

ITC – INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JACKSON DA SILVA ELIZIARIO
PEDRO ANTONIO OLIVEIRA BACELAR DE CARVALHO

ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA
FABRICAÇÃO DE CONCRETO USINADO

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

CARATINGA – MG
2015

JACKSON DA SILVA ELIZIARIO
PEDRO ANTONIO OLIVEIRA BACELAR DE CARVALHO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA
FABRICAÇÃO DE CONCRETO USINADO**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Civil, do Instituto Tecnológico de Caratinga (ITC, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do professor Thales Leandro de Moura.

CARATINGA - MG
2015

JACKSON DA SILVA ELIZIARIO
PEDRO ANTONIO OLIVEIRA BACELAR DE CARVALHO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONOMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA FABRICAÇÃO
DE CONCRETO USINADO**

Monografia submetida à comissão
examinadora designada pelo Curso de
Graduação em Engenharia Civil como
requisito para obtenção do grau de
bacharel.

Prof. Thales Leandro de Moura (Orientador)

Prof. José Salvador Alves

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof. Vagner Aquino

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota. ”

Theodore Roosevelt

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus.

Agradecemos aos nossos queridos pais, tios e demais familiares pelo apoio nessa empreita.

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Thales Leandro de Moura pela sua dedicada orientação em nosso trabalho.

Jackson da Silva Eliziário

Pedro Antônio Oliveira Bacelar de Carvalho

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Ciclo Hidrológico	16
Figura 2: Distribuição e a variação/evolução das demandas consultivas do País observadas em 2006 e 2010.....	19
Figura 3: Calhas e condutores verticais	26
Figura 4: Tela para remoção de detritos.	27
Figura 5: Reservatório de Autolimpeza	29
Figura 6: Desenho esquemático de exemplo de depósito para primeira água da chuva, com dispositivo boia.....	30
Figura 7: Fluxograma de aceitação da água no amassamento do concreto.	35
Figura 8: Afundamento do solo ocorrido na Cidade do México	42
Figura 9: Interface da página do HidroWeb (ANA)	44
Figura 10: Interface do programa (Introdução de conta e senha)	45
Figura 11: Dados de localização da Estação Pluviométrica	45
Figura 12: Dados da estação Hidrológica	46
Figura 13: Índices Pluviométricos obtidos através do Hidro	46
Figura 14: Imagem da fachada da empresa.....	47
Figura 15: Silo com dosador utilizado para estocagem de cimento	48
Figura 16: Esteira utilizada para transporte de agregados	49
Figura 17: Pá carregadeira descarregando um dos agregados no silo de pesagem	49
Figura 18: Fluxograma de funcionamento da empresa	50
Figura 19: Mapa de índices pluviométricos por regiões	52
Figura 20: Introdução de dados de precipitação no Netuno 4	53
Figura 21: Cálculo da Área de Contribuição.....	54
Figura 22: Introdução de dados de Área de captação no Netuno	55
Figura 23: Introdução de dados referentes a demanda no Netuno	58
Figura 24: Introdução de dados do Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial no Netuno.....	59
Figura 25: Introdução de dados do coeficiente de escoamento inicial no netuno	60
Figura 26: Introdução de dados do volume do reservatório superior	61
Figura 27: Introdução de tarifas de água e esgoto juntas.	64

Figura 28: Inserção de valores da análise econômica	65
Figura 29: Taxa de rentabilidade da poupança no mês de novembro pago pelo Banco do Brasil	65
Figura 30: Inserção de custos iniciais	68
Figura 31: Inserção dos dados referentes a bomba	69
Figura 32: Inserção dos dados referentes às análises periódicas.....	70
Figura 33: Demonstração e calhas e condutores existentes na empresa	71
Figura 34: Demonstração e calhas e condutores existentes na empresa	71
Figura 35: Demonstração de como configurar a simulação de volumes do reservatório	75
Figura 36: Comparação de potencial de utilização e custo entre reservatórios de 57 mil e 100 mil litros.....	79
Figura 37: Simulação refeita com volume de 57 mil litros, usando reservatórios distribuídos e considerando o uso de bombeamento	80
Figura 38: Resultados econômico obtidos	87

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1:Qualidade da água de acordo com o local de coleta.....	24
Tabela 2:Comparativo entre água de Descarte e a de Detenção.....	29
Tabela 3: Frequência de manutenção no sistema de aproveitamento de água da chuva.....	31
Tabela 4: Avaliação preliminar dos requisitos da qualidade da água.....	36
Tabela 5: Parâmetros químicos máximos exigidos pela NBR15900	37
Tabela 6: Ensaio físicos	38
Tabela 7: Produção em m ³ de concreto da empresa estudada.....	56
Tabela 8: Demanda mensal de água consumida	57
Tabela 9: Demanda semanal de água consumida	57
Tabela 10:Coeficiente de escoamento para cada tipo de cobertura	59
Tabela 11: Tabela de tarifas de água/esgoto incididas na classe de consumo industrial.....	63
Tabela 12: Custos com reservatórios.....	66
Tabela 13: Custos com a mão de obra do sistema	67
Tabela 14: Valores dos custos com tubulações e conexões.....	67
Tabela 15: Custos com os acessórios.....	68
Tabela 16: Orçamento da análise de água	70
Tabela 17: Coeficiente de rugosidade.....	73
Tabela 18: Diâmetros dos condutores verticais, de acordo com as vazões.....	73
Tabela 19: Capacidade de condutores horizontais de seção circular para valores de n= 0,011 e n=0,012 (vazões em L/min).....	74
Tabela 20: Capacidade de condutores horizontais de seção circular para valores de n= 0,013 (vazões em L/min).....	74
Tabela 21: Economia identificada durante o primeiro ano de implantação do sistema.	81
Tabela 22: Balanço mês a mês de todo o tempo e simulação do sistema.....	81
Gráfico 1: Distribuição de água Planeta Terra.....	17

Gráfico 2: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil	18
Gráfico 3: Relação entre o consumo de água pluvial por dia e o volume do reservatório.	76
Gráfico 4: Relação entre o volume extravasado de água pluvial por dia e o volume do reservatório.	77
Gráfico 5: Relação entre porcentagens de atendimentos de águas pluviais e o volume escolhido para o reservatório.....	78
Gráfico 6: Relação entre o potencial de economia de água fornecida pelas companhias de abastecimento e o volume dos reservatórios	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agencia Nacional de Águas

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica

CVS – Valores Separados por Vírgulas

m³ - Metro Cúbico

mg/l – Miligramas por Litro

mm – milímetros

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Normas Brasileiras Regulamentadoras

PNUMA –Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RESUMO

Entre as dez primeiras nações no ranking mundial de disponibilidade hídrica, se destaca o Brasil, país este que ainda não dispõe de um abastecimento adequado, a distribuição dos recursos hidrológicos não se manifesta de forma igualitária pelo território, causando em período de estiagem, uma realidade desconhecida pela grande parte da população brasileira, que sofre com racionamentos por apresentar as maiores taxas de consumo mundiais; infelizmente, por motivos culturais, políticas de gerenciamento de recursos nunca foram incentivadas, mediante os fatos, tem se por necessidade a busca por novas fontes alternativas para produtos que usam água como matéria prima, motivando a presente pesquisa, a fabricação de concreto usando água de precipitações, coletada no próprio ambiente de fabricação, torna-se objeto de estudo a fim de conciliar alternativas com o novo quadro hídrico enfrentado atualmente, conseqüentemente economias nas contas pagas as empresas de abastecimentos serão significativas. Parâmetros necessários para utilização da água na fabricação devem ser atendidos, mesmo que ela não seja destinada ao consumo humano, pois, normas para utilização deste método compreendem em não comprometer a qualidade e a resistência do produto. Inovações e implantações de novas técnicas no setor industrial inibem empreendedores por receio de altos investimentos, o custo em questão é a maior preocupação por parte destes, sendo assim, a viabilidade econômica assume parte dos pontos analisados, apresentada em meio aos resultados e conclusões deste trabalho obtém-se parâmetros positivos, indicando que a empresa em questão tem seu retorno financeiro do investimento em 46 meses.

