naturais que garantem a manutenção do ecossistema, como a evaporação, a absorção pela vegetação, a transpiração, a ingestão da água por animais e a infiltração. Cada um desses processos

compõe o ciclo hidrológico, mostrado esquematicamente na Figura 2.

A água da infiltração é essencial na recarga dos aquíferos subterrâneos, que, por sua vez, são os principais responsáveis pela manutenção dos níveis dos rios e lagos durante épocas de estiagem (ZERBINATTI *et al*, 2011).

Sendo assim, o ciclo hidrológico urbano apresenta alterações em diversas taxas, devido a fatores de urbanização. Essas alterações no ciclo da água podem ser facilmente percebidas, uma vez que a impermeabilização e pavimentação do solo, aliada à redução de áreas verdes reduz o volume dos reservatórios subterrâneos naturais, os aquíferos, e acelera a evaporação da água. Isso aumenta a quantidade de água que escoa passando pelas cidades, gerando inúmeros transtornos (CANHOLI, 2014).

Segundo a *International Strategy for Disaster Reduction* das Nações Unidas, citado por Lou (2010), a evolução dos desastres naturais em eventos hidrometeorológicos registrou um aumento grandioso, comparado a outros tipos de catástrofes, como epidemias e terremotos. Segundo Lou, as ocorrências que apresentaram mais aumento foram as relacionadas a inundações: “No período de 1991-2005, as inundações representaram 30,7% dos eventos hidrometeorológicos, e 15% de todas as mortes relacionadas com desastres naturais. Cerca de 66 milhões de pessoas sofreram com inundações de 1973 a 1997.” (LOU, 2010).

Além do grande número de vítimas dos desastres causados pelas inundações ou pelas secas, grandes são os prejuízos financeiros causados por tais fenômenos. Os impactos são ainda nos 22 maiores países subdesenvolvidos, uma vez que grande parte da população constrói suas moradias em locais de risco, e nem sempre as grandes empreiteiras se preocupam em conservar as características naturais dos cursos de água.

No Brasil, segundo a Conjuntura do Recursos Hídricos, a precipitação média anual entre os anos de 1961 e 2007 é de 1.761 mm, variando de valores entre 50 mm a 3.000 mm, dependendo da região do país estudada. Além das condições geográficas, é importante considerar a sazonalidade das chuvas no país, parâmetros que direcionam a pesquisa da utilização das águas provenientes da precipitação (ANA, 2013).

A maioria desses problemas é consequência de uma visão distorcida sobre o controle da águas pluviais por parte da comunidade e de profissionais, que ainda priorizam projetos localizados, sem uma visão da bacia, e dos aspectos sociais e institucionais urbanos. Paradoxalmente, são exatamente os países em desenvolvimento

e os mais pobres que optam por ações economicamente insustentáveis, como as medidas estruturais, enquanto os países desenvolvidos buscam prevenir os problemas com medidas não-estruturais, que, além de mais econômicas, mantêm um desenvolvimento sustentável. Esse cenário é decorrência de deficiente estrutura institucional dos países em desenvolvimento, que gerenciam de forma inadequada uma complexa área intersetorial da sociedade moderna (TUCCI, 2012).

#### 4 BENEFÍCIOS DE UM SISTEMA DE DRENAGEM BEM ELABORADO PARA A SOCIEDADE COMO UM TODO

O crescimento da urbanização sem o devido planejamento resulta em alterações nos processos hidrológicos, como aumento do escoamento superficial e diminuição da capacidade natural de retenção e infiltração no solo (DOUBLEDAY *et al.*, 2013; MARCHIONI *and* BECCIU, 2014; ELGA *et al.*, 2015).

A importância de um serviço adequado de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas torna-se mais clara para a população das grandes cidades na medida em que se acumulam os efeitos negativos das chuvas, tais como alagamentos, inundações, deslizamentos e perda de rios e lagos (ELGA *et al.*, 2015).

Não se deve esquecer que grande parte dos efeitos prejudiciais das chuvas deve-se à ação do homem. A ocupação desordenada de áreas urbanas e a conseqüente cobertura de grandes áreas, tornando-as impermeáveis, ocasionam redução de infiltração das chuvas no solo (MARCHIONI *and* BECCIU, 2014).

