

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**VIABILIDADE TÉCNICA PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA
CHUVA EM RIO NEGRINHO/SC**

Fábio Alves Silveira

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
NOVEMBRO/2008**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**VIABILIDADE TÉCNICA PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA
CHUVA EM RIO NEGRINHO/SC**

Fábio Alves Silveira

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para
Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Orientador
Prof. Dr. Masato Kobiyama**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
NOVEMBRO/2008**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

VIABILIDADE TÉCNICA PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM
RIO NEGRINHO/SC

FÁBIO ALVES SILVEIRA

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para
Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental -TCCII

BANCA EXAMINADORA :



Prof. Dr. Masato Kobiyama
(Orientador)



Prof. Dra. Cátia Régina Silva de Carvalho Pinto
(Membro da Banca)



Prof. Dr. Pericles Alves Medeiros
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
NOVEMBRO/2008

AGRADECIMENTOS

À minha família, por ter me dado o suporte financeiro necessário para que pudesse me dedicar aos estudos e pelos ensinamentos que guardarei para o resto da vida;

Ao professor Masato, que sempre me atendeu com presteza e boa vontade;

Ao Sr. Hugo R. Binder, Eng. Sanitarista da SAMAE/Rio Negrinho, pelo fornecimento das medições de consumo de água solicitadas;

Ao Henrique Lucini Rocha, que me ajudou na coleta de informações em campo e a quem considero um grande amigo;

À todo o pessoal do setor de Mapeamento da Prefeitura de Rio Negrinho, que me receberam muito bem na visita ao município e forneceram dados fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho;

À todos os meus amigos, colegas e professores, que fizeram desses últimos cinco anos um período muito especial, do qual sempre me lembrarei com bastante orgulho.

RESUMO

Os problemas relacionados a escassez de água e inundações urbanas vêm se tornando cada vez mais sérios e frequentes nos dias atuais. Este trabalho discute a importância da tecnologia do aproveitamento da água da chuva como uma interessante alternativa para atenuar esses dois problemas simultaneamente. Para isso, inicialmente foram identificadas edificações com alto potencial para a aplicação dessa tecnologia no Município de Rio Negrinho/SC. Para cada edificação identificada foi realizado um dimensionamento simplificado de reservatórios para o armazenamento de água pluvial, analisando o seu desempenho através de critérios técnicos e econômicos. Os resultados obtidos foram avaliados de forma global para a área de estudo, verificando a importância dessa técnica como maneira de reduzir o risco de inundações e promover o uso sustentável da água.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de água da chuva, uso sustentável da água.

ABSTRACT

The problems related to the scarcity of water and urban floods have become even more serious and often nowadays. This work discusses the importance of the rainwater technology use as an interesting method to mitigate these two issues at the same time. In order to accomplish that, at first, were identified the buildings with high potential for applying this technology in Rio Negrinho/SC. For each one was realized a simple dimensioning of a pluvial water reservoir, and analyzed their performance through technical and economic parameters. The results achieved were evaluated in a global way for the area of study, verifying the potential of this technique as an alternative to reduce the risk of floods and develop the sustainable use of water.

KEYWORDS: Use of rainwater, sustainable use of water.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	7
2. Objetivos.....	8
2.1. Objetivo Geral	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. Revisão Bibliográfica.....	8
3.1. A crise mundial do abastecimento	8
3.2. Qualidade da água da chuva.....	12
3.3. Aplicações do aproveitamento da água da chuva.....	14
3.3.1. Consumo doméstico, comercial e industrial	14
3.3.2. Controle de cheias	15
3.3.3. Outras finalidades.....	16
3.4. Exemplos do Aproveitamento da água da chuva.....	16
3.5. Coleta e armazenamento	18
3.6. Dimensionamento dos reservatórios.....	21
4. Materiais e métodos	23
4.1. Área de estudo	23
4.2. Levantamento dos grandes consumidores.....	25
4.3. Determinação das áreas de captação e das demandas de água.....	27
4.4. Levantamento e análise estatística dos dados pluviométricos.....	28
4.5. Análise das viabilidades técnica e econômica.....	28
4.6. Avaliação da redução da vazão de pico no sistema de drenagem	29
5. Resultados e discussão	29
5.1. Análise estatística dos dados pluviométricos	29
5.2. Verificação das Áreas de coleta.....	32
5.3. Dimensionamento dos reservatórios.....	34
5.3. Avaliação da redução da vazão de pico no sistema de drenagem	37
6. Conclusão	43
7. Referências Bibliográficas.....	44
8. Anexos.....	46

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural limitado, fundamental para a manutenção da vida e também para o desenvolvimento econômico. Atualmente, com o crescimento populacional urbano, metropolização das cidades, escassez de mananciais próximos, e a poluição dos recursos hídricos a preocupação com a qualidade e disponibilidade deste precioso recurso vem crescendo significativamente ao redor do mundo.

A água é encontrada em abundância no nosso planeta. No entanto, a maior parte dessa água está sob as formas de água salgada e geleiras; apenas uma pequena fração deste recurso está disponível em mananciais superficiais e subterrâneos. A situação das reservas de água doce é cada vez mais escassa, o tratamento é cada vez mais oneroso, e as distâncias para captação e distribuição demandam cada vez mais recursos e infra-estrutura.

No Brasil, estudos recentes afirmam que o país possui entre 11% e 16% dos estoques de água doce do planeta. Entretanto, mesmo neste país já começam a surgir problemas relacionados à escassez de água, visto que a mesma se encontra muito mal distribuída no nosso território, em relação à ocupação. Algumas estimativas indicam que já no ano de 2050 a situação deverá ser bastante crítica, especialmente nas regiões nordeste e sudeste do Brasil, nas quais a disponibilidade de água por habitante deve atingir valores alarmantes.

Dentro desse cenário o aproveitamento da água da chuva surge como uma das alternativas mais interessantes para atenuar essa crise. A água que cai nos telhados pode perfeitamente ser coletada, armazenada em cisternas ou reservatórios e, com um tratamento simplificado, destinada para usos menos nobres como lavagens de carros, descarga de vasos sanitários, rega de jardins, entre outros. O emprego em larga escala desta tecnologia pode proporcionar grandes vantagens como diminuir significativamente a demanda por água de abastecimento e minimizar a magnitude de enchentes urbanas, através da retenção temporária da água da chuva, e conseqüentemente amenizando os picos de volume de água nos rios.

Assim, o presente trabalho visa dimensionar de forma simplificada um sistema de aproveitamento de água da chuva no município de Rio Negrinho-SC, avaliando a viabilidade técnica do mesmo, por meio de análises econômicas e dos dados hidrológicos disponíveis.

Para isso, inicialmente foram identificadas e mapeadas, com o auxílio de um GPS, edificações de alto potencial para o aproveitamento da água da chuva como escolas, hospitais, hotéis e indústrias que aliam um alto consumo de água com uma grande área de cobertura para captação. Os dados de consumo de água e área de telhado de cada edificação, necessários

para o dimensionamento foram obtidos respectivamente junto a SAMAE/Rio Negrinho e a Prefeitura Municipal.

Vale ressaltar que a principal finalidade desse trabalho não está em demonstrar a viabilidade dessa tecnologia, mas sim em conscientizar as pessoas da importância de usar a água de forma racional. Resultados significativos podem ser obtidos simplesmente com a mudança de hábitos. Assim qualquer ação que busque o desenvolvimento sustentável não pode estar dissociada de uma política de Educação Ambiental, pois somente com a participação efetiva da sociedade é possível alcançar os resultados almejados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo geral analisar a viabilidade técnica do aproveitamento da água da chuva para fins não-potáveis em edificações de grande porte da área urbana do município de Rio Negrinho/SC

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar edificações com alto potencial para o aproveitamento da água da chuva na área de estudo;
- ✓ Dimensionar reservatórios de aproveitamento da água da chuva para as edificações identificadas, considerando diferentes cenários de demanda e verificar a viabilidade do sistema através de critérios técnicos e econômicos;
- ✓ Avaliar o potencial dessa tecnologia na a redução do risco de inundações, em uma micro-bacia urbana do Município de Rio Negrinho

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A crise mundial do abastecimento

Segundo a Lei Federal 9.433/1997 que institui a política nacional de recursos hídricos, a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, cuja disponibilidade deve ser assegurada para esta e as futuras gerações, nos padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. A água pode ser encontrada em abundância no nosso planeta. De acordo com Fetter (1994), o volume de água disponível no mundo é da ordem de 1360 milhões de

km³. Entretanto cerca de 97,2% desse total corresponde a água salgada ou salobra. A água doce responde por apenas os 2,8% restantes, sendo que apenas uma pequena fração deste total está disponível em mananciais superficiais e subterrâneos, nos quais o acesso para o consumo humano é facilitado. A Figura 1 ilustra a distribuição de água no mundo de acordo com o estado físico em que a mesma se encontra:

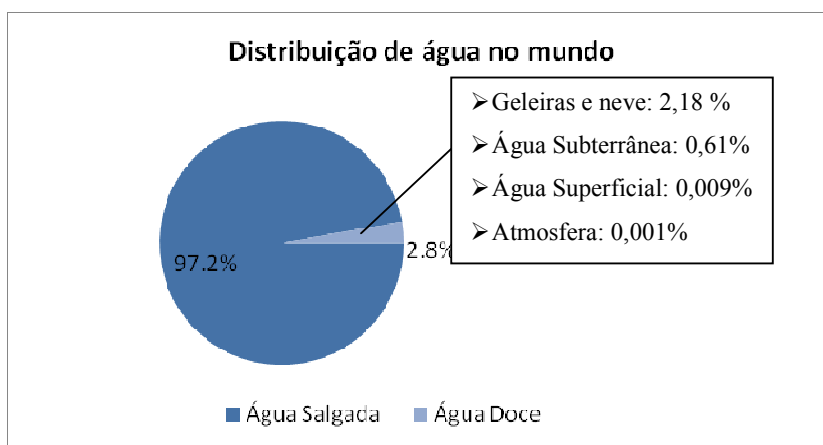


Figura 1 – Distribuição da água no planeta (Fonte: FETTER, 1994)

Além disso, a distribuição da água doce disponível, não se dá de forma uniforme entre os continentes (Tabela 1). Segundo Tomaz (1998), os continentes da Ásia e da América do Sul concentram os maiores volumes disponíveis respondendo respectivamente por 31,6% e 21,6% do total mundial desse recurso. Enquanto a Europa e a Oceania contam com apenas 7% e 5,3% respectivamente.

Tabela 1 – Produção hídrica mundial por continente

Continente	Vazão (km ³ /ano)	Volume disponível (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18
África	145.000	10
Europa	102.000	7
Oceania	76.000	5,3
Antártica	73.000	5

Adaptado de TOMAZ (1998)

Paralelamente a demanda por água de abastecimento vem aumentando significativamente em função do crescimento populacional e da intensa urbanização. De

acordo com a ONU a população mundial está crescendo a uma taxa de 77 milhões de pessoas por ano. Mantendo esse patamar de crescimento, ela deve atingir cerca de 9 bilhões de habitantes já no ano de 2050. Além disso, os recursos hídricos existentes vêm sofrendo com a degradação e contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos. Esses recursos são limitados e muitas nações devem ter problemas relacionados à disponibilidade hídrica de modo que garantir a oferta de água necessária para o bem estar da população, deve consistir em um dos grandes desafios para os governos de diversos países em um futuro próximo (GHISI, 2006).

Mesmo nos dias de hoje, muitas nações já estão sofrendo com a escassez de água. De acordo com Ghisi (2006) o *United Nations Environmental Program* (UNEP) elaborou uma classificação que considera os valores de volume de água per capita, inferiores 1000 m³/hab.ano como extremamente baixos, pois a partir desse valor a carência de água torna-se uma grave restrição à produção de alimentos e ao desenvolvimento econômico dos países.

No início da década de noventa, vinte e seis países já se enquadravam nessa categoria de escassos em água, atingindo diretamente uma população de aproximadamente 234 milhões de pessoas. Onze desses países estão situados no continente Africano e nove no Oriente médio, o que agrava consideravelmente a situação, visto que essas regiões possuem boa parte de seus habitantes vivendo abaixo da linha de pobreza (BROWN, 1993).

Em alguns países a situação já é extremamente crítica. De acordo com dados da UNESCO (2003) em regiões como Ilhas Bahamas, Emirados Árabes e Kuwait, o volume anual de água por habitante é inferior a 70 m³/hab.ano. No Kuwait esse valor é de 10 m³/hab.ano o que reflete a gravidade da situação.

O Brasil pode ser considerado um país privilegiado em relação a disponibilidade hídrica, respondendo por 11 % das reservas mundiais de água e 50% de toda a América do sul (GHISI, 2006). Entretanto, essas reservas não estão bem distribuídas no território nacional, uma vez que somente as regiões hidrográficas das bacias do Amazonas e do São Francisco, concentram 80% da produção hídrica do país. A situação é preocupante sobretudo se analisarmos que a maioria da população nacional está situada justamente nas áreas de menor disponibilidade hídrica. A Bacia do Alto Tietê, por exemplo, abriga uma população superior a 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo. No entanto, sua vazão disponível é insuficiente para o atendimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo e dos municípios vizinhos. Essa condição que tem levado à busca incessante de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas, ocasionando aumentos consideráveis de custo, além dos evidentes problemas legais e político-institucionais associados (ANA, 2005).

