



inea instituto estadual
do ambiente



ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS PARA CONSECUÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

CADERNO CONCEITUAL DRENAGEM URBANA



PRODUTO 4/C

ABRIL/2013



SERENCO

Serviços de Engenharia Consultiva

APRESENTAÇÃO

De acordo com a Lei N° 11.445/2007 e o Decreto N° 7.217/2010 que instituem a Política Nacional de Saneamento Básico, entende-se como saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas, e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas, e,
- d) Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

O Presente Caderno Conceitual, complementa os elementos referenciados e detalhados no Plano Municipal de Saneamento Básico da Região dos Lagos, Rio de Janeiro.

SUMÁRIO

1	CONCEITUAÇÃO.....	1
2	TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO OU DECRÉSCIMO.....	2
2.1	Perímetro Urbano	4
2.2	Densidade Demográfica.....	5
2.3	Aspectos Físicos	11
2.4	Aspectos Legais	13
2.5	Diretrizes de ocupação espacial do solo.....	13
2.6	Diretrizes do sistema viário básico.....	14
2.7	Diretrizes do Zoneamento Básico	15
2.8	Detalhamento Básico	15
3	HIDROLOGIA	17
3.1	Tempo de Recorrência	18
3.2	Intensidade da precipitação	19
3.3	Vazões de Projeto.....	19
3.3.1	Modelos utilizados na Região dos Lagos/RJ	20
4	MICRODRENAGEM	25
5	MACRODRENAGEM.....	38
6	DEFESA CIVIL	50
7	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO OU DECRÉSCIMO URBANO	4
FIGURA 2. - PRECIPITAÇÕES MÉDIAS ANUAIS (MM) NA REGIÃO 1 - MAPA DE ISOIETAS	22
FIGURA 3. - DETALHES DA MICRODRENAGEM EM ARARUAMA.....	24
FIGURA 4. NOMOGRAMA PARA CÁLCULO DE CANAIS TRIANGULARES.....	34
FIGURA 5. VALORES DO COEFICIENTE “N” DE MANNING PARA CANAIS REVESTIDOS	45
FIGURA 6. CODIFICAÇÃO DE DESASTRES, AMEAÇAS E RISCOS – CODAR E SIMBOLOGIA DOS DESASTRES UTILIZADOS NO MAPEAMENTO	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. - REGIÃO 1: QUANTIS ANUAIS ADIMENSIONAIS REGIONAIS	22
TABELA 2. - PRECIPITAÇÃO NA LAGUNA DE ARARUAMA	23
TABELA 3. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C).....	27
TABELA 4. TEMPO DE RECORRÊNCIA (T_R).....	29
TABELA 5. TEMPO DE RECORRÊNCIA (PERÍODO DE RETORNO).....	29
TABELA 6. TEMPO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (TI).....	30
TABELA 7. AJUSTE DE TORMENTAS INFREQUENTES.....	32
TABELA 8. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DAS SEÇÕES DOS CANAIS	46

GLOSSÁRIO (LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS)

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

APA - ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

AGENERSA - AGÊNCIA REGULADORA DE ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

COBRADE - CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES

CILSJ - CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS DE SÃO JOÃO

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

CBHLSJ - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA LAGOS DE SÃO JOÃO

DNOS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS DE SANEAMENTO

EEE - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO

ETE - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

FGV - FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS

GESAN - GRUPO EXECUTIVO DE SANEAMENTO E DRENAGEM URBANA

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE

IPHAN - INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

MRA - MACRORREGIÃO AMBIENTAL

PMSB - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

PLANCON - PLANO DE CONTINGÊNCIA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

RH - REGIÃO HIDROGRÁFICA

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO

TTS - TOMADA EM TEMPO SECO

DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

1 Conceituação

De acordo com a Lei N°11.445/2007, conceitua-se drenagem e manejo de águas pluviais urbanas o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas (coletadas) nas áreas urbanas.

A análise técnica e gerencial do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais deve obedecer o detalhamento de cinco áreas do conhecimento.

A primeira diz respeito ao levantamento hidrológico da região em estudo, abrangendo precipitação, tempo de recorrência, intensidade de precipitação e vazões de projeto. A segunda refere-se à microdrenagem, ou seja, sarjetas, bocas de lobo, coletores, poços de visita e de queda, caixas de ligação e a rede de drenagem. A terceira está diretamente conectada à macrodrenagem, através de canais abertos, canais emissários, dissipadores de energia em canais, destacando-se ainda os ressaltos hidráulicos, as calhas inclinadas com blocos dissipadores e as bacias dissipadoras de energia. A quarta área abrange a estabilização dos vales receptores, através de vertedores de queda, barragens em terra com vertedores de gabião, em degraus e tubos, cortinas, diafragmas, diques, barragens e comportas, ou ainda, soluções não estruturais. Finalmente, a quinta abrange o arranjo institucional para o planejamento e a gestão dos sistemas implantados por microbacias hidrográficas, incluindo-se a construção, operação e a manutenção dos sistemas de drenagem, ou seja, o manejo adequado das águas pluviais urbanas

2 Tendências de Crescimento ou Decréscimo

Os fatores que presidem o crescimento de uma cidade, principalmente nos países em fase de transição, apresentam características de instabilidade que tornam duvidosas as previsões a longo prazo. Por razões econômicas, entretanto, o período de projeto abrange prazo relativamente longo, da ordem de 20 a 25 anos. Nestas condições, ao se analisar o problema do crescimento populacional, deve-se ter presente a recomendação muito oportuna de Aristóteles, segundo a qual, não se deve procurar em certos domínios do conhecimento humano, maior positividade do que a que estes domínios comportam.

Evidentemente, no decurso do período de projeto, fatores inicialmente intangíveis poderão esporadicamente atuar na lei de crescimento, fazendo com que os valores reais da população sofram desvios em torno da curva de crescimento previamente definida. Por esse motivo estatístico, ao invés de fazer previsões futuras em termos de pontos do diagrama, é mais recomendável definirem-se faixas de valores. Dentro destas, serão finalmente escolhidas as populações de projeto, em função das conveniências de escalonamento das obras decorrentes de motivos de ordem técnica e financeira.

Os valores das populações de projeto, portanto, têm a finalidade precípua de definir a magnitude das etapas de execução, de forma que as obras se sucedem através de um escalonamento lógico. Se, em função de fatos novos, houver futuramente uma aceleração ou um retardamento no prazo para atingir-se uma dada etapa, dever-se-á proceder a um reajustamento do programa de obras, mediante antecipação ou prorrogação de determinadas etapas previstas.

Paralelamente ao crescimento populacional, verifica-se em geral uma expansão da área urbanizada da cidade.

No Projeto de Drenagem Urbana, deve ser levado em conta também esse aspecto, em especial no zoneamento e no sistema viário mediante estudo criterioso das prováveis zonas de crescimento. Sem essa consideração, há o risco de se concentrar a população em áreas já utilizadas, saturando-as ou não, levando em consideração áreas em excelentes condições de expansão.

Importante é também conceber o projeto de modo que a execução das obras não acarrete um investimento inicial incompatível com os recursos que poderão ser obtidos.

Executadas algumas estruturas cuja construção se aconselha ser completada para a situação final, a maioria das partes propostas poderão ser montadas por etapas à medida das necessidades.

O plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo da Cidade constitui-se em elemento de consulta obrigatória, pois ele deve contemplar, pelo zoneamento, as áreas urbanas consideradas.

A figura N° 01 apresenta de forma compacta a interação dos diferentes elementos que compõem as tendências de crescimento ou decréscimo urbano.

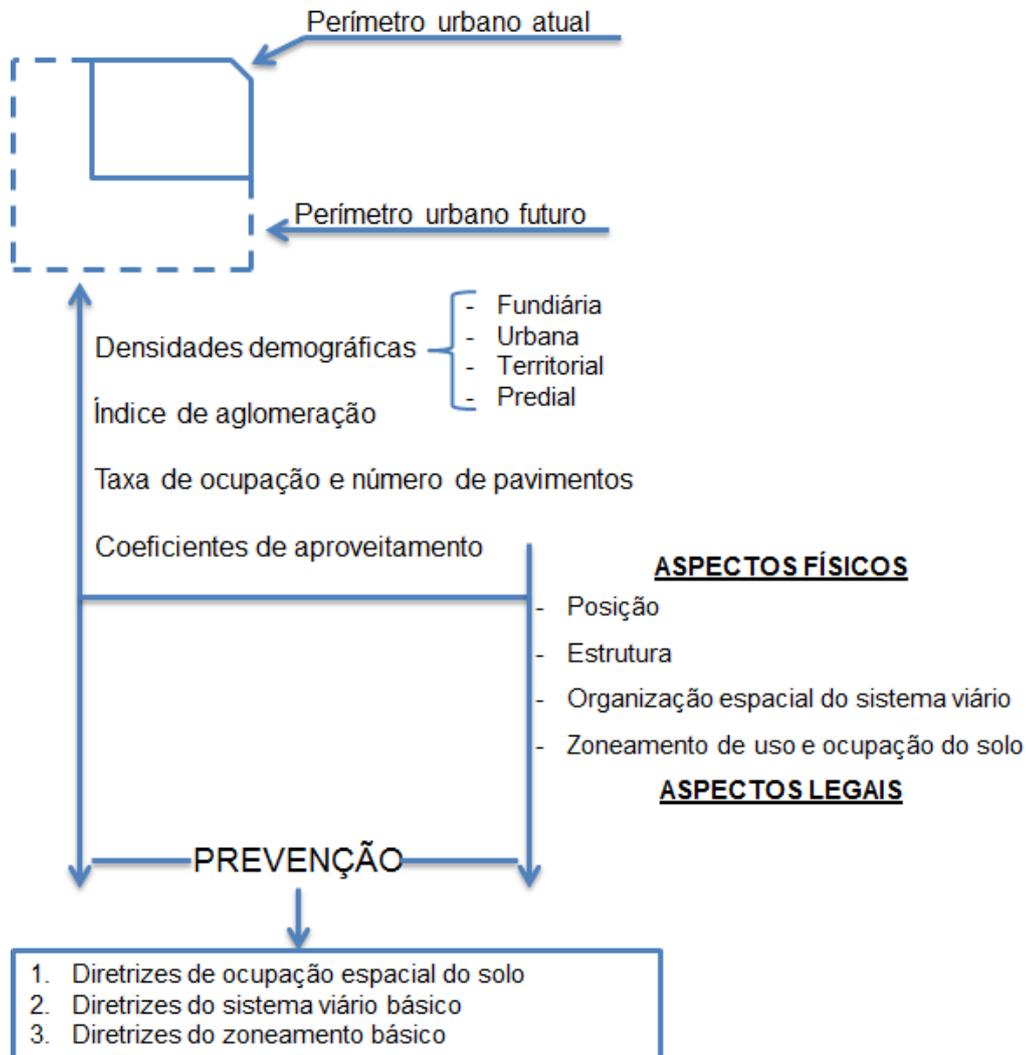


Figura 1. Tendências de crescimento ou decréscimo urbano
Fonte: OBLADEN, N, L., em Drenagem e Controle de Erosão Urbana, 1997.

Detalham-se a seguir os elementos anteriormente referenciados.

2.1 Perímetro Urbano

À linha que envolve a área considerada urbana denomina-se perímetro urbano. Esta linha define nitidamente as áreas urbanas das áreas rurais. Todas as áreas que estão fora do perímetro urbano encontram-se na zona rural e as áreas dentro do perímetro urbano se constituem em áreas urbanas.

Deverá existir legislação específica municipal sobre o perímetro urbano, caracterizando-se como área de jurisdição estritamente municipal, cabendo à prefeitura cobrar, dentro do perímetro urbano, o Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU. Fora do perímetro urbano, cabe ao INCRA a cobrança do Imposto Territorial Rural – ITR.

Destaca-se o perímetro urbano atual, que envolve as áreas urbanas atuais e o perímetro urbano futuro, que envolve as áreas urbanas atuais e as de expansão futura. Em alguns casos, o perímetro urbano futuro poderá ser reduzido, caso seja necessária a densificação das áreas urbanas atuais.

