

Capítulo 5



10.37423/201203455

SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL EM COMUNIDADES CARENTES: CASO DAS COMUNIDADES DE VILA CARAMURU, MORRO DOS MINEIROS E VILA AMIZADE - RJ

Victor Hugo da Motta Paca

*Companhia de Pesquisa de Recursos
Minerais - CPRM*

Júlio Domingos Nunes Fortes

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
UERJ*



Resumo: Neste trabalho são expostos os procedimentos adotados para dimensionamento do sistema de drenagem numa comunidade de baixa renda, e cultura heterogênea, com foco em uma favela da cidade do Rio de Janeiro, com vistas a melhoria das condições sanitárias e de saúde da população local, buscando dar um pouco mais de dignidade a tal comunidade. Também tem como finalidade alguns meios de esclarecimento e preparo destas populações no que tange ao cuidado com o meio ambiente e os recursos de que dispõem para as correções a serem aplicadas bem como alguns meios de formação de mentalidade participativa, para convívio em comunidade.

Palavras-Chaves: Drenagem Urbana, Saneamento, Comunidades Carentes.

1. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

Há muitos anos verifica-se um crescimento populacional acelerado e desordenado principalmente nos países em desenvolvimento. No Brasil, devido a condição financeira da população em geral, ser extremamente baixa, tem-se um enorme déficit habitacional, resultando na proliferação de assentamentos espontâneos, conhecidos como favelas. Estas regiões apresentam condições de vida precárias, sem sistema de saneamento básico e educação, entre outros.

A falta de conscientização gerada pela carência de programas de cidadania e mesmo de educação ambiental, resultam no mau uso dos sistemas implantados. Entre estes tem destaque o sistema para drenagem urbana em que se observam dificuldades tanto na sua implantação quanto na operacionalização. Estes fatores e os efeitos do escoamento superficial das águas de chuva sem controle, levaram ou a se optar pelo enfoque da questão da drenagem para comunidades favelizadas.

Isto ocorre em resultado das necessidades básicas dessas populações de baixa renda, que habitam em localidades expostas a todos os tipos de riscos e que, até o momento, não foram, em sua grande maioria, devidamente contempladas com intervenções do Poder Público.

A execução de obras e serviços se tornam bem mais complexa em favelas, geralmente situadas em encostas de morros, com perfil topográfico bastante acidentado, com inúmeras áreas de risco e adensamento demográfico excessivo, sem qualquer ordenamento urbanístico.

Nas áreas com tais características é preciso se proceder a um estudo localizado do regime das chuvas, em função dos problemas de deslizamentos que possam ser ocasionados. Outro aspecto é a determinação do tempo de recorrência, para que os custos de intervenção sejam considerados segundo a realidade local, sem que se inviabilize o projeto.

A urbanização desordenada, caso unânime de uma área favelizada, significa na prática: 1) - retirada de considerável parte de sua vegetação (que a protegia da ação erosiva das águas pluviais); 2) formação de becos e vielas; 3) construção de plataformas para as edificações ou construir edificações sobre pilares, sem nenhum respaldo técnico e acompanhamento.

As características topográficas das áreas favelizadas, levam em geral as altas velocidades das águas em escoamento superficial ocasionando: a) erosões nos terrenos; b) desbarrancamentos; c) danificação de pavimentos; d) criação de pontos baixos onde a água se acumula; e) ocupação por edificações de locais de escoamento natural das águas (pontos baixos e fundos de vale); f) - assoreamento dos córregos coletores, pelo acúmulo de material erodido dos terrenos.

Adotar um tipo de ocupação sem atender as características naturais do terreno e ao mesmo tempo fazer custosas obras de proteção (muros de arrimo, complexo sistema pluvial, canalização de órregos, etc.) são ações conjugadas. As conseqüências são danosas e por isso mesmo o custo das obras embora vultoso é compensador.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho visa, como objetivo geral, expor os procedimentos adotados no projeto de drenagem de águas superficiais, para uma comunidade de baixa renda e de cultura heterogênea.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Fazem parte do objeto deste estudo os seguintes itens básicos complementares: a) exposição dos elementos constituintes de um sistema de drenagem, suas terminologias técnicas e critérios de projeto; b) estudo do regime de chuvas, levantamento das características da região estudada; c) proposição de projeto para área e análise das estruturas de drenagem já assentadas; d) considerações sobre a comunidade objeto.

3. METODOLOGIA

A aplicação das técnicas conhecidas que irão dar consistência ao procedimento metodológico impõe o conhecimento do regime local de águas por suas relações diretas com os dimensionamentos das obras necessárias.

Devido às diferentes e particulares condições climáticas, em nosso planeta a água pode ser encontrada, em seus vários estados: sólido, líquido e gasoso, em diferentes fases do ciclo hidrológico, presente e constante na Natureza.

As águas de drenagem superficial são fundamentalmente originárias de precipitações pluviométricas cujos possíveis transtornos devem ser neutralizados pelos sistemas de drenagem pluvial e/ou esgotos pluviais.

As precipitações pluviométricas, consideradas para a abordagem pretendida, será em sua forma mais comum: chuva.

Para medição de chuvas dois aparelhos são comumente empregados. São eles o pluviômetro e o pluviógrafo. O pluviômetro é mais utilizado devido a simplicidade de suas instalações e operação, sendo facilmente encontrado. No pluviômetro é lida a altura total de água precipitada, ou seja, a lâmina acumulada durante a precipitação em 24 horas, sendo que seus registros são sempre fornecidos em milímetros.

O pluviógrafo é mais encontrado nas estações meteorológicas propriamente ditas e registra a intensidade de precipitação, ou seja, a variação da altura de chuva com o tempo. Este aparelho registra em uma fita de papel em modelo apropriado, simultaneamente, a quantidade e a duração da precipitação.