A Figura 2 representa a relação entre disponibilidade de água, área territorial e população para cada uma das cinco regiões brasileiras

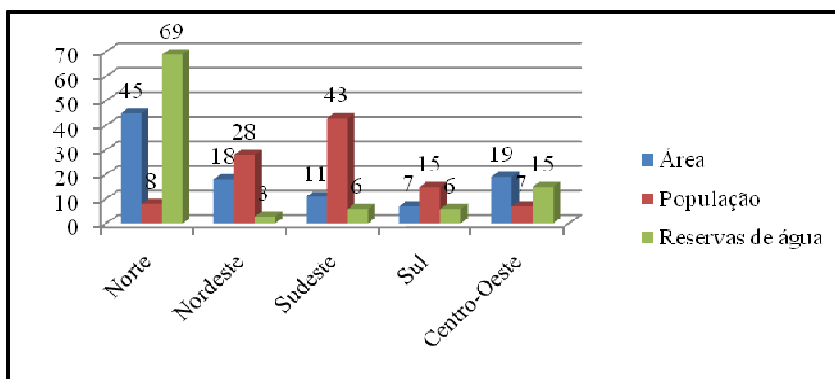


Figura 2 – Relação entre área territorial, população e disponibilidade hídrica por regiões brasileiras. (Fonte: GHISI, 2006)

Na Figura 2, observa-se um grande contraste no nosso país. Enquanto a Região Norte, que compreende 69% de água disponível do Brasil, abriga apenas 8% da população brasileira. A região Nordeste, que conta com 28% da população, possui apenas 3% das reservas nacionais de água. Da mesma forma a região sudeste, onde residem 43% dos brasileiros, responde por apenas 6% dos estoques hídricos nacionais.

Esses indicativos sugerem que as regiões Sudeste e Nordeste do país devem enfrentar sérios problemas relacionados à disponibilidade hídrica em um futuro próximo, muitos dos quais já estão ocorrendo atualmente. Considerando as taxas de crescimento populacional registradas pelo IBGE entre 1991-2000, a previsão é que já no ano de 2050, a disponibilidade per capita de água no sudeste e nordeste do Brasil deve ser inferior a 2000 m³/hab.ano, valor que segundo a classificação do UNEP pode ser considerado como muito baixo (GHISI, 2006).

É importante ressaltar que problemas relacionados com a escassez de água no Brasil não são restritos às regiões Nordeste e Sudeste do país. O estado de Santa Catarina, por exemplo, possui uma densa rede hidrográfica. Apesar disso, sofre com dificuldades de utilização desses mananciais, devido principalmente a degradação decorrente de fatores como o uso excessivo de agrotóxicos, manejo inadequado do solo e contaminação dos corpos d'água, sendo esse último devido principalmente ao lançamento de efluentes da suinocultura, bastante praticada no oeste do Estado (OLIVEIRA, 2004).

Além disso, as cidades situadas na região litorânea do Estado sofrem crises sazonais no abastecimento de água, especialmente na época de verão quando a população dessas cidades sofre um considerável aumento, e geralmente não dispõem da infra-estrutura necessária para suprir a demanda adicional (OLIVEIRA, 2004).

Dentro deste contexto global de crise do abastecimento de água, intensificam-se as buscas por tecnologias alternativas que visem economizar e preservar este precioso recurso. Dentre as alternativas possíveis pode-se destacar o reuso de águas servidas, a dessalinização da água do mar e o aproveitamento da água da chuva (KOBİYAMA, 2005). Neste trabalho destacamos a importância deste último, pois trata-se de uma tecnologia relativamente simples, que pode ser aplicada em pequena ou larga escalas e que se mostra bastante atrativa em regiões com condições boas de precipitação.

3.2. Qualidade da água da chuva

As características químicas das águas pluviais sofrem influências de uma série de fatores como a distância do oceano, velocidade e direção dos ventos, emissões industriais, entre outros. Conforme Mello (1987)¹ apud Jaques (2005) de modo geral, as principais espécies químicas encontradas na água da chuva, em suas formas iônicas, são: sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), sendo que as seis primeiras têm como principal causa a evaporação da água do mar.

A água de chuva é levemente ácida, por natureza. O gás carbônico, presente na atmosfera, solubiliza-se nas nuvens e na chuva para o ácido carbônico (H_2CO_3), conferindo à chuva um pH em torno de 5,60. Valores de pH inferiores indicam que a chuva pode estar poluída com ácidos fortes, como o gás sulfídrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3) e eventualmente com outros tipos de ácidos como o (HCl) e os ácidos orgânicos (FIGUERÊDO, 2001).

A qualidade da água da chuva consiste em um dos principais obstáculos a serem vencidos para o seu aproveitamento. Em condições normais da atmosfera essa água apresenta uma boa qualidade, contudo, durante a precipitação ela carrega uma grande quantidade de poluentes presentes no ar e, principalmente, no próprio sistema de captação devendo haver um tratamento prévio compatível com os usos previstos. GROUP RAINDROPS (2002) recomenda diferentes níveis de tratamento em função dos usos previstos para a água da chuva (Tabela 2).

¹ DE MELLO, W.Z., MOTTA, J.S.T., Acidez na chuva. Revista Ciência Hoje, Vol. 6, Nº 34, p. 40-43, ago. 1987.

Tabela 2 – Tratamento necessário para a água em função dos usos previstos

Usos Previstos	Tratamento necessário
Irrigação	Nenhum
Prevenção de Incêndio e Condicionamento de ar	Cuidados para manter o Equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavagem de roupas e carros	Tratamento higiênico, devido ao possível contato humano
Banho, Piscina, Consumo humano e preparo de alimentos	Desinfecção, para ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: Group Raindrops (2002)

Recentemente, no fim do ano de 2007 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR 15527, que trata o aproveitamento da água da chuva, exclusivamente para fins não potáveis. Segundo essa norma, os padrões de qualidade da água devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Entretanto, a norma recomenda que, para usos mais restritivos, devem ser adotados os valores presentes na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da água para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Valor
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml
Coliformes totais	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre	0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	< 2,0 ut, para usos menos restritivos < 5,0 ut
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da utilização)	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para a proteção das redes de distribuição, caso necessário.	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

O Uso de derivados clorados só é obrigatório em casos onde seja necessário um residual desinfetante. Caso contrário a desinfecção pode ser feita por raios ultravioleta, ozônio entre outros. Além disso, devem ser observados alguns cuidados na frequência de manutenção,

inspeção e limpeza de todo o sistema de aproveitamento de água da chuva, de modo a preservar a qualidade da água e evitar a entrada de produtos nocivos a saúde humana.

Um dos principais cuidados que devem ser respeitados ao aproveitar águas pluviais, é não utilizar as águas coletadas no início de cada período chuvoso, as chamadas “águas de lavagem”. Essas águas carregam uma grande quantidade de impurezas como areia, poeira, fezes de aves, restos de animais e vegetais, que ficam acumulados na área de captação e devem ser encaminhadas, de forma manual ou automática, para um dispositivo de descarte (SILVA et al, 1988). A NBR 15.527 especifica que o reservatório de descarte deve ser dimensionado a critério do projetista, mas na falta de dados, recomenda o descarte dos primeiros 2 mm de precipitação. Entretanto alguns autores questionam esse valor sob o argumento de que o descarte do primeiro milímetro de precipitação seria suficiente para remover a maior parte das impurezas da área de captação. Além disso, o descarte de 2 milímetros praticamente inviabiliza o aproveitamento da água da chuva em regiões mais áridas como no nordeste do Brasil.

3.3. Aplicações do aproveitamento da água da chuva

3.3.1. Consumo doméstico, comercial e industrial

Aproveitar a água da chuva pode reduzir significativamente o consumo de água de abastecimento em estabelecimentos residenciais, comerciais e industriais. De acordo com Costa (2004) dependendo do perfil do consumo, a água da chuva pode substituir entre 30% e 50% do consumo em residências escolas e fábricas.

Nos domicílios a água captada da chuva pode ser usada para descarga de vasos sanitários rega de jardins, lavagem de carros, calçadas entre outros. Tomaz (2003) cita em seu trabalho a distribuição média do consumo de água em uma residência, segundo o autor a descarga na bacia sanitária é responsável pela maior parte do consumo, respondendo por 41% do total como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição do consumo de água em um residência

Tipos de uso de água	Percentual
Descargas em vasos sanitários	41%
Banho e lavagem de roupa	37%
Água para beber e cozinhar	2 a 6%

Lavagem de pratos	3 a 5%
Disposição de lixo	0 a 6%
Lavanderia	4%
Limpeza geral da casa	3%
Irrigação de Jardins	3%
Lavagem de carros	1%

Analogamente, as indústrias requerem um grande suprimento de água, sendo que boa parte dessa demanda pode ser substituída pela água pluvial e destinada para múltiplos usos como limpeza, refrigeração de equipamentos, produção de vapor, e outros (KOBİYAMA, 2005).

3.3.2. Controle de cheias

Além de auxiliar na economia de água o sistema de aproveitamento de água da chuva, quando aplicado em larga escala, também pode ajudar a diminuir o risco de inundações urbanas, que vem provocando transtornos e prejuízos cada vez maiores e mais frequentes. O crescente êxodo rural, supressão da vegetação, ocupação de áreas de várzea e o aumento das áreas impermeabilizadas contribuem ainda mais para o agravamento dessa situação. Estima-se que cerca de 60% da população mundial estará concentrada nas áreas urbanas na metade do século XXI (GROUP RAINDROPS, 2002).

Segundo Nerilo et al (2002), em um estudo realizado em 1998 pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDM), foi constatado que dos 223 municípios pesquisados em Santa Catarina, 79% deles apresentaram problemas de alagamento de ruas e destes 69% sofrem o problema mais de uma vez por ano. Neste contexto o aproveitamento da água da chuva pode contribuir para atenuar essa problemática através da retenção temporária de parte da água da chuva em cisternas ou reservatórios, de forma a diminuir o pico da vazão que escoam para os rios.

Kobiyama e Hansen (1998) apresentaram um estudo teórico sobre o aproveitamento da água da chuva em uma área residencial mista de aproximadamente 0,04 km² no centro da cidade de Florianópolis. Esse estudo considerou um sistema de coleta de água da chuva com 50% de eficiência no aproveitamento. O resultado demonstrou que se cada prédio ou casa da área delimitada fosse dotado de um sistema de captação, ocorreria uma diminuição de até

35% da vazão máxima no ponto crítico, o que comprova a eficácia do sistema de coleta na diminuição do risco de ocorrência de enchentes e inundações.

Em alguns lugares a prática da retenção temporária da água da chuva como forma de aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem é incentivada por meio de auxílio financeiro, ou exigida, através de legislação específica. Na cidade de São Paulo, por exemplo, a Lei 13.276 de 4 de janeiro de 2002 define que lotes com área impermeabilizada superior a 500m² devem construir reservatórios que permitam o armazenamento da água coletada em suas dependências. A água captada pode ser infiltrada no solo, aproveitada para usos não potáveis ou ainda encaminhados para o sistema de drenagem pelo menos 1 hora após o término da chuva.

3.3.3. Outras finalidades

A água aproveitada da chuva também pode substituir diretamente a água tratada servida no combate a incêndios, contribuindo assim para a diminuição do reservatório de água potável. Além disso, pode abastecer chafarizes e lagoas artificiais, criando ambientes mais agradáveis para o lazer e recreação da população, e oferecer conforto térmico. E ainda pode ser infiltrada superficialmente, contribuindo assim para a recarga de aquíferos, regularizar as vazões dos rios e regular a temperatura do solo (Kobiyama, 2005).

Além de proporcionar uma série de benefícios ambientais e econômicos, o aproveitamento da água da chuva ainda pode contribuir no aspecto social melhorando a imagem do usuário perante a sociedade e os órgãos ambientais. Dentre as desvantagens associadas a mais relevante é um possível aumento do gasto de energia elétrica, caso exista a necessidade da criação de instalações de bombeamento em função da topografia do terreno ou das próprias características da edificação. Assim a viabilidade econômica do sistema deve ser verificada separadamente para cada caso de modo a verificar se o investimento inicial pode ser amortizado em um período aceitável.

3.4. Exemplos do Aproveitamento da água da chuva

Captar água da chuva não é uma idéia recente, existem registros dessa prática anteriores a 2000 a.C. Os romanos, por exemplo, já tinham grande preocupação com o abastecimento de água, fato evidenciado por seus grandiosos aquedutos. As vilas romanas eram projetadas de

modo a utilizar a água da chuva para diversas finalidades, inclusive para beber. (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

No Brasil o primeiro caso comprovado do aproveitamento da água chuva aconteceu em meados do século XVIII, por ocasião da construção das fortalezas de Florianópolis. Na fortaleza de Ratonos, que está situada na pequena ilha de Ratonos, sem fonte de água doce, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, e que era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (PIAZZA, 1983² apud OLIVEIRA, 2004).

Atualmente, o aproveitamento da água da chuva é uma prática bastante difundida ao redor do mundo, sendo que em algumas regiões, a água da chuva é praticamente a única fonte. O Japão e a Alemanha dispõem de larga experiência no aproveitamento da água da chuva e são líderes mundiais na aplicação dessa tecnologia. Além disso, outros países como Estados Unidos e Cingapura vêm desenvolvendo freqüentes pesquisas sobre este tema (May, 2004).

Em Tóquio, a coleta de água da chuva é bastante intensa, pois os reservatórios de abastecimento convencionais ficam distantes da capital japonesa. Um bom exemplo do aproveitamento da água da chuva na cidade é o Estádio Tokyo Dome (Figura 3), que foi construído para a Copa do mundo de 2002 e possui um ousado e criativo projeto arquitetônico voltado que prevê a captação da água pluvial. Sua cobertura funciona como uma lona gigante, feita de plástico ultra-resistente que pode ser inflada a qualquer momento para colher a água da chuva, proporcionando uma área de captação de cerca de 16.000 m². A água captada é armazenada em uma cisterna no subsolo, onde é tratada e utilizada no sistema de combate a incêndios e ainda responde por um terço do consumo total de água do estádio (ANGELO et al, 2000 apud OLIVEIRA, 2004)



Figura 3 – Vista aérea do Estádio Tokio Dome

² PIAZZA, W. F. (1983) - Santa Catarina: Sua História. Fpolis. Lunardelli,.

