

Rafael Machado da Silva

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Petrópolis)

Samara Francisco Zappala

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Petrópolis)

Bruno Freitas de Azevedo

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Petrópolis)

RESUMO

A ocupação desordenada de áreas urbanas e o aumento da impermeabilização causando a redução de infiltração das chuvas no solo, afeta a dinâmica do ciclo hidrológico. 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. Sendo assim, o presente trabalho se trata de um estudo de caso, onde foi elaborado uma proposta de sistema de microdrenagem pluvial, para um novo empreendimento que está sendo realizado na cidade de Petrópolis, mais especificamente, um grupamento residencial com 210 unidades situado na Avenida Leopoldina 887/1015 – Nogueira – 2º Distrito de Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro, visando diminuir os impactos da rede de drenagem já existente e descrever os procedimentos para malha de drenagem das águas pluviais, que tem a finalidade de captar as águas em percolação, oriundas dos telhados, pátios, estacionamentos, áreas livres (verdes) e arruamento, incluindo um trecho da Avenida Leopoldina, tendo em vista que a via apresentou problemas de alagamento devido ausência de bocas de lobo, e assim conduzindo-as ao corpo receptor, Rio Piabanha. O trabalho compreendeu em levantamentos de dados da topografia do terreno, mapa de zoneamento da região em que o terreno está inserido, análise da legislação vigente na Prefeitura para atender às exigências técnicas e posterior aprovação do mesmo.

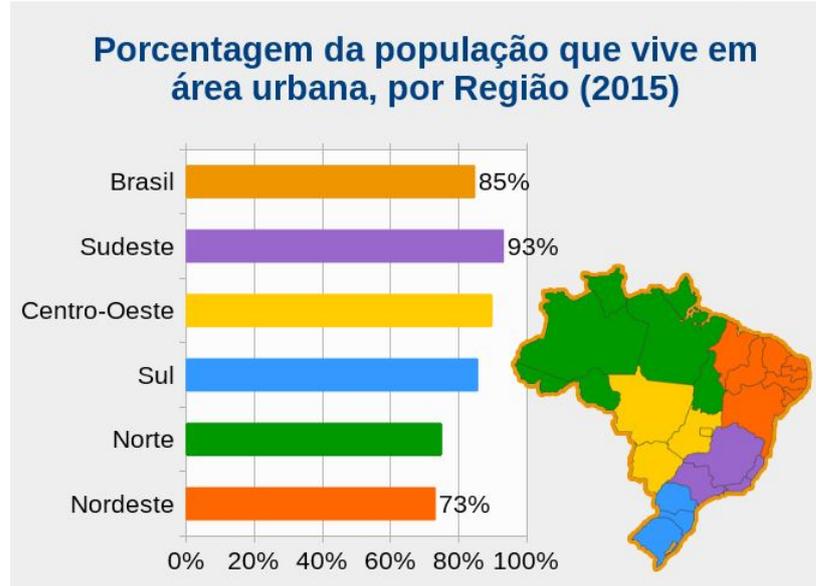
Palavras-chave: Dimensionamento; Drenagem pluvial; escoamento superficial; Petrópolis – RJ; Taxa de urbanização.

INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado do Brasil ao longo das últimas décadas, principalmente nas grandes cidades, acarreta em um processo de urbanização na maioria das vezes desordenado e irregular nos processos hidrológicos. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2015, como pode ser observado na Figura 1, a seguir, 84,72% da população

brasileira vive em áreas urbanas, enquanto que 15,28% dos brasileiros vivem em áreas rurais. A região Sudeste, é a região com maior índice de população urbana, com 93,14%. Já a região Nordeste, conta com o maior percentual de habitantes vivendo em áreas rurais, 26,88% (Figura 1).

Figura 1 - Porcentagem da população que vive em área urbana, por Região.



Fonte: adaptado (IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2015).

O intenso processo de urbanização acarreta diversas complicações para as cidades, como as inundações, que são recorrentes nas zonas urbanas e causando danos e prejuízos à população.

Segundo (NUNES, 2016), o processo de urbanização "tradicional", com a cobertura da bacia hidrográfica é feita com pavimentos impermeáveis, como por exemplo, ruas, passeios públicos, ciclovias, estacionamentos, telhados etc., que reduz significativamente a infiltração das águas da chuva no solo.

A urbanização tem efeitos negativos sobre os recursos hídricos; o ciclo hidrológico; as variações climáticas; as cheias naturais dos rios; nos usos e ocupações do solo e; no balanço hídrico (TUCCI, 2007). Diversos são os fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas, que vão desde aumento gradativo do volume de sedimentos e do escoamento superficial, devido ao lançamento de sólidos nos rios, galerias e canais, e, além disso, a ausência de planejamento adequado para o uso e ocupação do solo, infraestruturas dimensionadas de forma inadequada, aliadas ao baixo investimento nos sistemas urbanos (LIMA, 2019, p. 11).

Além dos problemas já mencionados, a falta de manutenção das redes de drenagem urbana, são bem evidenciados nos eventos de chuvas intensas. Fator que as tornam deficitárias quando a impermeabilização e ocupação irregular do solo ultrapassa os valores regulamentados nas legislações que estabelecem as diretrizes do uso e ocupação do solo, como o Plano Diretor. Provocando assim um aumento significativo no escoamento superficial e elevando as vazões de pico, que prejudicam o sistema de drenagem. (LIMA, 2019, p. 11-12).

Quando se trata de drenagem urbana, boa parte das cidades brasileiras não possui normas de fiscalização, segundo Tucci (2002), o Plano Diretor Urbano existe para que cada município introduza o uso do solo e as legislações ambientais, mas raramente aborda a drenagem urbana.

Tendo em vista a importância da drenagem urbana e o crescimento populacional, a prefeitura municipal de Petrópolis, implantou o decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004, assinado pelo prefeito da cidade do Rio de Janeiro Cesar Maia, através do processo 02/003.004/2003, tornando obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Ou seja, em toda construção nova com área impermeabilizada acima de quinhentos metros quadrados, deverá ser construído um reservatório para retardar o escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

Deverão também ser aplicadas técnicas de drenagem para estes empreendimentos com o objetivo de diminuir e ou retardar ao máximo a contribuição das águas pluviais.

O crescimento desordenado da população nos municípios brasileiros, assim como a frequente impermeabilização e ocupação das áreas verdes, tornando cada vez maior o volume de águas pluviais que não são absorvidas pelo solo. Passou-se a tornar obrigatório em toda nova construção medidas que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para que não sobrecarregue a rede de drenagem já existente do município. Justificando assim a escolha do tema.

Neste trabalho pode-se observar a importância das técnicas de microdrenagem para redução ou retardo do escoamento superficial das águas pluviais, assim como o dimensionamento de uma rede de drenagem em um novo empreendimento, no município de Petrópolis, atendendo as exigências técnicas da legislação vigente na Prefeitura e posterior aprovação do mesmo.

O objetivo deste trabalho é implementar técnicas de microdrenagem, para o correto manejo das águas pluviais oriundas de um novo empreendimento que está sendo realizado na cidade de Petrópolis, visando diminuir os impactos da rede de drenagem já existente e descrever os procedimentos para definição da malha de drenagem das águas pluviais, conduzindo-as até o seu corpo receptor e atendendo todas exigências conforme decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004.

O presente trabalho tem como objetivo a aplicação de técnicas de microdrenagem para retardar uma porcentagem de água pluvial ocasionadas por mudanças na superfície do solo, devido à uma nova construção de um grupamento residencial com 210 unidades situado na Avenida Leopoldina, nº 887/1015 – Nogueira, 2º distrito de Petrópolis – RJ. Quantificando assim a vazão gerada, a distribuição dos trechos de drenagem de acordo com sua topografia e a definição de sua malha de drenagem.