2.2 Densidade Demográfica

Para a avaliação e controle da ocupação da superfície urbana são instituídos diversos índices. A primeira e mais dilatada ideia da concentração e distribuição da população é obtida definindo-se a densidade demográfica. Para a análise mais circunstanciada, outros índices, complementares, se fazem necessários.

A densidade demográfica indica a relação entre a população e a superfície por ela ocupada; é expressa, portanto, pela fórmula $D = P/S$. Estabelecida previamente, tem a finalidade normativa de elemento básico para o cálculo da área solicitada para implantação do plano urbanístico de uma cidade nova ou de expansão de uma cidade preexistente, para determinada população ($S=P/D$). Em outros casos, serve como um dos dados para a estimativa da ocupação populacional do solo urbano e da maior ou menor concentração dos habitantes em qualquer dos seus setores ($P=D.S$).

Embora possa ser discriminada de acordo com a espécie da população (diurna e noturna, permanente e flutuante, de acomodação e de acumulação, etc) para fins de composição urbanística é de maior valia a diferenciação fundamentada na espécie

da superfície relacionada, isto é, a que distingue a densidade demográfica fundiária, a densidade demográfica urbana e a densidade demográfica territorial.

A densidade demográfica fundiária, ou densidade demográfica líquida, relaciona o número de habitantes com o de hectares da área urbana reservada exclusivamente à edificação, que é a dos lotes destinados à construção para o uso privado e a dos estabelecimentos públicos.

A densidade demográfica urbana, ou densidade demográfica bruta, toma em consideração o número de habitantes por hectares da superfície urbana aproveitável. Inclui, portanto, além dos quarteirões edificáveis, todos os espaços viários, inclusive praças, logradouro públicos, espaços livres ou zona verde, excluindo apenas áreas, dentro do perímetro urbano, que não podem ser utilizadas (encostas muito escarpadas, áreas pantanosas não recuperáveis, rios caudalosos, lagos, braço de mar, etc.)

A densidade demográfica territorial é mais extensiva, abrangendo tanto a superfície urbana como a de regiões ou territórios mais vastos. A unidade de referência de área pode ser o hectare, com pode ser o quilometro quadrado, nada se excluindo da área contida dentro da linha perimetral. Conforme o caso, confunde-se com a densidade demográfica urbana.

A densidade fundiária, apesar de ser a mais expressiva, é mais restrita ao planejamento das zonas residenciais e comerciais, particularmente aos projetos de loteamento dos quarteirões reservados à propriedade privada. Nos estudos gerais da estruturação urbana, a densidade demográfica urbana é a de maior interesse e, conseqüentemente, a mais utilizada. Não havendo indicação específica, a expressão densidade demográfica simplificada, significa a densidade demográfica bruta.

A densidade demográfica média varia de uma cidade para outra e, na mesma cidade, de uma zona para outra. Nos núcleos populosos de maior importância e nas

zonas centrais de habitações coletivas assume valores maiores, no que importa também a antiguidade.

De regra, os terrenos abrangidos pelos quarteirões urbanos, isto é, os reservados à função residencial e aos estabelecimentos de uso coletivo (edifícios de administração pública, escolas, hospitais, igrejas, templos, hotéis, atividades comerciais, casernas, quartéis, etc.) ocupam 40% a 55% da superfície urbana. Consequentemente, a densidade urbana é cerca da metade, ou pouco menos, da densidade fundiária: muito frequentemente obtém-se uma por intermédio da outra. Sendo K a relação entre a área total dos quarteirões edificáveis e a área urbana útil global, aplica-se a fórmula $D_u = KD_f$.

Os valores médios são os mais mencionados; revestem-se, porém de maior importância as densidades limites preconizáveis, num sentido e no outro. Um mínimo, em qualquer cidade, zona ou bairro, que pode ser estabelecido em 25 habitantes por hectare (ou correspondente à densidade fundiária de 50 hab/ha), é exigido, pelas seguintes razões:

- Proporcionamento de condições favoráveis à vida associativa e definição da característica urbana;
- Prevenção contra a dilatação supérflua da superfície urbana e contra as decorrências antifuncionais e antieconômicas da descentralização forçada ou abusiva (maior extensão da rede viária e aumento da área das ruas a pavimentar e conservar, distâncias maiores a percorrer; maior desenvolvimento e mais ramais das redes e instalações dos serviços públicos de água, de esgotos, de drenagem, de energia elétrica, de telefone, etc.; serviços dificultados de iluminação pública, limpeza pública, correio, etc.);
- Prevenção do desperdício de grande parte da área dos lotes de terreno e facilitação dos serviços de assistência social.

De outro lado, uma limitação máxima, até 800 habitantes por hectare, para as zonas mais centrais, tem como objetivo:

- A reserva de espaços livres para a insolação, iluminação e circulação do ar, de necessidade vital, em face da ocupação excessiva do terreno, nas zonas mais densas;
- A prevenção da superlotação dos edifícios e de outros inconvenientes inerentes às grandes aglomerações;
- O asseguramento de condições mínimas para o tráfego de pedestres, circulação de veículos, bem como de espaços para o estacionamento regulamentado;
- A prevenção da sobrecarga dos serviços públicos e do agravamento das perturbações ocasionadas pelas suas eventuais interrupções de funcionamento.

Para cada cidade e para cada zona urbana há um termo médio ajustado a sua mais adequada capacidade demográfica, de acordo com PUPPI, 1981.

- Cidades menores (até 20.000 hab.) e zonas extensivas das outras cidades – 25 a 100 hab./ha;
- Cidades médias (de 20.000 a 100.000 hab.) e zonas semi-intensivas ou semiextensivas – 100 a 200 hab./ha.
- Cidades maiores (mais de 100.000 hab.) e zonas intensivas das outras cidades – 200 a 300 hab./ha.

Especificamente, por zona urbana, podem ser instituídos os seguintes valores limites para a densidade demográfica bruta, em habitantes por hectare, ainda segundo PUPPI, 1981.

- Zonas suburbanas ou semi-rurais -----10 a 25;
- Áreas urbanas periféricas e zonas residências de classe abastada-----25 a 50;
- Zona residencial popular e setores de habitações de classe média---- 50 a 75;
- Setores de casas geminadas de 1 a 2 pavimentos ----- 75 a 100;
- Setores de casas germinadas de 2 a 3 pavimentos -----100 a 150;

- Setores de edifícios de apartamentos de 3 a 5 pavimentos----- 150 a 250;
- Setores de edifícios de apartamentos de 5 a 15 pavimentos-----250 a 800;
- Zonas comerciais -----50 a 150;
- Zonas industriais -----25 a 75;

Elemento fundamental para o cálculo da extensão territorial destinada a uma população preestabelecida, ou, no problema inverso, para a verificação da capacidade populacional de uma área urbana ou urbanizável delimitada, a densidade demográfica isoladamente não informa sobre o agrupamento ou dispersão dos habitantes dentro do seu quarteirão ou bairro.

Sirva como exemplo a ocupação de um quarteirão de 80mx125m, por 24 famílias que totalizam 120 pessoas. A densidade fundiária, de 120hab./ha, será a mesma, quer tenha sido o quarteirão seccionado em 24 lotes tomados por residências unifamiliares, de um pavimento de 150m², quer tenham sido essas residências reunidas em quatro prédios e habitação coletiva, de três pavimentos de 300m², cada um com duas moradias familiares, ou ainda, num único prédio de 12 pavimentos de duas moradias, de 300m², se for levada em conta apenas três das muitíssimas maneiras viáveis de ocupação do terreno. No primeiro caso, a edificação cobriria 36% da área do quarteirão; no segundo, 12%, e no terceiro, 3%.

Vê-se que, para a análise particularizada da situação demográfica e para a sistematização urbanística, outros índices complementares são solicitados.

Afora outros, relacionam-se os seguintes: a densidade predial, o índice de aglomeração, a taxa de ocupação, o número de pavimentos ou a altura dos edifícios e o coeficiente de aproveitamento.

A densidade predial ou densidade de edificação, estabelece a relação entre o número de edifícios e a área total correspondente dos lotes, ou dos quarteirões, em

que estão erigidos, tomando-se em geral como referência o hectare. Pode também ser expressa pela relação entre o volume da construção (excluídas as fundações e a cobertura), em metros cúbicos, e a área do terreno disponível, em metros quadrados.

Por esse critério a edificação pode ser classificada em intensiva, semi-intensiva, extensiva e semi-rural intensiva, se o volume construído ultrapasse $7,0\text{m}^3/\text{m}^2$, semi-intensiva, se situar entre $2,5$ e $7,0\text{m}^3/\text{m}^2$; extensiva, variando entre $1,5$ e $2,5\text{m}^3/\text{m}^2$, semi-rural, quando entre $0,4$ e $1,5\text{m}^3/\text{m}^2$.

O índice de aglomeração exprime a relação entre o número de pessoas e o número de compartimentos dos edifícios ocupados pelas mesmas. Normalmente se recomenda um índice médio de não maior que uma peça por habitante; embora ainda se tenha como satisfatória a condição de 1,5 habitantes por peça; além de duas pessoas por compartimento, a situação é considerada como de superlotação. Ver PUPPI, 1981.

Taxa de ocupação e número de pavimentos são índices bastante elucidativos. O primeiro, fixando a relação entre a área coberta pela edificação e a área total do lote, fornece o critério para a limitação da porção da superfície do terreno que pode ser construído. O segundo determina a altura máxima dos edifícios. Atribuem-se valores especificados de conformidade com a zona urbana, muitas vezes, mesmo, consoante o quarteirão ou a quadra, de acordo com a sua importância, visando-se à consecução e à manutenção das densidades demográfica e predial preestabelecidas e a garantia das condições mínimas para um bom aspecto e para o resguardo da salubridade ambiental.

Um mínimo disponível de superfície livre, por razões de ordem higiênica e estética, impõe a restrição da taxa de ocupação, avaliada pela percentagem ou fração da área do lote coberta pela construção.

Igualmente em virtude da necessidade de insolação, iluminação e arejamento, da proteção contra os males inerentes ao acúmulo de pessoas, do descortino e do equilíbrio do quadro urbano, exige-se controle do número de pavimentos. À maior altura do edifício deve corresponder a relativa menor taxa de ocupação.

Procurando fundir as limitações em superfície e em altura, institui-se um índice único, sob a designação de coeficiente de aproveitamento ou coeficiente de utilização.

O coeficiente de aproveitamento traduz a relação entre o somatório das áreas brutas de todos os pavimentos do edifício e a área total do lote de terreno, acrescida de parte do trecho frontal da via pública.

Considerando que, para a fachada principal, junto à via pública, esta tem, quanto à insolação, iluminação natural, ventilação e descortino, a mesma serventia que a porção livre da superfície do terreno edificado, é racional que à área do lote, para o cômputo do coeficiente, se incorpore metade da área do trecho fronteiro da rua. Assim, representando por C o coeficiente de aproveitamento, por $P_1, P_2 \dots P_n$ as áreas dos n pavimentos da edificação, por S a área total do lote; por t a extensão da testada do lote, e por r a largura da via pública marginante, a fórmula a empregar é a seguinte:

$$C = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{S + 0,5 tr}$$

Normalmente, o coeficiente de aproveitamento não deve ir além de 3 ou 4, excepcionalmente 5 e 6, não obstante a permissão dos regulamentos de um limite máximo de 8 e até mais.

2.3 Aspectos Físicos

O problema da Drenagem Urbana deverá ser encarada, a par dos aspectos demográficos já abordados e dos aspectos legais a serem especificados em seguida, sob os aspectos físicos. Entendem-se como aspectos físicos a posição e a estrutura do assentamento urbano, a organização espacial do sistema viário e o zoneamento de uso e ocupação do solo urbano.

A nível de controle da apropriação, uso e ocupação do solo em áreas urbanas, a política deverá ser instrumentada através de decisões de “posição” do assentamento urbano, referindo-se à relação física entre assentamento e paisagem natural. Deverá ser evitada, primeiramente, em qualquer localização de assentamento urbano, sua colocação numa posição na qual o seu efeito de concentrador de água seja mais elevado.