Em 1998, na Alemanha, foram obtidos grandes resultados introduzindo sistemas de utilização de água de chuva, como parte de um projeto de re-desenvolvimento urbano conhecido como “Daimler Chrysler Potsdamer Platz”, com o objetivo de controlar as inundações urbanas da cidade de Berlim. A água precipitada é coletada a partir dos telhados de 19 edifícios que totalizam uma área de 32.000m², é armazenada em uma cisterna de 3.500 m³. Posteriormente, essa água é utilizada para descargas dos banheiros, rega de áreas verdes (inclusive telhados com cobertura vegetal) e no abastecimento de uma lagoa artificial (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002). Na capital alemã, ainda é cobrada uma taxa pelo lançamento da água pluvial na rede pública de esgoto o que representa um importante incentivo financeiro para os proprietários adotarem o sistema de coleta de água da chuva (SCHMDT, 2002³ apud MAY, 2004)

Cingapura sofre freqüentemente com problemas de escassez de água, e vem desenvolvendo várias pesquisas com o intuito de encontrar fontes alternativas viáveis do ponto de vista técnico e econômico. O sistema de coleta de água de chuva existente no Aeroporto de Changi, permite a coleta da água precipitada nas pistas e nas áreas verdes. A água captada é usada, principalmente, para funções não potáveis, tais como no sistema de incêndio e descarga dos banheiros e responde por uma média de 30% da água total usada, representando uma economia de aproximadamente US\$390.000 por ano (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

O aproveitamento da água da chuva pode ser observado mesmo em áreas com índices de precipitação extremamente baixos. No deserto de Negev, em Israel foram construídos tanques para armazenamento de água de chuva nas encostas, para usos domésticos e para agricultura, permitindo a habitação e o cultivo em local cuja precipitação não chega a 100 mm por ano (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

3.5. Coleta e armazenamento

Segundo GROUP RAINDROPS (2002) a água da chuva pode ser captada de diferentes formas como áreas de coberturas como telhados e lajes, toldos, ou em qualquer superfície impermeável como pisos, pátios, estacionamentos e estradas. Neste trabalho destacamos a captação em telhados e lajes, pois nesses casos, a água é geralmente de melhor qualidade, uma vez que não há o trânsito de pessoas e animais. Além disso, a captação é facilitada pois a

³ SCHMDT, M (2002). Captação de água de chuva na Alemanha.

água pode ser conduzida por um sistema de calhas para um reservatório de acumulação simplesmente pela ação da gravidade. Entretanto, não se pode considerar que toda a água que cai na área de coleta é efetivamente armazenada, uma vez que sempre existem perdas no processo. Segundo Azevedo Neto (1993) cerca de 50% da água da chuva pode ser armazenada em um sistema de coleta razoável. Por outro lado estudos desenvolvidos pelo GROUP RAIDROPS (2002) sugerem um valor em torno de 70%.

Os sistemas de captação devem ser fabricados com o emprego de materiais inertes, o que evita que partículas tóxicas desses dispositivos possam ser levadas para os tanques de armazenagem. Usualmente, utilizam-se materiais como telhas galvanizadas pintadas ou esmaltadas com tintas não tóxicas, superfícies de concreto, cerâmicas, policarbonato e fibra de vidro. As calhas geralmente são confeccionadas em PVC ou outros tipos de plástico (MACOMBER, 2001).

O armazenamento da água da chuva pode ser realizado de diversas formas e com o emprego de uma grande diversidade de materiais que variam de acordo com o volume requerido e com própria finalidade da instalação, para usos menos nobres o reservatório pode ser construído de maneira mais rústica, Por outro lado, para garantir uma melhor qualidade da água deve se considerar o emprego de materiais mais adequados. A Tabela 5 revela alguns materiais empregados na construção de reservatórios de acordo com a restrição volumétrica dos mesmos (OLIVEIRA, 2004).

Tabela 5 – Tipos de reservatório em função do volume armazenado

Tipos de reservatórios	Volume (litros)
Açudes, barragens subterrâneas, lagos	Livre
Barro	100 a 3.000
Madeira	Livre
Pedra	Livre
Alvenaria	Livre
Ferro-cimento	Livre
Concreto-armado	Livre
Lona/Vinil/Manta de PVC	Livre
Fibra de vidro	10.000 a 120.000
Caixas d'água de fibrocimento	250 a 1.000
Caixas d'água de polipropileno	300 a 1.000
Caixas d'água de polietileno	250 a 2.500

Caixas d'água de fibra de vidro	250 a 20.000
Caixas d'água de aço inox	500 a 2.000

Cisternas subterrâneas, em geral conferem uma maior proteção para a qualidade da água armazenada uma vez que ela fica abrigada da ação da luz e do calor, inibindo assim a proliferação de bactérias (EMBRAPA 2005). Em geral, os reservatórios e cisternas são os componentes mais onerosos de um sistema de aproveitamento de água da chuva, segundo TOMAZ (2003), os custos médios por metro cúbico de um reservatório de concreto armado varia de US\$107/m³ a US\$178/m³, enquanto um reservatório apoiado de PVC ou fibra de vidro varia de US\$105/m³ a US\$137/m³. Incluindo nesse valores os custos associados com a base de concreto, os tubos de entrada e descarga, bomba centrífuga flutuante, instalação elétrica, tampão, etc.

O sistema de filtragem é importante para evitar a contaminação das cisternas por materiais orgânicos, sólidos grosseiros e pequenos animais presentes na área de coleta que possam vir a contaminar a água armazenada.

A Figura 4 ilustra um sistema usual de aproveitamento de água da chuva para uma residência.

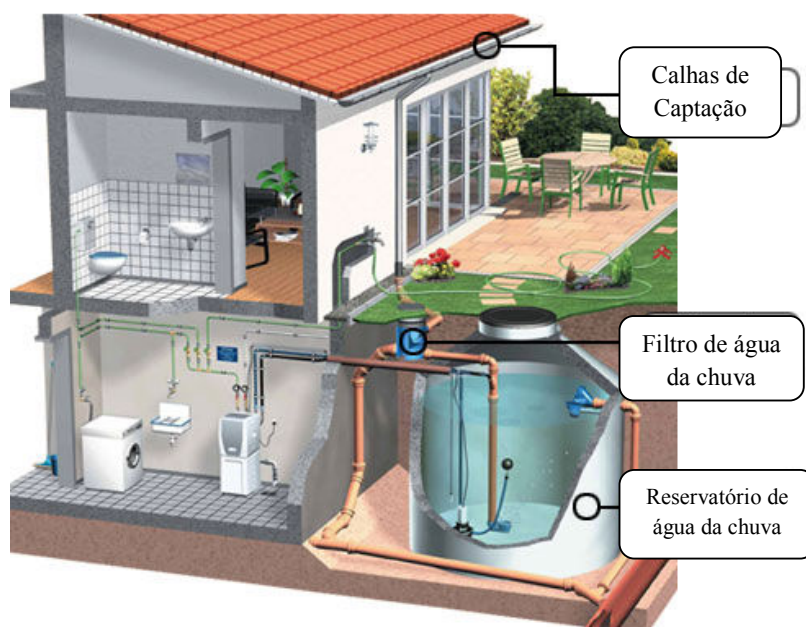


Figura 4- Esquema de Aproveitamento da água pluvial para uso residencial não potável
(Adaptado de RAINWATER SOLUTIONS, 2008)

3.6. Dimensionamento dos reservatórios

Segundo Kobiyama e Hansen (1998), o dimensionamento dos reservatórios é baseado em análises estatísticas dos períodos de estiagem na área de estudo. Os autores recomendam dois métodos que podem ser usados para o dimensionamento do sistema.

O primeiro usa a estiagem máxima anual, e pode ser descrito resumidamente através do seguinte procedimento:

- 1) É contabilizado o número de dias consecutivos sem chuva para cada ano
- 2) Esses números são dispostos de forma decrescente e tem a sua probabilidade (P) estimada pelo método Califórnia através da seguinte equação:

$$P = m/(n+1) \quad (1)$$

Onde:

m: número acumulado;

n: o número total.

O período de retorno (*T*) é determinado através da seguinte relação:

$$T = 1/P \quad (2)$$

- 3) Traça-se a curva do número máximo de dias consecutivos sem chuva em função do período de retorno e é verificado o ajuste com a lei de Gumbel, transformando a Período de retorno em uma variável reduzida (*b*), por meio da seguinte equação:

$$b = - \ln[\ln(T/(T-1))] \quad (3)$$

Caso o ajuste com a lei de Gumbel não seja observado, utiliza-se o segundo método que segue os mesmos procedimentos acima. Entretanto no ajuste da curva do número máximo de dias sem chuva, em função do Período de Retorno, o ajuste é calculado com base na lei de Gauss.

O primeiro método é mais preciso e apresenta uma base teórica mais consistente entretanto apresenta como desvantagem o fato de necessitar de uma série histórica de precipitação de pelo menos 40 anos (preferencialmente mais de 50 anos). Na maioria das regiões brasileiras o registro da precipitação não é feito e quando existem são de duração muito curta (KOBİYAMA E HANSEN 1998).

A ABNT NBR 15527, ainda traz outros métodos que podem ser usados para o dimensionamento dos reservatórios que serão apresentados a seguir:

(i) Método do Rippl:

Este método utiliza séries históricas mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (4)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (5)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

Sendo que $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Onde:

$S_{(t)}$: Volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$: Volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$: Demanda ou consumo no tempo t;

V : Volume do reservatório;

C : Coeficiente de escoamento superficial.

(ii) Método da Simulação:

Este método não leva em conta a evaporação da água. Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade para um reservatório finito. Além disso o método considera que o reservatório estará cheio no tempo t, e que os dados históricos são representativos para as condições futuras.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (6)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Onde:

$S_{(t)}$: Volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$: Volume de água no reservatório no tempo t - 1;

$Q_{(t)}$: Volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$: Demanda ou consumo no tempo t;

V : Volume do reservatório;

C : Coeficiente de escoamento superficial.

(iii) Método Azevedo Neto:

O Volume da chuva é obtido através da seguinte equação:

Rio Negrinho é uma importante cidade do estado de Santa Catarina e de acordo o Censo 2000 realizado pelo IBGE conta com uma população de 37.707 habitantes. Essa população vem crescendo substancialmente nos últimos anos e o município já começa a sofrer com estiagens e inundações (Figura 6), fator que foi determinante para a escolha de Rio Negrinho como área de estudo. Além disso, a Universidade Federal de Santa Catarina, através do Laboratório de Hidrologia (Labhidro), desenvolve, atualmente, vários projetos no município, e conta com a cooperação de órgãos públicos locais o que facilita o acesso a alguns dados e informações imprescindíveis, para a realização deste trabalho.



Figura 6 – Enchente de 1992 em Rio Negrinho/SC

O abastecimento de água é de responsabilidade do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE/Rio Negrinho) que veio a ser inaugurado oficialmente em 08 de agosto de 1970. O rio Negrinho que dá nome ao município também é a sua principal fonte de água para abastecimento, sua vazão média é de $3,5\text{m}^3/\text{s}$; e o rio é manancial da SAMAE para abastecer a população urbana do município mesmo nos períodos de estiagem. O rio Negrinho nasce no município de São Bento do Sul, na localidade de Rio Vermelho, e tem como principais afluentes o rio Banhados, rio da Veada e rio do Salto. A captação ocorre a aproximadamente 27 km da nascente próximo ao Bairro Alegre e é encaminhada para a Estação de Tratamento de Água ETA-1 da SAMAE (Figura 7) que, segundo dados da própria empresa, opera entre 17 e 18 horas por dia com uma vazão média de 110 l/s e capacidade máxima de 150 l/s, tendo um horizonte de projeto até 2018. Segundo dados da Prefeitura Municipal a cobertura do abastecimento de água é de 98% do município, por outro lado o tratamento de esgoto ainda é precário, com cobertura de apenas 15%.



Figura 7 – Estação de Tratamento de Água 1 – SAMAE

4.2. Levantamento dos grandes consumidores

No dia 7 de setembro de 2007 foi realizada uma visita de campo na área de estudo com o objetivo de identificar e caracterizar grandes construções como escolas, indústrias, hospitais, pousadas e prédios públicos que apresentaram como característica uma ampla área de cobertura, para captação da água da chuva e que usualmente possuem um consumo elevado de água. Essas edificações foram mapeadas com o auxílio de um GPS e posteriormente confrontadas com fotos aéreas e a cartas topográficas georreferenciadas e digitalizadas do Município. Essas cartas e fotos aéreas, e foram gentilmente fornecidas pelo setor de mapeamento da Prefeitura Municipal, assim como o cadastro imobiliário das edificações mapeadas. Na Figura 8 são disponibilizadas fotos de alguns dos edifícios identificados. No total, foi mapeada uma amostra de 44 edifícios, que respondem juntos pelo consumo de cerca de 2,5% da vazão média produzida pela SAMAE/Rio Negrinho. A lista completa desse levantamento pode ser conferida na Tabela 6.



Figura 8 – Edificações levantadas: Prefeitura Municipal (dir.) e Colégio Cenecista (esq.)