Para projetos de galerias pluviais devem ser conhecidos as variações da altura de chuva com o tempo, ou seja, a intensidade da chuva. Isto só é possível através de medições via pluviógrafos. Um pluviógrafo é constituído de duas unidades, a saber: elemento receptor e elemento registrador. O receptor é semelhante ao de um pluviômetro comum diferindo, apenas, quanto à superfície receptora que é de 200cm², ou seja, a metade da área do pluviômetro. O elemento registrador consta de um cilindro oco, dentro do qual fica instalado um equipamento de relojoaria que faz girar um pequeno carretel situado sob o fundo do cilindro. Este cilindro dá uma volta completa em 24 horas, o que permite a mudança diária do papel com os registros de precipitações ocorridos, bem como o arquivamento contínuo para possíveis consultas aos dados registrados. Entre os vários modelos conhecidos, o mais empregado no Brasil é o de Hellmann-Fuess.

A intensidade é a quantidade de chuva por unidade de tempo. Em geral ela é associada a um intervalo de tempo e duração previstos de chuva, para um período de recorrência específico. Sua determinação é feita através de análise de curvas que relacionam intensidade – duração - freqüência, elaboradas a partir de dados pluviográficos anotados ao longo de vários anos de observações.

Tempo de recorrência é o intervalo médio em que um determinado evento hidrológico se reproduz ou é superado (LINSLEY & FRANZINI, 1978). Matematicamente é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer e é conhecido também como período de retorno. Ao se decidir, portanto, que uma obra será projetada para urna vazão com período de retorno T anos, automaticamente, decide-se o grau de proteção conferido ao sistema projetado e, por conseguinte, à população, se considerarmos seus efeitos. Trata-se, portanto, de escolher qual o “risco aceitável” pela comunidade. Esse critério vem sendo cada vez mais definido em

esferas técnico-política-econômicas, uma vez que são a comunidade e seus representantes que deverão decidir o grau de proteção desejável e o quanto estarão dispostos a pagar por ele.

Para o dimensionamento de galerias e definição dos elementos da rede de drenagem pluvial são necessários dados hidrológicos da região. Não havendo disponibilidade de dados adotam-se dados de uma região próxima e similar. Em favelas o fluxo superficial representa uma elevada percentagem da água precipitada. O escoamento superficial é mais importante quando as chuvas são muito intensas ou de duração prolongada, pois são as que apresentam efeitos mais danosos.

Existem valores estabelecidos previamente pelo jargão técnico em que para determinados tipos de obras utiliza-se o período de retorno adequado. No caso deste trabalho, que se concentra especialmente na microdrenagem de uma comunidade carente, o tempo de recorrência é estabelecido pelo órgão correspondente que é a Rio Águas, ligado a prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro:

“Adotar para micro e meso drenagem TR 10, ou seja, um tempo de retorno de 10 anos. Adotar para macro drenagem: rios e canais - TR 20; pontes e passarelas - TR 50. Obs.: em alguns casos, poderá permitir o uso de TR 5, como em canaletas de pé e alto de taludes”.

Isto não significa que a obra, após projeto, executada no campo esteja isenta de risco. Pelo contrário, o projeto contempla até determinadas precipitações, caso a intensidade de uma chuva exceda o valor de projeto, a rede de drenagem poderá “afogar” ou até mesmo extravasar e inundar determinadas áreas alagáveis.

EQUAÇÕES DE CHUVA

As equações de chuva, que são expressões empíricas das curvas intensidade – duração - freqüência, apresentam-se normalmente nas seguintes formas:

$$i = \frac{a}{(t+c)^b} \quad 4, \quad i = \frac{c}{t^m} \quad 5, \quad i = \frac{a.T^n}{(t+b)^r} \quad 6, \quad \text{onde, } i - \text{intensidade média em milímetros}$$

por minutos ou milímetros por hora; t - tempo de duração da chuva em minutos; T - tempo de recorrência em anos que é o intervalo de tempo onde determinada chuva de projeto é igualada ou suplantada estatisticamente; **a, b, c, d, e, m, n** e **r** são parâmetros definidos a partir das observações básicas da área onde o projeto está sendo elaborado.

Galerias Circulares e Tubos de Ligação

Diâmetro Mínimo = 0.40 m

Material a ser usado:

D = 0.60 - concreto simples (EB-6 ABNT) classe C2

D = 0.70 - concreto armado (EB-103- ABNT) classe CA 2 ou CA 3

Diâmetro do tubo de saída será sempre maior ou igual ao diâmetro de entrada: $D_s \geq D_e$

O recobrimento mínimo das galerias de águas pluviais em tubos de concreto simples será de 0,80 m a contar da geratriz superior do tubo. Para tubos de concreto-armado o recobrimento mínimo será de 0,60 m para tubos de 0,40 m de diâmetro, aumentando-se 0,05 m recobrimento para cada 0,10 m de acréscimo no diâmetro de tubo. Recobrimentos menores serão admitidos desde que a tubulação seja protegida com laje de concreto armado.

LÂMINA D'ÁGUA

Para galerias circulares e tubos de ligação: $0,20 = \frac{Hm}{D} = 0,85$

Para galerias retangulares: $\frac{Hm}{H} = 0,90$

POÇOS DE VISITA -PV

São caixas colocadas nas mudanças de direção, declividade e diâmetro da rede, tendo como objetivo sua visita e desobstrução. Serão localizados nas cabeceiras, nas mudanças de direção, de diâmetro, e de declividade, em todos os lançamentos dos tubos de ligação e nas chegadas de ramais;

O ângulo máximo entre duas galerias será de 90°. Distância máxima entre poços = 40,0 m;

As perdas de carga localizadas nos PV's devem ser consideradas e calculadas pela fórmula:

$$H = K \cdot \left(\frac{v^2}{2g} \right)^7$$

Onde: H = (m); K = coef. perda de carga, variável conforme ângulo de entrada no PV; V = diferença entre velocidades de entrada e saída (m/s); g = aceleração da gravidade = 9,81 (m/s²).

O número máximo de ligações no P.V. será de quatro, sendo somente uma saída.

O degrau mínimo dentro do poço será de 0.02 m. O degrau não deverá ser superior a 1.50 m. Quando isto ocorrer especificar fundo do P.V. em paralelepípedo de granito.