A nível de controle da apropriação, uso e ocupação do solo em áreas urbanas, a política deverá ser instrumentada através de decisões de “estrutura” do assentamento urbano, referindo-se à distribuição sobre a superfície, dos elementos do sistema urbano, à organização das relações entre os mesmos (redes viárias urbanas) e os efeitos de ambos sobre a apropriação do solo. Instrumentada a decisão de “posição” posteriormente decide-se pela “estrutura”.

Isto posto, observa-se que um projeto de drenagem urbana/prevenção à erosão urbana deverá ser desenvolvido de forma a evitar a expansão urbana para áreas onde a “posição” será desaconselhável do ponto de vista de erosão. As recomendações “estruturais” deverão ser apresentadas com base no uso (atividade em si) e ocupação (densidade de atividade) em termos do solo, e na organização espacial em termos de rede viária urbana, que constitui canais de concentração de energia hídrica superficial.

Deverá ser projetada a rede viária urbana, tendo em vista os problemas de erosão dela decorrentes, respeitando, entretanto, as situações que, por razões econômicas ou sociais, justificarem a sua permanência.

Deverá ser projetado o zoneamento de apropriação, uso e ocupação do solo urbano, de modo a atingir os objetivos de minimização dos efeitos desses fatores sobre a erosão urbana, e definindo as restrições de uso e restrições de ocupação justificáveis do ponto de vista econômico e social. Deverão ser levados em conta, os seguintes conceitos:

Apropriação – refere-se em primeiro lugar, à designação dos espaços entre rurais e urbanos; e, em segundo lugar, refere-se ao regime de posse (pública ou privada), e ao tamanho das superfícies de terras apropriadas.

Uso – refere-se ao tipo de atividade desenvolvida no espaço “apropriado”. O uso pode variar entre distinções muito gerais, tais como urbano e rural, a sucessivas especificações dentro de cada uma destas, tais como: residencial, comercial, industrial, etc., para as urbanas; e agricultura, pastagem e floresta para as rurais. Dentro do conceito de uso, deve ser incluído o conceito de “não uso”.

Ocupação – a ocupação se refere à densidade de população e de edificação e sua evolução durante o tempo considerado.

2.4 Aspectos Legais

Para que o Projeto de Drenagem Urbana se concretize, tornando-se elemento básico da administração municipal, torna-se necessária a sua regulamentação mediante dispositivos legais que deverão ser amplamente discutidos com a comunidade e após consenso da população, dos líderes locais, dos Poderes Legislativo e Executivo, se constituindo-se na Legislação Básica do Projeto de Drenagem Urbana.

2.5 Diretrizes de ocupação espacial do solo

A ocupação espacial do solo urbano tem como princípio básico e mais coerente com a realidade local, a possibilidade de maximização da utilização do sistema existente. Os princípios que norteiam essa ocupação, de forma genérica, são assim caracterizados:

- Provocar um desenvolvimento linear através do eixo comercial principal, dando infraestrutura ao mesmo para provocar essa morfologia urbana;
- Desestimular a utilização do solo nas áreas mais sujeitas à erosão acelerada;
- Provocar maior adensamento da população nas áreas aptas definidas pela topografia e pedologia e/ou dentro do perímetro urbano futuro;
- Interromper o crescimento urbano a locais suscetíveis à erosão acelerada a alongamentos e inundações, e/ou que futuramente ocasione conflitos entre a áreas urbanizadas e o tráfego rodoviário;
- Incrementar os parques urbanos nas áreas sujeitas à erosão, alagamentos e inundações, preservando o verde existente ou então recuperando a mesmas, replantando as vegetação nativa;
- Provocar com que a expansão urbana seja feita obedecendo aos seguintes critérios:
 - o Primeiramente ocupando as áreas contidas dentro do novo perímetro traçado. Para isso a infraestrutura urbana deverá ser logo implantada nessa região. Expansão de primeira fase.
 - o Após a ocupação, as próximas áreas a serem utilizadas são aqueles situadas no prolongamento do eixo urbano comercial. Tais locais devem oferecer boas condições topográficas para tal uso. Expansão da segunda fase.

2.6 Diretrizes do sistema viário básico

Objetivando uma racionalização, bem como um disciplinamento do tráfego urbano, focalizando em conjunto a estrutura urbana que ora se apresenta e projetando, a longo prazo, o comportamento da cidade, deve ser proposto o sistema viário básico. Todo traçado de novas vias deve ter como consideração básica seu comportamento

no solo, fazendo com que se minimizem as rampas das mesmas, adaptando-as dentro das curvas de nível, contornando os problemas que ocorrem na malha urbana atual pelos loteamentos executados de forma irregular.

2.7 Diretrizes do Zoneamento Básico

O Zoneamento básico, visa dar condições de uso do solo dentro do aspecto mais racional, tendo em vista as novas funções urbanas que a cidade terá com o crescimento natural, além de se ajustar harmonicamente dentro do esquema traçado de ocupação espacial, bem como seu novo sistema viário.

Na definição do zoneamento em função das necessidades básicas de desenvolvimento da cidade, aliado às condicionantes que determinam normas para sua ocupação, procura-se o equilíbrio da população, consoante suas necessidades físicas e psicológicas.

2.8 Detalhamento Básico

Sugere-se a sequência a seguir detalhada.

A) Características da situação

1. Potencial de risco;
2. Aspectos demográficos (população urbana);
3. Área Urbana Atual;
4. Divisão de zonas em relação à área urbana;
5. Distribuição da área urbana, do ponto de vista funcional;
6. Consumo de áreas verdes;
7. Traçado da rede viária urbana;
8. Localização das reservas florestais;
9. Análise detalhada da Lei de Zoneamento;
10. População projetada a cada 5 anos e evolução populacional;
11. Tendência de expansão urbana, quanto à relação de oferta e procura;

12. Tendência da expansão urbana, quanto à direção da ocupação espacial;
13. Serviços de infraestrutura;
14. Critérios para a escolha da área de expansão;
15. Parâmetros utilizados para a obtenção da área de expansão, e,
16. Caracterização dos locais de reflorestamento.

B) Sistema Viário Urbano

17. Características da situação atual;
18. Modelo do sistema viário proposto;
19. Características físicas das vias urbanas propostas;
20. Critérios adotados para o traçado viário da área de expansão, e,
21. Recomendações quanto à pavimentação das vias urbanas.

C) Uso do Solo Urbano

22. Proposta do zoneamento do uso do solo, para a prevenção de concentração dos contingentes demográficos, e,
23. Natureza de ocupação de cada zona proposta.

D) Legislação

24. Propostas de leis para o controle do uso e ocupação do solo urbano;
25. Diretrizes obedecidas;
26. Caráter das leis propostas;
27. Conjunto de leis que o projeto propõe à comunidade;
28. Tipos de uso previsto pela lei de zoneamento, quanto à natureza de atividades;
29. Subdivisões das zonas propostas, e,
30. Leis de controle do uso do solo urbano.

E) Conclusões

31. Base natural;

32. Posição da ocupação urbana;
33. Fatores de agravamento;
34. Quanto à apropriação do solo;
35. Remanejamento viário com a prevenção à alagamentos e deslizamentos, e,
36. Legislação institucional;

3 Hidrologia

A necessidade de um estudo hidrológico pode ser provocado por uma vasta gama de problemas de engenharia relacionados ao dimensionamento de obras hidráulicas, ao planejamento de aproveitamento dos recursos hídricos e ao gerenciamento dos sistemas resultantes, quer nos aspectos quantitativos, quer nos aspectos qualitativos. A metodologia a ser utilizada em cada caso é função das condições de contorno que se apresentam e que são impostas pelo meio físico, pelos objetivos do estudo e pelos recursos de toda espécie de que se dispõe.

Os objetivos na prática da drenagem urbana tem sido bastante simples, em geral voltados apenas para o dimensionamento de galerias, bueiros e canais destinados à rápida remoção dos volumes de água de origem pluvial que causam enormes transtornos.

A metodologia nesses casos comumente tem recaído na determinação e uma vazão de projeto associada a uma probabilidade de ocorrência preestabelecida.

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões de enchente e que utilizam series históricas de vazão observada, procedimento comum em bacias naturais, não podem ser aplicados a bacias urbanas, não só pela escassez de dados como também pela sua heterogeneidade estatística.

Os métodos indiretos se constituem numa alternativa viável, isto é, atribui-se um tempo de recorrência para a determinação da chuva e o método determinará a correspondente vazão de enchente.

Os mais simples dos métodos, transformação chuva crítica em vazão de projeto, normalmente consideram toda bacia como um única unidade homogênea, quanto às suas características físicas, e a precipitação constante e uniforme sobre toda a área. Por essa razão, entre outras, conduzem a resultados imprecisos e em geral superestimados. São recomendados apenas para bacias pequenas e onde os objetivos e/ou as limitações não permitam o emprego de técnicas mais refinadas.

A técnica do Hidrograma Unitário não poder ser utilizada devido à inexistência de dados hidrológicos que permitam o seu traçado e o estudo da síntese de hidrogramas é feito pelo desenvolvimento dos métodos para a obtenção do Hidrograma Unitário Sintético.

A evolução do conceito de Hidrologia Urbana está conduzindo para a necessidade de outras técnicas. A concepção do afastamento de águas pluviais como a única preocupação a ser considerada vai ficando ultrapassada quando se manifesta preocupação com a qualidade do meio ambiente. Isso conduz ao enfoque mais amplo do aproveitamento múltiplo das bacias hidrográficas urbanas a assim a ideia de que as águas pluviais mesmo excessivas podem ser úteis, se bem manipuladas.

3.1 Tempo de Recorrência

Para pequenos intervalos de tempo (minutos, horas), a intensidade da precipitação só é obtida em se analisando os pluviogramas dos pluviógrafos. Para se obter uma relação intensidade, duração, frequência para uma determinada estação, relacionam-se, para cada intervalo de tempo, os valores ao longo do tempo e seleciona-se o máximo valor anual, obtendo-se desta maneira, **n** valores em **n** anos de registro histórico.

3.2 Intensidade da precipitação

Para projetos de Engenharia de Drenagem, faz-se necessário conhecer a relação entre as quatro características fundamentais da chuva:

- Intensidade;
- Duração;
- Frequência, e
- Distribuição.

A determinação dessa relação é feita através de dados históricos de postos pluviométricos. A relação intensidade x duração x frequência pode ser representada graficamente ou por meio de uma equação, cuja fórmula geral se apresenta conforme segue:

$$i = \frac{k \times T_r^m}{(t + b)^n}$$

i = intensidade da chuva máxima (mm/h);
 T_r = tempo de recorrência (anos), (2,3,5,10,20 e 50)
 t = tempo de duração da chuva (min), (10, 20 ,30 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h e 24h),
 k, b, m, n = parâmetros determinados para a estação pluviográfica.

Equação de chuvas intensas para Curitiba/PR – Prado Velho, atualizada em 2000, por FENDRICH, 2003.

$$I = \frac{5.726,64 \times T_r^{0,159}}{(t + 41)^{1,041}} \text{ (mm/h)}$$

3.3 Vazões de Projeto

Vários métodos para determinação das vazões de projeto são utilizados. São eles:

- Hidrograma unitário de SNYDER;
- Hidrograma unitário sintético triangular, e,
- Método Racional ($Q = \frac{c \times i_m \times A}{3,6}$ (m³/s))

Onde:

c = coeficiente de impermeabilização do solo.

i_m = intensidade da chuva máxima (mm/h)

A = Área considerada (m^2).

Em se tratando de bacias pequenas, o Método Racional somente pode ser aplicado com maior segurança em bacias de até $0,50km^2$. O Método Racional deve ser restrito a áreas pequenas, baseado nas seguintes hipóteses:

- A intensidade de precipitação é constante enquanto perdurar a chuva;
- A impermeabilidade das superfícies permanece constante durante a chuva;
- As velocidade de escoamento nas galerias e canais são as de funcionamento à plena seção;
- O tempo de duração da chuva que dá o maior caudal é igual ao tempo de concentração.

Todavia, a experiência de profissionais especializados neste campo da Engenharia Hidráulica mostra que o Método Racional “detalhado” presta-se muito bem ao projeto de redes de galerias de águas pluviais, porque as bacias são divididas em parcelas pequenas para as quais são determinadas as contribuições pluviais pela Equação Racional, com menor risco de erro.