Tabela 6 - Levantamento de edificações potenciais e área de telhado

Nome	Endereço
5 Estrelas Papéis e Embalagens Ltda	R. Frederico Voght, 1213 - Barro Preto
Aldoni Comércio Representação Ltda	R. Carlos Schreiner, 153 - Industrial Norte
Cahdam Volta Grande S/A	R. Adolfo Trentini, 1232 - Industrial Norte
Casagrande revestimentos cerâmicos S/A	Rod BR-280, 3200 - Indústria Sul
Celulose Irani S.A	Rod. BR 280, 2866 - Industrial Sul
Centro de atendimento ao estudante Vista Alegre	R. José B. Sobrinho, s/nº - Vista Alegre
Centro de Excelencia	R. Almirante Barroso, 205 - Bela Vista
Centro Integrado de Saúde – CIS	Av Richard S. Albuquerque, 40 - Centro
Codisfer Com Representação Ltda	Rod. BR 280, 1674 - Vila Nova
Cofermaco Com Mat Construções	R. Luiz Scholz, 344 - Centro
Colégio Cenecista São José – CNEC	R. Capitão Romão da Silva, 125 - Centro
Cruzado Móveis Indústria e Comércio Ltda	R. Augusto Gneiding, 320 - Industrial Norte
EEF Marta Tavares	R. Adolfo Olsen, 161 - Cruzeiro
EEB Professora Aurora Siqueira Jablonski	R. Prefeito Hugo Fischer, 539 - Bela Vista
EEM Manuel da Nóbrega	Rua do seminário, 160 - Centro
EMEB Prefeito Henrique Liebel	R. Sto. Antônio, nº 503 - Jardim Hantschel
EMEB Prof Pedro Henrique Berkenblock	R. Ruth W. Ritzmann, 313 - Ind. Norte
EMEB Prof Ricardo Hoffmann	R Pedro H. Berkenbrock, 207 – Ind. Norte
EMEB Professor Arnaldo Almeida de Oliveira	R. José Brúsky Junior, 347 - Industrial Sul
EMEB Porf Selma Teixeira Graboski	R. João Pscheidt, s/nº - Barro Preto
EEF Professor Jorge Zipperer	R. Jorge Zipperer, 211 - Vila Nova
Fábrica de Móveis Rio Negrinho Ltda	R. S Rafael, 679 - São Rafael
Fundação Hospitalar Rio Negrinho	R. Carlos Weber, 27 - Centro
Herli Ind. e Com. de Móveis Ltda	R. Carlos Speicher, 1085 - Industrial Sul
Hifer Indústria Comércio Móveis Ltda	Rod. BR 280, 3111 - Vista Alegre
Indústria e Comércio Repres Ondutek Ltda	R. Walfrido Rueckl, 310 - Industrial Norte
Jornal O Perfil Diário	R. Prefeito Hugo Fischer, 900 - Bela Vista
Masisa Madeiras Ltda	Rod. BR 280, 4116 - Industrial Sul
Móveis Caftor Ltda	R. Dona Francisca, 4363 - São Pedro
Móveis Capi Ltda	Rod. BR-280, 3015 - Industrial Norte
Móveis Müller Ltda	Rod. BR-280, 1786 - Industrial Sul
Móveis Quater	R. Adolfo Silveira, 600
Móveis Ruckl Ltda	Rod. BR - 280, 1292 - Jardim Hantschel
Prefeitura Municipal	Av. Richard S. Albuquerque, 200 - Centro
Rineplast - Plásticos Rio Negrinho Ltda	Av. Julieta S. Oliveira, Nº 643 - Ind. Norte
Sociedade Musical Rio Negrinho	R do Seminário, 886 - Centro
Terminal Rodoviário	Rod. BR-280 - Centro
Terminal Urbano	Trevo Theodoro Junctum, 71 - Centro
Tornearia Cristofolini Ltda	R. Visc Mauá, 443 - Industrial Norte

Transportes Bertolini Ltda	R. Mt. Max Jakuch, 187 - Ind. Norte
Transporte e Turismo Santo Antônio Ltda	R. Carlos Schreiner, 162 - Industrial Norte
Posto de saúde Vista Alegre	R. Tibúrcio de Carvalho, s/nº
Universidade do Contestado-Unc	R. Pedro Simões de Oliveira, 315 - Centro
Wind Industrial Ltda	Av. Julieta S. Oliveira, 595 – Ind. Norte

4.3. Determinação das áreas de captação e das demandas de água

A área de cobertura de cada local foi obtida, a partir dos dados da área edificada presente no cadastro imobiliário da Prefeitura (ver modelo no Anexo A), essas áreas foram confrontadas com as áreas medidas com o software Autocad através da foto aérea do município (escala 1:10.000), com o intuito de verificar se realmente forneciam uma representação confiável da realidade, nos casos em que houve uma distorção significativa foi considerada a área medida no Autocad.

Para a estimativa das demandas de água para cada edificação foram levantadas as medições registradas pelo órgão responsável pelo abastecimento público no município, neste caso a SAMAE/Rio Negrinho que forneceu as medições em metros cúbicos de cada local no período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007. A Lista com o consumo de água de cada edificação encontra-se em anexo (ver Anexo B), os itens destacados em amarelo foram desconsiderados após uma análise preliminar, pois o consumo nesses locais se mostrou abaixo do esperado, com valores inferiores ou muito próximos da tarifa mínima de 10 m³, o que inviabilizaria a recuperação do capital investido para a construção de um sistema de aproveitamento de água da chuva, dentro de um prazo aceitável.

Vale ressaltar que este trabalho visa utilizar água da chuva somente para fins não-potáveis, ou seja, apenas uma fração da demanda será suprida com água da chuva. Essa demanda varia dependendo do porte e da natureza do empreendimento, atualmente existem métodos de engenharia para determinar o valor adequado para cada caso, entretanto tais métodos requerem uma grande quantidade de informações que não estavam disponíveis para a realização deste trabalho. Assim baseado no trabalho de Costa (2004) que cita que a água da chuva pode substituir entre 30% e 50% do consumo em residências escolas e fábricas, o dimensionamento dos reservatórios foi feito considerando dois cenários diferentes o primeiro atendendo a 30% da demanda e o segundo 50%.

4.4. Levantamento e análise estatística dos dados pluviométricos

Para o presente trabalho foram considerados os dados diários de precipitação registrados pela Estação Meteorológica Rio Negro (código 02649006), entre 1956 a 2005 totalizando uma série histórica de 50 anos. A estação é operada pela SUDERHSA e está localizada no município de Rio Negro no Paraná. Essa estação foi escolhida por ser a mais próxima da área de estudo a contar com uma série histórica longa e com dados consistidos. Além disso, esses dados podem ser extrapolados para Rio Negrinho, em virtude da proximidade geográfica desses municípios e por estarem situados em altitudes similares e, portanto submetidos a condições climáticas semelhantes.

Os reservatórios foram calculados com base no método da máxima estiagem anual, já descrito anteriormente.

4.5. Análise das viabilidades técnica e econômica

A partir dos dados hidrológicos disponíveis e das informações de área de cobertura e consumo de cada edificação foram realizados os dimensionamentos dos reservatórios para os dois cenários de demanda adotados. O dimensionamento de calhas, bombas e outras instalações, não foi realizado, pois fogem do escopo deste trabalho. Posteriormente foi feita uma comparação entre os gastos com água de abastecimento considerando o sistema de água da chuva implantado e os mesmos gastos sem a implantação do mesmo, de forma a verificar a economia financeira, na conta de água, proporcionada pelo sistema. Os gastos com água tratada foram estimados a partir das tabelas de consumo entre dezembro de 2006 e dezembro de 2007, considerando as tarifas vigentes no mesmo período, que podem ser observadas nas Tabelas 7, 8 e 9. Os valores encontrados podem ser conferidos no Anexo C.

Tabela 7 – Tarifas categoria A (Residencial sem limitador de consumo)

FAIXA DE CONSUMO	VALOR MENSAL
Tarifa mínima até 10 m³	R\$ 13,90
Acima 10 até 15 m³	R\$ 2,95 por m3 excedente
Acima de 15 até 20 m³	R\$ 3,49 por m3 excedente
Acima de 20 até 30 m³	R\$ 4,29 por m3 excedente
Acima de 30 até 40 m³	R\$ 4,43 por m3 excedente
Acima de 40 m³	R\$ 5,22 por m3 excedente

Tabela 8 – Tarifas categoria B (Comercial, Prestador de Serviços e Poderes Públicos)

FAIXA DE CONSUMO	VALOR MENSAL
Tarifa mínima até 10 m³	R\$ 27,80
Acima de 10 até 30 m³	R\$ 3,35 por m ³ excedente
Acima de 30 até 100 m³	R\$ 4,15 por m ³ excedente
Acima de 100 m³	R\$ 4,19 por m ³ excedente

Tabela 9 – Tarifas categoria industrial

FAIXA DE CONSUMO	VALOR MENSAL
Tarifa mínima até 10 m³	R\$ 54,00
Acima 10 a 30 m³	R\$ 7,00 por m ³ excedente
Acima de 30 até 100 m³	R\$ 8,18 por m ³ excedente
Acima de 100 m³	R\$ 10,96 por m ³ excedente

4.6. Avaliação da redução da vazão de pico no sistema de drenagem

Com o auxílio das plantas topográficas foi delimitada uma micro-bacia urbana no município, com o intuito de avaliar o potencial do sistema de coleta da água da chuva na redução da descarga de pico, observada no ponto crítico. Cada área de contribuição foi subdividida entre área coletável (telhados e lajes) e área não-coletável (ruas, jardins e outros). As vazões foram calculadas através do método racional e posteriormente foi traçado um gráfico da descarga de pico calculada em função da taxa de área coletável utilizada, seguindo a metodologia proposta por Kobiyama e Hansen, 1998.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise estatística dos dados pluviométricos

Conforme já citado na metodologia, a análise da precipitação foi realizada uma a partir de uma série histórica de 50 anos da estação Rio Negro/PR, com o objetivo de identificar o número máximo de dias consecutivos sem chuva registrados a cada ano (NM). Considerando que os primeiros milímetros de chuva devem ser descartados, os dias com precipitações diárias inferiores a 1,0 mm foram considerados como sem chuva. Na Tabela 10, encontram-se relacionados os períodos máximos de estiagem ordenados de forma decrescente, acompanhados dos respectivos anos de ocorrência.

Tabela 10 – Estiagem máxima anual em ordem decrescente

Ano	NM (dias)	Ano	NM (dias)	Ano	NM (dias)	Ano	NM (dias)
1963	38	1967	29	1962	22	1975	18
1988	37	1976	27	1970	22	1993	17
1991	36	1989	27	1979	21	1987	16
1994	34	1960	27	2003	21	2002	16
1978	32	1982	26	1966	21	1958	16
1985	32	2004	26	1968	21	1973	16
1996	31	2001	24	1981	20	2000	15
1997	30	1977	23	1980	19	1972	15
1961	30	1959	23	1998	19	1969	14
1983	29	1974	23	1992	18	1984	13
1990	29	1995	22	2005	18	1986	13
1957	29	1999	22	1965	18	1971	13
1964	29	1956	22				

Com base na Tabela 10 calcula-se a probabilidade de ocorrência dos eventos (P), por meio da equação (1), sendo que o número total de dados (n) é igual a 22, posteriormente essa probabilidade pode ser transformada em uma variável reduzida (b) através da equação (3). Os resultados obtidos encontram-se organizados na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores encontrados para a variável reduzida (b)

NM	No	No acumulado (m)	Probabilidade (P)	Tempo de retorno (Tr)	Variável reduzida (b)
38	1	1	0,0196	51,00	3,9219
37	1	2	0,0392	25,50	3,2187
36	1	3	0,0588	17,00	2,8031
34	1	4	0,0784	12,75	2,5050
32	2	6	0,1176	8,50	2,0781
31	1	7	0,1373	7,29	1,9130
30	2	9	0,1765	5,67	1,6391
29	5	14	0,2745	3,64	1,1366
27	3	17	0,3333	3,00	0,9027
26	2	19	0,3725	2,68	0,7634
24	1	20	0,3922	2,55	0,6975
23	3	23	0,4510	2,22	0,5115
22	5	28	0,5490	1,82	0,2277
21	4	32	0,6275	1,59	0,0127
20	1	33	0,6471	1,55	-0,0406
19	2	35	0,6863	1,46	-0,1478
18	4	39	0,7647	1,31	-0,3694

17	1	40	0,7843	1,28	-0,4278
16	4	44	0,8627	1,16	-0,6861
15	2	46	0,9020	1,11	-0,8426
14	1	47	0,9216	1,09	-0,9343
13	3	50	0,9804	1,02	-1,3691

De posse dos dados acima, faz-se o ajuste linear (ver Figura 9) entre a variável reduzida (variável independente) e o número de dias consecutivos sem chuva (variável dependente).

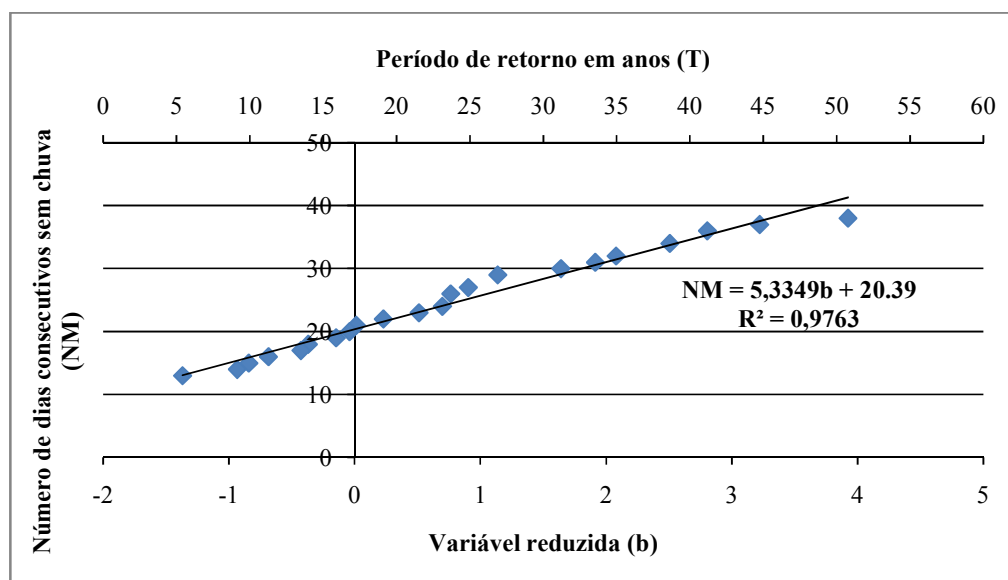


Figura 9 – Análise da série histórica de precipitação

Do ajuste linear obtêm-se a seguinte equação:

$$NM = 5,334.b + 20,39, \quad (8)$$

O coeficiente de correlação encontrado (R^2) foi de 0,9763 caracterizando um ajuste adequado. Para o dimensionamento dos reservatórios, no presente trabalho, foi adotado um período de retorno de 3 anos, valor usualmente empregado em obras de microdrenagem. Assim aplicando a (3) temos que b vale 0,9027, então:

$$NM = 5,334 \times 0,9027 + 20,39$$

$$NM = 25,2$$

Portanto, o reservatório de água da chuva deve ter capacidade suficiente para suprir a demanda de água não potável para um período de estiagem de 25 dias.

5.2. Verificação das Áreas de coleta

Para exemplificar os parâmetros de dimensionamento adotados optou-se pela Escola de Educação Básica Professora Aurora Siqueira Jablonski, situada na Rua Prefeito Hugo Fischer, 539, no bairro Bela Vista de Rio Negrinho/SC. Trata-se de uma escola pública cuja área edificada, segundo os dados do cadastro imobiliário da prefeitura é de 2633,73 m². A Tabela 12 mostra o consumo de água no edifício referente ao período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007.