REFERENCIAL TEÓRICO

A HISTÓRIA DA DRENAGEM URBANA

DA ANTIGUIDADE ATÉ A EVOLUÇÃO DA DRENAGEM NO BRASIL A PARTIR DO SÉCULO XIX

Desde o início da raça humana, os nômades se estabeleciam temporariamente as margens dos rios e lagos para retirar parte de seu sustento. Quando passaram a se fixar as margens dos rios e lagos com o objetivo de cultivar o próprio alimento, passou também a desenvolver técnicas de drenagem associadas a irrigação. A partir daí surgiu as grandes civilizações, sempre as margens dos rios e lagos, bem como exemplo a Mesopotâmia e Egito (SILVA, 2010, p. 1).

A origem da drenagem está inerentemente associada a mudança de hábitos das civilizações. O conceito de drenagem era atribuído somente para a prática da agricultura, porém, com o aumento da civilização e o desenvolvimento de novas práticas e modelos de

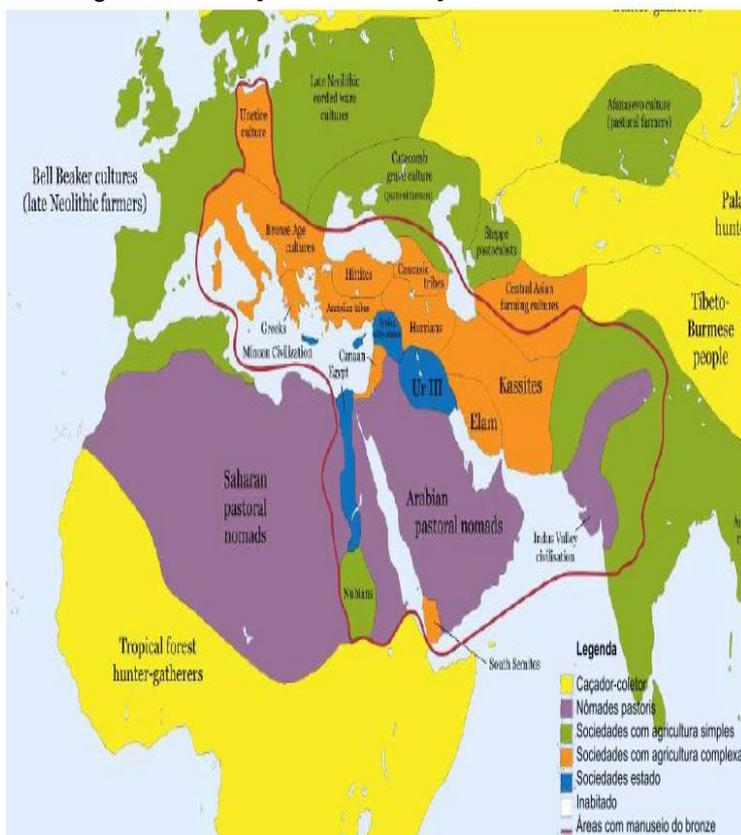
drenagem, que compreende desde a regulação da humidade do solo, desvio de água em terrenos destinados à ocupação e coleta e transporte de águas pluviais (IMADA, 2014).

De acordo com Morris (1998 apud IMADA, 2014) na idade de bronze, entre 3500 e 3000 a. C., durando cerca de 2000 anos. Tem-se que as primeiras civilizações tenham surgido em suposta ordem de aparição conforme os avanços e descobertas arqueológicas. No sul da Mesopotâmia, no Egito, no vale do rio Indo, no rio Amarelo na China, no vale do México, nas florestas da Guatemala e de Honduras, e na costa e planalto do Peru (

Figura 2).

Somente algumas civilizações no mundo ocidental foram consideradas neste trabalho para contribuir na formação e evolução do conceito de drenagem.

Figura 2 - Situação das civilizações mundiais em 2000 a.C..

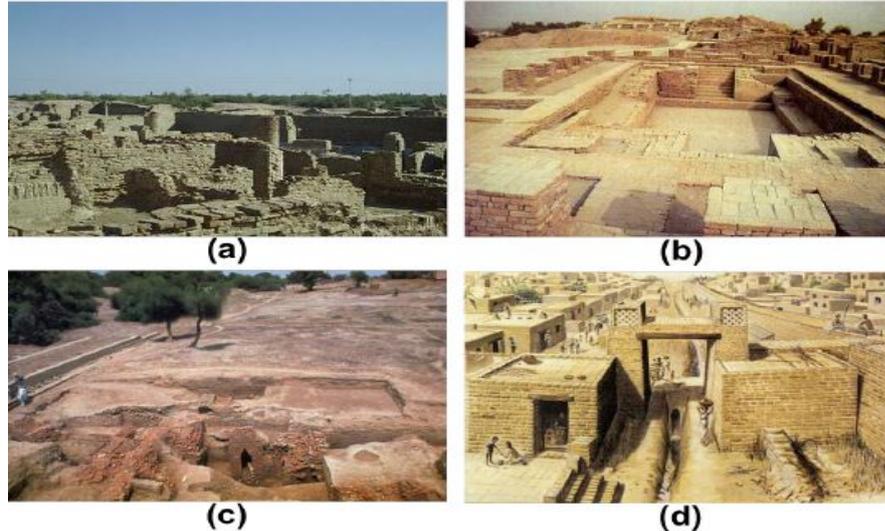


Fonte: Imada (2014, p.25).

Segundo Morris (1998) recentes descobertas no vale do rio Indo, atribuíram a origem de suas civilizações 2150 a.C., aproximadamente. Nessas cidades, principalmente em Harappa e Mohenjo-Dara, os sistemas de drenagem constituíam estruturas construídas com grande cuidado, visando o transporte de águas da chuva e servidas e a proteção contra inundações devido ao degelo sazonal do Himalaia. As cidades possuíam fortalezas numa cota mais elevada e protegida por muralhas, enquanto o restante das cidades encontrava-se numa cota mais baixa e também cercado por muralhas. As civilizações do vale do Indo são consideradas as mais avançadas, dentre as grandes civilizações, no emprego de mecanismos de drenagem, conforme ilustrado na

Figura 3.

Figura 3 – Civilizações do vale do rio Indo sistema de drenagem (a) e banhos coletivos (b) de Mohenjo-Daro; sistema de drenagem e esgoto (c) e reconstrução artística (d) de Harappa

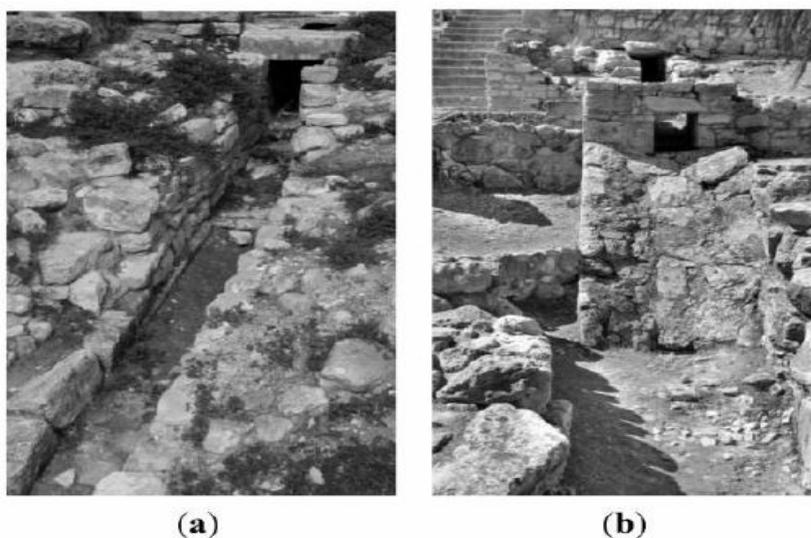


Fonte: adaptado Imada (2014, p.26).