3.3.1 Modelos utilizados na Região dos Lagos/RJ

CPRM – Projeto Rio de Janeiro – Estudo de Chuvas Intensas, 2003.

O referido estudo utilizou dados pluviométricos das seguintes estações:

- Cabo Frio – 2 estações pluviográficas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET;
- Iguaba Grande – 1 estação pluviográfica operada pelo INMET,e,
- Saquarema – 2 estações pluviográficas operadas pela SERLA (atual INEA).

Para a Região 1 – Álcalis Cabo Frio, Cabo Frio, Carmo, Iguaba Grande, Itaperuna, Macaé, Ordinária do Carmo, Rio Mole, Santa Maria Madalena, Santo Antônio de Pádua e Saquarema, o estudo referenciou o período de retorno (em anos) com a duração da chuva (minutos e horas) configurando para a Região 1 a seguinte fórmula para o estabelecimento da intensidade pluviométrica:

$$\text{Região 1 : } i_{T,d,j} = 44,888d^{-0,385} P_j^{0,244} \mu_{T,d} \text{ para } T \leq 100 \text{ e } 5 \text{ min} \leq d < 1h$$

$$i_{T,d,j} = 81,432d^{-0,771} P_j^{0,371} \mu_{T,d} \text{ para } T \leq 100 \text{ e } 1h \leq d \leq 24h$$

Onde:

- $i_{T,d,j}$ é a estimativa da intensidade da chuva de duração d associada a um período de retorno T em um local j dentro de uma região homogênea do estado do Rio de Janeiro (mm/h).
- d é a duração da precipitação (min).
- P_j é a precipitação média anual (mm) no local j , dentro de cada região homogênea. Para locais que não possuem estações pluviométricas e pluviográficas, os valores de P_j podem ser obtidos a partir do mapa isoietal.
- $\mu_{T,d}$ é o quantil adimensional regional. Esse valor é obtido a partir da Tabela 1.

O objetivo final do estudo foi definir as equações do tipo IDF (intensidade-duração-frequência) para cada região homogênea:

$$i_{T,d,j} = \hat{I}_d \mu_{Td}$$

Onde:

- $i_{T,d,j}$ é a estimativa de chuva (mm/h), de duração d (min), no local j , associado ao período de retorno T (anos).
- \hat{I}_d é o *index-flood* de cada estação. Para estimá-lo em locais desprovidos de informações, foi utilizado um modelo de regressão de \hat{I}_d com variáveis externas, tais como clima e característica fisiográficas locais.
- μ_{Td} representa os quantis adimensionais de frequência, de validade regional, associados a d e T .

existem parâmetros específicos para o dimensionamento dos sistemas de drenagem, sendo normalmente utilizado o Método Racional, ou seja,

$$Q = c . i . A$$

Onde:

- Q = vazão (em L/s ou m³/s)
- i = intensidade de chuva em mm/ano
- c = coeficiente de impermeabilização da bacia considerada*
- A = área da bacia contribuinte em ha.

*O valor para o coeficiente de impermeabilização adotado é de 0,85 em área pavimentada com paralelepípedo e 0,90 em pavimento asfáltico e 0,60 em áreas sem pavimentação.

Segundo dados do “EIA/RIMA para as obras de Recuperação Emergencial da Lagoa de Araruama com a Retirada de Sedimentos Aportantes Decantados e Recuperação de Canais de Navegação na Região dos Lagos”, PLANAVE, 2007, obtém-se:

Na Laguna de Araruama, que inclui os municípios de Cabo Frio, Arraial do Cabo, Saquarema, Araruama e São Pedro da Aldeia, o “semestre do verão” concentra cerca de 70 a 80% da pluviosidade anual, quando o acúmulo destas precipitações alcança totais superiores aos alcançados nos outros seis meses do ano. A precipitação diminui à medida que avança em direção ao mar devido ao efeito da maritimidade. Logo, a grande concentração pluviométrica neste semestre se associa mais à sua abundância (chuvas concentradas) que à sua frequência.

Tabela 2.- Precipitação na Laguna de Araruama

Mês	Ano											
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Janeiro	64	59	128	136	99	47	50	7	31	99	147	198
Fevereiro	0	52	49	6	98	54	43	0	199	0	191	14
Março	200	92	209	61	13	55	52	39	14	81	50	183
Abril	69	28	105	17	27	48	15	28	6	27	36	59
Maio	55	191	67	28	134	34	25	57	150	27	39	115
Junho	63	14	30	12	28	66	14	12	35	3	21	51
Julho	112	73	28	0	19	21	39	44	36	31	136	106
Agosto	21	31	36	17	32	24	77	0	4	79	18	12
Setembro	20	49	149	36	79	13	60	13	101	15	5	109
Outubro	25	163	21	95	79	34	37	43	22	117	29	61

Novembro	60	196	99	40	93	94	81	41	59	76	102	86
Dezembro	37	63	31	62	79	38	52	70	162	120	140	135
Total anual	726	1,010	952	511	781	528	545	354	820	675	914	1,129
Média	61	84	79	43	65	44	45	30	68	56	76	94
Desvio Padrão	51	61	57	39	38	21	20	22	65	42	60	57

Fonte: CILSJ, 2005

Existe determinação específica de que o projeto da microdrenagem obedece critérios técnicos anteriormente definidos e já consolidados pelas empresas projetistas bem como pelos técnicos municipais. Isso faz com que o detalhamento das sarjetas como canal superficial de escoamento em início de trechos, bocas de lobo com grelhas metálicas, em concreto ou fenda horizontal longitudinal, com ou sem depressão, sejam os modelos utilizados.

Os tubos coletores da microdrenagem são em concreto simples ou armado (acima de DN 800 mm), ponta e bolsa, assentados sobre base de sustentação em brita ou saibro compactado. Os tubos de queda, poços de visita e caixas de ligação são executados em concreto circular (tubos assentados verticalmente) ou caixas retangulares em concreto, com tampão em ferro fundido



Boca de lobo em ferro fundido Rodovia Amaral Peixoto

Tubulação de desague da Rodovia Amaral Peixoto na Lagoa de Araruama

Figura 3. - Detalhes da microdrenagem em Araruama

Fonte: SERENCO, 2013

O Projeto de canalização do Rio do Peixe, foi elaborado pela empresa PROSERENCO, JPM SS Ltda, para a Concessionária Águas de Juturnaíba S.A. A tubulação projetada e já implantada complementa o trecho anteriormente canalizado a montante, até a sua Foz no Rio Mataruna.

O dimensionamento seguiu o método Racional, sendo adotado $c=0,70$ em áreas urbanizadas e $0,30$ para áreas não urbanizadas, considerando-se o valor médio $c=0,5$.

A intensidade de precipitação foi utilizada a da cidade de Rio de Janeiro:

$$i = \frac{1239 \times Tr^{0,15}}{(t + 20)^{0,74}} \left(\frac{mm}{h} \right)$$

Tempo de recorrência (Tr) = 3 anos.

Tempo de concentração (Tc) = $t_s + t_p$, t_s = tempo de escoamento superficial e t_p = tempo de percurso canalizado.

Determinando-se para $i = 1,59$ mm/minuto.

FUNDAÇÃO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – Escritório Regional de Araruama

O Município de Araruama mantém acordo de cooperação com a Fundação Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Rio de Janeiro para elaboração de projetos de pavimentação e drenagem. A equação utilizada para dimensionamento dos projetos, utilizando dados do pluviógrafo de Araruama é:

$$i = [709 * T^{(0,104)}] / [(t + 8)^{0,721}] \text{ mm/h}$$

4 Microdrenagem

O projeto das estruturas de microdrenagem iniciam-se pelo cálculo das vazões, utilizando-se geralmente o Método Racional. A simplicidade de sua aplicação e a facilidade do conhecimento e controle dos fatos a serem considerados o tornam de uso bastante diferenciado no estudo das cheias em pequenas bacias hidrográficas. Conforme detalhado anteriormente, o Método Racional utiliza a seguinte formulação:

$$Q = c i x A$$

Q = vazão, l/s.

C = coeficiente de escoamento superficial ou de impermeabilização, adimensional.

i = intensidade de precipitação, em l/s x ha.

A = Área da Bacia, em ha.

Coeficiente de escoamento superficial

Do volume precipitado sobre a bacia, apenas uma parcela atinge a seção de vazão, sob a forma de escoamento superficial. Isto porque parte é interceptada, ou umedece o solo, ou preenche as depressões, ou se infiltra rumo a depósitos subterrâneos. O volume escoado é então, um resíduo do volume precipitado e a relação entre os dois é o que se denomina, geralmente, coeficiente de deflúvio ou de escoamento superficial.

O método racional, indica a relação entre a vazão máxima escoada e a intensidade de precipitação. A sua determinação depende de uma série de variáveis como:

- Distribuição do deslocamento da tempestade em relação ao sistema de drenagem;
- Da precipitação antecedente;
- Das condições de umidade do solo no início da precipitação;
- Do tipo de solo e do uso da terra;
- Da duração e da intensidade da chuva;
- Da rede de drenagem existente.

Tabela 3. Coeficiente de escoamento superficial (C)

Natureza da Superfície	Valores de C
Telhados perfeitos sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e da natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: VILLELA & MATTOS.

Para o cálculo do coeficiente de escoamento de um determinado quarteirão, utilizando-se os seguintes critérios de cálculo.

- a. Secretaria Técnica do Projeto Noroeste:

$$C = \frac{0,9T + 0,9R_p + 0,3R_{np} + 0,15 A_q}{Q}$$

Onde:

T = área de telhados;

R_p = área de ruas pavimentadas;

R_{np} = área de ruas não pavimentadas;

A_q = Área de quintais;

Q = área do quarteirão.

- b. SUCEPAR

São comumente adotados os valores citados na tabela a seguir, para o coeficiente de escoamento superficial.

Coeficiente de escoamento superficial (C)

Característica da Área	C
Área coberta (e Pavimentada)	0,8
Área Descoberta	0,3

Fonte: PLANEPAR.

Para o cálculo do coeficiente em áreas mistas, utiliza-se a média ponderada dos coeficientes envolvidos, onde os pesos são as áreas correspondentes.

$$C = \frac{\text{Área Coberta} \times 0,8 + \text{Área Descuberta} \times 0,3}{\text{Área Coberta} + \text{Área Descuberta}}$$

Nos projetos de drenagem, os valores adotados devem retratar a ocupação futura e também refletir as imposições da legislação municipal de ocupação do solo.

Área Contribuinte

A individualização da bacia contribuinte é feita pelo traçado, em planta topográfica, das linhas dos divisores de água (espigões) e dos fundos de vale (talwegues).

As plantas topográficas devem ter altimetria e escalas adequadas. Para bacias urbanas, as mais adequadas são: 1:5000 (curvas de nível de 5 em 5 metros) ou, quando se exigem estudos e projetos mais detalhados, 1:2000 (curvas de nível de 1 em 1 metro).

Intensidade da precipitação

Em geral, é usual, em hidrologia, empregarem-se equações do tipo:

$$i = \frac{C}{(t + t_0)^n} =$$

Onde:

i = intensidade de precipitação máxima média, em mm/h;

t = tempo de duração da chuva, em min;

C, t₀, n = parâmetros a determinar.

Alguns autores procuram relacionar C com o período de retorno (tempo de recorrência) T_r, utilizado em anos:

$$C = K \times T_r^m$$

Assim:

$$i = \frac{K \times T_r^m}{(t + t_0)^n}$$

Tempo de Recorrência

O tempo de recorrência recomendado pela SUCEPAR é o citado a seguir.

Tabela 4. Tempo de Recorrência (T_r)

Obra	T_r (anos)
Drenagem do Perímetro Urbano (Microdrenagem)	03
Obras de Extremidade (Macro drenagem)	05

Fonte: PLANEPAR.

Para o DAEE, a frequência das descargas de projeto dos Sistemas de Galerias de Águas Pluviais corresponde a chuvas com períodos de retorno que variam de 2 a 10 anos, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 5. Tempo de recorrência (período de retorno)

Tipo de ocupação da Área	Período de Retorno da Chuva Inicial de Projeto (anos)
Residencial	02
Comercial	05
Área com edifícios públicos	05
Aeroportos	02 – 05
Área comercial altamente valorizada e terminal aeroportuário	05-10

Fonte: DAEE & CETESB.