O fundo de P. V. será uma meia - calha no diâmetro do coletor de saída.

MÉTODO RACIONAL PARA CALCULO DA VAZÃO

Originário da literatura técnica norte-americana (Emil Kuichling - 1890) o Método Racional traz resultados bastante aceitáveis para o estudo de pequenas bacias com áreas até 100 hectares, de conformação comum, tendo em vista a sua simplicidade de operação bem como da inexistência de um método de melhor confiabilidade para situações desta natureza.

Menores erros funcionais advirão da maior acuidade na determinação dos coeficientes de escoamento superficial e dos demais parâmetros necessários para determinação das vazões que influirão diretamente nas dimensões das obras do sistema a ser implantado.

O Método Racional relaciona a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc, sendo a vazão de dimensionamento calculada pela seguinte expressão:

$$Q = C \cdot i \cdot A^8$$

Onde: Q - deflúvio superficial direto em litros por segundo; C - coeficiente de escoamento superficial; i - intensidade média de chuva para a precipitação ocorrida durante o tempo de concentração da bacia em estudo, em milímetro por minuto; A - área da bacia de contribuição em hectares.

O método presume como conceito básico, portanto, que a contribuição máxima ocorrerá quando toda a bacia a montante estiver contribuindo para a secção em estudo, implicando que o deflúvio seja decorrente de uma precipitação média de duração igual ao tempo de concentração da bacia e que esta é uma parcela da citada precipitação. O método não leva em consideração que as condições de permeabilidade do terreno, notadamente naqueles não pavimentados, variam durante a precipitação, provocando, freqüentemente, subdimensionamento das galerias de montante, em seus trechos iniciais. Não considera também o retardamento natural do escoamento cujo fenômeno acarreta alteração do pico de cheia, sendo esta a principal razão da limitação do método para bacias maiores. Outra consideração que provoca restrições é o fato de considerar constante a intensidade de chuva de projeto tanto no tempo como no espaço, ou seja, admite uma precipitação uniforme em toda a área de contribuição, implicando, na prática, em subdimensionamento dos trechos de jusante. Admite

também que o binômio chuva-deflúvio é função de dois fatores independentes, como as condições climáticas para a chuva e as fisiográficas, para cálculo do deflúvio, o que foi desmentido em estudos posteriores aos de Kuichling, que comprovaram a influência recíproca entre os dois fatores.

Do ponto de vista analítico, ainda se pode comentar que o método, embora tenha como equação característica uma expressão racional, não pode ser considerado efetivamente como tal, visto que no cálculo são empregados coeficientes eminentemente empíricos.

Concluindo tem-se que a experiência mostrou que o emprego do método deve-se limitar a obras de drenagem onde o sistema de galerias não coleta em um só conduto vazões provenientes de áreas superiores a 100 ha. Nestes termos, o método racional apresenta-se como razoável para o cálculo de sistemas de micro-drenagem superficial, fato este comprovado, ao longo dos anos, após sua criação.

Em bacias não urbanizadas e bacias locais será utilizada a expressão abaixo (Ulysses Alcântara, 1992). Para o dimensionamento do projeto, serão utilizados os seguintes critérios e parâmetros para o cálculo das vazões:

$Q = 2,78 \times n \times i \times A \times f^9$, onde: Q = vazão, L/s; 2,78 = constante de transformação de unidade; n = coeficiente de distribuição, sendo $\Rightarrow n = A_T^{-0,15}$. Para $A_T \leq 1$, n = 1,00; i = intensidade pluviométrica (mm/h); A = área de contribuição local (ha); A_T = área de contribuição total (ha); f = coeficiente de deflúvio = $m \times (l \times t)^{1/3}$ m = fator, função do coeficiente de impermeabilização; t = tempo de concentração (minutos)

Em bacias urbanizadas ou passíveis de urbanização será usada a expressão clássica do Método Racional:

$Q = 2,78 \times C \times I \times A^{10}$ Onde: I = intensidade pluviométrica (mm/h); A = área da bacia (ha); C = *run-off* = coeficiente de escoamento superficial.

Tempo de Concentração Inicial (t = minutos)

Quando a área a montante não for urbanizada: $t = t_1 + t_2$, onde: t_1 = tempo de escoamento superficial.

Quando a área a montante for urbanizada ou urbanizável, com divisor de águas a uma distância máxima de 60m, o tempo de concentração será retirado da tabela abaixo:

Tabela 1 – Tempo de concentração para bacias com área a montante urbanizada

Natureza da Área a Montante	Declividade da Sarjeta	
	I < 3 %	I ≥ 3%
Área urbana densa	10 minutos	7 minutos
Área residencial	12 minutos	10 minutos
Parque, jardim, campo	15 minutos	12 minutos

No caso de dois coletores que cheguem simultaneamente ao mesmo ponto, será usado para tempo de concentração o maior deles.

- Intensidade de Chuva de Projeto

Para o cálculo da intensidade média da chuva foi utilizada a equação de chuva de Benfica, posto pluviométrico mais próximo da região em questão. A fórmula para cálculo está a seguir:

$$I = \frac{1245}{(tc + 10)^{0,7092}}^{11}, \text{ equação do tipo 1 para } Tr = 10 \text{ anos.}$$

- Coeficiente de Impermeabilização

Foram adotados valores compatíveis com a ocupação e o solo da área de contribuição do trecho, utilizando-se a tabela abaixo, que relaciona o tipo de cobertura do terreno com o coeficiente de impermeabilização e com o fator “m”.

Tabela 2 – Coeficiente de Impermeabilização

TIPO DE SOLO	COEFICIENTE DE IMPERMEABILIZAÇÃO	m
Rocha	1.00	0.073
Centro da cidade	0.80	0.058
Residência - Lotes ≥ 360m ² e < 600m ²	0.70	0.051
Res. Urbano e Suburbano - Lotes ≥ 600m ²	0.60	0.043
Rural	0.40	0.029
Reserva, Parques e Áreas Jardinadas	0.25	0.018

- Dimensionamento Hidráulico

Para o dimensionamento da capacidade de escoamento das vias e do sistema de galerias proposto foi empregada a equação da continuidade, associada à fórmula de Manning, conforme abaixo:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{0,5} \quad 12$$

Onde: n = Coeficiente de atrito; para as canaletas será utilizado 0,015, e para as galerias circulares, 0,013; R_H = Raio hidráulico; I = Declividade longitudinal (m/m).