A civilização Persa armazenava a água pluvial em cisternas e as utilizavam para o abastecimento, pois consideravam as águas pluviais sagradas, e poluí-las era considerado um pecado (IMADA, 2014).

Ruínas do palácio-cidade de Knossos, na ilha de Creta, entre 3000 e 1000 a.C., foi construído (Figura 4), em pedra, um sistema elaborado para transportar o esgoto sanitário, as águas dos telhados e o escoamento superficial em geral. Onde o sistema era composto por dois condutores separados, o primeiro para transportar os esgotos sanitários e o segundo águas pluviais (IMADA, 2014).

Figura 4 – (a) Coletor de esgoto (b) sistema de drenagem

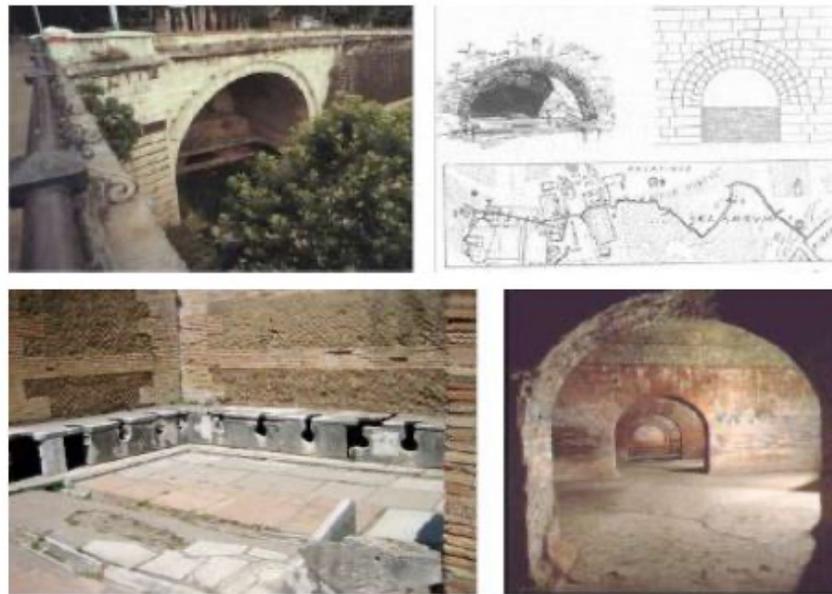


Fonte: Imada (2014, p. 27).

Segundo Imada (2014) o conhecimento adquirido pelas primeiras civilizações ao longo do tempo, se difundiu e foi aprimorado por outros povos. Sendo atribuídos à

civilização romana, os maiores avanços tecnológicos na área de drenagem urbana. Os romanos executaram sistemas de estradas cuidadosamente planejadas, contendo condutos para efetuar o escoamento superficial das águas pluviais e, dessa forma, drenar suas estradas. Além disso, construíram um complexo sistema composto por canais abertos e dutos subterrâneos para transportar esgotos conhecido como cloacas, sendo a maior delas conhecida como Cloaca Máxima, responsável pela drenagem da região acerca do Fórum para o rio Tibre. A utilização de cisternas, localizadas dentro das residências, para captação de águas pluviais para diversos fins, também foi amplamente aplicada pelos romanos. A Figura 5 ilustra alguns componentes dos sistemas romanos.

Figura 5 – Sistemas romanos



Fonte: adaptado Imada (2014, p. 28).

Durante muitos séculos, o sistema de drenagem pouco se desenvolveu. Napoleão no ano de 1857, a fim de estruturar as cidades na França, frente a crescente e ligeira urbanização, começou a construção de um sistema de drenagem capaz de suportar o grande volume escoado da metrópole, pois tornou-se imprescindível conduzir os dejetos humanos através do sistema de esgotamento. A proposta era escoar a água e lançá-la no rio Sena, já se tinha nessa época a preocupação em escoar as águas pluviais separadamente dos esgotos sanitários (IMADA, 2014).

Segundo Silveira (2000), no Brasil o conceito de drenagem urbana utilizado hoje resultou de um processo de construção contínua que se iniciou em meados do século XIX. Essa sequência é caracterizada por três etapas: conceito higienista; racionalização e normatização dos cálculos hidrológicos; abordagem científica e ambiental do ciclo hidrológico, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a seguir. Após a proclamação da república em 1889, o conceito sanitaria se consolidou com o interesse de manter fluidos indesejáveis o mais longe possível das cidades, de forma ordenada a fim de evitar a proliferação de doenças.

Quadro 1 – Hidrologia Urbana no Brasil – Etapa Histórica

Etapas históricas	
Conceito HIGIENISTA (século XIX)	Eliminar rapidamente os focos de água parada ou empoçada que representavam grave ameaça à saúde pública;

Conceito da RACIONALIZAÇÃO (até década de 1990):	Mantém o conceito de evacuação rápida, mas estabelecendo melhor o cálculo hidrológico para dimensionamento das obras hidráulicas;
Período CIENTÍFICO E AMBIENTAL:	Consciência ecológica e a explosão tecnológica.

Fonte: Adaptado BOTELHO, (2012).

O engenheiro Saturnino Brito, tem como destaque no Brasil os trabalhos de reestruturação de cidades portuárias como Santos e Rio de Janeiro. Antes da atuação de Saturnino Brito, a engenharia sanitária brasileira era primitiva, os poucos conceitos e princípios de projetos aplicados com base em projetos europeus eram incompatíveis com as demandas de projeto brasileiras, desencadeando sistemas mau dimensionados e projetados (IMADA, 2014).

De acordo com Rezende e Heller (2008) Saturnino defendia a aplicação de tecnologias apropriadas as necessidades nacionais, considerando suas variáveis físicas, culturais, sociais e econômicas. Sendo responsável pelo desenvolvimento de um novo cenário técnico voltado para a realidade do país.

Hoje, apesar das políticas locais ainda não priorizarem o setor de drenagem urbana, ele está inserido nas vertentes do saneamento. Assim de acordo com a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) saneamento é o conjunto de obras de engenharia voltadas para infraestrutura e instalações operacionais que visam fornecimento de água, implementação de sistema de esgoto sanitário, limpeza urbana, implementação de sistema de drenagem urbana, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais. Esta lei visa incentivar a universalização dos serviços de saneamento básico, para que todos tenham acesso ao abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficientes às suas necessidades, à coleta e tratamento adequado do esgoto e do lixo, e ao manejo correto das águas das chuvas.

Conforme o Plano Nacional de Saneamento Básico (2008), há uma grande correlação entre as ações de saúde, habitação, meio ambiente, recursos hídricos e outras, com as de saneamento. Dessa forma, os planos, os programas e as ações nestes assuntos devem ser adequados com o Plano Diretor do município e com planos de manejo das bacias hidrográficas em que está inserido o Planejamento de Drenagem Urbana.

Segundo Justino (2004), os Planos Diretores estão voltados à interferência no processo de desenvolvimento local, envolvendo uma visão geral dos fatores políticos, econômicos, financeiros e territoriais que dirigem a situação do município.

Nota-se que a gestão das cidades é realizada em decisões isoladas, não há um planejamento integrado, resultando em elevados custos de implantação de projetos de drenagem. O gerenciamento da drenagem deve estar integrado ao gerenciamento do espaço urbano (HANSMANN, 2013).

Tucci (2003) relata que para implantar medidas sustentáveis na cidade faz-se necessário articular o Plano Diretor de Drenagem Urbana, e o Plano deve se basear nos principais princípios: o planejamento e o sistema de controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo; os novos projetos não devem aumentar a máxima vazão de jusante; o planejamento ser coerente com as determinações de Plano Diretor Municipal; o controle dos efluentes deve ser analisar de maneira integrada com o esgoto sanitário e os resíduos sólidos.