Tempo de duração da chuva

No Método Racional, o tempo de duração da chuva deve ser feito igual ao tempo de concentração da bacia. O tempo de concentração relativo a uma seção de um curso de água é o intervalo de tempo, contado a partir do início da precipitação, para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo. Corresponde à duração da trajetória da partícula de água que demora mais tempo,

para atingir a seção considerada. A fórmula que expressa o tempo de concentração (tc) é constituída de duas parcelas:

$$t_c = t_i + t_p$$

Onde:

t_i = tempo de escoamento superficial ou de entrada (*inlet – time*), em min;

t_p = tempo de percurso dentro da galeria, em min;

Tempo de escoamento superficial ou de entrada

O tempo de escoamento superficial depende de experiência e pesquisas locais e assume importância maior quando se consideram áreas pequenas ou declividades fortes, porque o seu valor torna-se grande em relação ao valor do tempo de concentração. Vários ábacos e fórmulas são utilizadas para a sua determinação destacando-se a do “California Culverts Practice”, do California Highways and Public Works.

$$T_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (= t_i)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (escoamento superficial), em min;

L = extensão do talvegue principal, em km;

H = diferença de cotas entre o ponto mais afastado da bacia e o ponto (seção) considerado, em m.

Os valores comumente utilizados em projetos estão resumidos a seguir.

Tabela 6. Tempo de escoamento superficial (t_i)

Autor	Condições Gerais	Ti (min)	Fonte
-----	Geral	3 a 20	OEA
HORNER (1910)	Ruas conservadas com $0,5 \leq I \leq 5\%$	2 a 5	PLANEPAR
HORNER (1910)	Terrenos gramados	10 a 20 min/30m	PLANEPAR
SUCEPAR	Geral	10	PLANEPAR

Tempo de percurso dentro das galerias

O tempo de percurso (t_p) dentro das galerias pode ser obtido da fórmula abaixo citada:

$$T_p = \frac{L}{V \times 60}$$

Onde:

T_p = tempo de percurso na galeria, em min;

L = extensão do trecho da galeria, em m;

V = velocidade média das águas na galeria, em m/s.

Fatores de redução ou ampliação da vazão

Fórmulas baseadas no Método Racional apresentam, segundo alguns autores, um coeficiente de retardo φ , menor que um, obtendo a vazão (pico máximo) fornecido pelo produto CiA . O valor φ pode ser expresso de duas maneiras:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{100 \times A}}$$

Onde:

A = área da bacia, em km^2 ;

Bacias declividade inferior a 5/1000 – $n = 4$ (BÜRKLİ – ZIEGLER);

Bacias declividade até 1/100 – $n = 5$ (MC MATH);

Bacias declividade maiores 1/100 – $n = 6$ (BRIX).

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{10 \times L}}$$

Onde:

L = comprimento da bacia, em km;

Declividade fortes – $n = 3,5$;

Declividade médias – $n = 3,0$;

Declividade fracas – $n = 2,5$.

Outros autores como LINSLEY e Colaboradores sugerem uma redução da intensidade da precipitação com a área de drenagem, utilizando o conceito de coeficiente de distribuição da chuva (i_m/i_o) definindo (i_o) como sendo a intensidade no centro da chuva e (i_m), intensidade de projeto a uma certa distância do centro da chuva.

Para levar em conta as condições antecedentes de precipitação, pode multiplicar-se o coeficiente de escoamento superficial por C_f , conforme está apresentado a seguir, lembrando que este produto não pode exceder a unidade.

Tabela 7. Ajuste de tormentas infrequentes

Tr (anos)	Cf
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Fonte: DAEE & CETESB.

Capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem

Sarjeta

Uma sarjeta pode transportar determinada vazão que se traduz numa inundação parcial da via pública. Além dos aspectos de segurança, dirigibilidade dos veículos (*acqua-planning*) e conforto dos transeuntes (espirros d'água), devem ser considerados os aspectos relativos à inundação completa do pavimento de rodagem e das calçadas, inclusive com prejuízos causados às residências e ao comércio.

O sistema de galerias (no caso, a primeira boca-de-lobo) deverá iniciar-se no ponto onde é atingida a capacidade admissível de escoamento na rua. A capacidade admissível pode ser estabelecida com base nas informações a seguir.

Classificação da Rua	Inundação Máxima
Secundária	O escoamento pode atingir até a crista da rua
Principal	O escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre
Avenida	O escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre em cada direção.
Via Expressa	Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito.

Fonte: DAEE & CETESB.

Comumente também é utilizada em projetos uma cota máxima de inundação de 15cm.

O Cálculo da capacidade de escoamento (vazão) das sarjetas pode ser estabelecido utilizando-se a fórmula de IZZARD que traduz a expressão de MANNING – STRICKLER. Para facilitar o cálculo de canais triangulares, pode-se utilizar de nomogramas com apresentado a seguir.

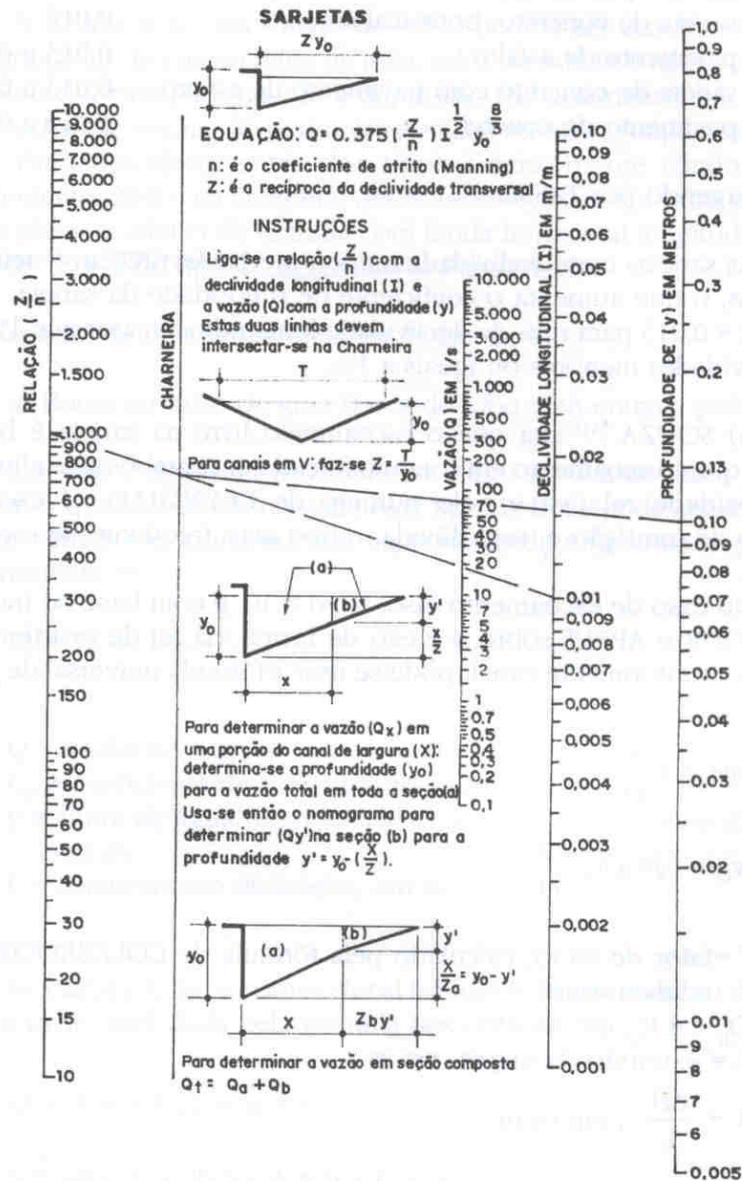


Figura 4. Nomograma para cálculo de canais triangulares

As sarjetas com declividade menor que 1% favorecem o acúmulo de sedimentos, o que aumenta o coeficiente de rugosidade da sarjeta. Por isso, adota-se $n = 0,015$ para ruas de declividade longitudinal maior que 1% e 0,017 para declividades menores ou iguais a 1%.

BOCAS-DE-LOBO

As bocas coletoras (bocas-de-lobo) podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guia, ralos de sarjeta e ralos combinados. Cada tipo

inclui variações quanto à depressão (rebaixamento) em relação ao nível da superfície normal do perímetro e ao seu número (simples ou múltipla). Variações decorrentes dos tipos anteriormente citados não são frequentemente citados na literatura, destacando-se, porém, a caixa de captação de águas pluviais urbana de entrada com fenda horizontal longitudinal.

A capacidade de engolimento das bocas-de-lobo é determinada a partir da fórmula básica:

$$Q = C_w \times L \times Y^{3/2}$$

Q = Vazão de engolimento em m³/s;

C_w = coeficiente de descarga, geralmente adotado com 1,71;

Y = Altura da água próxima à abertura na guia, em m;

L = comprimento da soleira, em m.

Vários autores, e várias instituições federais, estaduais e municipais, bem como internacionais (United States Corps of Engineers) recomendam as mais variadas equações.

TUBULAÇÃO COLETORA

As tubulações em geral circulares e de concreto são dimensionadas pela fórmula de MANNING – STRICKLER.

$$Q = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times A$$

Onde:

Q = Vazão, em m³/s;

n = Coeficiente de rugosidade (concreto 0,015);

R_h = raio hidráulico, em m;

I = declividade do conduto, em m/m;

A = Área molhada, em m².

Diâmetros variando de 0,40 a 1,20m, com velocidade mínima = 0,75m/s e máxima = 5,00m/s.

Com relação ao primeiro parâmetro, este deverá ser mantido para evitar o assoreamento na tubulação. Quanto ao segundo parâmetro, este deve ser observado porque partículas oriundas de ruas não pavimentadas, escoando a grande velocidades, produzem um significativo efeito abrasivo no concreto, que é agravado pelo fluxo turbulento, a mudança de direção e a queda da água. Este fato pode reduzir a vida útil da tubulação em vários anos.

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES (TRAÇADO DA REDE DE MICRODRENAGEM)

Através de critérios usuais de drenagem urbana, devem ser estudados diversos traçados da rede de galerias, considerando os dados topográficos existentes, o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico. A concepção inicial que for escolhida como mais interessante é mais importante para a economia global do sistema, do que os estudos posteriores, de detalhamento do projeto, de especificação de materiais, etc.

Esse trabalho deve desenvolver-se simultaneamente com o plano urbanístico das ruas e das quadras, pois, caso contrário, ficam impostas ao sistema de drenagem restrições que levam sempre a maiores custos. O sistema de galeria deve ser planejado de forma homogênea, proporcionando a todas as áreas condições adequadas de drenagem, sem prejuízo de nenhuma.

Existem várias hipóteses para a locação da rede coletora de águas pluviais: sob a guia (meio-fio), sob o eixo da via pública ou na calçada. O recobrimento mínimo (profundidade mínima) sugerida é de 1,00m (sobre a geratriz externa superior do tubo) e ainda com a condição de que possibilite a ligação das canalizações de escoamento das bocas-de-lobo, cujo recobrimento mínimo é de 0,60m. Como

profundidade máxima pode-se adotar o valor de 5,00m, referida a geratriz externa inferior do tubo.

A locação das bocas-de-lobo obedece às seguintes recomendações:

- a) Serão locadas em ambos os lados da rua quando a saturação da sarjeta o requerer, ou quando for ultrapassada a sua capacidade de engolimento;
- b) Serão locadas nos pontos baixos das quadras;
- c) Recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60m entre as bocas-de-lobo, caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta;
- d) A melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
- e) Não é conveniente a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, pelos seguintes motivos: os pedestres para cruzarem a rua, teriam, que saltar a torrente, num trecho de máxima vazão superficial. As torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam como resultante um caudal de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca-de-lobo.

O poço de visita tem a função primordial de permitir o acesso às canalizações, para efeito de limpeza e inspeção, de modo que se possa mantê-las em bom estado de funcionamento.