Palavras-chave: Água de chuva, Setor industrial, Concreto, Economia.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS	15
2.1 HIDROLOGIA.....	15
2.2 CICLO HIDROLÓGICO	15
2.3 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	17
2.3.1 Consumo de água no Brasil	19
2.4 CRISE HÍDRICA NO BRASIL.....	20
2.5 LEGISLAÇÃO E NORMATIZAÇÃO.....	22
2.6 NECESSIDADE DO USO DE ÁGUA DA CHUVA.	23
2.7 PADRÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA	24
2.8 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.....	25
2.8.1 Coberturas	25
2.8.2 Calhas e condutores verticais e horizontais	26
2.8.3 Dispositivos para remoção de detritos	27
2.8.4 Dispositivo de descarte	28
2.8.5 Reservatórios	30
2.9 MANUTENÇÕES NO SISTEMA	31
2.10 ÁGUA DE CHUVA COMO MATÉRIA-PRIMA NA PRUDUÇÃO DE CONCRETO ..	32
2.11 PARAMETROS DA NBR 15900/2009 – ÁGUA PARA EMASSAMENTO DE CONCRETO.....	34
2.11.1 Avaliação preliminar e de contaminantes	36
2.11.2 Tempos de pega e resistência à compressão	37
2.11.3 Cloretos	38
2.11.4 Sulfatos	39
2.11.5 Álcalis	39
2.12 APONTADORES DE VIABILIDADE DO SISTEMA.	40
2.13 DESVANTAGENS DE OPTAR PELA ESCAVAÇÃO DE POÇOS PARA VENCER A CRISE.....	41
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
3.1 ESTUDO DE CASO	43

3.2	INTRODUÇÃO AO HIDRO	43
3.3	A EMPRESA	47
3.3.1	Equipamentos básicos da empresa	48
3.3.2	Fluxograma de funcionamento	50
3.4	INTRODUÇÃO AO NETUNO	51
3.4.1	Índices pluviométricos	51
3.4.2	Inserção da área de captação	54
3.4.3	Demanda Total de Água (Litros per capita)	56
3.4.4	Número de Moradores	58
3.4.5	Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial	58
3.4.6	Coefficiente de escoamento superficial	59
3.4.7	Inserção dos volumes dos reservatórios	60
3.4.8	Inserção das variáveis econômicas	62
3.4.9	Inserção das tarifas de água e esgoto	63
3.4.10	Inserção dos demais custos (iniciais e operacionais)	64
3.5	DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS E CONDUTORES	70
3.5.1	Calhas	72
3.5.2	Condutores verticais	73
3.5.3	Condutores horizontais	74
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
5.	CONCLUSÃO	89
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
	APÊNDICE I	95
	APÊNDICEII	96
	ANEXO I	98

1. INTRODUÇÃO

Apesar de a mídia declarar que esta é maior crise hídrica em anos, é necessário mencionar que a principal causa do problema pode não ser a escassez, mas sim a falta de planejamento, isso se evidencia no fato de que a grande disponibilidade de água doce potável presente em nosso território, em especial na Amazônia, resolveria o problema do Sudeste, do Nordeste e até mesmo de muitos países que já se acostumaram a viver em um cenário que chocaria a grande maioria dos brasileiros.

O problema então, não está na falta, mas sim na má distribuição deste recurso sobre a superfície da terra, a água não está acabando, ela é cíclica e permanece na mesma quantidade á milênios; o que acontece, é que o homem usufrui da mesma e devolve ao meio ambiente em condições impróprias, e com isso, de maneira matemática, à medida que a população cresce, uma maior demanda hídrica é estabelecida, e uma maior quantidade de água imprópria é gerada; caminhando assim, para uma generalizada e total escassez.

Quando o termo uso da água é levantado em meio popular, logo se pensa nos desperdícios, ocorridos dentro dos domicílios, mas quem dera fosse apenas isso, a grande demanda fica por conta das indústrias e do agronegócio; setores que impulsionam a economia de qualquer país, mas em troca secam seus mananciais. Dentro de casa, com a água saindo das torneiras, a sociedade se acomoda, ou é levada a aceitar a situação devida à falta de tempo imposta pela vida contemporânea; e não percebe que a necessidade de uma total cooperação da população, está deixando de ser uma questão de cidadania e se transformando em uma questão de sobrevivência.

Como a produção industrial e agrônoma nunca cessarão, e sim aumentarão acompanhando o crescimento populacional; a impressão deixada é de um futuro bastante incerto; onde os processos produtivos estarão ameaçados e as pessoas terão menos acesso a qualidade de vida que a água proporciona. Neste contexto, a responsabilidade de gerenciar o uso da água, de forma a racionalizar o consumo e buscar novas fontes de abastecimento, acabou por motivar essa pesquisa, pois captando a chuva nas coberturas industriais, objetiva-se diminuir o consumo de água tratada pela companhia de abastecimento, destinando-a a atender a

população, visando também adquirir reservas para atravessar períodos de seca, onde as mesmas companhias costumam cessar o fornecimento por um período curto de dias, gerando prejuízo ao setor produtivo.

Com o objetivo de atender os empreendedores visionários e com consciência ambiental, o estudo se delimita em responder a seguinte interrogante: Como é possível instalar um sistema de coleta, armazenamento e distribuição de água pluvial, que comprove uma viabilidade econômica satisfatória em usinas de concreto?

O objetivo geral desta pesquisa é verificar a viabilidade técnica e econômica do uso das águas pluviais, como matéria-prima na produção de concreto usinado, trazendo como objetivos específicos através de revisão bibliográfica de alguns autores, apresentar os mecanismos envolvidos no sistema a ser implantado no estudo de caso e por fim analisar os resultados obtidos e identificar os benefícios adquiridos.

Partindo da hipótese que cada unidade atuante na fabricação de concreto usinado apresenta características específicas, e deve ser avaliada de maneira individual; as técnicas a serem escolhidas para compor o sistema de coleta, armazenamento e distribuição; devem considerar um conjunto de variáveis que podem ou não viabilizar o projeto, como: índice pluviométrico, consumo diário e dimensões da cobertura; na metodologia utilizada essas variáveis foram usadas para alimentar o software Netuno 4, que configura uma ferramenta inovadora e bastante útil análise de resultados para o correto dimensionamento dos mecanismos envolvidos. A viabilidade econômica do processo depende totalmente da correta leitura destas variáveis, afim da escolha das técnicas que compõem o processo, a economia será manifestada, como fundamentado no marco teórico, na diminuição da água fornecida pelas empresas de saneamento, conseqüentemente no valor da conta.

2. CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

2.1 HIDROLOGIA

Uma definição de hidrologia adotada por vários autores e citada por Chow, 1959, apud Tucci,¹ é a seguinte:

Hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas.

Segundo Paz² (2004) a hidrologia pode ser compreendida como a ciência que estuda a água, como a origem da palavra diz (do grego): hidrologia = hydor (“água”) mais logos (“ciência” ou “estudo”).