Segundo o IBGE (2008), os projetos de drenagem urbana são elaborados pelos Planos Diretores de Urbanização (PDU's) ou de Uso do Solo Urbano. Dos 20 5.507 municípios brasileiros, apenas 841 possuem PDU's (15,3%), sendo que destes, apenas 489 apresentam data posterior a 1990 (8,9%). Porém, os planos vigentes, na maior parte,

estão voltados diretamente para aspectos estéticos, sem uma abordagem mais profunda nas questões ambientais e, principalmente, de drenagem.

De acordo com Bellé (2011) o termo drenagem indica a ação de escoamento das águas provenientes de precipitações, onde naturalmente seu curso é em direção às cotas mais baixas, podendo ser alterado com a ajuda de bombas, porém seria economicamente ideal traçar o menor caminho entre a captação dessas águas e seu destino final, favorecendo sempre o escoamento por gravidade.

Para Porto et al. (2009) a drenagem urbana é o conjunto de medidas que tem por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão submetidas, reduzir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

Segundo Cardoso (2014), a drenagem urbana não é apenas uma questão técnica de engenharia, visto que envolve colaboração e conscientização da sociedade como um todo, a qual sofrerá fortes consequências na falta de um sistema de drenagem bem elaborado, envolvendo outras áreas, tais como arquitetura, planejamento, assistência social, entre outros.

O caminho percorrido pela água da chuva sobre uma superfície pode ser topograficamente bem definido, ou não. Após a implantação de uma cidade, o percurso caótico das enxurradas passa a ser determinado pelo traçado das ruas e acaba se comportando, tanto quantitativa como qualitativamente, de maneira bem diferente de seu comportamento original (NETO, 2010).

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995) as águas são submetidas a escoamento superficial pelas vias não captadas por canaletas laterais denominadas sarjetas. Para realizar a interceptação das águas que escoavam pelas sarjetas e conduzi-las para a tubulação pluvial, são utilizadas as bocas de lobo. Os autores explicam que sua aplicação visa evitar o escoamento em travessas de ruas, os chamados pontos baixos, e impedir o aumento do escoamento acima da capacidade da sarjeta, denominadas intermediárias. Os fluidos captados pela drenagem pluvial e pelas bocas de lobo são conduzidos a tubulações. As tubulações, por sua vez, conduzem as saídas, podendo ser em galerias de diversos formatos, ou a canais a céu aberto, chamados de emissários.

O sistema de drenagem pluvial constitui-se em elementos de macrodrenagem e microdrenagem (JÚNIOR, 2014). De acordo com Valente (2013) a macrodrenagem consiste em um conjunto de obras de maior porte, projetadas para um período de retorno de 25 a 100 anos, são canais abertos de contornos fechados, grandes galerias pluviais, dispositivos de armazenamento; já a microdrenagem são condutos pluviais da rede primária, são projetados com período de retorno entre 2 a 10 anos, este é composto pelos seguintes itens: terraplenagens, guias, sarjetas, galerias de águas pluviais, pavimentações e obras de contenção de encostas. Este trabalho visa estudar o sistema de microdrenagem.

QUADRO LEGAL DA OCUPAÇÃO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS

“Uma cidade é algo mais que o somatório de seus habitantes, é uma unidade geradora de um excedente de bem estar e de facilidades que leva a maioria das pessoas a preferirem – independente de outras razões – viver em comunidade a viverem isoladas.” (CULLEN, 1983)

A despeito dos graves problemas que lhe servem ao mesmo tempo de causa e efeito, as cidades reúnem, como nenhum outro tipo de agrupamento humano, condições culturais e materiais capazes de propiciar a elevação dos padrões de dignidade, dos princípios éticos e dos níveis de qualificação que devem alcançar as sociedades organizadas.

Mas para que essa afirmação seja verdade e para que a cidade realmente seja um local de vida em comunidade, escolhido por preferência e não por falta de opção melhor, é

necessário que ela seja bem administrada e organizada, incluindo neste ponto a ocupação e o uso de seu solo.

Essa organização da ocupação do solo das cidades compete diretamente aos seus gestores urbanos, que utilizam normas e leis criadas para assegurar a plena realização das funções sociais e econômicas da cidade em questão, garantindo o exercício do direito de cidadania e o bem-estar de seus habitantes.

A gestão urbana é responsabilidade dos três níveis governamentais da Federação: União, Estados e Municípios, sendo, no entanto, este último, o que maior competência possui, na medida em que é de sua responsabilidade a elaboração do Plano Diretor, constitucionalmente reconhecido como o instrumento básico da política urbana.

De acordo com Braga e Carvalho (2002, p. 99-110), além do plano diretor, o município possui um rol de instrumentos urbanísticos que compõem o conjunto jurídico da gestão urbana, onde os quatro principais são:

Lei de uso e ocupação do solo urbano (zoneamento): é o mais difundido e, também, o mais criticado, tanto por sua eventual ineficácia, quanto por seus efeitos perversos (especulação imobiliária e segregação socioespacial). Sua forma mais tradicional é o zoneamento de uso e ocupação do solo, de matriz funcionalista, que prevê uma segregação de usos – industrial, comercial e residencial – com maior ou menor grau de flexibilidade.

Lei do parcelamento do solo urbano: solo é complementar e está diretamente subordinada aos requisitos definidos pela lei de zoneamento ou de uso do solo urbano. Este instrumento legal é principalmente concebido levando em conta a expansão da cidade através de loteamentos ou desmembramentos com abertura de vias públicas, com uso predominante de uso residencial e suas atividades extensivas – equipamentos comunitários de saúde e educação e sistemas de recreação.

Código de obras: regula principalmente, na instância municipal, as edificações civis e outras instalações afins, levando em conta os usuários destes espaços e instalações, bem como a vizinhança, quanto aos aspectos de sossego, segurança e saúde.

Código de posturas municipais: originariamente eram documentos que reuniam o conjunto das normas municipais, em todas as áreas de atuação do poder público. Com o passar do tempo, a maior parte das atribuições do poder local passou a ser regida por legislação específica (lei de zoneamento, lei de parcelamento, código de obras, código tributário etc), ficando o Código de Posturas restrito às demais questões de interesse local, notadamente aquelas referentes ao uso dos espaços públicos, ao funcionamento de estabelecimentos, à higiene e ao sossego público. (Petrópolis, 1998)

De posse desses instrumentos urbanísticos, cabe aos gestores organizar a ocupação territorial urbana e fazer cumprir cada um deles, lembrando sempre que

[...] A ocupação urbana de determinado território corresponde ao espaço produzido pelo homem em oposição ao que se pode chamar de espaço natural [...]. A forma urbana não deve ser desligada de seu suporte geográfico o que em muitos casos traz consigo as determinantes das formas e do traçado urbano [...]. (PETRÓPOLIS, 1998)

Essa observação é fundamental e a primeira a ser levantada, ao pensarmos no município de Petrópolis. É possível em quase todos os pontos da cidade e de seus distritos, observar a influência do sítio de implantação ao olhar de perto as ocupações das encostas por meio de servidões, escadas ou arruamentos.

Justamente analisando a história do crescimento urbano de Petrópolis,

Tabela 1 a seguir, é possível observar nela dois momentos bastante significativos: a década de 60 e o final da década de 70 e início da década de 80 conforme

Tabela 1. Nos dois momentos é clara a influência quase que direta do quadro legal, ou seja, da legislação de uso e ocupação do solo adotada pelo poder municipal.

Tabela 1 – História do crescimento urbano de Petrópolis

Ano	Habitantes	Crescimento	
1960	150.300		
1970	189.118	25,83%	
1980	241.573	27,74%	60,73%
1994	261.883	8,41%	
2000	286.348	9,34%	18,53%

Fonte: adaptado (IBGE)

Na década de 60 a política de uso e ocupação do solo vigente no município não era muito bem definida, sendo regulamentada por 4 leis diferentes: o Código de 1931, a Postura nº 11 de 1938, o Decreto-Lei nº 48 de 1941 e o Código de Obras de 1960. É também em meados da década de 60 que o Instituto do Tombamento do IPHAN passa a ter voz no processo de gestão do município e se soma aos códigos municipais para organização da cidade. A variedade de leis, fazia com que o trabalho de fiscalização para o cumprimento das mesmas fosse dificultado, acarretando com isso um crescimento quase que desordenado da cidade.