Sua locação é sugerida nos pontos de mudança de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudança de declividade e mudança de diâmetro. O espaçamento máximo recomendado é de 120m.

Quando a diferença de nível entre o tubo afluente e o efluente for superior a 0,70m, o poço de visita é denominado poço de queda.

As caixas de ligação são utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas-de-lobo intermediárias ou para evitar a chegada, num mesmo poço de visita, de mais

de quatro tubulações. Sua função é similar ao balão dos poços de visita e se diferenciam destes por não serem visitáveis (ausência de chaminé).

PLANILHA DE CÁLCULO

O desenvolvimento do projeto é apresentada em forma de Planilhas de Cálculo, as quais gravam todas os elementos intervenientes no projeto.

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Os desenhos da representação gráfica do projeto detalham em planta e corte, todos os elementos calculados nas planilhas, diâmetros, declividades, cotas de montante e jusante, entre outros.

Bocas –de-lobo, poços de visita e caixas de ligação são detalhados, orientando a execução das obras em atendimento aos elementos do projeto.

5 Macrodrenagem

As obras de macrodrenagem são as responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais provenientes do Sistema de Drenagem Urbana – Microdrenagem, este último englobando o leito das ruas (guias e sarjetas), bocas-de-lobo, galerias, poços de visita e caixas de passagem.

É importante ressaltar a rede física de macrodrenagem, ou seja, aquela constituída pelos principais talwegues (fundo de vales), sempre existente, independente da execução de obras específicas e tampouco da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais.

As obras de macrodrenagem visam melhorar as condições de escoamento dessa rede para atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talwegues.

Constitui-se basicamente de canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões, estruturas auxiliares e obras de proteção contra erosão (dissipadores de energia), incluindo também outros componentes, como vias de margens e faixas de servidão.

Embora independentes, as obras de macrodrenagem mantêm estreito relacionamento com o Sistema de Drenagem Urbano – Microdrenagem, devendo ser projetadas conjuntamente no estudo de uma determinada área.

EMISSÁRIOS

Os emissários são os elementos utilizados para escoar as águas drenadas na área urbana, para fora do perímetro urbano, até atingirem os locais adequados para deságue em dissipadores de energia ou seção artificial ou natural hidráulicamente estável.

A vazão de dimensionamento é obtida pelo método racional, $Q = y \times c \times iA$, adotando-se o coeficiente de distribuição de chuvas $y = 1$, e tempo de recorrência adequado ao grau de segurança desejado, variando de 3 a 10 anos, sendo recomendados 5 anos.

O tempo de concentração, no início de emissário, é o valor obtido no cálculo do último trecho da rede de galerias que deságuam no emissário. Geralmente a vazão é contínua para todo o emissário, com exceção dos emissários que recebem contribuição na área rural, através de aberturas nos poços de visita e/ou de queda.

Para o dimensionamento, é recomendado o uso da fórmula de MANNING:

$$D = 1,55 \left(\frac{Q \times n}{I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Onde:

D = Diâmetro do emissário, (m);

Q = deflúvio, (m³/s);

I = declividade, (m/100m);

n = Coeficiente de rugosidade, (tubos de concreto = 0,015).

Componentes dos emissários

1) Tubulação em concreto

Os emissários são constituídos de tubos de concreto com diâmetros comerciais de 0,40; 0,60; 0,80; 1,00 e 1,20m. Pode ser utilizado mais de um tubo, nos casos em que a vazão contribuinte supere a capacidade máxima de um tubo ou ainda devido às condições topográficas. A tubulação deverá ter um recobrimento mínimo de 1,0m, sendo admitido, nos casos especiais, que o tubo possa até ser exposto, devendo para tanto serem previstas cercas para impedir a passagem de animais ou veículos sobre os tubos. A drenagem é feita totalmente por gravidade, com os coletores trabalhando como canais.

2) Poços de visita

Os emissários deverão contar com poços de visitas para atender às seguintes situações:

- Mudanças de direção;
- Mudanças de declividade;
- Mudanças de diâmetro do emissário;
- Nos trechos longos: deverão ser previstos poços de visita com os seguintes espaçamentos: 50 metros para emissários com diâmetro de 0,40; 0,60 e 0,80m; 150 metros para emissários com diâmetro de 1,0 e 1,20m.

3) Poços de queda

Os poços de queda são utilizados quando ocorrem desníveis entre as tubulações de entrada e de saída. Essa situação ocorre nos locais onde a declividade do terreno é muito maior do que a declividade máxima permitida para o assentamento do emissário.

4) Poços de coleta

Os poços de visita e de queda podem funcionar como poços de coleta, permitindo drenar as águas superficiais provenientes de áreas rurais, das bacias de montante, e aduzi-las através dos emissários. Para tal, deverá ser executada uma grade como tampa dos poços, para impedir a entrada de materiais grosseiros, bem com construir uma cerca para impedir o acesso de animais. Funcionalmente, apresentam as mesmas características dos poços de visita ou de queda.

EMISSÁRIOS EM CANAIS

O sistema de drenagem urbana, além dos componentes da rede de galerias de águas pluviais, emissários em condutos circulares, dissipadores de energia e barragens, contempla em inúmeros casos, conforme a situação da condução das águas pluviais para os vales receptores, os canais emissários. Para tanto, o projeto geralmente inclui, além do canal em si, dissipadores de energia na extremidade dos mesmos, de forma a obter uma sensível redução das velocidades de escoamento a valores permissíveis, para não provocar escavações a jusante, no fundo do vale receptor, o que poderia causar o colapso do canal e de todo o sistema de drenagem urbana.

Canais são obras destinadas a conduzir a água com superfície livre, isto é, sem preencher completamente a seção transversal dos condutos fechados. Quanto à conformação, os canais podem ser naturais, revestidos ou impermeabilizados.

Os canais naturais são normalmente usados em zonas rurais, sendo os revestidos ou impermeabilizados geralmente empregados como canais de drenagem em zonas urbanas. Os tipos mais comuns de revestimento utilizados são: concreto armado, gabiões e grama. A conveniência da utilização de um ou outro tipo depende da situação existente, todavia, na prática tem-se verificado o seguinte:

- a) Canais de concreto armado – empregados na presença de declividade íngremes e velocidades de escoamento até 6m/s;
- b) Canais em gabiões - Empregados na presença de declividades médias e velocidades de escoamento até 3,5m/s.

- c) Canais gramados – Utilizados na presença de declividade suaves, em situações de velocidades de escoamento relativamente baixas e onde se possam prever baixas taxas de sedimentos transportados.

Quanto ao regime de escoamento em canais abertos, podem ocorrer as seguintes formas:

- 1 Escoamento Permanente: Quando a vazão permanece constante numa seção transversal. O escoamento em canais de drenagem e rios tende a ser permanente, exceto durante as cheias.
- 2 Escoamento não Permanente: Quando a vazão é variável numa seção transversal. Os escoamentos intermitentes nas saídas de terraços, canais de desvio, vertedores de reservatórios, etc., são escoamentos não permanentes.
- 3 Escoamento Uniforme: Quando o escoamento é permanente e a velocidade média é a mesma nas sucessivas seções transversais.
- 4 Escoamento variado: Quando o escoamento é permanente e a velocidade média é variável de uma seção transversal para outra.

No projeto de canais, usualmente admite-se que o regime de escoamento é o de movimento uniforme. Embora, na prática, os requisitos que o caracterizam sejam raramente atendidos, mesmo em canais naturais. Porém, com restrições, a condição de movimento uniforme é assumida nos cálculos, oferecendo uma solução relativamente simples e satisfatória para os problemas práticos.

Ocorrendo mudanças de declividade, seção ou alinhamento, é necessário traçar-se um trecho de transição, ou, havendo sensível alteração da linha piezométrica, deve-se considerar a mudança no regime de escoamento para movimentos variados.

Quando ocorre escoamento num canal, a água encontra certa resistência a qual, sendo equilibrada pela ação da componente da força da gravidade, agindo sobre a massa d'água na direção do movimento, estabelece o movimento uniforme.

A magnitude desta resistência, desde que mantidas inalteradas as condições físicas do canal, depende da velocidade de escoamento. Neste caso, se a água penetra devagar e no canal, tanto a velocidade, como a resistência serão baixas e o fluxo será acelerado e variado pela ação da força de gravidade. Gradualmente a velocidade e a resistência vão aumentando até que o equilíbrio seja estabelecido e com ele o movimento uniforme, sendo o trecho até o estabelecimento do regime uniforme, chamado de zona de transição. No trecho final, a resistência pode ser novamente excedida pela força da gravidade e o fluxo poderá variar novamente, ocorrendo uma nova zona de transição. Não havendo comprimento suficiente de canal, o movimento uniforme não ocorrerá.

Muitas fórmulas práticas foram publicadas e entre elas, as mais conhecidas e amplamente utilizadas são as de CHÉZY e MANNING, sendo a última a que nos reportaremos, devido à sua simplicidade e resultados satisfatórios em aplicações práticas

No sistema métrico, a fórmula de MANNING é dada por:

$$V = \frac{1}{n} R^{1/3} I^{1/2}$$

onde:

V = velocidade média de escoamento, em m/s.

R = raio hidráulico, em m;

I = Declividade, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade (coeficiente “n” de MANNING).

A rugosidade das paredes é normalmente considerada o único fator para a seleção de “n”, sendo em geral um dos mais importantes. Este fator é representado pelo tamanho e forma do material que forma o leito do canal e que produz um efeito retardador no escoamento. Em alguns casos, também podem ser considerados como fatores que influenciam a correta determinação de “n”, os seguintes pontos:

- Irregularidades no canal: irregularidades no leito e variações da seção transversal, tamanho e forma ao longo do comprimento;
- Alinhamento: curvas suaves de grande raio dão um valor baixo de “n”, enquanto curvas mais pronunciadas aumentam o seu valor;
- Obstruções: pilares de pontes, etc;
- Tipo de vegetação;
- Tamanho e forma do canal;
- Idade do canal e vazão;
- Carga e tipo de sedimentos transportados.

Em se tratando de canais com revestimento rígido, “n” pode ser usualmente admitido como constante, independente da declividade e forma do canal e da profundidade de escoamento.

Para o dimensionamento de canais emissários revestidos os valores comumente utilizados do coeficiente “n” de MANNING, apresentam-se a seguir.

Tipo do Canal - Descrição	Mínimo	Médio	Máximo
1. Metálicos			
a. Superfície em aço liso			
1. Sem pintura	0,011	0,012	0,014
2. Com pintura	0,012	0,013	0,017
b. Corrugado	0,021	0,025	0,030
2. Não metálicos			
a. Cimentados			
1. Superfície bem acabada	0,010	0,011	0,013
2. Argamassado	0,011	0,013	0,015
b. De madeira			
1. Lisa sem tratamento	0,010	0,012	0,014
2. Lisa tratada com creosoto	0,011	0,012	0,015
3. Não aplainada	0,011	0,013	0,015
4. Pranchões com travessas	0,012	0,015	0,018
c. De concreto			
1. Acabado a colher de pedreiro	0,011	0,013	0,015
2. Acabado a desempenadeira	0,013	0,015	0,016
3. Acabado com areia grossa	0,015	0,017	0,020
4. Sem acabamento	0,014	0,017	0,020
5. Lançado com seção regularizada	0,016	0,019	0,023
6. Lançado com seção ondulada	0,018	0,022	0,025
7. Sobre rocha bem escavada	0,017	0,020	0,023
8. Sobre rocha irregular	0,022	0,027	0,030
d. Fundo de concreto acabado a desempenadeira e paredes laterais de:			
1. Pedra regular argamassada	0,015	0,017	0,020
2. Pedra irregular argamassada	0,017	0,020	0,024
3. Alvenaria de brita argamassada	0,016	0,020	0,024
4. Alvenaria de brita	0,020	0,025	0,030
5. Rocha seca ou riprap	0,020	0,030	0,035
e. Fundo de cascalho e paredes laterais de:			
1. Concreto moldado em formas	0,017	0,020	0,025
2. Pedra irregular argamassada	0,020	0,023	0,026
3. Rocha seca ou riprap	0,023	0,033	0,036
f. De tijolos de argila			
1. Vitificados	0,011	0,013	0,015
2. Com argamassa de cimento	0,012	0,015	0,018
g. Alvenaria			
1. Rocha cimentada	0,017	0,025	0,030
2. Rocha seca	0,023	0,032	0,035
h. Pedra de cantaria argamassada	0,013	0,015	0,017
i. Asfalto			
1. Liso	0,013	0,013	0,013
2. Rugoso	0,016	0,016	0,016
j. Revestidos de vegetação	0,030	0,040	0,050

Figura 5. Valores do coeficiente “n” de MANNING para canais revestidos
Fonte: CHOW, V.T.