2.2 CICLO HIDROLÓGICO

De acordo com Gonçalves³ (2006), a circulação da água na Terra gerado a partir da energia solar é chamado de ciclo hidrológico. A água dos rios, mares, oceanos, lagos e das superfícies terrestres úmidas, provenientes da precipitação, evaporam e tornam-se parte de atmosfera. Através do processo de condensação, a água da atmosfera volta para a terra em forma de chuva, conforme mostrado na figura 1.

¹Tucci, C. 2000. (Org.) Hidrologia – ciência e aplicação. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre.

²PAZ. Adriano Rolim da. (2004); **CICLO HIDROLÓGICO**. In: **Hidrologia Aplicada**. 2004.

³ GONÇALVES, R.F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.



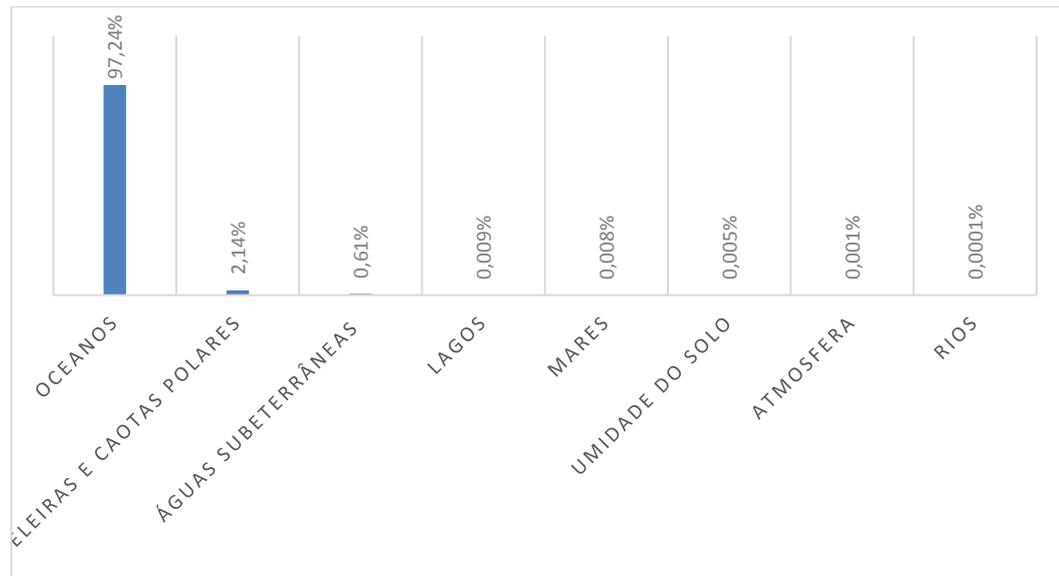
Figura 1: Ciclo Hidrológico
 Fonte: www.ambientebrasil.com.br

Se referindo ao ciclo hidrológico, Carvalho & Silva (2006)⁴, descrevem este como sendo:

[...] movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação), e a gravidade, que faz com que a água condensada se caia (precipitação) e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo).

No gráfico 1 está demonstrada a distribuição de água no planeta em termos de volume armazenado nos diferentes reservatórios naturais.

⁴ CARVALHO Daniel Fonseca de; SILVA Leonardo Duarte Batista da. **CICLO HIDROLÓGICO**. In: **Hidrologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em: 15 de setembro de 2015.

Gráfico 1: Distribuição de água Planeta Terra

Fonte: GRASSI, M. T.; adaptado pelo Autor

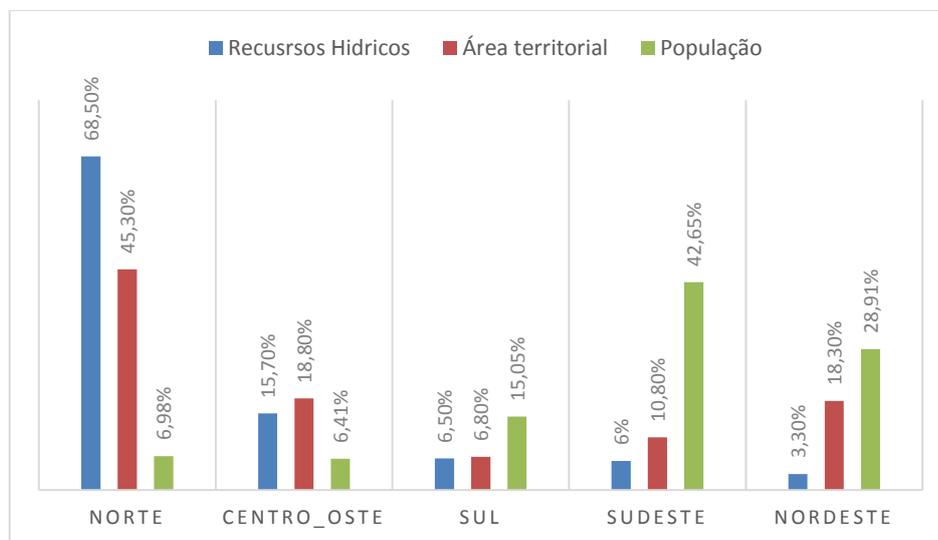
2.3 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

O Brasil possui 12% (Dados: Instituto Brasil PNUMA⁵); das reservas de água doce disponível no mundo. As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Tocantins, Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai (ANEEL, 2007).

Dados de quantidade de água, proporção de terreno podem ser observados no gráfico 2.

⁵ Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Água**. Disponível em: <<http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/agua.html>>. Acesso em: 05/05/2015.

Gráfico 2: Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil



Fonte: Ministério do Meio Ambiente; adaptado pelo Autor

Como pode ser observado no gráfico 2, há uma má distribuição hídrica e populacional no Brasil, observando que na região do Norte encontra-se cerca de 68,5% dos recursos hídricos, apresentando a menor densidade demográfica, fato que é controverso na região Nordeste, onde se encontra a 2ª maior população e a menor disponibilidade hídrica.

O Brasil é um país com posição privilegiada, sendo considerado rico em termos de vazão média por habitante, porém essa vazão apresenta uma grande variação temporal e espacial. (GEO Brasil, 2007)⁶.

A classificação de riqueza hídrica de acordo com Vaitsman&Vaitsman(2005)⁷:

A classificação dos países quanto à riqueza ou pobreza de água não depende apenas das disponibilidades efetivas dos seus recursos hídricos renováveis, mas principalmente, da disponibilidade destes mesmos recursos para o consumo da população. Sendo assim, um país não pode ser considerado mais rico que outros apenas por apresentar um potencial de recursos hídricos maiores que aquele. A sua riqueza em água será determinada pela disponibilidade hídrica anual per capita, ou seja, quanto maior essa disponibilidade, mais rico é o país em termos de água. E esta depende principalmente da densidade populacional e da distribuição dos recursos por área.

⁶ GEO Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

⁷VAITSMAN, Delmo S.: VAITSMAN, Mauro Santiago. **Água Mineral**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

2.3.1 Consumo de água no Brasil

A demanda de água corresponde à vazão de retirada, ou seja, à água captada e destinada a atender os diversos fins, sendo parcela dessa captada e devolvida ao ambiente após o uso, configurando uma vazão de retorno (ANA, 2013)⁸.