A lâmina d'água no interior dos dispositivos de drenagem deverá respeitar a seguinte diretriz:

- Galerias circulares e tubos de ligação: $0.20 \leq \underline{Hm} \leq 0.85 D$
- Galerias retangulares: $Hm \leq 0.90 H$
- Canaletas retangulares: $Hm \leq 0.60 H$
- Canaletas em meia calha: $2Hm \leq 0.60 H$
- Canais: $H - Hm \geq 0.80m$

Sendo: D = diâmetro (m) ; Hm = altura molhada (m); H = altura da seção (m).

Limite de velocidade para dimensionamento das galerias: V_{min} = 1,0m/s; V_{max} = 4,0m/s.

No dimensionamento da altura final das canaletas foi levada em consideração a altura crítica (hc) do tirante. Por este critério a altura final (H) da canaleta será a maior dos dois casos abaixo apresentados:

$$H = hc + 0,30cm$$

$$H = hc/0,7$$

Desta forma adotou-se como dimensão mínima de canaleta retangular a seção 30cm x 30cm.

Nos casos de canaletas retangulares com degrau, foi adotado o critério de vertedor com soleira espessa sem anteparo para dimensionamento do dispositivo de drenagem.

4. SISTEMA DE DRENAGEM DA COMUNIDADE EM ESTUDO – ESTUDO DE CASO

4.1. LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA VILA CARAMURU, MORRO DOS MINEIROS E VILA AMIZADE

4.1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO EM ESTUDO

As comunidades vislumbradas neste trabalho são: Vila Caramuru, Morro dos Mineiros e Vila Amizade que foram formadas a partir da ocupação das áreas de morros da Cidade do Rio de Janeiro, e estão

localizadas no bairro de Tomás Coelho, pertencendo a XII Região Administrativa - RA – Inhaúma, UEP 25. Vila Amizade faz parte do bairro de Piedade pertencendo a XIII Região Administrativa - RA – Méier, UEP 28, Os bairros Tomás Coelho e Piedade fazem divisa com os bairros de Quintino Bocaiúva, Água Santa, Encantado, Abolição, Pilares, Cavalcanti, Vicente de Carvalho, Vila Cosmos e Engenho da Rainha. A área de intervenção está localizada na Área de Planejamento 3 – AP 3.

As Comunidades de Vila Caramuru, Morro dos Mineiros e Vila Amizade estão situadas na encosta oeste do Morro dos Urubus, elevação de 177 metros, que se localiza no centro do quadrante formado pelos meridianos 675.000 e 672.500 e pelos paralelos 7.470.000 e 7.467.500, zona norte (subúrbio da linha auxiliar) da Cidade do Rio de Janeiro. Os principais marcos geográficos a partir do Morro do Urubu são: Morro do Dendê (noroeste), Serra da Misericórdia (norte) e Maciço da Tijuca (sul).

Este morro faz parte da região natural que tem como limites a linha auxiliar a norte, a linha da RFFSA a sul, o centro de Cascadura a oeste e o Viaduto de Pilares (Linha Amarela). Esta região caracteriza-se por uma paisagem urbana plana, quebrada pela presença da elevação do Morro dos Urubus, e emoldurada a Norte pelo Serra da Misericórdia e a Sul pelo Maciço da Tijuca. A topografia da área da Comunidade é formada por divisores convexos de pequena altimetria, topos semiplanos e encostas com declives em torno de 45 graus, vales encaixados (rua Manuel Correia), e pelas encostas íngremes do Morro do Urubu, que em sua parte de montante apresenta afloramentos rochosos íngremes e um topo convexo.

4.1.2. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA ÁREA PARA DEFINIÇÃO DAS CURVAS IDF

A estação pluviométrica de Benfica esta situada na bacia hidrográfica do Rio Faria, na antiga avenida Suburbana atual avenida Dom Hélder Câmara nº 855, Benfica, Rio de Janeiro. Ela se localiza sobre a laje de cobertura da Estação de Tratamento de Água da antiga fábrica de laticínios CCPL, em que a laje superior está a 15m de altitude. Tendo sua especificação junto a SERLA como: ESTAÇÃO: Benfica (CCPL) CÓDIGO: 5314.9.910-EP Município: Rio de Janeiro. Coordenadas geográficas, na latitude: 22°53'17" e na longitude: 43°14'56".

A estação operou regularmente de julho de 1969 até abril de 1994, a partir desta data passou a ter lacunas nas leituras pela desativação da fábrica e cessar suas operações definitivamente em agosto de 2001 após sucessivas invasões de desabrigados. As observações no pluviômetro e a troca de pluviogramas eram feitas as 7 horas da manhã.

A Tabela 2 apresenta os valores de **a**, **b** e **c** das equações de chuva em função do tempo de recorrência.

Tabela 3 – Parâmetros definidos e respectivos tempos de recorrência.

T_R (anos)	a	b	c
5	1.103	0,7075	10
10	1.245	0,7092	10
20	1.229	0,668	10
50	1.290	0,643	10
100	1.358	0,6326	10

A partir da equação do posto foi elaborada a curva IDF (intensidade-duração-frequencia). Para cada tempo de recorrência, dados seus respectivos parâmetros (5, 10, 20, 50, 100 anos) e em função dos tempos de duração de: 10, 15, 20 e 30 minutos; além de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 e 24 horas. Pode-se verificar que quanto mais intensa a precipitação menor a duração e quanto menor o risco menor a intensidade.

A Figura 1, a seguir, mostra a Curva IDF para tempos de duração das chuvas de 24 horas e 5 horas, respectivamente, considerados os tempos de recorrência de 5, 10 20 50 e 100 anos.