A lavagem de superfícies urbanizadas acarreta aumento de carga de poluentes em rios e lagos, além de facilitar a veiculação de doenças como leptospirose e dengue, entre outras. No Brasil, 65% das instalações hospitalares têm origem em doenças de veiculação hídrica (DOUBLEDAY *et al.*, 2013).

A cobertura do solo também provoca erosão, reduzindo sua qualidade, tornando-os mais pobres e até mesmo impróprios para a agricultura. Finalmente, a obstrução de canais e galerias por lixo também degradam o ambiente urbano, além de provocar alagamentos, ocasionando prejuízos materiais e humanos, inclusive mortes (ELGA *et al.*, 2015).

Vários estudos têm demonstrado que a qualidade da água pluvial não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário. Em geral, a quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é muito superior à encontrada no esgoto in natura. Esse volume é mais significativo no início das chuvas (VARGAS,1999).

A qualidade das águas pluviais depende de vários fatores (VARGAS,1999), como:

- da limpeza urbana e sua frequência;
- da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial;
- da época do ano em que ocorrem as chuvas e;



- do tipo de uso do solo da área urbana.

Os aquíferos urbanos são contaminados, principalmente, pelos aterros sanitários e pela infiltração indiscriminada das águas pluviais contaminadas pelo transporte de lixo, sedimentos e lavagem das ruas. A sugestão é a de que, o aumento de áreas permeáveis diretas, que permitem a infiltração de água não contaminada, possibilite reduzir o impacto sobre o aquífero (VARGAS, 1999).

Fundamentado no fato de que a água é um bem de domínio público e um recurso natural finito, tendo no consumo humano seu uso prioritário, foi criado, na esfera federal, o Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (SNGRH) e o Conselho Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (CNRH), e foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), pela lei no 9.433/97 (GONÇALVES; NUCCI, 2017). Os níveis hierárquicos que compõem o SNGRH são:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): apresenta-se como órgão hierárquico mais elevado;
- Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e Distrito Federal: equivalente ao CNRH para cada unidade da federação;
- Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH's): são as instâncias descentralizadas e participativas de discussão e deliberação, contando com a participação de diferentes setores da sociedade (usuários diversos, poder público e sociedade civil organizada), destinados a agir como fóruns de decisão no âmbito das Bacias Hidrográficas (BH's);
- Agências de Bacia Hidrográfica: organismos com atuação em nível de BH's, aos quais dão apoio técnico, funcionando como secretaria executiva dos CBH's aos quais estiver relacionada. Suas funções são, principalmente, operacionalizar a cobrança pelo uso das águas e elaborar os planos plurianuais de investimentos e atividades, que devem ser votados pelos CBH's;
- Organizações Cívicas de Recursos Hídricos: organizações de cidadãos com atuação nas respectivas BH's. A participação da sociedade civil na gestão dos recursos hídricos, através de sua participação nos CBH's, representa um avanço, porém a incorporação do caráter participativo no planejamento e na elaboração de propostas institucionais continua não aplicada concretamente.

Na busca por restaurar as condições de escoamento o mais próximo possível do existente antes da urbanização, as técnicas compensatórias em drenagem urbana ganharam importância. Tais técnicas podem ser consideradas soluções urbanísticas ambientalmente mais adequadas para o manejo das águas pluviais em áreas urbanizadas. Elas visam à redução do impacto do aumento da impermeabilização sobre os hidrogramas de cheias (ROY *et al.*, 2008).

Nas cidades, o instrumento legal de gestão das águas pluviais é o Plano Diretor de Drenagem Urbana, que é elaborado de acordo com outros planos da cidade, como o Plano Municipal de Saneamento e o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. De acordo com Tucci (2012, p. 26), sua estrutura é dividida em:

- Política de águas pluviais: determina o conjunto de objetivos, princípios, metas e estratégias que são estabelecidas para o plano da cidade;
- Medidas: estruturais e não estruturais;
- Produtos: são os resultados obtidos pelas medidas tomadas, isto é, compreende a legislação, os planos de bacia, a definição dos programas e o manual de drenagem urbana que orienta os planejadores urbanos;
- Programas: são ações a longo prazo que visam complementar as medidas;
- Informações: são a base de conhecimentos que possibilitam a criação dos tópicos anteriores. Dizem respeito aos dados hidrológicos, dados físicos e legislação relacionada com os sistemas de infraestrutura.