Os usos consuntivos considerados pela ANA⁹ é o uso urbano, rural, dessedentação animal, irrigação e industrial, como expresso na figura 2:

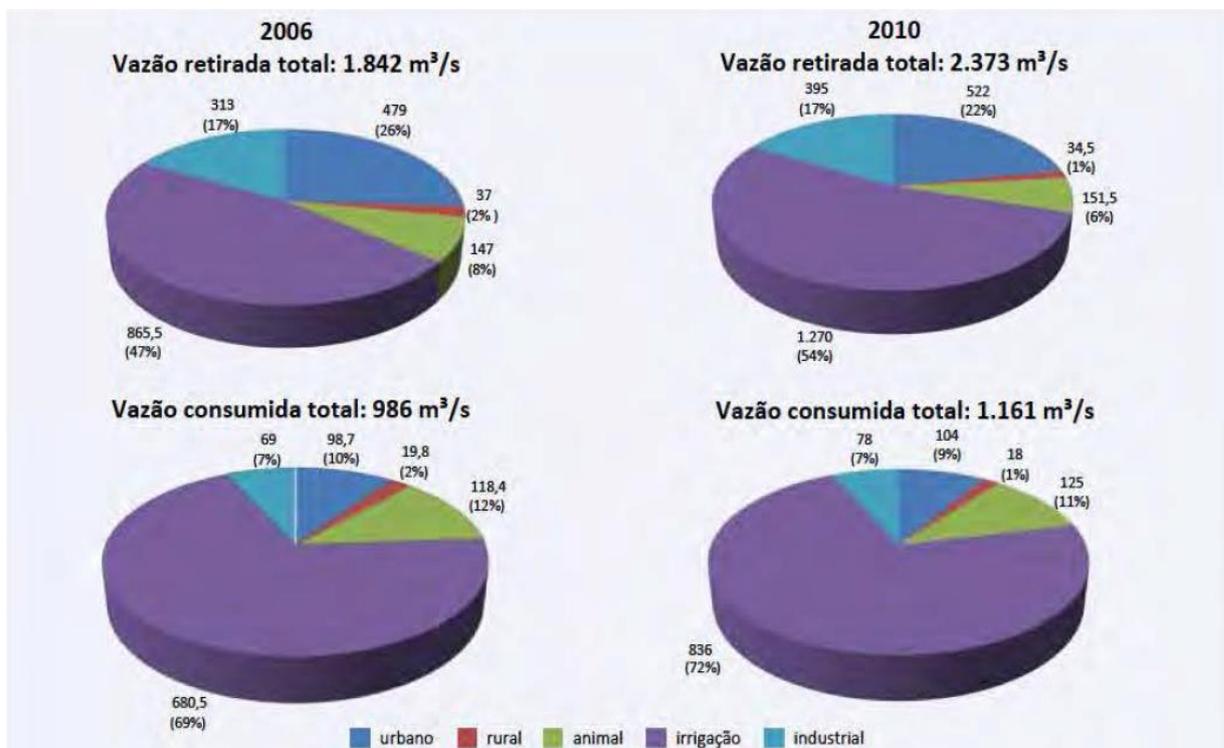


Figura 2: Distribuição e a variação/evolução das demandas consultivas do País observadas em 2006 e 2010.

Fonte: Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013 / Agência Nacional de Águas.- Brasília: ANA, 2013.

No Brasil em 2010, 72 % da água era utilizado na irrigação, 9% para fins urbanos, 7% para indústrias, 11% para dessedentação animal e 1% utilizada no meio rural. (ANA, 2013)¹⁰.

⁸Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil:** Informe 2013. Brasília: ANA, 2013

⁹Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil:** Informe 2013. Brasília: ANA, 2013

2.4 CRISE HÍDRICA NO BRASIL

Apontando as mudanças climáticas como as principais responsáveis, os brasileiros assumem uma posição de completa ingratidão, pois a atual situação não passa nem perto do cotidiano vivido em países como Líbia, Gaza e os Emirados Árabes; o Brasil se encontra na ponta da tabela dos países com disponibilidade de água doce em seu território, ostentando aproximadamente 12% de todo volume mundial (Dados: Instituto Brasil PNUMA)¹¹; mesmo diante de um cenário tão favorável como este MACEDO,2007¹²previu que:

[...] em dez anos o desabastecimento iria atingir toda a região da grande São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, além da maioria das áreas metropolitanas do país – em função da poluição dos mananciais, do uso sem planejamento e do desperdício.

A desigual densidade demográfica brasileira contribui bastante para este cenário, a população não aderiu ao plano expansionista proposto pelo governo no passado e permaneceu concentrada em sua grande maioria na região sudeste, contraposto a isto, aproximadamente 68% dos recursos hídricos estão na região Norte; enquanto o sudeste dispõe de apenas de 6%; a situação só se agrava no Nordeste com míseros 3%, (Dados:Envolverde Jornalismo e Sustentabilidade)¹³. Com esta aglomeração de pessoas formaram-se as metrópoles, onde a demanda apresenta taxas de constante aumento no volume consumido e, sobretudo desperdício.

Questões como o mau uso de água já tratada, durante a limpeza de veículos, calçadas e em banhos demorados, com um pouco de esforço e bom censo, podem ser controladas, diferente dos desperdícios gerados pela falta de manutenção na

¹⁰ Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013 / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2013.

¹¹ Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Água**. Disponível em: <<http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/agua.html>>. Acessado em: 05/05/2015.

¹²MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas & Águas**. 3. Ed., Belo Horizonte: Editora Gente, 2007, p. 72.

¹³ Envolverde Jornalismo & Sustentabilidade. **A gestão dos Recursos Hídricos, um problema constante**. Disponível em: <<http://envolverde.com.br/noticias/gestao-dos-recursos-hidricos-um-pro>>. Acessado em: 25/03/2015.

rede, vazamentos e até mesmo furtos, as chamadas perdas físicas ou água não contabilizada. Segundo o (Fantástico)¹⁴:

A Sabesp diz perder quase 10,5% da água tratada por causa das fraudes. Pior do que isso são os vazamentos com 19,5%, totalizando uma Perda total de 30%. Para fins ilustrativos, só em vazamentos, foram desperdiçados mais de 26 bilhões de litros de água em 2014, daria para abastecer em média 1,4 milhões de famílias de quatro pessoas durante um mês.

Qualquer leigo no assunto, afirmaria que se erradicando os desperdícios domésticos nossos problemas estariam resolvidos, mas quem dera que fosse apenas isso, no que diz respeito à demanda hídrica, as torneiras domiciliares representam apenas a ponta do iceberg; o protagonismo em escala mundial fica por conta da agricultura, seguida pela indústria; mas se tratando do Brasil a realidade é um pouco diferente, aqui a agricultura realmente surpreende, mas devido a fatores culturais, políticos, e econômicos o abastecimento humano e animal supera a indústria; essa realidade foi comprovada pelo relatório da Agência Nacional de Águas (ANA)¹⁵, onde foi citado que no Brasil durante o ano de 2010 a agricultura recebeu 72% de toda água consumida, 21% ficaram a cargo do abastecimento humano e de animais, e os restantes 7% supriram a demanda industrial.

Além de consumirem as reservas, a indústria e o Agronegócio geram resíduos com um degradante potencial de contaminação, agregando custos significantes aos sistemas de tratamento; imagine o quanto essa situação se agrava no Brasil, que é o maior consumidor de produtos agrotóxicos no mundo, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA)¹⁶.