Nas décadas de 70 e 80, os planejadores municipais passaram a encorajar o crescimento e o adensamento das cidades e Petrópolis não ficou fora do processo. Mas uma vez a legislação influi no crescimento com o Decreto Municipal 143 de 1976, que libera a construção de prédios com até 12 pavimentos na área do núcleo formador da cidade (Vila imperial) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), iniciando assim um processo de rompimento com a paisagem natural e com o traçado urbano definido por Koeller.

Figura 6 - Cartão postal fotográfico mostrando vista de trecho da avenida Quinze de Novembro, atual rua do Imperador, e da rua Paulo Barbosa. Vê-se, ao centro, o edifício Imperador.



Fonte: site Acontece em Petrópolis, acessado em 27/10/2020.

O processo de verticalização do centro e o de ocupação livre dos demais distritos de Petrópolis ocorre por quase 30 anos até o Decreto federal 85849., que aplica a moratória de 90 dias. Em 15 de agosto de 1981, a regulação e controle do uso do solo urbano, ganham um instrumento definitivo com a aprovação do Decreto Municipal 90/81, que fica

em vigor até a elaboração da LUPOS – Lei de uso, parcelamento e ocupação do solo – em 28 de maio de 1998 e que se encontra em vigor até hoje.

Com esse breve acompanhamento do processo de formação da cidade de Petrópolis é possível observar e afirmar a importância da legislação de uso e ocupação do solo.

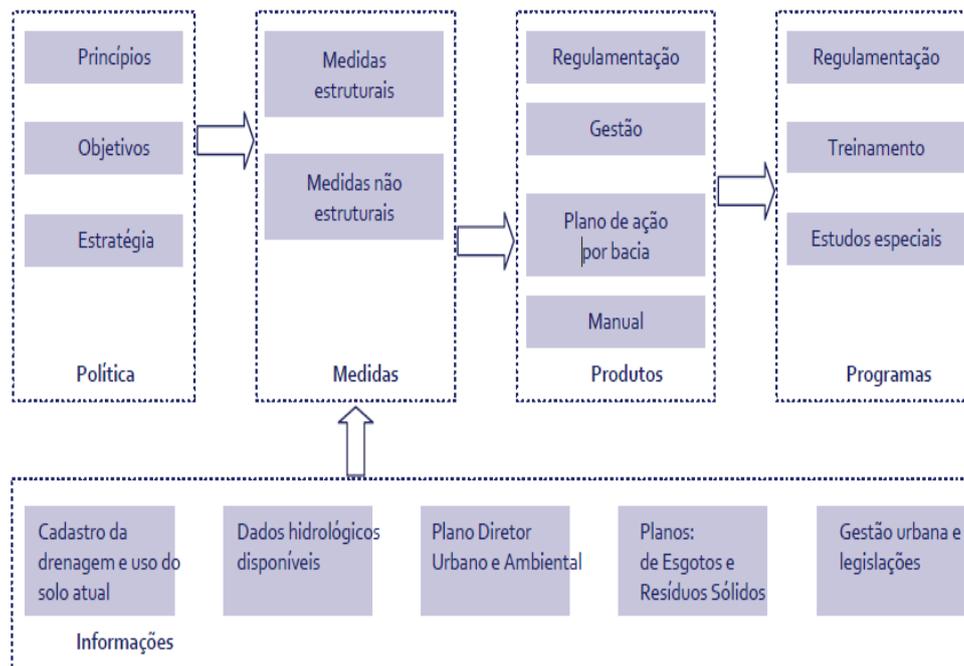
Cabe a cada município, através do plano diretor e de sua legislação urbanística municipal, instituir instrumentos e padrões urbanísticos e ambientais, associado a um sistema eficaz de gestão e fiscalização do solo urbano, voltados a combater a implantação de loteamentos urbanos que aumentam a degradação ambiental e reduzam a qualidade de vida nas cidades, bem como promover uma reforma urbana que torne efetivo o direito a cidade, reduzindo a desigualdade e a exclusão social (SIDON, 1995) e (BASTOS, 1999).

PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA

O plano diretor de drenagem urbana (PDDU) é um instrumento de gestão das águas pluviais na cidade. Este plano deve ser desenvolvido com interfaces com os outros planos da cidade tanto no saneamento quanto no plano de diretor urbano. A Lei de Saneamento (Lei Federal no 445/2007) prevê a elaboração deste plano.

A estrutura do PDDU é apresentada na Figura 7 (TUCCI, 2012). Os grandes grupos são as políticas das águas pluviais que define o conjunto de objetivos, princípios, metas e estratégias que são estabelecidas para o plano da cidade. Já nas medidas, como destacadas anteriormente não são estruturais e estruturais. Os produtos são resultados obtidos das medidas citadas (não estruturais e estruturais) voltadas à sustentabilidade das águas pluviais na cidade. Estes produtos geralmente são: a legislação, os planos de bacias, a definição dos programas e o manual de drenagem urbana que orienta os planejadores e os projetistas na cidade. Programas: os programas são ações de longo prazo associadas às águas pluviais que visam dar permanências e complementarem as medidas. Informações: é a base de conhecimento que permite o desenvolvimento das atividades anteriores. Esta base de informações se fundamenta principalmente em (i) dados hidrológicos: caracterizam o comportamento dos eventos chuvosos na cidade, erosão sedimentação e da qualidade da água; (ii) dados físicos: caracterizam o sistema natural como relevo, geometria dos rios naturais, geologia, vegetação, capacidade de infiltração e tipo de solo; o sistema urbano definido pela ocupação do espaço pela população, sua impermeabilização e os condutos pluviais. Este último aspecto é denominado aqui de cadastro da rede pluvial natural e construída e (iii) legislação relacionada com os sistemas de infraestrutura e seu gerenciamento, onde envolvem: sistema de abastecimento de água (coleta, tratamento e distribuição); sistema de esgoto sanitário (coleta, tratamento e disposição); sistema de coleta e limpeza de resíduos; controle de saúde e vetores; uso do solo urbano e sistema de transporte urbano.

Figura 7 - Estrutura do plano diretor de drenagem urbana (PDDU)



Fonte: TUCCI, (2012).

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL – UM ESTUDO DE CASO

ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo serão abordados e descritos o recorte espacial e os dados do loteamento utilizados para realização deste trabalho. É importante ressaltar que os dados para realização desse trabalho são para fins acadêmicos.

A área de estudo se concentra no loteamento a ser implantado na Av. Leopoldina 877/1015 - Nogueira, que está localizado no município de Petrópolis, região sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro. A margem da rodovia RJ-134, que liga a cidade de Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG).

A superfície total do terreno é de 12.051,567m², sendo a área de reserva florestal de 1.717,58m².

As edificações são constituídas de 03 blocos, um total de 210 unidades residenciais, administração, lixeira, portaria e área de lazer, totalizando uma taxa de ocupação de 19,45 %.

Ficou projetado uma área *non aedificandi* com 9.201,92 m², faixa marginal ao rio Piabanha em que as águas pluviais contribuem com drenagem natural de escoamento para o rio.

A

Figura 8 traz a delimitação do loteamento utilizado como estudo de caso, a ser implantado o sistema de microdrenagem proposto do trabalho.

Figura 8 – Delimitação do loteamento Avenida Leopoldina 887 / 1015 - Nogueira



Fonte: adaptado (Google Earht, 2020).