As seções transversais mais utilizadas nos emissários em canais para a drenagem urbana, no Noroeste do Estado do Paraná, são as seguintes:

- Seção triangular;

- Seção circular;
- Seção trapezoidal;
- Seção retangular.

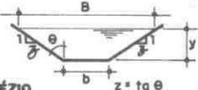
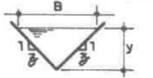
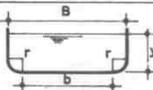
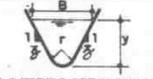
A seção triangular é utilizada principalmente nos casos em que as vazões são pequenas, em sarjetas das vias públicas, na microdrenagem urbana.

A seção circular, é largamente utilizada na rede de microdrenagem das cidades e em emissários com vazões de projeto médias.

Nos casos em que não haja mais capacidade do emissário circular ou a sua execução não permita a condução das águas pluviais até o ponto adequado no vale receptor, lança-se mão na utilização frequente de canais com as seções trapezoidal e retangular, respectivamente.

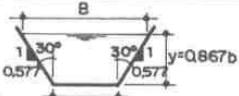
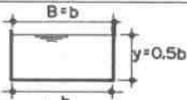
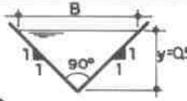
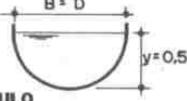
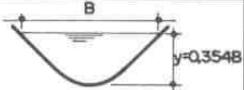
Os elementos geométricos das seções transversais mais usadas podem ser visualizadas na tabela a seguir, e as seções de máxima eficiência.

Tabela 8. Elementos geométricos das seções dos canais

SEÇÃO	ÁREA (A)	PERÍMETRO MOLHADO (P)	LARGURA SUPERFICIAL (B)	RAIO HIDRÁULICO (R = A/P)
 RETÂNGULO	by	$b + 2y$	b	$\frac{by}{b + 2y}$
 TRAPÉZIO	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$
 TRIÂNGULO	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$2zy$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$
 CÍRCULO	$\frac{D^2}{8}(1 - \text{sen}\omega)$	$\frac{D}{2}\omega$	OU $D(\text{sen}\frac{\omega}{2})$ $2\sqrt{y(D - y)}$	$\frac{D}{4}(1 - \frac{\text{sen}\omega}{\omega})$
 PARÁBOLA	$\frac{2}{3}By$	$B + \frac{8y^2}{3B}$	$\frac{3}{2}\frac{A}{y}$	$\frac{2B^2y}{3B^2 + 8y^2}$
 RETÂNGULO C/ CANTOS ARREDONDADOS	$(\frac{\pi}{2} - 2)r^2 + (b + 2r)y$	$(\pi - 2)r + b + 2y$	$b + 2r$	$\frac{(\frac{\pi}{2} - 2)r^2 + (b + 2r)y}{(\pi - 2)r + b + 2y}$
 TRIÂNGULO C/ FUNDO ARREDONDADO	$\frac{B^2}{4z} - \frac{r^2}{z}(1 - z \text{ arc cot } z)$	$\frac{B}{z}\sqrt{1 + z^2} - \frac{2r}{z}(1 - z \text{ arc cot } z)$	$2[z(y - r) + r\sqrt{1 + z^2}]$	$\frac{A}{P}$

Fonte: SANTOS, M.J.M. dos

Tabela 9. Elementos geométricos das seções de máxima eficiência

SEÇÕES	ÁREA (A)	PERÍMETRO MOLHADO (P)	LARGURA SUPERFICIAL (B)	RAIO HIDRÁULICO (R = A/P)
 TRAPÉZIO	$\sqrt{3}y^2$	$2\sqrt{3}y$	$\frac{4\sqrt{3}}{3}y$	$\frac{1}{2}y$
 RETÂNGULO	$2y^2$	$4y$	$2y$	$\frac{1}{2}y$
 TRIÂNGULO	y^2	$2\sqrt{2}y$	$2y$	$\frac{\sqrt{2}}{4}y$
 SEMI-CÍRCULO	$\frac{\pi}{2}y^2$	πy	$2y$	$\frac{1}{2}y$
 PARÁBOLA	$\frac{4\sqrt{2}}{3}y^2$	$\frac{8\sqrt{2}}{3}y$	$2\sqrt{2}y$	$\frac{1}{2}y$

Fonte: SANTOS, M.J.M. dos

No dimensionamento de canais, certas limitações devem ser consideradas quanto a velocidades (máxima e mínima) e taludes admissíveis em função principalmente do tipo de material do canal e da qualidade da água a ser transportada.

Velocidade mínima é a velocidade abaixo da qual haverá sedimentação, produzindo assoreamento no leito do canal e/ou induzindo o crescimento de plantas aquáticas, o que, poderá ocasionar o decréscimo da capacidade de fluxo no canal.

Velocidade máxima é a velocidade máxima permissível acima da qual a erosão nas paredes do canal atinge proporções indesejáveis. O controle da velocidade de escoamento pode ser feito quando da determinação das dimensões da seção transversal e da declividade onde estará assentado o canal. Existem várias recomendações tabeladas para as velocidades recomendadas quando do dimensionamento de canais.

Também são dimensionados, quando necessários, cálculos apoiados em movimento variado, o qual ocorre nas transições suaves da seção transversal e nas mudanças de forma ou declividade de fundo.

Vários critérios técnicos deverão ser levados em conta quando da elaboração de projetos de canais, tais como:

- Superelevação em curvas;
- Ondas superficiais;
- Bordas livres, e,
- Estabilidade dos taludes.

As condições do terreno nas extremidades dos emissários deverão ser analisadas, determinando-se os locais adequados para o lançamento final, bem como os valores suportáveis do solo com referência à velocidade das águas.

Devido às altas velocidades das águas nos emissários, em solos suscetíveis ao fenômeno da erosão, deverão ser previstos dissipadores de energia, para reduzir a velocidade a valores compatíveis com o tipo de solo.

Devido aos altos custos destas obras, é recomendada uma análise das condições de projeto, que deverá planejar o adequado uso, considerando sempre um planejamento criterioso, lembrando que o uso adequado das mesmas reduz o custo inicial e de manutenção.

As estruturas hidráulicas utilizadas para dissipação da energia nas extremidade dos emissários em tubulações de concreto são do tipo de impacto e de mergulho. As tipo de impacto, modelos BRADLEY – PETERKA e MUNIR SAAB, são utilizadas apenas nos extremos de tubos de concreto. A bacia de dissipação de mergulho poderá também ser utilizada em extremidades de canais, porém, sua concepção e utilização sempre ateu-se ao uso da mesma na extremidade de emissários em tubos de concreto.

Consideram-se ainda, os dissipadores tipo bacia de dissipação de mergulho, bacias dissipadoras com ressalto hidráulico, calhas inclinadas com blocos dissipadores, bacia de dissipação de energia tipo S.A.F (Sant Anthony Falls Basin).

ESTABILIZAÇÃO DE VALES RECEPTORES

O projeto do sistema de micro e macrodrenagem estará concluído mediante a inclusão de estruturas de controle, as quais definirão a estabilização de vales receptores.

Estas estruturas são recomendadas somente em situações em que se dispõe de materiais e mão-de-obra baratos. O aumento da mecanização e o alto custo de mão-de-obra podem resultar num grande declínio na viabilidade das estruturas temporárias, para a estabilização de canais. SMITH (1952) relata o desempenho de 50 (cinquenta) estruturas temporárias que foram usadas na fazenda experimental do Soil Conservation Service, em Bethany-Missouri, onde somente 5% das estruturas

funcionaram como o previsto. Concluiu-se que a proteção vegetal estabilizou o vale tão facilmente, sem a utilização de estruturas temporárias. Estruturas temporárias foram descritas por JEPSON (1959) e podem ser construídas com rocha, arames entrelaçados, palanques creosotados, gravetos ou terra. Estas estruturas devem ser projetadas de acordo com a fórmula de vertedores de parede espessa e é recomendável um período de recorrência de 10 anos.

Os modelos mais utilizados constituem-se em:

- Vertedor de queda;
- Vertedor com caixa de queda na entrada, e,
- Vertedor em canal.

Utilizam-se também:

- Barragem de terra com vertedor de gabião;
- Tipo híbrido (gabião + barragem de terra);
- Concordância de barragem de terra com muro lateral;
- Degraus com tubos;
- Cortinas diafragma;
- Diques e barragem de madeira, alvenaria, de concreto, concreto celular, muro de arrimo + parede diafragma e trincheira armada;

Utilizam-se ainda, soluções não estruturais tais como:

- Diques de ramos e ervas;
- Diques de duas fileiras;
- Diques de grades metálicas com rede suspensa;
- Com rede metálica de cestão fixo;
- Diques de pedra sem aglutinante;
- Diques de troncos;
- Ervas no controle da erosão.

6 Defesa Civil

O Ministério da Integração Nacional através da Secretaria Nacional de Defesa Civil e das Coordenadorias Estaduais e Municipais de Defesa Civil, nos últimos anos, vêm apoiando e estimulando as estruturas estaduais e municipais, organizando-as sempre mais, tendo em vista os desastres ocorridos com bastante frequência no território nacional nos últimos anos.

Em 2012, foi aprovada a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (Lei Federal 12.608, de 10 de abril de 2012). A Lei dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC e autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres, representando um marco quanto à estruturação nacional da Defesa Civil.

A PNPDEC orienta que o gerenciamento de riscos e de desastres deve ser focado nas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação e demais políticas setoriais, como propósito de garantir a promoção do desenvolvimento sustentável. Além disso, trouxe algumas inovações, como:

- Integração das políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável;
- Elaboração e implantação dos Planos de Proteção e Defesa Civil nos três níveis de governo, estabelecendo metas de curto, médio e longo prazo;
- Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres;
- Profissionalização e a qualificação, em caráter permanente, dos agentes de proteção e defesa;
- Cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; e,

- Inclusão nos currículos do ensino fundamental e médio dos princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental, entre outras.

O ponto de partida das ações necessárias para a estruturação da Defesa Civil, também denominado de Plano de Contingências de Proteção e Defesa Civil - PLANCON, constitui-se no Plano Diretor de Defesa Civil Municipal, apêndice ou anexo ao Plano Diretor Municipal. Os objetivos do Plano Diretor de Defesa Civil, apresentam-se a seguir:

- 1) Promover a defesa permanente contra desastres naturais ou provocados pelo homem.
- 2) Prevenir ou minimizar danos, socorrer e assistir populações atingidas, reabilitar e recuperar áreas deterioradas por desastres.
- 3) Atuar na iminência ou em situações de desastres.
- 4) Incrementar o nível de segurança intrínseca e reduzir a vulnerabilidade dos cenários dos desastres e das comunidades em riscos.
- 5) Otimizar o funcionamento da Defesa Civil em todos os tipos de desastres que ocorrem no Município.
- 6) Facilitar uma rápida e eficiente mobilização dos recursos necessários ao restabelecimento da situação de normalidade, em circunstâncias de desastres.
- 7) Proporcionar a todos os órgãos ou instituições que trabalham na área de Defesa Civil, nova filosofia para que tenham possibilidade de elaborar planos de contingências e/ou operacionais para fazer frente aos desastres, de acordo com sua origem.