Apesar do momento de escassez, felizmente para os brasileiros, água é o que menos falta em nosso imenso território, a crise é decorrente do mau planejamento e de uma cultura que incentive a informatização da população sobre técnicas que evitem degradações e desperdícios; MACEDO, 2007¹⁷ afirma que:

¹⁴ Fantástico. **SABESP perde 30% de água tratada com furtos e vazamentos**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2015/02/sabesp-perde-30-da-agu.html>>. Acessado em 25/03/2015

¹⁵ Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013**. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html>. Acessado em:25/03/2015

¹⁶ Ministério do Meio Ambiente. **Agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acessado em 26/03/2015

¹⁷MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas & Águas**.3.ed., Belo Horizonte: Editora Gente, 2007, p. 80.

É necessária uma mudança radical principalmente no poder público municipal, estadual, e federal, nos quais decisões políticas, com relação a empreendimentos, não consideram as informações e decisões técnicas - o que acarreta verdadeiros desastres ecológicos, pois faltam fiscalização e decisão de órgãos ambientais para impedir os desmandos políticos.

2.5 LEGISLAÇÃO E NORMATIZAÇÃO

O (decreto nº 24643, de 10 de julho de 1934, artigo 103)¹⁸ decreta o Código de Águas, que no Título V- águas Pluviais, determina que:

Águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em contrário.

Apesar de o decreto ser bem antigo, vale à pena ressaltar que o artigo 103 não foi alterado na Lei nº9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política nacional de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal.

A NBR 15900¹⁹ tida como base de confecção deste trabalho, descreve os requisitos básicos da água de amassamento, despertando para a necessidade de serem feitos ensaios que comprovem o real potencial de utilização da mesma. Existem também as NBR que devem ser observadas na hora da confecção de quaisquer projetos destinados ao uso da água das chuvas, dentre elas temos:

- NBR 5626²⁰- Instalação predial de água fria, estabelece a total independência das instalações de água potável de água ainda não tratada
- NBR 10844²¹- Instalações prediais de águas pluviais, estabelece os parâmetros para correta escolha de calhas e condutores.
- NBR 12213²² Projeto de captação de água de superfície para o abastecimento público, estabelece sobre os dispositivos de remoção de detritos como telas e grades.

¹⁸ Decreto nº 24643, de 10 de julho de 1934, artigo 103. **Código de Águas**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acessado em: 07/09/2015

¹⁹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

²⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5626 – Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

²¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

- NBR 12217²³ - Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, estabelece os parâmetros para a instalação de reservatórios assim como seus dispositivos.

2.6 NECESSIDADE DO USO DE ÁGUA DA CHUVA.

Primeiramente é necessário deixar bem claro, que o uso da água da chuva não caracteriza reaproveitamento nem reuso, ela é colhida diretamente da natureza sem ter sofrido qualquer destinação prévia.

A necessidade do uso da chuva não é uma questão tão atual como se imagina, existem relatos históricos do uso das águas pluviais por diversas civilizações antigas, como na Mesopotâmia, Oriente Médio e México; esse último com destaque para os Incas e os Mayas. Atualmente Países como os Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Japão já iniciaram essa pratica há algum tempo, o governo desses países vem desempenhando um papel bem importante nessa empreita, liberando financiamentos para o acesso de toda a população a práticas sustentáveis. Segundo (Tomaz, 2003)²⁴ os principais motivos que levam à decisão de utilizar água de chuva são basicamente:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água.
- Região com disponibilidade hídrica menor que 1200m³/habitante x ano
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas.
- Retorno dos investimentos (payback) muito rápido
- Instabilidade do fornecimento de água pública
- Exigência de lei específica
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses
- Locais ou regiões onde o índice de Aridez não seja menor ou igual a 0,50.

²² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12213 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento.** Rio de Janeiro, 1992.

²³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12217 – Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 1994.

²⁴ TOMAZ, PLINIO. **Aproveitamento de água de chuvas de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acessado:07/09/2015

2.7 PADRÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

De acordo com Hammer²⁵, ao cair das nuvens, a água da chuva adquire uma série de elementos, tais como: oxigênio, gás carbônico, bactérias e outras partículas presentes no ar, mas, mesmo assim, isso não causa problemas do ponto de vista da qualidade. Os fatores determinantes são as condições das áreas de captação, dos reservatórios de armazenamento e dos mecanismos empregados na distribuição. Assim a qualidade da água de chuva diminui ao entrar em contato com as superfícies de captação, por isso se dá o descarte dos primeiros milímetros que se precipitam sobre as coberturas.

Segundo TOMAZ, Plínio²⁶:

As fezes de passarinhos e de outras aves e animais podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastrointestinais. Por este motivo, é aconselhável que a água de lavagem dos telhados, isto é, a primeira água, seja desprezada e jogada fora.

A tabela 1 a seguir, descreve os possíveis locais de coleta e a destinação que a água coletada pode receber.

Tabela 1: Qualidade da água de acordo com o local de coleta

Grau de Qualidade	Local de coleta da chuva	Observações
A	Telhado (Locais não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água pode se dar para consumo humano (se purificada).
B	Telhado (Locais frequentados por pessoas ou animais)	Somente para usos não potáveis (lavar banheiros, regar as plantas) após pequeno tratamento, não pode ser usada para beber.
C	Terraços e terrenos impermeabilizados	É necessário tratamento mesmo que para usos não potáveis.
D	Estradas, Vias Férreas Elevadas	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento.

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002, apud SILVA, 2007

²⁵ HAMMER, M.J. "Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos", LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 1999.

²⁶ TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento da Água de Chuva**. São Paulo: Navegar, 2003, p 40.

A água pode ser captada de diversas superfícies de captação, estas podem interferir diretamente na qualidade final da água conforme demonstrado na tabela1, onde as águas pluviais provenientes de captação onde não tem acesos de pessoas e animais tem uma melhor qualidade, podendo até ser usada para consumo humano se purificada.

2.8 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Exigindo bastante atenção e cuidado durante a confecção do projeto, é ele que vai definir a quantidade e influenciar na qualidade da água que vai ser coletada e posteriormente distribuída.

2.8.1 Coberturas

Os primeiros mecanismos de captação que devem ser observados são as coberturas, pois são elas que vão receber os primeiros volumes de precipitação, e seu estado de deposição de sedimentos, é que vai transferir características indesejadas ao consumo; (MACEDO, 2007)²⁷ alerta que:

A primeira chuva contém impurezas, devido a deposição no telhado de matéria orgânica eliminada pelos pássaros e/ou trazidas pelo vento, como folhas e pequenos insetos.

Existe também o risco relacionado aos poluentes expelidos pelas indústrias, que podem contaminar tanto durante a precipitação, quanto na deposição dos mesmos sobre o telhado.

O material que vai compor as coberturas também interfere na quantidade de bactérias depositadas, um estudo realizado por (YAZIZ, GUNTING, SAPARI,

²⁷ MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas & Águas**.3. ed, Belo Horizonte: Editora Gente, 2007, p.820.

GHAZALI)²⁸ mostrou uma ligeira vantagem de coberturas de aço galvanizado sobre aquelas feitas de material cerâmico:

Nas amostras para telhados cerâmicos, os valores, para coliformes fecais e totais foram 8-13 NMP/100 ml e 41-75 NPM/100 ml, respectivamente. Em relação ao telhado de aço galvanizado, os valores para coliformes fecais foram 4-8 NPM/100 ml e coliformes totais 25-63 NPM/100 ml.

Pode parecer detalhismo, mas o simples fato da escolha dos materiais mais adequados pode diminuir custos com futuros tratamentos e aumentar o tempo de manutenção do sistema.