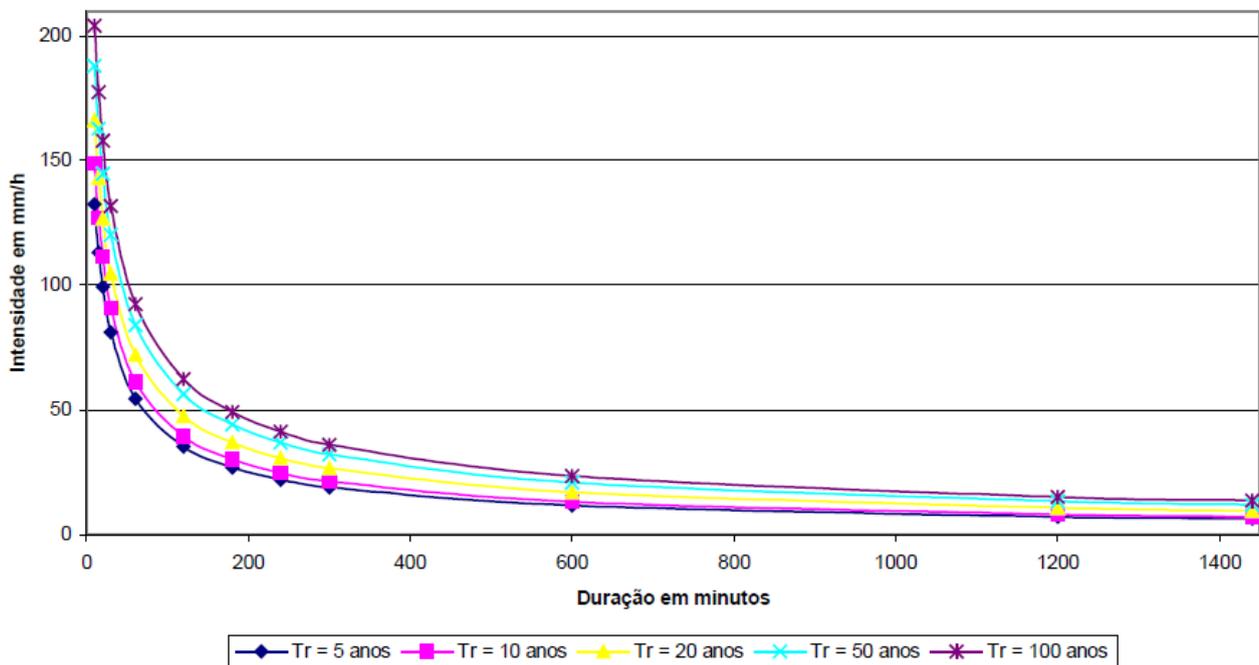


Figura 1 – Curva IDF para tempo de duração de até 24 horas ou 1440 minutos.

4.1.3. PROBLEMAS AMBIENTAIS EXISTENTES NA ÁREA E NO ENTORNO

Os principais problemas ambientais detectados na região foram:

- desconforto térmico, poluição do ar e odores: o desconforto térmico é um problema regional associado a alta insolação e direção da encosta, localmente agravado pelo déficit de cobertura vegetal. A poluição do ar é um problema regional semi-crítico associado ao trânsito de veículos na região. Os odores são problemas pontuais, associados ao lixo e às valas negras;
 - erosão, carreamento e assoreamento: estes problemas estão associados a ocupação da área, determinando forte erosão e carreamento de materiais naturais e antrópicos e deposição nas linhas de drenagem causando seu assoreamento;
 - ecossistemas insalubres, lixo, e vetores de doenças: foi constatado que nas Comunidades os problemas de vetores são críticos, em função da presença de lixões e linhas de drenagem poluídas;
 - degradação da paisagem: este problema é considerado semicrítico uma vez que a paisagem local é degradada, porém não visualizada de forma freqüente a partir das áreas vizinhas.
- #### 4.1.4. Características da drenagem da região em estudo

O projeto do sistema de drenagem pluvial para as comunidades buscou o máximo aproveitamento do sistema existente interligando com as galerias dos bairros adjacentes. A área do projeto é uma vertente do Morro dos Urubus.

Em consulta a Fundação Rio Águas existe um projeto de número 3-3-1112, com uma galeria de grande porte na rua Cardoso Quintão com deságüe previsto no rio Timbó, deságüe final da área em estudo.

Segundo os levantamentos de campo e conseqüente definição das bacias e sub-bacias contribuintes, a área do projeto é formada por 2 (duas) grandes sub-bacias que descem pelas ruas de acesso a Comunidade.

A área de projeto possui 29,15ha e foi dividida para efeito de estudo em duas sub-bacias, das quais a sub-bacia Cardoso Quintão ocupa a maior área como observado na figura 2.

Sub-bacia Cardoso Quintão: Morro dos Mineiros, Vila Caramuru e Vila Amizade (parte) – 15,73ha (54% da bacia de drenagem de projeto);

Sub-bacia Ana Quintão: Vila Amizade (parte) – 13,21ha (46% da bacia de drenagem de projeto).

A seguir apresenta-se tabela comparativo entre áreas de projeto:

Tabela 4 – Áreas de projeto

Sub-Bacia	Área Total (ha)	Área de Intervenção		
		(ha)	% Interv.	% do total
Cardoso Quintão	45,079	15,73	54	21,8
Ana Quintão	27,223	13,21	46	18,3
Total	72,302	28,94	100	40,1

A área de intervenção correspondeu a 40% da área total.

A sub-bacia Cardoso Quintão tem as suas águas descendo pelas ruas Itália D'Incau, Manoel Correa, Sebastião Pereira e Travessa Cardoso Quintão.

A sub-bacia Ana Quintão tem as suas águas descendo pelo Beco Bento Lima e a rua Solimões, ambas desaguando na rua Ana Quintão.

O reflorestamento nas áreas de cotas mais elevadas deverá ser reforçado e intensificado, o que será benéfico para o sistema de drenagem projetado, pois este leva em consideração o tipo de cobertura do solo na área. Assim, para as áreas cobertas com mata nativa foi utilizado o coeficiente de run-off de 0,4 e, para áreas cobertas com campina ou gramado, o coeficiente de 0,6.