Devido à ação de grupos diversos com diferentes interesses que buscam negociar propostas comuns, a população em geral continua a participar de forma pontual e restrita, o que interfere no processo de democratização e na evolução da ação da sociedade civil na gestão ambiental, estabelecendo a manutenção da falta de hábito da população em geral em participar dos processos decisórios mesmo quando esta participação é assegurada legalmente (TUCCI, 2012).

Um adequado sistema de drenagem, portanto, proporciona uma série de benefícios, tais como:

- redução de gastos com manutenção de vias públicas;
- valorização das propriedades existentes na área beneficiada;
- redução de danos às propriedades e do risco de perdas humanas;
- escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das chuvas;
- eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais, focos de doenças;
- redução de impactos da chuva ao meio ambiente, como erosões e poluição de rios e lagos;
- redução da incidência de doenças de veiculação hídrica;
- condições razoáveis de circulação de veículos e pedestres em áreas urbanas, por ocasião de chuvas frequentes e/ou intensas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou conhecer os aspectos dos sistemas de drenagem urbana sustentáveis e seus principais benefícios e malefícios para a rede urbana.

Neste trabalho o problema de pesquisa foi respondido, bem como todos os objetivos específicos e a hipótese foi validada.

Com essa pesquisa deixamos claro a importância da realização de um planejamento de ocupação urbana, pois com essa decisão se pode planejar as vias de escoamentos da água e o planejamento da macro e microdrenagem de forma antecipada facilitando assim o escoamento das águas pluviais.

Foi evidenciado também os mecanismos que devem ser utilizados para a correção de locais urbanamente habitado sem planejamento, e ainda apontamos a necessidade de elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, instrumento esse utilizado de forma legal para a gestão das águas pluviais nos municípios.

Após todos esses itens, ressaltou-se ainda, os benefícios da utilização do sistema de drenagem, que por meio desse sistema, podemos reduzir gastos com a reconstrução de vias públicas, danos materiais para as pessoas que habitam a área, redução de doenças, pois se reduz as águas paradas e conseqüentemente favorecemos o fluxo de transporte terrestre nessas vias.

Vale ressaltar ainda , a necessidade de um estudo aprofundado a respeito de cada caso e a necessidade de conscientização da população com o cuidado, não só quanto a maneira de ocupação de um local, bem como, manutenção da higiene do mesmo, a fim de não sobrecarregar o sistema pluvial do local.

## REFERÊNCIAS

BARROS, MARIO THADEU LEME DE. **Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento.** In: JÚNIOR, ARLINDO PHILIPPI (Ed.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. v.2. Barueri: Manole, 2015. p. 221-265.

BARTALINI, VLADIMIR. **A trama capilar das águas na visão cotidiana da paisagem.** Arqtextos 2009. Disponível em: <[http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq108/arq108\\_00.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq108/arq108_00.asp)>. Acesso em: 28 ago. 2022.

BRASIL, 2007. **Lei nº 11.445, 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2022.

BRASIL. ENEM. **Escoamento de água pluvial**2022. Disponível em: <[www.essentiaeditora.iff.edu.br](http://www.essentiaeditora.iff.edu.br)>. Acesso em: 20 set. 2022.

BRASÍLIA. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab.** 2013. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CARDOSO, Maria Adriana. **Avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008. p. 529.

CHRISTOFIDIS, H. V. **Drenagem Urbana Sustentável.** Análise do uso do Retrofit. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/12216?mode=full>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

CRUZ, M. A. S. **Otimização do controle da drenagem em macrobacias urbanas.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre – RS, 2004. p. 217.

CRUZ, M. A. S; SOUZA, C. F; TUCCI, C. E. M. **Controle da drenagem urbana no brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade.** Disponível em: <[C:/Users/Cliente/Documents/TRABALHO%20DE%20CONCLUSÃO%20DE%20CURSO/Microsoft%20Word%20-%20ArtigoLID-ABRH2007\\_07062007.doc.pdf](C:/Users/Cliente/Documents/TRABALHO%20DE%20CONCLUSÃO%20DE%20CURSO/Microsoft%20Word%20-%20ArtigoLID-ABRH2007_07062007.doc.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2021.

DOUBLEDAY, G.; SEBASTIAN, A.; LUTTENSCHLAGER, T.; BEDIANT, P. (2013). **Modeling hydrologic benefits of low impact development:** a distributed hydrologic model of The Woodlands, Texas. Journal of The American Water Resources Association,

v. 49, n. 6, p. 1.444-1.455.