2.8.2 Calhas e condutores verticais e horizontais

Também compondo o sistema de coleta temos as calhas e condutores verticais, que são responsáveis pelo transporte da água da chuva da superfície de captação até o reservatório de armazenamento, esses condutores são regulamentados pela NBR 10844²⁹, onde devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica.

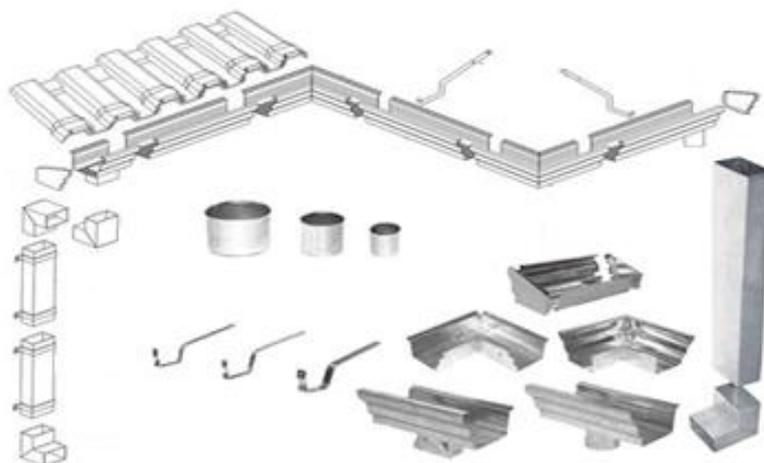


Figura 3: Calhas e condutores verticais

Fonte: http://reidascalhaserufos.com.br/img/home_3.jpg

²⁸ YAZIZ, M.I.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, A.W. Variations in Rainwater quality from roof catchments. **Water Research**, vol.23, 1989, p.6.

²⁹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

Na figura3 estão exemplificados calhas e condutores verticais, estes podem ser feitos de PVC e aço galvanizados e de vários formatos geométricos.

A NBR 10844³⁰ caracteriza os condutores horizontais como tubulações horizontais destinadas a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais, já, os verticais, são considerados pela mesma, tubulações verticais destinadas a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício.

2.8.3 Dispositivos para remoção de detritos

O sistema de remoção de detritos é utilizado para reter folhas, alguma matéria orgânica e outros detritos a fim de evitar o entupimento dos condutores e garantir a qualidade da água armazenada. Estes dispositivos podem ser ralos ou telas e devem atender à NBR 12213³¹.



Figura 4: Tela para remoção de detritos.

Fonte: <http://calhascanaa.com.br/blog/protecao-para-calhas/>

As telas e ralos podem ser feitas de diferentes materiais, mas, os mais utilizados são aqueles de metal ou plástico, por sua maior disponibilidade no mercado. Como observado na figura 4, a tela metálica devidamente instalada retém

³⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

³¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12213 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento.** Rio de Janeiro, 1992.

grande parte dos resíduos grosseiros contidos nos telhados, evitando que estes causem a obstruções dos outros componentes do sistema.

2.8.4 Dispositivo de descarte

O first flush corresponde aos primeiros milímetros de precipitação; ele é responsável pela limpeza da atmosfera e da superfície de captação através do arraste de substâncias como poeira, folhas, galhos e fezes de animais. Estas substâncias interferem diretamente na qualidade da água, e conferem a ela quantidades de contaminantes superiores à média. (PINHEIRO, VALLE, TORDO, MINATI, 2005)³², reforçam que:

Independente de os telhados serem novos deve-se desviar o primeiro fluxo da água de chuva dos tanques de armazenamento, isso é feito para evitar que a poeira e outros materiais e organismos sejam lavados dos telhados e carregados e /ou escoados para o interior dos tanques de armazenamento.

Não existe um consenso geral sobre o volume que deve ser descartado, especialistas indicam a realização de análises para saber o real potencial de contaminação que a cobertura está exposta. (TOMAZ,2003)³³ fundamenta de que:

As pesquisas feitas mostram que o first flush varia de 0,4 L/m² de telhado a 8 L/m² de telhado conforme o local. Na falta de dados locais sugere-se o uso do first flush no valor de 2 L/m² de área de telhado.

Acompanhe na tabela 2a seguir, o comparativo entre a água descartada e a que será armazenada:

³² PINHEIRO, A.; VALLE, J.A.B.; TORDO, O.C.; MINATTI.G. **Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva.** In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 2005, Campina Grande. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/l-025.pdf>>. Acessado em: 07/09/2015.

³³ TOMAZ, PLINIO. **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** Disponível em: <[http:// www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf)>. Acessado: 07/09/20015.

Tabela 2: Comparativo entre água de Descarte e a de Detenção

Parâmetros	Descarte			Caixa de Detenção			Portaria 518/2004
	Valor Médio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo	Valor Mínimo	
pH	5,60	6,35	4,86	5,73	6,82	5,21	6-9,5
Alcalinidade Total (mg/L)	14,52	20,73	10,00	11,73	16,00	8,00	
Cloretos (mg/L)	3,81	5,64	2,82	3,72	5,64	2,82	250
Cor Aparente (uH)	33,00	89,00	17,00	18,45	43,00	7,00	15,00
Dureza Total (mg/L)	23,95	56,00	8,5	21,91	48,00	3,00	500
Ferro Total (mg/L)	3,42	23,00	0,15	0,32	2,02	0,026	0,3
Silica (mg/L)	5,66	28,54	0,651	2,92	13,21	0,212	
Temperatura (°C)	25,10	27,00	24,00	25,09	27,00	24,00	
Turbidez (UT)	4,38	15,00	1,12	1,70	5,00	0,20	5
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	3474,02	24000	7	236,93	900	2	Ausente
Coliformes totais (NMP/100mL)	800,00	50000	387,3	1054,45	≥1600	39,5	Ausente

Fonte: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/l-025.pdf>

Dos dispositivos de descarte, o também conhecido como reservatório de autolimpeza, aparece com destaque entre os mais utilizados; como pode ser observado a figura 5 e figura 6, ilustra que o reservatório com torneira boia funciona de forma que, ao atingir um nível pré-estabelecido equivalente ao volume de descarte, a boia fecha o condutor, encaminhando a água de chuva captada para uma cisterna e retendo a primeira água. Após o término da precipitação, o registro de autolimpeza destes reservatórios deverá ser aberto para retornar as condições iniciais de funcionamento.

**Figura 5:** Reservatório de Autolimpeza

Fonte: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79687/1/Doc-157.pdf>

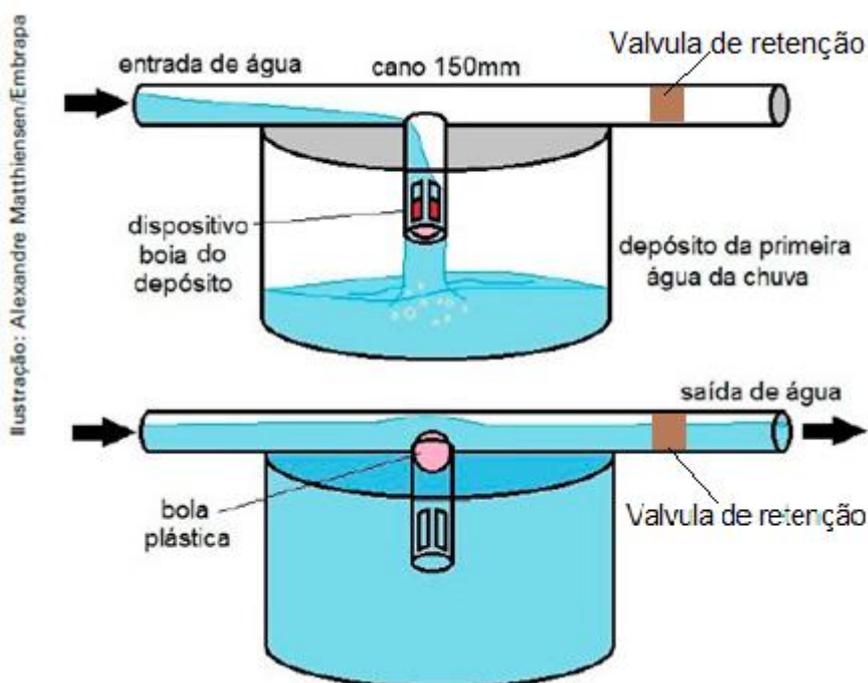


Figura 6: Desenho esquemático de exemplo de depósito para primeira água da chuva, com dispositivo boia