Tabela 12 – Consumo mensal de água potável

mês	consumo (m³)
Dezembro-06	55
Janeiro-07	10
Fevereiro-07	9
Março-07	29
Abril-07	68
Mai-07	44
Junho-07	62
Julho-07	72
Agosto-07	44
Setembro-07	52
Outubro-07	43
Novembro-07	58
Dezembro-07	52
Média	46

Com o intuito de não subestimar as demandas foi adotado um coeficiente de segurança de 1,2. Assim para esta escola foram assumidos os seguintes valores de demanda de água potável:

- Demanda média mensal: 55,2m³
- Demanda média diária: 1,84m³

Lembrando que o sistema visa atender apenas a fração do consumo que pode ser substituída por água não potável, portanto, foram definidos dois diferentes cenários:

- Cenário 1 – O sistema atende 30% da demanda total
- Cenário 2 - O sistema atende 50% da demanda total

Dessa forma, as demandas de água de chuva para os dois cenários são exibidas na Tabela 13:

Tabela 13 – Demandas de água não-potável

	Cenário 1	Cenário 2
Demanda mensal de água não-potável (m³)	16,56	27,6
Demanda diária de água não-potável (m³)	0,552	0,92

A capacidade anual de coleta (Q_{anual}) da superfície de captação é definida pela seguinte equação:

$$Q_{anual} = P.A.A.C/1000 \quad (9)$$

Onde,

PA : precipitação anual em mm;

A : área de coleta em m²;

C : eficiência do sistema de coleta.

Considerando que a precipitação anual média registrada durante a série histórica é de 1481 mm e que 70% da chuva precipitada pode ser aproveitada com eficiência (GROUP RAINDROPS) tem-se que:

$$Q_{anual} = 1,481m.2633,73m^2.0,7$$

$$Q_{anual} = 2730,4 m^3$$

Como a precipitação não é distribuída uniformemente ao longo do ano, adotou-se o critério prático de que a capacidade anual de captação das coberturas deve ser pelo menos 50% maior que a demanda de água requerida para o mesmo período, ou seja, a razão (R) ente a capacidade anual de precipitação e a demanda anual de água de chuva deve ser maior, ou igual a 1,5. Caso contrário a eficiência do sistema fica comprometida, e podem ocorrer falhas no abastecimento. No caso da escola analisada, como a previsão do consumo de água não potável para um ano no cenário mais crítico (Cenário 2) é de apenas 0,92m³/dia x365dias totalizando 335,8m³/ano, tem-se que:

$$R = 2730,4/335,8$$

$$R = 8,1$$

Dessa forma, verificou-se que a área de cobertura é suficiente com sobras para captar a água da chuva necessária para suprir a demanda da escola.

5.3. Dimensionamento dos reservatórios

O reservatório deve ter volume suficiente para armazenar a água necessária para suprir a demanda durante os dias de estiagem, conforme verificado na análise dos dados de chuva esse intervalo para um período de retorno de 3 anos é de aproximadamente 25 dias, o volume do reservatório (V_{tr}) é dado pela seguinte equação:

$$V_{tr} = \text{Demanda diária de água da chuva} \times 25 \text{ dias} \quad (10)$$

Os valores encontrados para os dois cenários de demanda são resumidos na Tabela 14

Tabela 14 – Volume do Reservatório de água da chuva

	Cenário 1	Cenário 2
Volume total de reserva	13,8m ³	23m ³

A escola se enquadra na categoria B de consumo e, portanto está submetida às tarifas mencionadas na Tabela 8. A Tabela 15 revela o consumo e os gastos com água tratada observados no período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007, e simulação da redução desses valores, caso houvesse um sistema de aproveitamento de água da chuva em funcionamento.

Tabela 15 – Consumo de água e valores cobrados entre Dez/06 e Dez/07

Mês			Cenário 1		Cenário 2	
	Consumo (m³)	Custo (R\$)	Consumo (m³)	Custo (R\$)	Consumo (m³)	Custo (R\$)
dez-06	55,0	214,55	38,5	146,08	27,5	86,43
jan-07	10,0	27,80	7,0	27,80	5,0	27,80
fev-07	9,0	27,80	6,3	27,80	4,5	27,80
mar-07	29,0	91,45	20,3	62,31	14,5	42,88
abr-07	68,0	268,50	47,6	183,84	34,0	127,40
mai-07	44,0	168,90	30,8	114,12	22,0	68,00
jun-07	62,0	243,60	43,4	166,41	31,0	114,95
jul-07	72,0	285,10	50,4	195,46	36,0	135,70
ago-07	44,0	168,90	30,8	114,12	22,0	68,00
set-07	52,0	202,10	36,4	137,36	26,0	81,40
out-07	43,0	164,75	30,1	111,22	21,5	66,33

nov-07	58,0	227,00	40,6	154,79	29,0	91,45
dez-07	52,0	202,10	36,4	137,36	26,0	81,40
Total	598,0	2292,55	418,6	1578,66	299,0	1019,53
Média mensal	46,0	176,35	32,2	121,44	23,0	78,43

Os valores encontrados para a escola analisada encontram-se sintetizados na Tabela 16.

Tabela 16 – Economia mensal média

	Cenário 1	Cenário 2
Economia média mensal no consumo de água	13,8m ³	23,0m ³
Economia média mensal na conta de água	54,91 reais	97,87 reais

Os resultados indicam uma economia mensal média entre R\$54,91 (Cenário1) e R\$ 97,87 (Cenário 2), ou seja, de 31 % e 56% respectivamente. Como na maioria dos municípios brasileiros a taxa de esgoto em Rio Negrinho é calculada com base no consumo de água. A tarifa referente à prestação do serviço de esgoto sanitário corresponde a 80% do valor do consumo de água respectivo. Em um primeiro momento isso também representa uma economia, pois o município de Rio Negrinho na prática ainda não dispõe de métodos para a cobrança do esgoto em caso da existência de fontes alternativas de abastecimento de água. No entanto, a concessionária fica prejudicada nesse aspecto uma vez que, a geração de efluentes é a mesma independente do uso ou não do aproveitamento da água da chuva. Usos como irrigação de jardins ou lavagem de calçadas onde a água é infiltrada ou encaminhada para o sistema de drenagem, já estão estimados no retorno de esgoto de 80% da água medida. Assim é necessária a adoção de uma metodologia específica para a estimativa do volume de esgoto afim que se encontre um valor adequado para a tarifa

Para os demais edifícios levantados, os cálculos para verificação da área de coleta e dimensionamento dos reservatórios foram realizados de forma análoga e os resultados podem ser visualizados nos Anexos D e E. Observa-se que nenhum dos edifícios levantados apresentaria problemas para suprir a demanda estipulada para o Cenário 1. Entretanto, para o Cenário 2, área de coleta, em alguns casos, se mostrou insuficiente para atender a demanda requerida (valores destacados em amarelo, no Anexo D). A Fundação Hospitalar Rio Negrinho, por exemplo, apresentou uma relação entre capacidade anual de captação e a demanda anual de água de chuva (R) de 0,9, considerando segundo cenário com o sistema de

água de chuva abastecendo 50% da demanda. Com base nos critérios adotados a capacidade de captação requerida para esta última escola seria de pelo menos 5803,5 m³/ano, o que corresponde a uma área de cobertura 5598m², área esta bastante superior, aos 3500m² apresentados pelo edifício. Da mesma forma, o Centro de Excelência, Centro integrado de Saúde (CIS), Hifer Ind. E Com, de Móveis, Terminal Rodoviário e a Escola Prof. Jorge Zipperer; não apresentariam problemas para captar a água necessária para atender 30% de suas respectivas demandas, mas para o segundo cenário a capacidade de captação se mostra fora da margem de segurança estipulada para um abastecimento eficiente.

Esses problemas podem ser facilmente resolvidos através do emprego de áreas móveis de captação, como lonas e toldos. Além disso, podem ser previstas alternativas que permitam alternar o abastecimento com o sistema convencional, caso o reservatório de água pluvial atinja o nível mínimo para o qual foi projetado. De acordo com a NBR 15.525, os dois sistemas devem ser independentes, com reservatórios distintos e não é permitida a ligação cruzada, além disso, os pontos de abastecimentos com água pluvial devem estar identificados com a inscrição “água não potável” acompanhadas de uma identificação gráfica. Assim, os sistemas de distribuição para os edifícios citados, onde a área de captação não garante o volume necessário, precisarão ter duas saídas de torneiras, uma proveniente do reservatório da chuva e outra do reservatório da rede. Sendo que os custos associados a este procedimento, devem ser devidamente computado no custo global de implantação dos sistemas.

Com relação a economia nas contas de água proporcionada pela implantação do sistema, o grande destaque, dentre os edifícios levantados, fica por conta da indústria Masisa Madeiras LTDA, onde a economia financeira mensal considerando os cenários 1 e 2 seria de R\$4102,92 e 6838,20 respectivamente. Na Tabela 17, podem ser conferidos os quatro edifícios do levantamento que apresentariam maior economia de água potável, em caso de implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva.

Tabela 17 – Economia média mensal de água potável:

	Cenário 1	Cenário 2
Masisa Madeiras Ltda.	374,5m ³ (R\$4102,92)	624,1m ³ (R\$6838,20)
Casagrande revest. cerâmicos S/A	115,9m ³ (R\$1263,86)	192,8m ³ (R\$2106,43)
Fundação Hospitalar R. Negrinho	159,22m ³ (R\$665,82)	Área de captação insuficiente
Cahdam Volta Grande S/A	83,28m ³ (R\$905,21)	138,3m ³ (R\$1526,11)

É importante ressaltar que a economia financeira observada, sobretudo quando apresentar valores baixos, deve ser analisada com ressalvas, pois além dos gastos com a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva também existem custos de manutenção e principalmente de energia elétrica caso exista a necessidade de bombeamento, o que pode inviabilizar a aplicação do sistema. Esses gastos não podem ser significativos a ponto de sobrepor a economia de água. Sem considerar o benefício ambiental, a viabilidade do aproveitamento da água da chuva depende do investimento ser abatido em um tempo de retorno razoável, menor que a depreciação do sistema.

Mais importantes, porém, do que os ganhos econômicos individuais, são os benefícios ambientais proporcionados à coletividade pela tecnologia e sua contribuição para o uso sustentável dos recursos hídricos. Se considerarmos apenas os edifícios levantados para a realização deste trabalho, já representam uma economia de mais de 1% na vazão total produzida pela SAMAE. Isso significa economia de investimentos na ampliação dos sistemas públicos de captação, armazenamento, tratamento e distribuição de água potável.

5.3. Avaliação da redução da vazão de pico no sistema de drenagem

Conforme foi discutido o aproveitamento da água da chuva pode amenizar o efeito de chuvas intensas sobre o sistema de drenagem. Para o estudo da quantificação dessa redução, foi selecionada uma micro-bacia urbana no bairro Bela Vista próximo ao centro, trata-se de um bairro de ocupação residencial mista que foi escolhido por apresentar uma densidade demográfica relativamente alta para os padrões do município com um elevado índice de impermeabilização do solo.

A delimitação da micro-bacia e o levantamento altimétrico foram feitos com base na carta topográfica do município, enquanto as áreas de contribuição foram estimadas a partir de sua foto aérea, ambas fornecidas pela Prefeitura. Com o intuito de avaliar o potencial do sistema de aproveitamento da água da chuva na redução da descarga, as áreas de contribuição foram subdivididas em áreas coletáveis e não-coletáveis. As primeiras foram consideradas exclusivamente as áreas de cobertura dos edifícios, enquanto as demais áreas, como ruas calçadas e jardins foram consideradas como não coletáveis. A bacia delimitada abrange duas quadras pode ser visualizada no Anexo F, juntamente com a identificação dos nós e das áreas de contribuição.

A declividade dos trechos foi calculada com base nas cotas dos pontos de intersecção das ruas, que quando não estavam presentes na carta topográfica, foram estimadas, com base

nas curvas de nível mais próximas, os valores de declividade encontrados encontram-se na Tabela 18, enquanto a Tabela 19 lista os valores encontrados para as áreas de contribuição, acompanhados pela área coletável contida nas mesmas. Por conveniência admitiu-se o critério de que a água sempre escoar para o sentido de maior declividade.

Tabela 18- Características dos trechos

Trecho	Comprimento (m)	Declividade
8-7	81.53	0.043
7-4	90	0.100
4-1	89.58	0.061
5-4	79.62	0.013
2-1	79.56	0.006

Tabela 19 – Áreas de contribuição

Código	Área (km²)	Área coletável
A1	0.001819	0.000508
A2	0.001799	0.000416
A3	0.001791	0.000620
A4	0.001942	0.000478
A5	0.001767	0.000438
A6	0.001692	0.000378
A7	0.001734	0.000450
A8	0.001745	0.000375
A9	0.001925	0.000450
A10	0.001659	0.000382
Total	0.017873	0.004493

Analisando o escoamento na bacia, percebe-se que a distribuição das áreas de contribuição para cada nó se faz da maneira ilustrada na Tabela 20.

Tabela 20 – Áreas de contribuição por nó

Nó	Contribuição	Área total	Área coletável
7	A9, A10	0.003584	0.000832
4	P7, A5, A6, A7, A8	0.010522	0.002472
1	P4, A1, A2, A3, A4	0.017873	0.004493

O cálculo das Vazões de pico (Q) foi realizado através do emprego do método racional, dado pela seguinte equação:

$$Q = 0,278.C.i.A \quad (11)$$

Onde:

C: coeficiente de escoamento superficial;

I: intensidade da chuva (mm);

A: Área da bacia (km²).

De acordo com Tucci (1995) esse método pode ser aplicado satisfatoriamente para bacias com áreas inferiores 2 km², condição esta que é atendida pela bacia de estudo uma vez que a sua área é de apenas 0,01787 km².