Figura 2 – Aerofotografia da região de estudo
(Fonte: IPP - 2002)

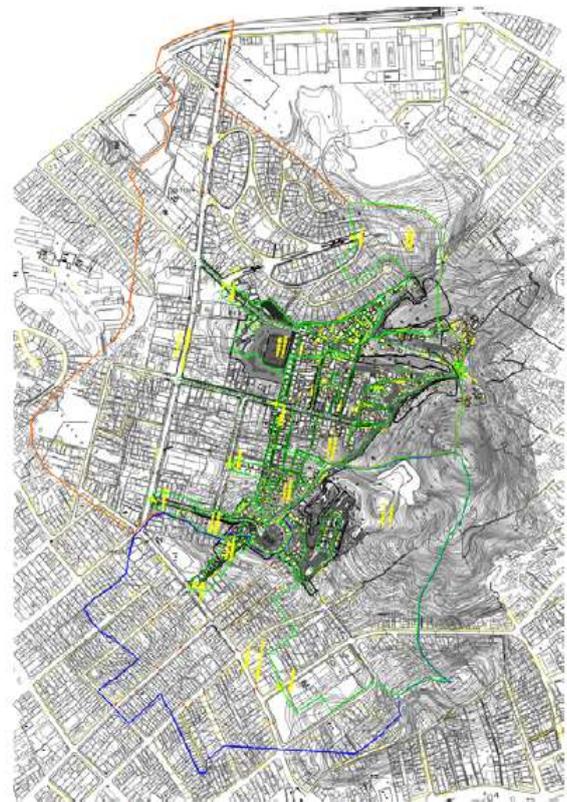


Figura 3 – Divisão de bacias e sub-bacias
(Fonte: IPP - 2002).

Algumas canaletas, mesmo passando por terrenos particulares, foram mantidas, pela constituição do talvegue e da dificuldade de se encontrar outros encaminhamentos, sendo a principal a que escoar a contribuição da Vila Amizade.

As canaletas já construídas pela Fundação GeoRio também foram mantidas.

As canaletas e galerias existentes foram analisadas quanto às suas capacidades e levando em consideração os critérios e parâmetros de projeto.

A conformação geotécnica do local, com afloramentos rochosos, sugere a necessidade de construção dos dispositivos de drenagem com desmonte em rocha em alguns trechos como a Travessa Cardoso Quintão e a rua Solimões. Assim, buscou-se no dimensionamento manter tanto as galerias quanto as canaletas de drenagem com pouca profundidade. Tendo em vista este critério, a profundidade máxima projetada para PV's foi de 3,0m.

4.2. ANÁLISE DAS GALERIAS DO ENTORNO E SUB BACIAS – ANÁLISE DA MACRO E MICRO DRENAGEM

Embora no dimensionamento das galerias do entorno tenham sido consideradas as áreas de montante pertencentes à área de intervenção, serão necessárias obras complementares de retaguarda para atender aos deságües projetados em alguns pontos específicos. Cabem assim, algumas considerações relativas à interface entre o sistema projetado e o sistema existente, segundo cadastro levantado em campo.

Na campanha de levantamentos cadastrais de campo, em alguns casos, não foi possível realizar a altimetria completa do dispositivo de drenagem, uma vez que o mesmo se encontra totalmente capeado ou lacrado ou ainda assoreado. Para efetuar o cadastro seria necessário além de maquinário adequado, eventualmente o desmonte do pavimento no entorno e, por conseguinte sua reconstituição posterior.

- Micro bacia da Rua Sebastião Pereira – deságüe 1

Esta micro-bacia possui 3,20ha e vazão total de 525,73l/s. As vazões a serem lançadas na rua Sebastião Pereira, provenientes da bacia de contribuição da rua São João Batista e da área descampada à montante da rua Sebastião Pereira, que hoje serve de vazadouro de lixo para a comunidade local, são lançadas através da galeria projetada de 400mm e 500mm na cabeceira da galeria retangular existente

de 600mm x 700mm. A galeria existente não apresentou problemas relativos à suficiência para o transporte das vazões de projeto na simulação hidráulica realizada.

A área descampada à montante da rua Sebastião Pereira configura uma bacia de contribuição que redundava em um filete permanente de água. A captação dessa vazão será feita mediante a implantação de uma caixa coletora dotada de gradeamento, sendo as vazões encaminhadas para o PV-17.4.

- Micro bacia da Rua Itália D’Incau – deságüe 2

Esta micro-bacia possui 2,24ha e vazão total de 417,61l/s. A galeria projetada na rua Itália D’Incau possui 400mm de diâmetro e lança sua contribuição para uma galeria existente de 1000mm que posteriormente muda para galeria retangular de 1200mm x 800mm, segundo o cadastro de campo. O levantamento cadastral nesta rua foi prejudicado tendo em vista a impossibilidade de determinar o ponto de transição da galeria circular para retangular, uma vez que não há vestígio de PV no pavimento. A verificação hidráulica foi feita levando-se em consideração as duas situações, ou seja, para galeria retangular de 1200mm x 800mm e para galeria circular de 1000mm, em ambos os casos não houve problema de suficiência para recepção da vazão projetada.

- Micro bacia da Rua Manoel Corrêa – deságüe 3

Esta micro-bacia possui 7,74ha e vazão total de 1258,87l/s. O deságüe dessa micro-bacia é feito em galeria existente de 700mm na rua Manoel Corrêa.

No cadastramento das condições de campo da galeria existente na rua Manoel Corrêa, não foi possível o levantamento de todos os PV’s existentes, isto porque em alguns casos, existe no campo a materialização dos ralos para captação das águas, mas não se encontra o PV correspondente. Duas hipóteses foram levantadas, a primeira, não existe o PV e trata-se de ligação cega. A segunda o PV foi capeado com asfalto. Tendo em vista essa situação, não foi possível obter todos os dados necessários para a simulação de todos os trechos existentes com dados de cadastro de campo. Optou-se, neste caso, para simular o aproveitamento da galeria existente no trecho a montante da confluência da rua Manoel Corrêa com rua Tito de Matos, onde através de cadastro de campo sabe-se que existe implantada uma galeria de 700mm. Este trecho foi simulado para TR de 10 e 5 anos, o referido trecho de recepção alcançou o enchimento de 82% para TR de 5 anos.