Fonte: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79687/1/Doc-157.pdf>

A válvula de retenção hidráulica só permitirá a passagem da água da chuva com destino aos reservatórios somente quando for submetida a pressão, que ocorrerá quando o reservatório de auto descarte estiver cheio e estancado pela boia de plástico.

2.8.5 Reservatórios

O reservatório é peça chave do sistema e seu dimensionamento é que vai caracterizar o potencial de economia de água pluvial, se subdimensionado o custo inicial será menor, entretanto os prejuízos causados com a perda de água extravasada poderão tornar o sistema quase que ineficaz; por outro lado, se superdimensionado poderá atrasar muito o tempo de retorno do investimento, e dependendo do volume de precipitações da região não apresentar um custo benefício tão compensador.

Na hora do dimensionamento o projetista deve considerar o espaço disponível para receber o reservatório, pois não é sempre que o volume tido como ideal poderá

ser escolhido, para isso, existe a opção de um reservatório enterrado, mas é válido lembrar que o orçamento terá de ser revisto e inerentes custos com escavação e estrutura deverão ser acrescentados; o mesmo acontece com reservatórios suspensos, onde os custos com estrutura e bombas hidráulicas devem ser computados.

Além de tudo o reservatório requer atenção quanto a suas condições higiênicas, pois de nada adianta captar uma água de qualidade e depois contaminá-la; por isso a recomendação é sempre optar por materiais e condições que facilitem futuras manutenções que devem ocorrer periodicamente como descrito em 2.9.

2.9 MANUTENÇÕES NO SISTEMA

De acordo com NBR 15.527³⁴, cada componente do sistema deve ser submetido a frequência de manutenção, como exposto na tabela 3.

Tabela 3: Frequência de manutenção no sistema de aproveitamento de água da chuva

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivos de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 15.527

Todo o sistema de captação e armazenamento de água deve manter uma rigorosa manutenção de tempos em tempos, afim de garantir melhor confiabilidade aos mecanismos empregados, que devem receber os devidos cuidados para não causar nenhuma avaria no sistema.

³⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

2.10 ÁGUA DE CHUVA COMO MATÉRIA-PRIMA NA PRUDUÇÃO DE CONCRETO

Apesar de existirem relatos do uso da água da chuva em épocas antigas, observa-se ainda hoje grande resistência quanto ao seu uso, a grande questão está na dificuldade de exercer controle sobre a qualidade da mesma, uma vez que suas características serão determinadas pelas condições dos locais onde ocorrem as precipitações. Na produção de concreto a resistência na aceitação de produtos proveniente das águas pluviais, acaba desmotivando a maioria dos empreendedores, que por não encontrarem muitas informações e relatos da prática desta técnica, acabam não desenvolvendo argumentos para convencer o consumidor; entretanto (TOMAZELLI, 2012 Apud LOBO E MULLING, 2003)³⁵ declaram que, “por outro lado, cada vez mais estas empresas são forçadas a adotarem uma gestão sustentável dos recursos, por conta da responsabilidade social.”

Os brasileiros são grandes responsáveis pelo consumo hídrico, e ao adotar o concreto armado como principal meio de estruturar suas edificações, não colaboram em nada com a racionalização deste recurso natural. A função da água no amassamento está na hidratação do cimento, que assume sua função de aglomerante, e se uni aos agregados de forma a criar o concreto sólido; a fim de conseguir um produto final mais resistente e durável, a água também deve ser adicionada durante a cura, que nada mais é que o processo de endurecimento da mistura. (YAZIGI, 2004)³⁶ reforça que:

O concreto deve ser mantido umedecido por diversos dias após sua concretagem, pois a água é indispensável às reações químicas que ocorrem durante o endurecimento do concreto, principalmente durante os primeiros dias.

Infelizmente apenas parte da água do concreto evapora e retorna ao ciclo hidrológico, a grande maioria continua presa compondo a mistura.

³⁵ TOMARELLI, Daniel cortina. Apud. MAY, Simone. **Análise dos Parâmetros da Água de Chuva para Confecção de Concreto.** Monografia, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Comunitária da Região de Chapecó SC, 2012, p.23. Disponível em: <<http://fleming.unochapeco.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/00008F/00008F3E.PDF>>. Acesso em: 15/10/2015

³⁶ YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar.** 6ª Ed. São Paulo, Editora Pini, 2004, p.257

Diante do alto consumo, o dilema de como aproveitar os recursos pluviais em canteiros de obras que ainda não apresentavam coberturas, e como seria a logística de armazenamento, impossibilitava a viabilidade da empreita; a situação só veio a mudar com o aparecimento das concreteiras. Existem relatos de que o uso da chuva como matéria-prima se iniciou na Califórnia, onde foram feitas as primeiras análises dos efeitos no concreto, e a confecção dos primeiros critérios para sua utilização.

Como já citado, o concreto é basicamente composto de cimento água e agregados, e a qualidade destes materiais juntamente com uma dosagem correta é quem vai conferir as características ao mesmo. Com relação a água na composição do concreto, a mesma não precisa apresentar potabilidade, nem um grau de pureza tão acentuado, porém deve-se observar os parâmetros exigidos pelas normas como, por exemplo, a presença de matéria orgânica, pH, sólidos totais, sulfatos, cloretos. (MEHTA e MONTEIRO, 1994)³⁷ defendem que, “Nem toda água imprópria para o consumo humano é imprópria para a produção de concreto.”

A aplicação da água da chuva aparece como alternativa bastante viável dentro deste contexto, entretanto deve-se observar a inalteração de fatores relativos a durabilidade, resistência e trabalhabilidade do concreto, segundo (Paula, 2009)³⁸.

As impurezas na água de amassamento do concreto podem afetar não somente a resistência, mas também o tempo de pega, a ocorrência de manifestações patológicas como a eflorescência, que trata de depósitos de sais sobre a superfície do concreto, e a corrosão da armadura passiva ou protendida.

Dependendo da qualidade inicial da água coletada, um tratamento prévio deve ser administrado, e precauções para preservação da saúde das pessoas expostas ao uso da mesma, devem ser tomadas; (TOMAZELLI,2012)³⁹ comenta que:

³⁷ MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 4ª Ed. SãoPaulo: Editora Pini, 1994. p.581.