Conforme Wilken (1978), que sugere intervalos de valores para o coeficiente de escoamento superficial em função do tipo de ocupação do terreno (ver Anexo G), foi adotado o valor 0,7 por se tratar de uma parte adjacente ao centro com ruas e calçadas pavimentadas e densidade ocupacional média.

A intensidade de chuva, necessária para o cálculo das descargas de pico pode ser definida genericamente da seguinte maneira:

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad (12)$$

Onde:

i: Intensidade da chuva (mm/h);

T: Período de Retorno (anos);

t: tempo de concentração (min);

m, n, b, k: constantes locais.

As constantes locais ajustadas para o município de Rio Negrinho foram determinadas de acordo com Back, 2002 que estabelece esses coeficientes para cada município catarinense. Os valores apresentados estão disponíveis na Tabela 21:

p/ t ≤ 120min					p/ 120 < t ≤ 1440min				
K	m	b	n	R ²	K	m	B	n	R ²
1165,4	0,1802	12,8	0,7918	0,9902	1241,6	0,1792	20,9	0,7869	0,989

Substituindo, as constantes encontradas na equação (12) temos:

$$i = \frac{1165,4T^{0,1802}}{(t + 12,8)^{0,7918}} \quad (13)$$

O período de retorno e o tempo de concentração mínimo considerados foram, respectivamente, de 3 anos e 8 minutos. Valores usualmente adotados em obras de microdrenagem. O escoamento da água nos trechos se dá, por meio de sarjetas com seção transversal triangular esquematizada na Figura 10.

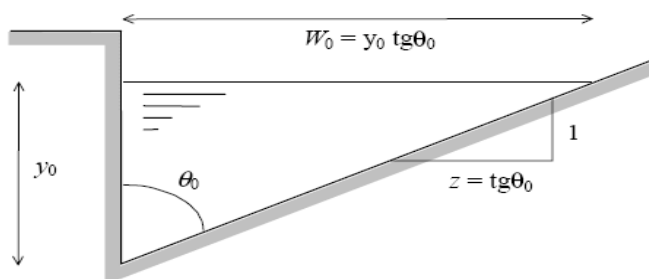


Figura 10 – corte lateral da sarjeta

A velocidade média (V_0) nesse tipo de sarjeta, necessária para calcular o tempo de percurso, é dada pela equação de Manning modificada por Izzard:

$$V_0 = 0,958 \left(\frac{\sqrt{I}}{n} \right)^{3/4} \left(\frac{Q_0}{z} \right)^{1/4} \quad (14)$$

Onde:

I : declividade longitudinal do trecho;

n : coeficiente de rugosidade;

Q_0 : Vazão que escoar em 1 sarjeta;

z : declividade transversal da sarjeta.

Para o presente trabalho, admitiu-se que as sarjetas possuem um coeficiente de rugosidade de 0,017 (concreto desgastado) e uma declividade transversal igual a 40. O cálculo da vazão em cada nó, é feito adicionando o tempo de percurso registrado no trecho anterior ao mesmo e calculando uma nova intensidade de chuva.

A influencia do aproveitamento da água de chuva é analisada multiplicando-se a fração da área coletável utilizada pela eficiência do sistema, que para este trabalho foi considerada como 70%. A área encontrada, não contribui para o sistema de drenagem e, deve ser subtraída da área total de contribuição do nó que está sendo analisado.

A Tabela 22 mostra a variação da vazão nos nós em função da taxa de área coletável aproveitada para a captação de água da chuva.

Tabela 22 – Vazões nos nós em função da área de coleta utilizada

Taxa de Área coletável (%)	Nó	Área (km ²)	tc (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	Trecho	V (m/s)	tp (min)
0	7	0,003584	8,00	128,47	0,0895	7-4	1,57	0,96
	4	0,010522	8,96	123,98	0,2537	4-1	2,04	0,73
	1	0,017873	8,73	125,00	0,4344	-	-	-
10	7	0,003526	8,00	128,47	0,0881	7-4	1,56	0,96
	4	0,010349	8,96	123,97	0,2495	4-1	2,03	0,74
	1	0,017558	8,74	124,98	0,4267	-	-	-
20	7	0,003468	8,00	128,47	0,0866	7-4	1,56	0,96
	4	0,010176	8,96	123,95	0,2452	4-1	2,02	0,74
	1	0,017244	8,74	124,97	0,4190	-	-	-
30	7	0,003409	8,00	128,47	0,0852	7-4	1,55	0,97
	4	0,010003	8,97	123,93	0,2410	4-1	2,01	0,74
	1	0,016929	8,74	124,95	0,4113	-	-	-
40	7	0,003351	8,00	128,47	0,0837	7-4	1,54	0,97
	4	0,009830	8,97	123,91	0,2368	4-1	2,00	0,75
	1	0,016615	8,75	124,94	0,4036	-	-	-
50	7	0,003293	8,00	128,47	0,0823	7-4	1,54	0,98
	4	0,009657	8,98	123,89	0,2326	4-1	1,99	0,75
	1	0,016300	8,75	124,92	0,3959	-	-	-
60	7	0,003235	8,00	128,47	0,0808	7-4	1,53	0,98
	4	0,009484	8,98	123,87	0,2284	4-1	1,98	0,75
	1	0,015986	8,75	124,91	0,3883	-	-	-
70	7	0,003176	8,00	128,47	0,0793	7-4	1,52	0,99
	4	0,009311	8,99	123,85	0,2242	4-1	1,97	0,76
	1	0,015671	8,76	124,89	0,3806	-	-	-
80	7	0,003118	8,00	128,47	0,0779	7-4	1,52	0,99
	4	0,009138	8,99	123,83	0,2200	4-1	1,97	0,76
	1	0,015357	8,76	124,87	0,3729	-	-	-
90	7	0,003060	8,00	128,47	0,0764	7-4	1,51	0,99
	4	0,008965	8,99	123,81	0,2158	4-1	1,96	0,76
	1	0,015042	8,76	124,86	0,3652	-	-	-

	7	0,003002	8,00	128,47	0,0750	7-4	1,50	1,00
100	4	0,008792	9,00	123,79	0,2116	4-1	1,95	0,77
	1	0,014728	8,77	124,84	0,3575	-	-	-

A diminuição da vazão no ponto 1 (exultória da bacia), em função da fração da área aproveitada para o aproveitamento da água da chuva é representada na Figura 11.

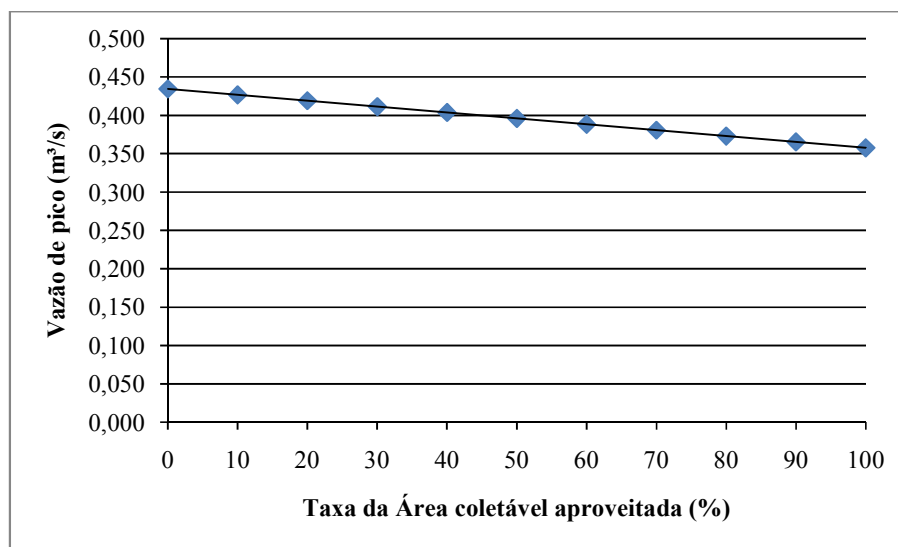


Figura 11 – Redução da vazão de pico em função taxa de área coletável aproveitada

A bacia de estudo apresenta uma declividade acentuada e não existem grandes variações nos tempos de concentração, o que se reflete no perfil linear do gráfico. Considerando que toda a área coletável disponível disponha de um sistema de coleta de água da chuva, observou-se uma diminuição de aproximadamente 18% da vazão de pico (de 0,4344m³/s para 0,3575m³/s) na exultória da bacia (nó 1). A contribuição dos sistemas individuais de coleta, na redução de cheias, se mostrou um tanto baixa, em uma bacia com as características apresentadas e precisam ser implantados em larga escala, para apresentar resultados significativos como medidas mitigadoras de enchentes urbanas. Em São Paulo, por exemplo, o poder público constrói piscinões para diminuir o pico da vazão da drenagem e diminuir enchentes. Todos os reservatórios individuais somados funcionariam como um piscinão.

6. CONCLUSÃO

O aproveitamento da água da chuva se mostrou bastante atrativo, sobretudo, para grandes consumidores das categorias comerciais e industriais. Espera-se que os benefícios exibidos neste trabalho possam incentivar a propagação dessa tecnologia não só na área de estudo, mas também para diversos municípios catarinenses que sofrem com problemas no abastecimento. No que se refere a pequenas residências, a viabilidade fica prejudicada, pois, o subsídio da água pública é de 10 m³ mensais (em algumas cidades brasileiras pode chegar a 20m³). Além disso, os custos associados com a construção do sistema são elevados o que torna o período de retorno do investimento muito alto. Entretanto, essa situação pode ser contornada através da elaboração e aprovação de leis municipais que ofereçam subsídios para consumidores que venham a construir sistemas de captação de água de chuvas em seus imóveis. Também, através de políticas tarifárias que tornem mais viáveis os investimentos privados, e de políticas públicas de fornecimento de tecnologia e equipamentos para a população carente.

Quanto ao impacto do aproveitamento da água da chuva na redução do risco de inundações, a vazão de pico, na micro-bacia escolhida, apresentou uma redução de até 18% no ponto crítico, considerando o uso de toda a área coletável disponível, o que mostra que a tecnologia também pode contribuir de forma significativa na diminuição dos gastos necessários com a realização de obras de drenagem.

Vale destacar a importância da educação ambiental, através da participação da população na preservação dos recursos naturais da região. O aproveitamento da água da chuva, assim como qualquer solução técnica, é apenas um auxiliar na resolução da questão, e requer o engajamento e sensibilização da comunidade para que sejam obtidos resultados mais eficientes e duradouros, e o tão almejado (quanto necessário) desenvolvimento sustentável.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ANA. Conservação e reuso da água em edificações, 2005. Disponível no site http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2005.asp, acesso em maio de 2008.

AZEVEDO NETTO, J. M. (1991), Aproveitamento de Águas de Chuva para Abastecimento, ABES, Rio de Janeiro. BIO, ANO III, N°2, pp. 44-48.

BACK, A. Boletim técnico n° 123 EPAGRI. Florianópolis, 2002.

BROWN, L. Qualidade de vida: salve o planeta! Worldwatch Institute; [tradução Newton Roberval Eichenberg e Maria de Lourdes Eichenberger]. Editora Globo. São Paulo, 1993.

COSTA, H. Pequenas obras, Grandes Soluções, 2004. Disponível em <http://www.aondevamos.eng.br>, acesso em março de 2008

EMBRAPA. Seminário: Planejamento, construção e operação de cisternas para armazenamento da água da chuva – Concórdia/SC, março de 2005. Disponível no site <http://www.cnpsa.embrapa.br/>, acesso em maio de 2008.

FETTER, C.W. Applied Hydrogeology. 3ª edição, New York: Prentice-Hall Publishing, 1994. 691p.

FIGUERÊDO, D. Chuva Ácida – Setor de Controle de Poluição – SAP, CETEC, 2001 Disponível no site www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html. Acesso em dezembro de 2007.

GHISI, E. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. *Building and Environment*, 2006 v. 41, n. 11, p. 1544-1550.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da água da chuva. Organic Trading - Curitiba/PR, 2002.

JAQUES, R. Qualidade da Água da Chuva e sua potencialidade para o aproveitamento em edificações. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

KOBIYAMA, M. e HANSEN, S. Water resources management with a rainwater collection system em Florianópolis, Santa Catarina State, Brazil. In: International Workshop on Non-Structural flood Control in Urban Areas, Proceedings, São Paulo: SBEA, 1998. p.197-208.

KOBIYAMA, M. Água de Chuva no Meio Urbano – apostila do curso de especialização em gestão de recursos hídricos em áreas urbanas, 2005.

LEI FEDERAL 9.433/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

MACOMBER, P. Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii. Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa, 2001.

MAY, S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

NERILO, N.; MEDEIROS, P.; CORDEIRO, A. Chuvas intensas no Estado de Santa Catarina. Editora UFSC, 2002.

OLIVEIRA, Y. Uso do balanço hídrico seriado para o dimensionamento de estrutura de armazenamento de água de chuvas: estudos de casos. Dissertação (Mestrado). Curso de pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SILVA, A.; BRITO, L.; ROCHA, H. Captação de água da chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II; Água para consumo humano. Petrolina, PE, EMBRAPA - CPATSA/MINTER-SUDENE, 1988. 80p.

RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION. An environmentally sound approach for sustainable urban water management – An introductory guide for decision-makers UNEP-DTIE-IETC/Sumida City Government/People for promoting rainwater utilisation Japan, 2002.

TOMAZ, P. A conservação da água. Guarulhos: Ed. do Autor, 1998. 294p.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva 2ª edição. Editora Navegar, São Paulo/SP, 2003.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura. Water availability of the world, 2003. Disponível no site webworld.unesco.org/water/ihp, acesso em dezembro de 2007.

WILKEN, P. S. Engenharia de Drenagem Superficial, São Paulo: CETESB, 1978.

8. ANEXOS

Anexo A – Modelo do cadastro imobiliário da Prefeitura

Anexo B – Consumo mensal em m³ das edificações levantadas.

Anexo C – Gastos mensais, nas contas de água, para as edificações levantadas.

Anexo D – Análise das áreas de captação

Anexo E – Reservatórios dimensionados e saldo econômico

Anexo F – Micro-bacia delimitada.

Anexo G – Coeficientes de escoamento superficial.