Petrópolis está localizado no topo da Serra da Estrela, pertence ao conjunto montanhoso da Serra dos Órgãos, a 845 metros de altitude média, com sua sede a 810 do nível do mar segundo os Decretos-Lei nº 1.056/43 e 1.255/87, o Município tem como limites: ao Norte, com São José do Vale do Rio Preto; a Leste, com Teresópolis, Guapimirim e Magé; ao Sul, com Duque de Caxias e Miguel Pereira; e a Oeste, com Paty de Alferes, Paraíba do Sul e Areal. Representando 1,8 % da área do Estado do Rio de Janeiro e 11,5 % da Região Serrana, Petrópolis possui 797,1 Km², distribuídos em cinco Distritos, conforme

Tabela 2 e

Figura 9 a seguir:

Tabela 2 – Tabela de área dos Distritos de Petrópolis

Distrito	Área
1º Petrópolis (Sede)	143 Km ²
2º Cascatinha	274 Km ²
3º Itaipava	121 Km ²
4º Pedro do Rio	210 Km ²
5º Posse	63 Km ²

Fonte: Prefeitura de Petrópolis

Figura 9 – Tabela de área dos Distritos de Petrópolis



Fonte: Prefeitura de Petrópolis

MÉTODOS E COEFICIENTES PARA DEFINIÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

A seguir são descritos os métodos e os coeficientes utilizados para definição do dimensionamento da rede de drenagem pluvial do estudo de caso proposto.

Método Racional Modificado

Tendo como base que o tamanho da área a ser estudada é de 12.051,567m², sendo a área de reserva florestal de 1.717,58m², será adotado o Método Racional Modificado na determinação das vazões de projeto, tendo como objetivo, captar e conduzir para local adequado toda a água, sob qualquer forma, que venha a atingir o corpo da via.

Segundo o Manual de Instruções Técnicas da Rio-Águas, o cálculo da vazão pelo Método Racional Modificado com a inclusão do critério de Fantolli, é determinado pela seguinte equação:

$$Q = 0,00278 \cdot n \cdot i \cdot f \cdot A \quad (1)$$

$$f = m \cdot (i \cdot t) \cdot 1/3 \quad (2)$$

$$m = 0,0725 \cdot C \quad (3)$$

Onde:

Q = deflúvio gerado em m³/s;

n = coeficiente de distribuição, adimensional;

i = intensidade de chuva em mm/h;

A = área da bacia de contribuição em hectares;

f = coeficiente de deflúvio (Fantolli), adimensional;

t = tempo de concentração em minutos;

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional.

Coeficiente de escoamento superficial

O valor do coeficiente a ser utilizado para a bacia, no Método Racional, será calculado através da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais, os quais se encontram no Quadro 2.

Quadro 2 - Coeficiente de escoamento superficial (runoff) – “C”

Tipologia da área de drenagem	Coeficiente de escoamento superficial
Áreas Comerciais	0,70 – 0,95
áreas centrais	0,70 – 0,95
áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
residenciais isoladas	0,35 – 0,50
unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores	0,30 – 0,45
áreas suburbanas	0,25 – 0,40
áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
asfalto	0,70 – 0,95
concreto	0,80 – 0,95
blocket	0,70 – 0,89
paralelepípedo	0,58 - 0,81
telhado	0,75 – 0,95
solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
solo arenoso, declividade alta > 7 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade baixa < 2 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0,20 – 0,25
solo argiloso, declividade alta > 7 %	0,25 – 0,30
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 - 0,10
grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 - 0,15
grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20
grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13 - 0,17
grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7%	0,18 - 0,22
grama, em solo argiloso, declividade alta > 7%	0,25 - 0,35
florestas com declividade <5%	0,25 – 0,30
florestas com declividade média entre 5% e 10%	0,30 - 0,35
florestas com declividade >10%	0,45 – 0,50
capoeira ou pasto com declividade <5%	0,25 – 0,30
capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10%	0,30 – 0,36
capoeira ou pasto com declividade > 10%	0,35 – 0,42

Fonte: Manual de Instruções Técnicas Rio-Águas

DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA DEFINIÇÃO DA MALHA DE DRENAGEM – UM ESTUDO DE CASO

A seguir apresenta-se a descrição dos procedimentos para definição da malha de drenagem das águas pluviais, que tem a finalidade de captar as águas em percolação, oriundas dos telhados, pátios, estacionamentos, áreas livres (verdes) e arruamento conduzindo-as ao corpo receptor, Rio Piabanha.

Concepção/Destino Final

Telhados

Serão providos de calhas semi circular em PVC 200mm, com colunas de descida em PVC 100mm desaguando em Caixas de Areia, destinados as Caixas de Retardo (CR) que se interligam ao sistema horizontal (ralos) ou aos PV's (Poço de Visita).

Arruamento

Sua drenagem será composta de sarjetas junto ao meio-fio, que captam águas pluviais desaguando nos ralos, e daí para os Poços de Visita (PV) ou Caixas de Passagens (CP). Nos trechos onde necessário, serão executados caixas transversais em formato "U" com grelhas removíveis, para desague nos poços de visita (PV).

Destino Final

Como destino final deste sistema, será utilizado o Rio Piabanha.

Para uma diminuição da vazão das águas Pluviais do condomínio, foi considerado um sistema de retardo na rede de microdrenagem, com coeficiente definido pela norma de 15%. Resultando em uma diminuição da vazão da rede, não sobrecarregando o destino final.

No trecho final junto a saída para o Rio, será instalada "escada hidráulica" com proteção contra erosão (vide projeto), como recurso para diminuição da vazão.

Retardo

Deverá ser utilizado depósito para retardo das águas pluviais notadamente para "coberturas", contribuindo para um alívio da vazão pontual, minimizando o efeito de enchentes. Este poderá ser formado por caixas individuais, ou coletivas e serão dotadas de extravasor com desague na rede de águas pluviais.

Volume/Dimensões

$$V = 15\% . A . P . T \quad (4)$$

Onde:

A = área impermeabilizada (telhado);

P = precipitação = 0,09m ou 90mm;

T = tempo de 1 hora.

A Tabela 3 apresenta os resultados do dimensionamento das caixas de retardo necessárias a serem construídas no empreendimento, afim de diminuir o impacto da vazão pontual gerada pelas águas oriundas dos telhados, pavimentações e áreas verdes, no destino final (Rio Piabanha) atendendo ao DECRETO nº 23.940.

Pode-se observar que para o projeto apresentado é necessária a construção de um reservatório de que retenha no mínimo 103,43m³ de águas. O mesmo foi dividido em 8 (oito) reservatórios menores, visando a melhor distribuição, manutenção e execução.

Tabela 3 – Tabela de cálculo - caixas de retardo
Condomínio 02 - Tabela das caixas de Retardo