- Micro bacia Vila Amizade – deságüe 4

Esta micro-bacia possui 1,27ha e vazão total de 245,62l/s. O deságüe dessa sub-bacia é feito em uma galeria existente de 600mm que encaminha as vazões para a rua Cardoso Quintão, segundo

levantamento cadastral. Ressalte-se que a referida galeria atualmente encontra-se enterrada sob uma vila residencial e também sob uma fábrica de papelão, não existindo acessos para cadastramento nestes trechos. Desta forma, tornou-se dificultoso o processo de obtenção de informações cadastrais da mesma. As informações cadastrais só foram possíveis nos trechos onde existem visitas, ou seja, no cabeceira, na rua Tito de Matos e na rua Cardoso Quintão. Observa-se que entre os trechos cadastrados existem mudanças de direção cujos pontos de deflexão não puderam ser detectados pelos motivos já expostos. Atualmente, segundo informações no local, não há registro de problemas de inundamento devido ao mau funcionamento desta galeria de 600mm.

Assim, a galeria de deságüe foi reprojetaada com diâmetro de 400mm no trecho que passa sob a vila residencial até a rua Tito de Matos, permanecendo sem intervenção direta no trecho de 600mm implantado sob a fábrica de papelão, o qual apresentou suficiência quando da avaliação hidráulica.

- Micro bacia da Travessa Cardoso Quintão – deságüe 5

Esta micro-bacia possui 1,28ha e vazão total de 246,52l/s. A galeria existente de recepção das vazões na rua Cardoso Quintão possui diâmetro de 800mm, e permite o aporte das vazões projetadas. No entanto, o trecho de ligação de 5,20m entre a galeria projetada e a existente, com diâmetro de 300mm foi substituído por diâmetro de 400mm.

- Micro bacia da Rua Bento Lima – deságüe 6

Esta micro-bacia possui 0,46ha e vazão total de 89,01l/s. Trata-se de contribuição em trecho de deságüe de cabeceira, não apresentando problemas de recepção na galeria de 600mm existente na rua Ana Quintão, apenas 70% da capacidade de transporte de vazões desta galeria de 600mm está ocupada, segundo a verificação hidráulica.

- Micro bacia da Rua Solimões – deságüe 7a

Esta micro-bacia possui 12,75ha e vazão total de 1.557,03l/s. O deságüe inicialmente era feito no PV-62 existente em galeria de 400mm. Esta galeria apresentou-se insuficiente bem como que se seguem até a galeria de 800mm existente na rua Ana Quintão conforme observado em planilha anexa. Assim, foi projetado um trecho de 344m (PV-61 a PV-70) com galerias circulares de 500mm a 800mm até a rua Ana Quintão, para que seja feita a substituição do referido trecho insuficiente. Ressalte-se que foi aproveitado o trecho existente de 800mm na rua Luis Vargas, para fazer a conexão da galeria projetada com a existente na rua Ana Quintão em galeria também de 800mm.

A tabela abaixo resume as quantidades de materiais resultantes do projeto.

Tabela 5 – Resumo de quantitativos de projeto

Material	MB-01	MB-02	MB-03	MB-04	MB-05	MB-06	MB-07	Total
galeria DN 400mm	39,85	324,9	173,05	131,8	148,05	4,2	284,35	1.106,20
galeria DN 500mm	35,9		16,6				139,2	191,70
galeria DN 600mm			77,9					77,90
galeria DN 700mm			100,65				76	176,65
galeria DN 800mm							200	200,00
Canaleta 30x30cm		362,8	466	176		27	331,8	1.331,60
Canaleta 30xH var		238,3			93,7		35,5	367,50
Canaleta 30x40cm								-
Canaleta meia cana 300mm	24							24,00
Canaleta 40x50cm							37,3	37,30
escada hidráulica 30x30cm	24	20	48	82	9,8	103	29,1	315,90
escada hidráulica 30x40cm	108		50					158,00
escada hidráulica 30xH var		17					4,4	21,40
escada hidráulica 40x50cm							2,5	2,50
Canaleta c/ tampa 30x30cm					8,7			8,70
Canaleta c/ tampa 30x40cm					11,3			11,30
escada hydr. c/ tampa 30x30cm		26			16,2			42,20
escada hydr. c/ tampa 30x40cm					15,75			15,75
escada hydr. c/ tampa 60x60cm			24					24,00
escada hydr. c/ tampa 70x60cm			77,8					77,80
Caixa de passagem 60x60x40							4	4,00
Caixa de passagem 60x60x60							1	1,00
Caixa de passagem 60x60x100		2						2,00
Nº de PV's	3	18	26	9	9	2	33	100,00
Nº de caixa de ralos		36	50	18	16	2	50	172,00
Ramal de ralo DN 400mm c/ 3,0m por cx de ralo								516,00

Verificação hidráulica da rede existente

Foi executado o cálculo hidráulico utilizado para verificação da rede de drenagem de recepção nos trechos de jusante das micro-bacias. Dos trechos verificados, somente o deságüe da micro-bacia 7 apresentou necessidade de ser reprojetoado, conforme observado no quadro a seguir.

Situação dos trechos de jusante após verificação hidráulica.