Anexo A – Modelo do cadastro imobiliário da Prefeitura

ROL DO CADASTRO IMOBILIARIO EM ORDEM DE INSCRICAO (NUMERICA)

10:39hs

INSCRICAO	CONTRIBUINTE	CPF/CNPJ	RG/INS. ESTADUAL	NACIONALIDADE	EST. CIVIL
ENDERECO DE CORRESPONDENCIA	NUMERO COMPLEMENTO	BAIRRO	CEP	CIDADE	UF
LOCALIZACAO (FATO GERADOR)	NUMERO COMPLEMENTO	BAIRRO	IDENTIFICACAO		
45020481298001	SED / E.E.F. PROF. AURORA S. JABLONSKI	45020481298001			
RUA PREFEITO HUGO FISCHER	539	BELA VISTA	89295000	RIO NEGRINHO	SC
RUA PREFEITO HUGO FISCHER	539	BELA VISTA		QD	LT
COMPROMISSARIO.:0000000000000000	INSC-ALTERNATIV.:000001010421511001	REG-IMOVEL.....:			
LOTEAMENTO.....:	000	QUADRA.....:	LOTE.....:	SUB-LOTE.....:000	
PLANTA-QUADRA...:	CODIGO-RUA.....:00126(RUA PREFEITO HUGO FISCHER	00126)			
CODIGO-BAIRRO...:00003(BELA VISTA)	NUMERO-PREDIAL...:00539	COMPL-ENDERECO...:			
TESTADA-PRINCIP.:00016900	COD-LOGRAD-1...:00126(RUA PREFEITO HUGO FISCHER	00126)			
SECAO-1.....:01070-X	TESTADA-2.....:000000	COD-LOGRAD-2...:00000	SECAO-2.....:		
TESTADA-3.....:000000	COD-LOGRAD-3...:00000	SECAO-3.....:	TESTADA-4.....:000000		
COD-LOGRAD-4...:00000	SECAO-4.....:	SITUACAO.....:02(MEIO DE QUADRA)	TOPOGRAFIA.....:3(DECLIVE)		
PEDOLOGIA.....:01(NORMAL)	AREA-TERRENO...:0001367600	PATRIMONIO.....:2(PUBLICO)	CALCADA.....:2(NAO)		
MURO.....:1(SIM)	ILUMINACAO.....:1(SIM)	PAVIMENTACAO...:2(CALCAMENTO)	COLETA-LIXO...:8(NAO USA)		
LIMPEZA-PUBLICA:2(NAO)	OCUPACAO-TERREN:1(SIM)	ISENCAO-IMUNIDA:4(ISENTO TOTAL)	ESGOTO.....:2(PLUVIAL)		
TP-EDIFICACAO...:08(ESPECIAL)	UTILIZACAO.....:04(PREST. SERVICO)	ESTRUTURA.....:1(ALVENARIA)			
PISO.....:03(ASSOALHO/TACO)	FORRO.....:2(MADEIRA)	INST-ELETRICA...:1(SIM)	INST-SANITARIA...:1(SIM)		
ACAB-INTERNO...:2(PINTURA)	ACAB-EXTERNO...:2(PINTURA)	PAREDES.....:04(MASSA FINA)			
COBERTURA.....:03(TELHA CERAMICA)	CONSERVACAO.....:2(BOM)	AREA-EDIFICADA...:000263373	ANO-CONSTRUCAO...:0000		
NRO-UNIDADES...:0001	DATA-PROJETO...:00/00/0000	DATA-HABITE-SE.:00/00/0000	NRO-HABITE-SE...:		
VEDACAO-ESQ...:2(FERRO)	PADRAO-CONST...:1(NORMAL)	AR-TOT-CONST...:00000263373	TX-OCUP-TER-PER:000000000000		
FRACAO-TERRA...:0000000000	ZONA.....:				
E-MAIL.....:					

TOTAL DE CADASTROS...= 1

Anexo B – Consumo mensal em m³ das edificações levantadas

Nome	Consumo Atual de água tratada(m ³)												dez07	Tipo				
	dez06	jan07	fev07	mar07	abr07	mai07	jun07	jul07	ago07	set07	out07	nov07						
5 Estrelas Papéis e Embalagens Ltda	34	67	73	77	90	75	81	62	67	88	100	120	72	IND				
Aldoni Comércio Representação Ltda	8	12	1	9	11	9	11	8	12	10	10	2	8	COM				
Cahdam Volta Grande S/A	370	341	304	219	284	281	233	252	341	248	261	262	183	IND				
Casagrande revestimentos cerâmicos S/A	477	383	371	358	422	445	334	304	450	438	361	369	285	IND				
Celulose Irani S.A	151	240	313	110	113	119	118	115	153	127	105	134	134	IND				
Centro de atendimento ao estudante Vista Alegre	sem leitura												66	59	77	75	PUB	
Centro de Excelencia	sem leitura												32	57	58	96	38	PUB
Centro Integrado de Saúde – CIS	sem leitura												247	202	158	101	118	PUB
Codifer Com Representação Ltda	2	1	2	1	2	1	9	0	2	1	0	2	5	COM				
Cofermaco Com Mat Construções	26	35	12	14	10	11	10	14	12	15	15	13	14	COM				
Colégio Cenequista São José – CNEC	220	121	53	100	142	148	120	106	138	130	96	100	102	COM				
Cruzado Móveis Indústria e Comércio Ltda	40	53	46	38	56	60	187	31	32	36	60	103	106	PUB				
EEF Marta Tavares	90	27	11	48	113	91	92	85	64	85	72	79		PUB				
EEB Professora Aurora Siqueira Jablonski	55	10	9	29	68	44	62	72	44	52	43	58	52	PUB				
EEM Manuel da Nóbrega	147	32	53	117	195	179	169	131	131	173	136	147	165	PUB				
EMEB Prefeito Henrique Liebel	sem leitura												165	237	191	149	124	PUB
EMEB Prof Pedro Henrique Berkenblock	sem leitura												52	94	65	75	105	PUB
EMEB Prof Ricardo Hoffmann	sem leitura												331	298	80	58	52	PUB
EMEB Professor Arnaldo Almeida de Oliveira	sem leitura												19	26	18	26	47	PUB
EMEB Porf Selma Teixeira Graboski	sem leitura												140	181	84	79	102	PUB
EEF Professor Jorge Zipperer	178	76	42	97	163	158	273	216	170	217	113	51	173	PUB				

Anexo B – Consumo mensal em m³ das edificações levantadas (continuação)

Nome	Consumo Atual de água tratada(m³)												Tipo	
	dez06	jan07	fev07	mar07	abr07	mai07	jun07	jul07	ago07	set07	out07	nov07		dez07
Fábrica de Móveis Rio Negrinho Ltda	13	11	14	14	18	19	16	12	14	16	12	12	10	IND
Fundação Hospitalar Rio Negrinho	279	334	409	460	503	600	743	415	711	663	641	727	401	PUB
Herli Ind. e Com. de Móveis Ltda	45	42	48	44	57	47	45	82	44	35	32	49	51	IND
Hifer Indústria Comércio Móveis Ltda	84	118	100	108	141	106	106	106	159	124	87	88	66	IND
Industria e Comércio Repres Ondutek Ltda	70	23	50	22	29	30	35	21	22	26	20	35	32	IND
Jornal O Perfil Diário	22	20	26	22	20	7	3	4	6	0	13	32	22	COM
Masisa Madeiras Ltda	2572	1840	1383	1597	1461	1817	1848	1379	826	351	376	423	349	IND
Móveis Cafor Ltda	15	13	11	9	8	6	5	10	5	6	15	8	7	IND
Móveis Capi Ltda	11	5	18	13	7	12	11	10	14	15	13	15	7	IND
Móveis Müller Ltda	107	122	163	77	42	27	21	21	13	14	14	23	10	IND
Móveis Quater	33	24	35	28	33	30	20	25	28	31	27	31	30	IND
Móveis Ruckl Ltda	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	4	9	IND
Prefeitura Municipal		sem leitura												
Rineplast - Plásticos Rio Negrinho Ltda	183	162	190	62	34	2	1	2	0	16	52	91	23	IND
Sociedade Musical Rio Negrinho	23	13	23	20	26	26	19	41	27	40	52	143	114	COM
Terminal Rodoviário		sem leitura												
Terminal Urbano		sem leitura												
Tornearia Cristofolini Ltda	22	6	1	16	13	11	12	13	15	13	12	14	10	IND
Transportes Bertolini Ltda	38	37	49	34	34	33	17	20	25	20	15	40	18	COM
Transporte e Turismo Santo Antônio Ltda	50	32	33	34	49	42	41	59	48	50	38	85	93	COM
Posto de saúde Vista Alegre		sem leitura												
Universidade do Contestado-Unc	27	11	32	39	37	36	42	39	60	38	34	67	69	COM
Wind Industrial Ltda	67	47	51	61	90	61	66	62	64	96	127	66	65	IND

Anexo C – Gastos mensais, nas contas de água, para as edificações levantadas

Nome	Gastos com água tratada (R\$)												
	dez06	jan07	fev07	mar07	abr07	mai07	jun07	jul07	ago07	set07	out07	nov07	dez07
5 Estrelas Papéis e Embalagens Ltda	250,3	520,3	569,3	602,1	708,4	585,7	634,8	479,4	520,3	692,0	790,2	1259,6	561,2
Cahdam Volta Grande S/A	3999,6	3681,8	3276,2	2344,6	3057,0	3024,2	2498,1	2706,3	3681,8	2662,5	2805,0	2815,9	1950,1
Casagrande revestimentos cerâmicos S/A	5172,3	4142,1	4010,6	3868,1	4569,5	4821,6	3605,0	3276,2	4876,4	4744,9	3901,0	3988,6	3068,0
Celulose Irani S.A	1599,4	2574,8	3374,9	1150,0	1182,9	1248,6	1237,7	1204,8	1621,3	1336,3	1095,2	1413,0	1413,0
Centro de atendimento ao estudante V. A.				sem leitura					260,2	231,2	276,8	305,9	297,6
Centro de Excelencia				sem leitura					119,1	222,9	227,0	384,7	144,0
Centro Integrado de Saúde – CIS				sem leitura					1020,8	832,3	647,9	409,1	480,3
Colégio Cenequista São José - CNEC	907,7	492,9	206,3	401,3	580,9	606,0	488,7	430,0	564,1	530,6	384,7	401,3	413,3
Cruzado Móveis Indústria e Comércio Ltda	152,3	206,3	177,2	144,0	218,7	235,3	769,4	115,0	119,1	135,7	235,3	417,5	430,0
EEF Marta Tavares	359,8	84,8	31,2	185,5	459,4	364,0	368,1	339,1	251,9	339,1	285,1	314,2	
EEB Professora Aurora Siqueira Jablonski	214,6	27,8	27,8	91,5	268,5	168,9	243,6	285,1	168,9	202,1	164,8	227,0	202,1
EEEM Manuel da Nóbrega	601,8	119,1	206,3	476,1	803,0	735,9	694,0	534,8	534,8	710,8	555,7	601,8	677,3
EMEB Prefeito Henrique Liebel				sem leitura					677,3	978,9	786,2	610,2	505,5
EMEB Prof Pedro Henrique Berkenblock				sem leitura					202,1	376,4	256,1	297,6	425,9
EMEB Prof Ricardo Hoffmann				sem leitura					1372,8	1234,5	318,3	227,0	202,1
EMEB Professor Arnaldo A. de Oliveira				sem leitura					58,0	81,4	54,6	81,4	181,4
EMEB Porf Selma Teixeira Graboski				sem leitura					572,5	744,3	334,9	314,2	413,3
EEF Professor Jorge Zipperer	731,7	301,7	160,6	388,9	668,9	647,9	1129,8	890,9	698,2	895,1	459,4	198,0	710,8

Anexo C – Gastos mensais, nas contas de água, para as edificações levantadas (continuação)

Nome	Gastos com água tratada (R\$)												
	dez06	jan07	fev07	mar07	abr07	mai07	jun07	jul07	ago07	set07	out07	nov07	dez07
Fundação Hospitalar Rio Negrinho	1154,9	1385,4	1699,6	1913,3	2093,5	2499,9	3099,1	1724,8	2965,0	2763,9	2671,7	3032,0	1666,1
Herli Ind. e Com. de Móveis Ltda	340,3	315,8	364,8	332,1	438,5	356,7	340,3	643,0	332,1	258,5	234,0	373,0	389,4
Hifer Indústria Comércio Móveis Ltda	659,3	1237,7	790,2	1128,1	1489,8	1106,2	1106,2	1106,2	1687,0	1303,4	683,9	692,0	512,1
Indústria e Com.Rep. Ondutek Ltda	544,8	145,0	381,2	138,0	187,0	194,0	258,5	131,0	138,0	166,0	124,0	258,5	234,0
Masisa Madeiras Ltda	28133,5	20110,8	15102,1	17447,5	15957,0	19858,7	20198,5	15058,2	8997,4	3791,4	4065,4	4580,5	3769,4
Móveis Müller Ltda	1117,1	1281,5	1730,9	602,1	315,8	173,0	131,0	131,0	75,0	82,0	82,0	145,0	54,0
Móveis Quater	242,1	152,0	258,5	180,0	242,1	194,0	124,0	159,0	180,0	225,8	173,0	225,8	194,0
Prefeitura Municipal				sem leitura					222,9	227,0	206,3	222,9	285,1
Rineplast - Plásticos Rio Negrinho Ltda	1950,1	1719,9	2026,8	479,4	250,3	54,0	54,0	54,0	54,0	96,0	397,6	716,6	145,0
Sociedade Musical Rio Negrinho	71,4	37,9	71,4	61,3	81,4	81,4	58,0	156,5	84,8	152,3	202,1	585,1	463,6
Terminal Rodoviário				sem leitura					355,7	372,3	397,2	476,1	430,0
Terminal Urbano				sem leitura					656,3	343,2	173,1	268,5	222,9
Transportes Bertolini Ltda	144,0	139,9	189,7	127,4	127,4	123,3	51,3	61,3	78,1	61,3	44,6	152,3	54,6
Transporte e Turismo Santo Antônio Ltda	193,8	119,1	123,3	127,4	189,7	160,6	156,5	231,2	185,5	193,8	144,0	339,1	372,3
Universidade do Contestado-Unc	84,8	31,2	119,1	148,2	139,9	135,7	160,6	148,2	235,3	144,0	127,4	264,4	272,7
Wind Industrial Ltda	520,3	356,7	389,4	471,2	708,4	471,2	512,1	479,4	495,7	757,5	1336,3	512,1	503,9