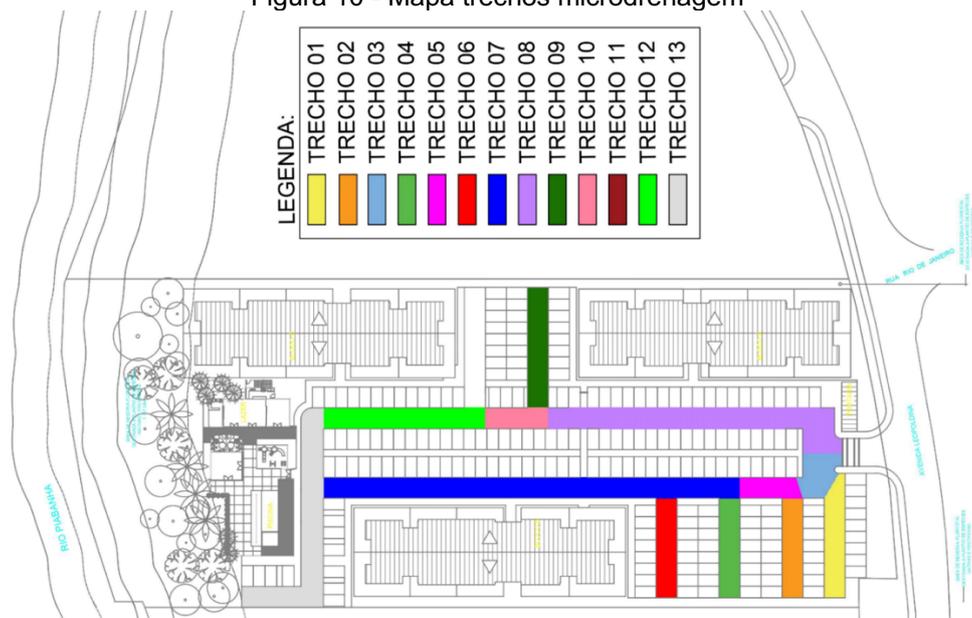
C R	Desc rição	Áreas (m ²)				Áreas Perm eáveis (m ² x 25%)	Total da Área de Cober turas (m ² x 100%)	Total de pavime ntação em concret o (m ² x 90%)	Total de pavime ntação em intertra vado (m ² x 65%)	Perce ntual de Reten ção (%)	Precipi tação (mm)	Te mp o (h)	Volu me (m ³)
		Áre as ver des	Cobe rtura s	Calç ada em conc reto	Vias pavime nta das em intertra vado								
01	Porta ria	313 ,10	35,15		2.452, 14	78,28	35,15		1.593,8 9	15%	0,09	1,0 0	23,0 5
02 , 03	Bloc o A	275 ,08	700,1 2	395, 40	937,43	68,77	700,1 2	355,86	609,33	15%	0,09	1,0 0	23,4 1
04 , 05	Bloc o B	294 ,44	700,1 2	395, 40	1.010, 42	73,61	700,1 2	355,86	656,77	15%	0,09	1,0 0	24,1 2
06 , 07	Bloc o C	28, 47	700,1 2	395, 40	234,27	7,12	700,1 2	355,86	152,28	15%	0,09	1,0 0	16,4 1
08	Laze r Pisci na	123 ,24	202,1 7 69,60	290, 73	1.005, 97	30,81	271,7 7	261,66	653,88	15%	0,09	1,0 0	16,4 4

Fonte: Autor.

CÁLCULOS / ÁREAS ADOTADAS PARA CÁLCULO

Para o dimensionamento, o projeto foi dividido em 13 áreas de contribuição (trechos de arruamento), conforme legenda (Figura 10) abaixo:

Figura 10 - Mapa trechos microdrenagem



Fonte: Autor.

Pavimentação

Vias: Pavimento drenante em intertravados de cimento com rejuntas em pó de pedra, com largura de ruas conforme projeto de arruamento. Considerando o divisor de águas com caimento idêntico para ambos lados, ou seja, com declividade lateral de 2% a 3%.

Índice dos Valores Adotados:

Para efeito de cálculos foram considerados como índices:

C = 0,65 para áreas impermeáveis (arruamentos pavimentados com intertravados);

C = 0,90 para áreas impermeáveis (pátios + calçadas em concreto armado);

C = 1,00 para (telhados);

C = 0,25 para áreas livres (taludes e jardins).

Por tratar-se de pequena área urbana, foi utilizado o “método racional”, com utilização da fórmula:

$$V = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (5)$$

(para áreas menores de 1.500ha)

Onde:

Q = vazão;

C = coeficiente Deflúvio;

A = área de contribuição em m²;

Como parâmetros foram utilizados dados da (NBR 10.844/1989), sendo a intensidade de chuvas

I = 126mm / h, com período de retorno de 5 anos, “índices para Petrópolis.”

Para o dimensionamento da rede, foi utilizado o método racional modificado, encontrando para cada PV (Poço de Visita), a contribuição pontual das águas pluviais, referente ao trecho correspondente. A vazão nas tubulações afim de dimensionar os diâmetros necessários dos tubos e PV's, conforme apresentado a seguir (

Tabela 4).

Tabela 4 – Tabela de cálculo – rede de águas pluviais

CAIXAS	ÁREAS (M ²)					VAZÃO (L/S)			COTA DO TERRENO				
	ÁREA PAVIMENTADA (CALÇADAS E VIAS EM INTERTRAVADO)	COEFICIENTE DEFLÚVIO (C)	ÁREA PAVIMENTADA (CALÇADAS E VIAS EM CONCRETO)	COEFICIENTE DEFLÚVIO (C)	PERMEÁVEIS (ÁREA VERDE)	COEFICIENTE DEFLÚVIO (C)	PARCIAL	ACUMULADA	Ø (MM)	MONTANTE (M)	JUSANTE (M)	COMP. (M)	INCLINAÇÃO (%)
TRECHO 01													
PV 01	255,10	0,65	20,20	0,90	161,55	0,20	16,94	16,94	300	690,61	690,80	18,84	1,00
PV 02	0	0,65	0	0,90	0,00	0,20	0,00	16,94	300	688,96	689,07	10,57	1,00
TRECHO 02													
PV 03	229,77	0,65	10,13	0,90	22,87	0,20	5,70	5,70	300	690,61	690,8	18,84	1,00
TRECHO 03													
PV 04	98,62	0,65	0	0,90	5,75	0,20	11,65	34,30	300	688,77	688,96	7,10	1,00
TRECHO 04													
PV 05	274,77	0,65	13,5	0,90	27,45	0,20	7,81	7,81	300	690,61	690,80	18,84	1,00
TRECHO 05													
PV 06	119,81	0,65	0	0,90	10,16	0,20	2,80	44,90	300	688,66	688,77	11,60	1,00
TRECHO 06													
PV 07	274,77	0,65	13,5	0,90	27,45	0,20	6,87	6,87	300	690,61	690,8	18,84	1,00
TRECHO 07													
PV 08	123,09	0,65	0	0,90	10,16	0,20	12,24	64,01	300	688,52	688,66	11,60	1,00
PV 09	139,5	0,65	42,18	0,90	43,52	0,20	4,81	68,81	300	688,36	688,52	13,80	1,00
PV 10	158,45	0,65	28,97	0,90	68,99	0,20	12,78	81,59	300	688,19	688,36	15,80	1,00
PV 11	157,28	0,65	33,32	0,90	71,99	0,20	14,50	96,09	300	688,03	688,19	15,80	1,00
PV 12	157,33	0,65	79,97	0,90	72,33	0,20	6,60	102,70	300	688,00	688,03	15,80	1,00

TRECHO 08													
PV 13	131,33	0,65	58,21	0,90	126,44	0,20	5,70	108,40	300	690,80	690,80	0,00	1,00
PV 14	197,44	0,65	22,15	0,90	50,58	0,20	5,54	113,94	300	690,67	690,80	13,50	1,00
PV 15	261,75	0,65	37,27	0,90	70,66	0,20	16,99	130,94	300	690,48	690,67	18,40	1,00
TRECHO 09													
PV 16	346,91	0,65	45,75	0,90	27,40	0,20	9,52	9,52	300	690,51	690,72	0,00	1,00
TRECHO 10													
PV 17	233,88	0,65	21,00	0,90	57,87	0,20	6,39	146,84	300	690,29	690,51	21,85	1,00
TRECHO 11													
PV 18	234,27	0,65	41,37	0,90	28,47	0,20	16,20	16,20	300	690,17	690,39	0,00	1,00
TRECHO 12													
PV 19	119,62	0,65	0	0,90	10,12	0,20	2,79	165,84	300	690,17	690,29	12,30	1,00
PV 20	212,75	0,65	19,64	0,90	44,56	0,20	13,55	179,39	300	690,01	690,17	16,15	1,00
PV 21	250,05	0,65	48,46	0,90	60,70	0,20	15,42	194,81	400	689,85	690,01	16,15	1,00
TRECHO 13													
PV 22	103,73	0,65	19,65	0,90	7,86	0,20	10,82	308,32	400	687,76	688,00	13,80	1,00
PV 23	198,98	0,65	32,6	0,90	0,00	0,20	13,33	321,65	400	687,53	687,76	21,60	1,00
PV 24	120,84	0,65	22,99	0,90	0,00	0,20	11,25	332,91	500	685,00	687,53	11,17	1,00
PV 25	0	0,65	0	0,90	1.717,58	0,20	19,80	352,71	500	685,00	865,00	13,16	0,00

Fonte: Autor.