ELGA, S.; JAN, B.; OKKE, B. **Hydrological modeling of urbanized catchments: a review and future directions.** Journal of Hydrology, v. 529, 2015. p. 62-81.

FARIAS, M. H. M. **Avaliação Da Eficácia Do Sistema De Drenagem Urbana Na Avenida Canaã – Ariquemes/RO.** Disponível em: <<http://repositorio.faema.edu.br/handle/123456789/2781>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GABAN, P. I; RODGHER, S. F. **Gerenciamento das Águas Pluviais Urbanas.** IPH UFRGS. Plano Diretor De Drenagem Urbana Manual De Drenagem Urbana. Disponível em: <[https://diagnostico.matraca.com.br/drenagens-reforsolo?gclid=CjwKCAiAheacBhB8EiwAltVO22vDGP6ajshBv5aYKViE0kNZrR8jfuBaGnYVQIaSLc4snLUCCvCLxBoCxqEQAvD\\_BwE](https://diagnostico.matraca.com.br/drenagens-reforsolo?gclid=CjwKCAiAheacBhB8EiwAltVO22vDGP6ajshBv5aYKViE0kNZrR8jfuBaGnYVQIaSLc4snLUCCvCLxBoCxqEQAvD_BwE)>. Acesso em: 21 ago. 2021.

GONÇALVES, F. T.; NUCCI, J. C. **Sistemas de drenagem sustentável (SUDS): propostas para a bacia do Rio Juvevê, Curitiba-PR.** Ra'e Ga, Curitiba, v. 42, 2017. p. 192-209

GUIMARÃES, B. B; BRAGA, R. **Áreas de Preservação Permanente urbanas e as inundações em São João da Boa Vista/SP: observações sobre a aplicação do Código Florestal Brasileiro no Córrego São João.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, XVII. 2017. Anais [...] Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017. p.11.

IBGE. **Tendências Demográficas: Uma análise da população com base nos resultados dos censos demográficos de 1940 e 2000 ed.** [Rio de Janeiro]: [IBGE], 2007.

LOURENÇO, R. **Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis,** 2021.

MARCHIONI, M.; BECCIU, G.. **Permeable pavement used on sustainable drainage systems (SUDs): a synthetic review of recent literature.** Urban Water II, v. 139, 2014p. 183-194.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** Artigo Científico, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.

MOTA, FRANCISCO SUETÔNIO BASTOS. **Conhecimentos para a promoção do saneamento, saúde e ambiente.** In: PHILIPPI JÚNIOR, ARLINDO (Ed.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, v.2, 2005. p. 809-832.

NETO, A. T. **Simulação de sistemas de drenagem urbana sustentável aplicada em um loteamento urbano utilizando o EPA SWMM.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

RAMOS, C. L. *et al.* **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no**

**Município de São Paulo.** São Paulo/SP: FCTH, 2019.

ROY, A. H.; WENGER, S. J.; FLETCHER, T. D.; WALSH, C. J.; LADSON, A. R.; SHUSTER, W. D.; THURSTON, H. W.; BROWN, R. R. **Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management:** lessons from Australia and the United States. *Environmental Management*, n. 42, n. 2, 2008. p. 344-359.

SANTOS, T. B. **Análise do sistema de microdrenagem da Avenida Doutor Renato Azeredo No Município De Machado – MG.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, Varginha, 2016. p. 53.

SOUSA, B.A.A; CASTRO, A.C.; SALES, R.S.; SALES, R.E.S. **A construção civil em uma perspectiva econômica, ambiental e social.** Ed. Científica, 2021.

SOUZA, V. C. B. **Gestão urbana no Brasil:** desafios para a sustentabilidade. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, v. 1, n. 1, p. 57-72, 2013. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>>. Acesso em: 02 maio. 2022.

TEIXEIRA, Suzane Naiara. **Sistemas de Drenagem Urbana: Estudo de Caso para a Macro drenagem do Município de Arcos – MG.** UNIFOR: Formiga, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana.** CEPAL, Brasília, 2012.

TUCCI; PORTO, R. L. L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana.** ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, 2015, Porto Alegre – RS. 2015.

VARGAS, M. C. **O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental.** *Ambiente & Sociedade*, n. 5, 1999. p. 109-134.