Anexo D – Análise das áreas de captação

Nome	Área captação (m ²)	Captação (m ³ /ano)	Demanda anual de água de chuva			R
			Cenário 1 (m ³ /ano)	R	Cenário 2 (m ³ /ano)	
5 Estrelas Papéis e Embalagens Ltda	4390	4551,1	341,64	13,3	569,4	8,0
Cahdam Volta Grande S/A	7038	7296,3	1208,88	6,0	2014,8	3,6
Casagrande revestimentos cerâmicos S/A	12268	12718,2	1686,3	7,5	2810,5	4,5
Celulose Irani S.A	20600	21356,0	652,62	32,7	1087,7	19,6
Centro de atendimento ao estudante Vista Alegre	934	968,3	306,6	3,2	511	1,9
Centro de Excelencia	416	431,3	249,66	1,7	416,1	1,0
Centro Integrado de Saúde - CIS	1206	1250,3	727,08	1,7	1211,8	1,0
Colégio Cenecista São José - CNEC	3036	3147,4	534,36	5,9	890,6	3,5
Cruzado Móveis Indústria e Comércio Ltda	3041	3152,6	289,08	10,9	481,8	6,5
EEF Marta Tavares	2116	2193,7	626,34	3,5	1043,9	2,1
EEB Professora Aurora Siqueira Jablonski	2634	2730,4	201,48	13,6	335,8	8,1
EEM Manuel da Nóbrega	2540	2633,2	600,06	4,4	1000,1	2,6
EMEB Prefeito Henrique Liebel	2652	2749,3	762,12	3,6	1270,2	2,2
EMEB Prof Pedro Henrique Berkenblock	1368	1418,4	346,02	4,1	576,7	2,5
EMEB Prof Ricardo Hoffmann	2355	2441,4	718,32	3,4	1197,2	2,0
EMEB Professor Arnaldo Almeida de Oliveira	1841	1908,6	122,64	15,6	204,4	9,3
EMEB Porf Selma Teixeira Graboski	2300	2384,4	516,84	4,6	861,4	2,8
EEF Professor Jorge Zipperer	1245	1290,7	652,6	2,0	1087,7	1,2

Anexo D – Análise das áreas de captação (continuação)

Nome	Área captação (m ²)	CC (m ³ /ano)	Demanda anual de água de chuva		R
			Cenário 1 (m ³ /ano)	Cenário 2 (m ³ /ano)	
Fundação Hospitalar Rio Negrinho	3500	3628,5	2321,4	3869	0,9
Herli Ind. e Com. de Móveis Ltda	3392	3516,5	210,24	350,4	10,0
Hifer Indústria Comércio Móveis Ltda	1057	1096,1	473,04	788,4	1,4
Indústria e Comércio Repres Ondutek Ltda	2200	2280,7	140,16	233,6	9,8
Masisa Madeiras Ltda	37562	38940,5	5466,24	9110,4	4,3
Móveis Müller Ltda	6051	6273,1	223,38	372,3	16,8
Móveis Quater	6600	6842,2	127,02	211,7	32,3
Prefeitura Municipal	449	465,5	100,74	167,9	2,8
Rineplast - Plásticos Rio Negrinho Ltda	653	677,4	275,94	459,9	1,5
Sociedade Musical Rio Negrinho	2606	2701,6	192,72	321,2	8,4
Terminal Rodoviário	709	735,0	442,38	737,3	1,0
Terminal Urbano	1456	1509,4	367,92	613,2	2,5
Transportes Bertolini Ltda	3977	4123,0	131,4	219	18,8
Transtusa, Transporte e Turismo Santo Antônio Ltda	620	642,8	223,38	372,3	1,7
Universidade do Contestado-Unc	969	1004,6	179,58	299,3	3,4
Wind Industrial Ltda	1873	1941,7	310,98	518,3	3,7

Anexo E – Reservatórios dimensionados e saldo econômico

Nome	Valores observados		Valores Simulados - Cenário 1				
	Consumo (m³/mês)	Gastos (R\$/mês)	Reservatório (m³)	Consumo (m³/mês)	Gastos (R\$/mês)	Saldo	
						(m³/mês)	(R\$/mês)
5 Estrelas Papéis e Embalagens Ltda	78,0	628,73	23,4	54,2	414,05	23,8	214,68
Cahdam Volta Grande S/A	276,0	2961,77	82,8	192,7	2056,56	83,3	905,21
Casagrande revestimentos cerâmicos S/A	385,0	4157,26	115,5	269,1	2893,40	115,9	1263,86
Celulose Irani S.A	149,0	1573,22	44,7	104,0	942,90	45,0	630,32
Centro de atendimento ao estudante Vista Alegre	70,0	274,31	21,0	48,6	187,91	21,4	86,40
Centro de Excelencia	57,0	219,53	17,1	39,3	144,92	17,7	74,61
Centro Integrado de Saúde - CIS	166,0	678,09	49,8	115,6	469,37	50,4	208,72
Colégio Cenecista São José - CNEC	122,0	492,91	36,6	84,9	339,21	37,1	153,70
Cruzado Móveis Indústria e Comércio Ltda	66,0	258,13	19,8	45,7	171,62	20,3	86,51
EEF Marta Tavares	143,0	561,47	42,9	99,5	379,89	43,5	181,58
EEB Professora Aurora Siqueira Jablonski	46,0	176,35	13,8	32,2	121,44	13,8	54,92
EEM Manuel da Nóbrega	137,0	557,80	41,1	95,6	384,50	41,4	173,30
EMEB Prefeito Henrique Liebel	174,0	711,61	52,2	121,2	493,28	52,8	218,33
EMEB Prof Pedro Henrique Berkenblock	79,0	311,59	23,7	54,7	213,47	24,3	98,12
EMEB Prof Ricardo Hoffmann	164,0	670,94	49,2	114,7	465,50	49,3	205,44
EMEB Professor Arnaldo Almeida de Oliveira	28,0	91,34	8,4	19,0	61,75	9,0	29,59
EMEB Porf Selma Teixeira Graboski	118,0	475,82	35,4	82,0	327,70	36,0	148,12
EEF Professor Jorge Zipperer	149,0	606,29	44,7	103,8	418,80	45,2	187,49

Anexo E – Reservatórios dimensionados e saldo econômico (continuação)

Nome	Valores observados				Valores Simulados - Cenário I				
	Consumo (m³/mês)	Gastos (R\$/mês)	Reservatório (m³)	Consumo (m³/mês)	Gastos (R\$/mês)	Consumo (m³/mês)	Reservatório (m³)	Gastos (R\$/mês)	Saldo (R\$/mês)
Fundação Hospitalar Rio Negrinho	530,0	2205,31	159,0	370,8	1539,49	370,8	159,0	1539,49	665,82
Herli Ind. e Com. de Móveis Ltda	48,0	362,95	14,4	33,4	241,52	33,4	14,4	241,52	121,43
Hifer Indústria Comércio Móveis Ltda	108,0	1038,61	32,4	75,0	607,43	75,0	32,4	607,43	431,19
Indústria e Comércio Repres Ondutek Ltda	32,0	223,07	9,6	22,3	146,23	22,3	9,6	146,23	76,84
Masisa Madeiras Ltda	1248,0	13620,79	374,4	873,5	9517,88	873,5	374,4	9517,88	4102,92
Móveis Müller Ltda	51,0	455,41	15,3	35,2	281,25	35,2	15,3	281,25	174,16
Móveis Quater	29,0	196,18	8,7	20,2	125,35	20,2	8,7	125,35	70,83
Prefeitura Municipal	23,0	89,54	6,9	16,0	61,10	16,0	6,9	61,10	28,44
Rineplast - Plásticos Rio Negrinho Ltda	63,0	615,20	18,9	44,0	427,22	44,0	18,9	427,22	187,98
Sociedade Musical Rio Negrinho	44,0	162,06	13,2	30,5	108,55	30,5	13,2	108,55	53,51
Terminal Rodoviário	101,0	406,24	30,3	70,6	279,12	70,6	30,3	279,12	127,12
Terminal Urbano	84,0	332,78	25,2	58,2	228,81	58,2	25,2	228,81	103,97
Transportes Bertolini Ltda	30,0	104,22	9,0	20,5	64,34	20,5	9,0	64,34	39,88
Transtusa, Transporte e Turismo Santo Antônio Ltda	51,0	195,08	15,3	35,2	126,66	35,2	15,3	126,66	68,42
Universidade do Contestado-Unc	41,0	154,70	12,3	28,6	97,27	28,6	12,3	97,27	57,43
Wind Industrial Ltda	71,0	578,00	21,3	49,7	378,75	49,7	21,3	378,75	199,25

Anexo E – Reservatórios dimensionados e saldo econômico (continuação)

Nome	Valores observados		Valores Simulados - Cenário 2				
	Consumo	Gastos	Reservatório	Consumo	Gastos	Saldo	
	(m³/mês)	(R\$/mês)	(m³)	(m³/mês)	(R\$/mês)	(m³/mês)	(R\$/mês)
5 Estrelas Papéis e Embalagens Ltda	78,0	628,73	39,0	38,7	288,07	39,3	340,66
Cahdam Volta Grande S/A	276,0	2961,77	138,0	137,7	1435,66	138,3	1526,11
Casagrande revestimentos cerâmicos S/A	385,0	4157,26	192,5	192,2	2050,83	192,8	2106,43
Celulose Irani S.A	149,0	1573,22	74,5	74,3	634,89	74,7	938,34
Centro de atendimento ao estudante Vista Alegre	70,0	274,31	35,0	34,7	127,19	35,3	147,13
Centro de Excelencia	57,0	219,53	Área de captação insuficiente para atender a demanda				
Centro Integrado de Saúde - CIS	166,0	678,09	Área de captação insuficiente para atender a demanda				
Colégio Cenequista São José - CNEC	122,0	492,91	61,0	60,6	237,15	61,4	255,76
Cruzado Móveis Indústria e Comércio Ltda	66,0	258,13	33,0	32,6	113,90	33,4	144,23
EEF Marta Tavares	143,0	561,47	71,5	71,0	258,27	72,0	303,20
EEB Professora Aurora Siqueira Jablonski	46,0	176,35	23,0	23,0	78,43	23,0	97,93
EEM Manuel da Nóbrega	137,0	557,80	68,5	68,3	268,23	68,7	289,56
EMEB Prefeito Henrique Liebel	174,0	711,61	87,0	86,6	346,56	87,4	365,05
EMEB Prof Pedro Henrique Berkenblock	79,0	311,59	39,5	39,1	146,01	39,9	165,59
EMEB Prof Ricardo Hoffmann	164,0	670,94	82,0	81,9	322,94	82,1	348,00
EMEB Professor Arnaldo Almeida de Oliveira	28,0	91,34	14,0	13,6	40,87	14,4	50,48
EMEB Porf Selma Teixeira Graboski	118,0	475,82	59,0	58,6	229,49	59,4	246,33
EEF Professor Jorge Zipperer	149,0	606,29	Área de captação insuficiente para atender a demanda				

Anexo E – Reservatórios dimensionados e saldo econômico (continuação)

Nome	Valores observados		Valores Simulados - Cenário 2				
	Consumo (m³/mês)	Gastos (R\$/mês)	Reservatório (m³)	Consumo (m³/mês)	Gastos (R\$/mês)	Saldo	
Fundação Hospitalar Rio Negrinho	530,0	2205,31	Área de captação insuficiente para atender a demanda	23,9	154,01	24,1	208,95
Herli Ind. e Com. de Móveis Ltda	48,0	362,95	24,0	23,9	154,01	24,1	208,95
Hifer Indústria Comércio Móveis Ltda	108,0	1038,61	Área de captação insuficiente para atender a demanda				
Indústria e Comércio Repres Ondutek Ltda	32,0	223,07	16,0	16,0	98,00	16,0	125,07
Masisa Madeiras Ltda	1248,0	13620,79	624,0	623,9	6782,60	624,1	6838,20
Móveis Müller Ltda	51,0	455,41	25,5	25,2	185,54	25,8	269,87
Móveis Quater	29,0	196,18	14,5	14,4	84,96	14,6	111,22
Prefeitura Municipal	23,0	89,54	11,5	11,4	37,68	11,6	51,87
Rineplast - Plásticos Rio Negrinho Ltda	63,0	615,20	31,5	31,5	252,19	31,5	363,02
Sociedade Musical Rio Negrinho	44,0	162,06	22,0	21,8	75,06	22,2	87,00
Terminal Rodoviário	101,0	406,24	Área de captação insuficiente para atender a demanda				
Terminal Urbano	84,0	332,78	42,0	41,6	153,98	42,4	178,80
Transportes Bertolini Ltda	30,0	104,22	15,0	14,6	44,55	15,4	59,67
Transtusa, Transporte e Turismo Santo Antônio Ltda	51,0	195,08	25,5	25,2	82,81	25,8	112,27
Universidade do Contestado-Unc	41,0	154,70	20,5	20,4	66,83	20,6	87,87
Wind Industrial Ltda	71,0	578,00	35,5	35,5	259,96	35,5	318,04

Anexo G - Coeficientes de escoamento superficial (Wilken, 1978)

Zonas	C
<i>Edificações Muito Densas</i>	
partes centrais, densamente construídas, ruas e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
<i>Edificações Não Muito Densas</i>	
partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
<i>Edificações Com Poucas Superfícies Livres</i>	
partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
<i>Edificações Com Muitas Superfícies Livres</i>	
partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 a 0,50
<i>Subúrbios Com Alguma Edificação</i>	
partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções	0,10 a 0,25
<i>Matas, Parques e Campos de Esportes</i>	
Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas parques ajardinados, campos de esportes	0,05 a 0,10