Tabela 6 – Verificação hidráulica

Deságüe Micro bacia	Área Total (ha)	Q tot (l/s)	Qsb jusante (l/s)	TR	Diâm. Exist. (mm)	h/d verif. (%)	Solução
1	7,28	1112,20	586,50	10	gal 0,60 x 0,70	67	aceito
2	10,27	1452,60	1039,20	10	gal 1,20 x 0,80	39	aceito
3	8,26	1035,90	48,70	5	700	82	aceito
4	2,11	390,02	144,40	10	600	33	aceito
5	3,72	633,60	387,00	10	800	54	aceito
6	3,40	562,49	473,50	10	600	68	aceito
7	5,76	600,21	0,00	10	400	99	reprojetar
7a	12,96	1582,27	25,24	10	800	73	aceito

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A concepção técnica geral adotada nos projetos de drenagem para favelas tem sido a redução de custos de construção, associada à implantação de sistemas de fácil manutenção. Desse modo a proposta deverá assegurar que as contribuições sejam adequadamente captadas e encaminhadas a uma destinação final em redes de drenagem existentes ou rios e canais. Deve-se priorizar o sistema aberto nas áreas de encosta e canalizado nas vias.

A gerência de águas pluviais urbanas deve levar em conta, portanto:

- a topografia e a geologia da área;
- os tipos de urbanização das ruas a implantar;
- a prevenção à erosão;
- proteção aos pavimentos;
- a redução do alagamento das ruas pela passagem das águas;
- eliminação de pontos baixos de acumulação de água;
- inundações.

Nos casos referidos para as chuvas da região não é recomendada a obtenção de novas relações “IDF” para o posto de Benfica, pois a determinação dos parâmetros é datada de 2000, segundo a RioÁguas. O procedimento ideal seria a reativação do posto pluviométrico, pois os mais próximos são os postos

de Irajá e da Penha, que pelas características topográficas distintas ao da região de Benfica não são recomendados para utilização no projeto de drenagem das comunidades analisadas.

Para o problema de estabilização de taludes, pelas declividades acentuadas na parte superior das comunidades e os efeitos danosos de precipitações intensas e de longa duração, é recomendado o reflorestamento e recomposição vegetal do local, pois é uma das soluções que apresenta a melhor relação custo benefício e harmonia paisagística. O reflorestamento e recomposição vegetal também influem no regime hidrológico pois protege o solo da erosão, reduz a intensidade de infiltração no solo e ajuda no amortecimento do pico de cheia nas regiões mais baixas da comunidade.

Apesar das limitações do método racional este foi empregado e sua aplicação mostrou-se adequada, devido ao fato de suas dimensões não extrapolarem as imposições do método.

Quanto à gestão dos sistemas e serviços de infra-estrutura urbana, verificou-se a necessidade de garantir eficiência na operacionalização, tanto nessas comunidades quanto em suas áreas contíguas. A manutenção e limpeza das canaletas e galerias do entorno, e controle para não ocorrer ligações clandestinas tanto de drenagem pluvial no sistema de esgotamento sanitário como o oposto, para não ocorrer riscos de doenças e saturação dos sistemas, devem ser observados e sistematicamente difundidos na comunidade para formação de mentalidade dos moradores.

Em relação ao saneamento básico identificamos a precariedade do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário que não atendem satisfatoriamente as comunidades. Por este fato existem valas negras e lançamento de esgotos sanitários na rede de drenagem, ocasionando riscos a saúde. A má distribuição dos pontos de coleta de lixo, a dificuldade de acesso a alguns dos pontos das Comunidades e o pequeno número de garis comunitários, tornam ineficiente o sistema de coleta de lixo. Com exceção do MORRO DOS MINEIROS, parcialmente atendido, o sistema de drenagem da área de projeto é ruim ou inexistente.

O mapeamento das Comunidades VILA CARAMURÚ, MORRO DOS MINEIROS e VILA AMIZADE, mostrou que os principais problemas geotécnicos estão relacionados à ausência ou ineficiência de rede de drenagem e de esgoto, acelerando o processo de erosão. Com a proposta de drenagem especificada para as comunidades deseja-se sanar este problema e adequar o saneamento da região.

Neste trabalho foi proposto um processo para o cálculo hidráulico e dimensionamento de uma região, e possibilitou a obtenção de valores de uma rede com eficiência e confiabilidade.

Conforme pode-se constatar no projeto proposto, o resultado pode ser confirmado e a viabilidade na sua utilização na agilização no projeto de drenagem. O sistema se apresenta extremamente funcional. Na análise dos resultados obtidos, pode-se verificar a coerência dos dados e o seu resultado.

Conforme vistoria realizada, a região apresenta implantado algumas redes de galeria, podendo-se verificar que há necessidade de melhorar o sistema, pois as comunidades se apresentam com taxa de ocupação muito alta, com muitas vias ainda não pavimentadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTRA, Ulisses M A. REVISTA DE ENGENHARIA SANITÁRIA. “Roteiro Para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular”, Ed. 01 nº 01 Ano 01, PP 17 a 66. AIDIS, Rio de Janeiro, junho de 1962.

CATÁLOGO DE REFERÊNCIA – SISTEMAS DE CUSTOS UNITÁRIOS EMOP. Rio de Janeiro, 2003.

DACACH, Nelson Gandur. Sistemas Urbanos de Água. Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1980.

DRENAGEM URBANA – MANUAL DE PROJETO. CETESB, 2ª ed., 1986.

ESPECIFICAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE DRENAGEM: PROGRAMA FAVELA BAIRRO DA PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Documento Técnico. Rio de Janeiro, 2000.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO – GEORIO. Coleção Manual Técnico de Encostas – Drenagem e Proteção Superficial. 2ª ed. Rio de Janeiro, v II, 2000.

LINSLEY, Ray K; FRANZINI, JOSEPH B. Engenharia de Recursos Hídricos. São Paulo: USP - McGraw-Hill, 1978.

NETTO, Azevedo. Manual de Hidráulica. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 8ª ed., 1998.

NEVES, Eurico Trindade. Curso de Hidráulica. Editora Globo, 9ª ed. São Paulo, 1989.

PORTO, Rodrigo de Melo Porto. Hidráulica Básica. Editora EESC – USP. São Carlos, 2001.

PFAFSTETTER, Otto. Chuvas intensas no Brasil. Ministério de Viação e Obras Públicas, DNOS. Rio de Janeiro, 1957.

TUCCI, Carlos E M. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Universidade / UFRGS / ABRH, 2001.

WILKEN, Paulo Sampaio. Engenharia de Drenagem Superficial. CETESB. São Paulo, 1978.