A fim de sanar o problema existe na Av. Leopoldiana, via principal de acesso ao empreendimento, que hoje sofre alagamentos devido a inexistência de uma rede de drenagem (Figura 11).

Figura 11 – Trecho da Av. Leopoldiana com ausência de rede de drenagem



Fonte: Adaptado Google Earth, 2020.

Foi proposta a execução de bocas de lobo que coletam as águas da via e as destinam, através da rede tronco até o corpo receptor (Rio Piabanha), conforme detalhe 05 apresentado em projeto (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Para tal, a rede tronco previamente dimensionada com diâmetro de tubulação entre 300mm a 500mm, conforme demonstrado (

Tabela 4), sofreu um aumento de diâmetro em toda a sua extensão que inclui os trechos 03, 05, 07 e 13 para uma tubulação de 600mm. Assim como os PV's que de acordo com a NBR 16085 (

Tabela 5), determina que poços de visita que recebam redes com tubulações de 600mm de diâmetro tenham altura máxima de 4,00m, dimensões entre 1,50 x 1,50m e dependendo da altura.

Tabela 5 - Dimensões dos poços de visita e poços de inspeção

	Altura máxima (H) (m)	DN da tubulação	Diâmetro interno mínimo da boca de acesso (m)	Diâmetro interno do Balão (m)	Altura mínima do Balão (m)	Altura mínima da chaminé (m)
Poços de visita	2,50	DN 150 até DN 300	0,60	0,80	1,20	0,50
		DN 150 até DN 400		1,00		
	4,00	DN 150 até DN 500	0,60 ou 0,90	1,20		
		DN 150 até DN 600		1,50		
Poços de inspeção	2,00	até DN 200	0,60	0,60	1,00	—

Fonte: NBR 16085, 2012

Os PV's: 02, 04, 06, 08, 09, 10, 11, 12, 22, 23, 24 e 25, vide

CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizado o dimensionamento de um sistema de microdrenagem para um novo empreendimento que está sendo realizado na cidade de Petrópolis, tendo em vista que por sua localização topográfica, e devido aos problemas referentes a alagamentos encontrados à jusante de sua localização, fez-se viável a apresentação de uma solução de modo que evitasse e/ou minimizasse os impactos na região que apresenta ausência de bocas de lobo.

Como observado, grande parte dos problemas encontrados referentes à drenagem das águas pluviais, remete-se à falta ou má execução de manutenção, ocasionando uma sobrecarga e, conseqüentemente ineficiência do sistema de microdrenagem. Além disso, a ausência de bocas de lobo nos locais à jusante do loteamento situado Avenida Leopoldina 887/1015, a presença de bocas de lobo danificadas são outros problemas levantados.

Portanto, conforme os processos de urbanização se intensificam, com o surgimento de novos loteamentos e construções, acarretam as agregações das redes dos novos bairros nas redes existentes, sobrecarregando o sistema de drenagem existente. Assim sendo, com esse trabalho percebe-se a importância de uma política de manutenção contínua e eficiente, garantindo o bom funcionamento do atual sistema de drenagem, e ainda, realizar uma adequação nos locais que apresentam problemas mais sérios, como a implantação das bocas de lobo e a sua ligação nas galerias pluviais principais, além de uma fiscalização visando impedir ligações clandestinas de esgoto sanitários ao sistema de drenagem pluvial.

A proposta pode ser ampliada, deixando-se, então, como sugestão, neste caso, o levantamento de custos de implantação do sistema proposto no local ou a aplicação do sistema apresentado em outros recortes, além do estudo de implantação de novas técnicas sustentáveis de microdrenagem, visando a diminuição da vazão as redes já existentes.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 16085: **Poços de visita e poços de inspeção para sistemas enterrados — Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT. NBR 8890: **Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário – requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais – procedimentos**. Rio de Janeiro, 1989.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**, Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BELLÉ, J. P. **Avaliação da eficácia do sistema de drenagem urbana estudo de caso: Ijuí – RS**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul. Ijuí. 2011.

CARDOSO, A. **Sistemas Urbanos de Drenagem** (2014). Disponível em: http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf. Acesso em: 02 nov. 2019.

COSTA, M. S. **A proteção do centro histórico de Petrópolis**; RJ, UFRJ, FAU, 2002, p. 18.

Definições dos instrumentos urbanísticos por BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu F. de. **Manejo de Resíduos**: pressuposto para a gestão ambiental. Rio Claro: LPM/UNESP, 2002, p. 99-110.

CULLEN, Gordon, **Paisagem Urbana**, Rio de Janeiro, Martins Fontes, 1983. 202 p.

HANSMANN, H. Z. **Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas-RS**, Pelotas, 2013.

IBGE. População Urbana e Rural. **IBGE Educa**, 2015. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 24 outubro 2019.

IMADA, R. G. **Práticas de microdrenagem sustentáveis para a redução do escoamento superficial urbano**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 2014.

JUSTINO, E. A. **Estudo do controle do escoamento superficial com o uso de reservatório de retenção na bacia do Córrego Lagoinha, município de Uberlândia-MG**, 2004.185p. Tese (Mestrado programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia-MG, Uberlândia.

JÚNIOR, V. J. S. **Avaliação da fragilidade no sistema de drenagem pluvial urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego das Melancias em Montes Claros – MG**. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5, dez. 2014, p.3986-3997 . Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria e-ISSN 2236 1308 - DOI:10.5902/22361308115125.

Leis específicas do município de Petrópolis, RJ: 1. Lei nº 5.393 de 28 de maio de 1998: Lei de uso, parcelamento e ocupação do solo do município de Petrópolis; 2. Decreto 90 – Diário Oficial do Município de Petrópolis, 1981.

LIMA, G. H. A. T. **Dimensionamento do sistema de drenagem pluvial para o loteamento santa bárbara em Centralina-MG**. 2019. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

NETO, A. C. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. 2010.

NUNES, M. Portal do Projetista. Dimensionamento de sarjeta para drenagem superficial, 2016. Disponível em: <<http://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-sarjeta-para-drenagem-superficial/>>. Acesso em: 24 outubro 2019.

SIDON, J. M. O. **Dicionário Jurídico**. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1995, 3ª edição.; BASTOS, Fernando. **Dicas Instituto Polis: idéias para a ação municipal**. DU nº 117 e 129. São Paulo, 1999.; Prefeitura de Petrópolis – www.petropolis.rj.gov.br; IBGE – www.ibge.gov.br; Instituto Histórico de Petrópolis – www.ihp.org.br.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. **Lei nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004**. Do parcelamento, ocupação e uso do solo. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de-janeiro/decreto/2004/2394/23940/decreto-n-23940-2004-torna-obrigatorio-nos-casos-previstos-a-adocao-de-reservatorios-que-permitam-o-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem>. Acesso em: 25 out. 2020.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. O. **O saneamento no Brasil – Políticas e Interfaces**. Belo Horizonte. Editora: Aufmg. 2008.

SILVA, P. O. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atuação de inundações em uma sub-bacia do rio Jiquiá no Recife**. 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado na Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SILVEIRA, A. L. L. D. Hidrologia no Brasil. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. D. M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade UFGS 2000.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH. Ed: UFRGS, 1995.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento de drenagem urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, p. 5-27. Jan/mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS. 2.ª Edição, Porto Alegre, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.