Sua estrutura é a seguinte:

- 1) Prevenção de Riscos de Desastres.
 - a. Estudo de ameaças de desastres;
 - b. Estudo do grau de vulnerabilidade do sistema e dos corpos receptores,e,

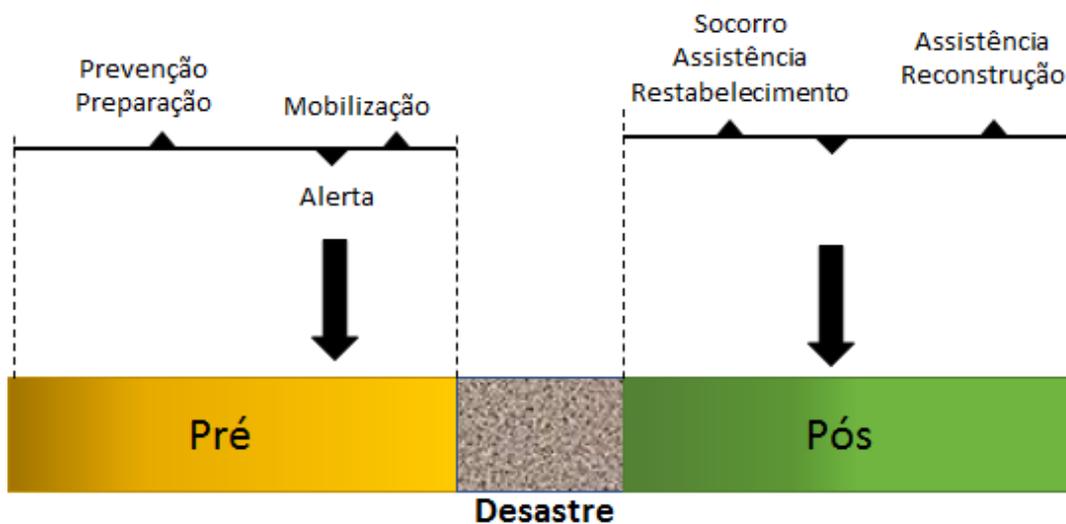
- c. Análise conclusiva, permitindo a avaliação e a hierarquização dos riscos de desastres e a definição das áreas de maior risco.
- 2) Redução dos Riscos de desastres
 - a. Medidas não estruturadas, que englobam o planejamento da ocupação e/ou da utilização do espaço geográfico, em função da definição das áreas de risco;
 - b. Medidas estruturais, que englobam obras de engenharia.
 - 3) Preparação para emergências e desastres, objetivando otimizar as ações preventivas de resposta aos desastres e de reconstrução, através dos projetos de:
 - a. Desenvolvimento Institucional;
 - b. Desenvolvimento de Recursos Humanos;
 - c. Desenvolvimento Científico e Tecnológico;
 - d. Mudança Cultural;
 - e. Motivação e Articulação Empresarial;
 - f. Informações e Estudos Epidemiológicos sobre Desastres;
 - g. Monitoramento, Alerta e Alarme;
 - h. Planejamento Operacional e de Contingência;
 - i. Planejamento de Proteção de Populações contra Riscos de Desastres Focais;
 - j. Mobilização, e,
 - k. Aparelhamento e Apoio Logístico.
 - 4) Respostas aos Desastres, compreendendo:
 - a. Socorro (Pré-impacto e Limitação de Danos);
 - b. Assistência às Populações Vitimadas (Logística, assistência e promoção da saúde);
 - c. Reabilitação do Cenário do Desastre (Avaliação de danos, vistoria e elaboração de laudos técnicos, desmontagem de estruturas danificadas, desobstrução e remoção de escombros, sepultamento, limpeza, descontaminação, desinfecção e desinfestação do ambiente,

reabilitação dos serviços essenciais e recuperação de unidades habitacionais de baixa renda, e,

- d. Reconstrução, mediante o restabelecimento em sua plenitude dos serviços públicos, da economia da área, da moral social e do bem-estar da população.

O Ministério da Integração Nacional, e acordo com a Portaria Ministerial N°127/2008, disponibiliza através do Departamento de Reabilitação de Reconstrução, o Caderno de Orientações sobre o estabelecimento de Convênios para solicitação de recursos até a prestação de contas.

A figura a seguir, apresenta a linha do tempo de um desastre, detalhando as diferentes fases da ação planejada.



– Fase pré-desastre

- o Prevenção – compreende a avaliação de riscos e a redução de desastres. A avaliação de riscos consiste em estudos das ameaças de desastres e do grau de vulnerabilidade do sistema e dos corpos receptores, de modo a qualificar e hierarquizar os riscos, definindo as áreas de maior vulnerabilidade. A redução de riscos se dá mediante a

- adoção de medidas preventivas estruturais (obras de engenharia de qualquer especialidade) e não estruturais (ocupação e/ou utilização do espaço geográfico, em função da definição das áreas de risco, aperfeiçoamento da legislação de segurança contra desastres).
- Preparação – tem o objetivo de otimizar as ações preventivas, as de resposta aos desastres e as de reconstrução, através de projetos de desenvolvimento Institucional, de recursos humanos, científico e tecnológico, mudança cultural, motivação e articulação empresarial, informações e estudos epidemiológicos sobre desastres, monitoramento, alerta e alarme, planejamento operacional e de contingência, planejamento de proteção de populações contra riscos de desastres focais, mobilização e aparelhamento de apoio logístico.
 - Mobilização – trata-se do conjunto de medidas que visam a ampliar, de forma ordenada, a capacidade de concentrar recursos institucionais, humanos, econômicos e materiais para enfrentar uma situação de emergência.
- Fase pós-desastre
- Ações de Resposta – são medidas implementadas nos momentos seguintes ao desastre e se classificam em:
 - Socorro – compreendem ações de imediato atendimento à população afetada pelo desastre, contemplando atividades relacionadas ao atendimento emergencial, tais como busca e salvamento, primeiros socorros, atendimento pré-hospitalar e atendimento médico-cirurgião emergencial.
 - Assistência – consiste no atendimento à população afetada pelo desastre, mediante aporte de recursos destinados a atividades logísticas, assistenciais e de promoção da saúde, até que se restabeleça a situação de normalidade.
 - Restabelecimento – contempla a execução de manobras provisórias e urgentes, voltadas para o restabelecimento de

serviços essenciais, estabilizando a situação para que se possa promover a reconstrução do cenário afetado pelo desastre. Dão-se pela realização e acessos alternativos, restabelecimento do fornecimento de água e energia, remoção de escombros, etc. Pelo caráter efêmero que possuem, são normalmente obras de baixo custo e classificadas como despesas de custeio.

- Ações de Reconstrução – são obras com caráter definitivo, voltadas para a restauração do cenário (reconstrução ou recuperação de pontes, residências, contenções, trechos de estradas, etc.) São passíveis de licenciamentos, contratadas com base em projeto básico detalhado, mesmo quando a dispensa de licitação se aplicar. Esta restauração poderá incluir esforços para reduzir a exposição ao risco (elementos de prevenção), indo além da simples reprodução da estrutura destruída.

A figura a seguir, apresenta a codificação de desastres, ameaças e riscos (CODAR) e a simbologia dos desastres utilizados no mapeamento a ser elaborado em cada Município.

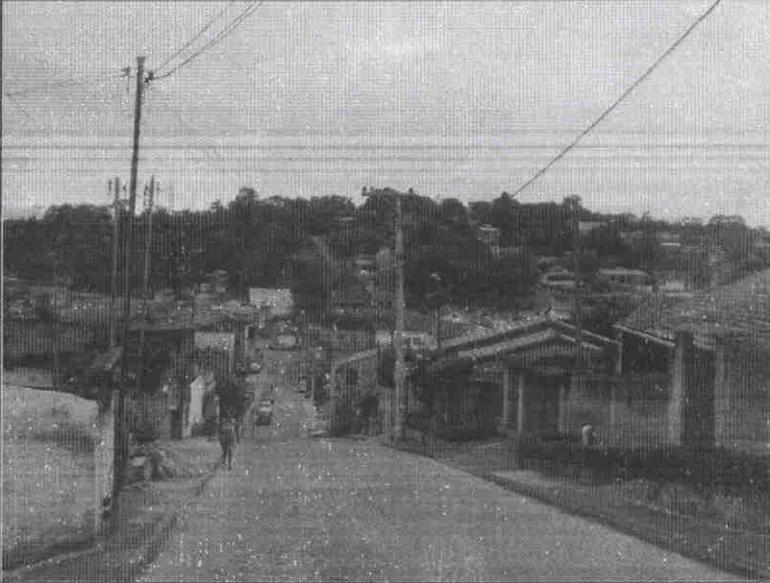
RELACIONADOS COM AS PRECIPITAÇÕES HÍDRICAS E COM AS INUNDAÇÕES			
DESASTRES NATURAIS	CODAR Alfabético	CODAR Numérico	Simbologia
Enchentes ou Inundações Graduais	NE.HIG	12.301	
Enxurradas ou Inundações Bruscas	NE.HEX	12.302	
Alagamentos	NE.HAL	12.303	
RELACIONADOS COM A GEOMORFOLOGIA, O INTEMPERISMO, A EROÇÃO E ACOMODAÇÃO DO SOLO			
DESASTRES NATURAIS	CODAR Alfabético	CODAR Numérico	Simbologia
Rastejos	NI.GRJ	13.303	
Quedas, Tombamentos e/ou Rolamentos de Matações e/ou Rochas	NI.GQT	13.304	
RELACIONADOS COM A CONSTRUÇÃO CIVIL			
DESASTRES HUMANOS	CODAR Alfabético	CODAR Numérico	Simbologia
Relacionados com o Rompimento de Barragens e Riscos de Inundação a jusante	HT.CRB	21.304	

Figura 6. Codificação de desastres, ameaças e riscos – CODAR e simbologia dos desastres utilizados no mapeamento

Cita-se como modelo, a PLANCON de São Pedro da Aldeia/RJ. Anexo, a seguir, modelo de ficha de cadastramento de áreas de risco no município de Saquarema/RJ.

ÁREAS DE RISCO DO MUNICÍPIO DE SAQUAREMA

ÁREA 01			
Rua:			
Bairro:			
Georeferência	Latitude 22°22.510'	Longitude 22°22.695'	Altitude 501m
Descrição da área:	Loteamento com características predominantes de assentamento precário, situado junto a encosta, área de preservação ambiental, com risco de ocorrência de deslizamentos e/ou escorregamentos rolamentos de blocos deslocamento de rocha e erosão de taludes.		
FOTO (anexo ao email)	GOOGLE MAPS		
Vulnerabilidade	Risco		
Alta	Grau 3		
Nº de Imóveis vulneráveis (estimativa)	Nº de pessoas sob risco (estimativa)		
120	400		
Danos Prováveis:	Pessoas, logradouros, moradias, infra-estrutura e construções.		
Recomendação:	Realizar estudo geotécnico para obter viabilidade de contenção adequada ou relocação dos moradores.		

ÁREA 02			
Rua:	Local conhecido Morro da Covil, beirando a Rodovia Amaral Peixoto Km 70 -		
Bairro:	Bacaxá		
Georeferência	Latitude 11°11.376'	Longitude 22°22.243'	Altitude 495m
Descrição da área:	Área com características predominantes de construção precária, situado em encosta com ocorrência anual de deslizamentos e/ou escorregamentos.		
FOTOS			
Vulnerabilidade	Risco		
Alta	Grau 3		
Nº de Imóveis vulneráveis (estimativa)	Nº de pessoas sob risco (estimativa)		
200	800		
Danos Prováveis:	Pessoas, logradouros, moradias, infra-estrutura e construções.		
Recomendação:	Realizar estudo geotécnico para obter melhor tipo de contenção; orientar os moradores sobre a drenagem adequada das águas servidas e corte em talude sem acompanhamento técnico.		

7 Bibliografia Consultada

- FENDRICH, R. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Champagnat, 4^o edição, 1997.
- PUPPI, I.C. **Estruturação Sanitária das Cidades**. São Paulo: CETESB, 1981.
- ABGE. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – **Anais do Simpósio sobre o Controle da Erosão**. Curitiba, 1980.
- FRENDRICH, R. **Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná**. Curitiba, 2003.
- DAEE e CETESB. **Drenagem Urbana: Manual de projeto**. São Paulo, 1980.
- LINSLEY, R.K e FRANZINI, J. B. **Drenagem. Engenharia de Recursos Hídricos**. São Paulo, EDUSP, 1978.