³⁸ PAULA, Hebert Martins de. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aplicações da água como água destinada ao amassamento do concreto**. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife – PE, 2009 p.02. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/20022103/APROVEITAMENTO-DE-AGUA-DECHUVAAPLICACOES-DA-AGUA-COMO-AGUA-DESTINA-AO-AMASSAMENTO-DECONCRETOS>>. Acesso em: 14/10/2015

³⁹ TOMARELLI, Daniel cortina. Apud. MAY, Simone. **Análise dos Parâmetros da Água de Chuva para Confecção de Concreto**. Monografia, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Comunitária da Região de Chapecó SC, 2012, p.25. Disponível em: <<http://fleming.unochapeco.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/00008F/00008F3E.PDF>>. Acesso em: 18/10/2015

Para se chegar a um nível o qual se utilize água pluvial como fonte primária para a produção de concreto, há de se investir em sistemas de coleta e tratamento d'água, e em treinamento de funcionários.

Atualmente a Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), através da NBR 15900⁴⁰, admite o potencial do uso da água de chuva e apresenta os requisitos necessários para se avaliar a água de captação pluvial na produção de concreto.

2.11 PARAMETROS DA NBR 15900/2009 – ÁGUA PARA EMASSAMENTO DE CONCRETO

É de conhecimento geral que para a confecção de uma NBR, existem uma série de discussões entre profissionais qualificados e de extrema competência no assunto, e que geralmente são tidos como base de estudo, documentos como dados, pesquisas, e até mesmos normas já vigente em outros países; com esse dissentimento a NBR 15900⁴¹, admite o potencial do uso da água de chuva, e apresenta os requisitos necessários para sua avaliação na produção de concreto, prescrevendo os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação

A dita norma foi dividida em onze partes, as quais foram intituladas como:

- Parte 1-Requisitos.
- Parte 2-Coleta de amostras e ensaios.
- Parte 3- Avaliação preliminar.
- Parte 4-Análise química- Determinação do zinco solúvel em água.
- Parte 5- Análise química- Determinação do chumbo solúvel em água.
- Parte 6-Análise química- Determinação de cloreto solúvel em água.
- Parte 7- Análise química- Determinação de sulfato solúvel em água.
- Parte 8- Análise química- Determinação de fosfato solúvel em água.
- Parte 9- Análise química- Determinação de álcalis solúvel em água.
- Parte 10- Análise química- Determinação de nitrato solúvel em água.

⁴⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2009.

⁴¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2009.

- Parte 11- Análise química- Determinação do açúcar solúvel em água.

As análises devem respeitar uma ordem cronológica conforme figura 7 onde é mostrado o fluxograma da ordem correta das análises, para que os resultados guiem os analistas evitando que realizem ensaios desnecessários. Primeiramente são feitos ensaios preliminares, onde algumas características das amostras podem ser avaliadas sem auxílio de laboratórios.

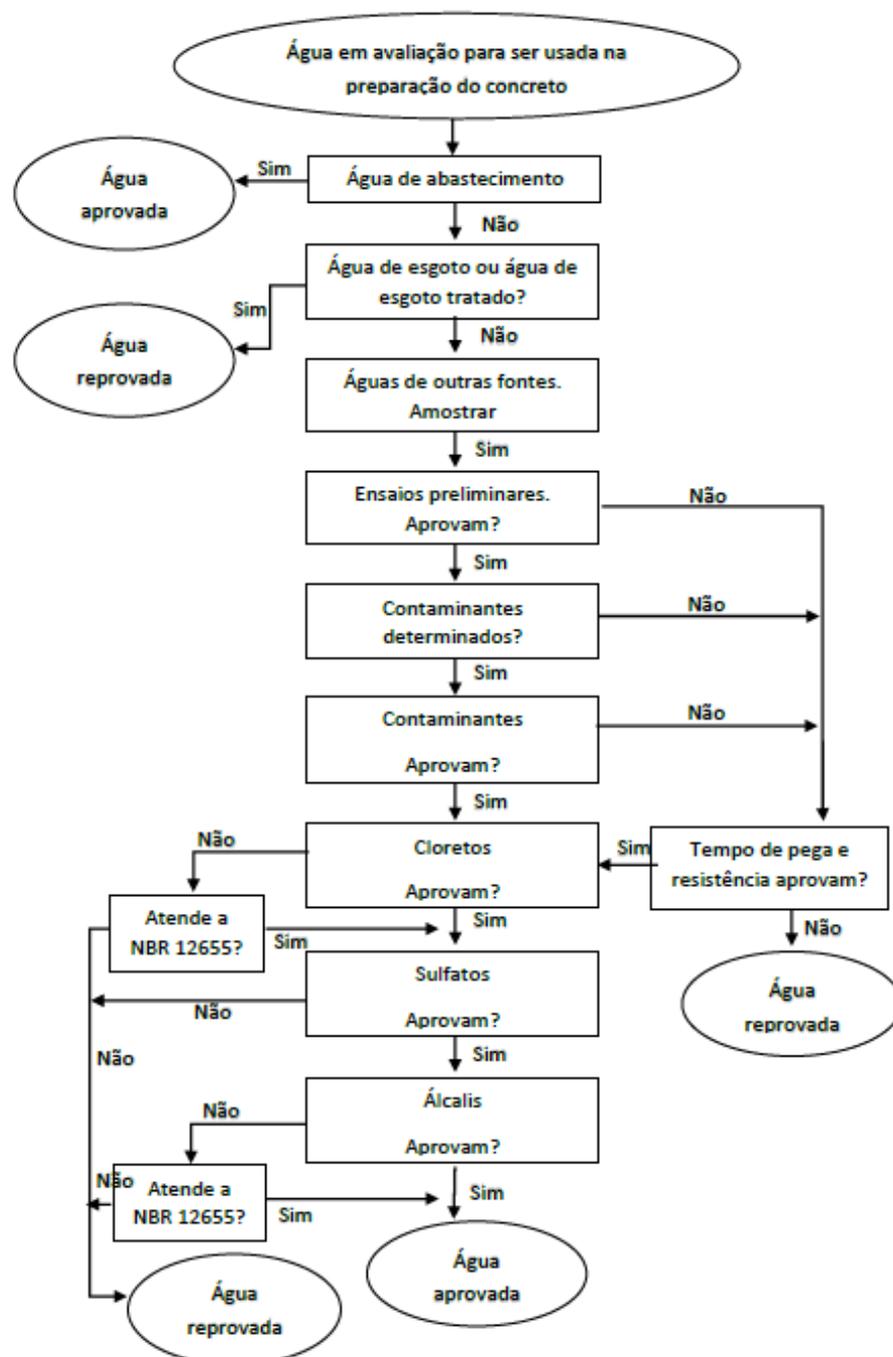


Figura 7: Fluxograma de aceitação da água no amassamento do concreto.
Fonte: NBR15900, adaptado pelo Autor

Quanto à frequência, a dita norma recomenda ensaiar antes do primeiro uso e depois mensalmente, até o ponto em que fique claramente estabelecido o cumprimento aos requisitos de composição ou desempenho da água. Após este período, pode-se adotar uma menor frequência de ensaios.

2.11.1 Avaliação preliminar e de contaminantes

As seguintes tabelas foram confeccionadas a partir das informações extraídas da NBR15900⁴²; elas descrevem os requisitos para a avaliação preliminar, e os parâmetros químicos para os limites concentrações de substâncias que interferem de forma negativa nas características tidas ideais para o concreto.

Tabela 4: Avaliação preliminar dos requisitos da qualidade da água

Parâmetro	Requisitos
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos
Cor	A cor deve ser avaliada qualitativamente como amarelo-claro ou mais clara, a menos da água recuperada de processos de preparação do concreto
Resíduo sólido	Máximo de 50 000 mg/L
Odor	As águas devem ser inodoras, sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico. Excepcionalmente, para água reaproveitada de processos de produção do concreto, é admitido um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico
Ácidos	pH ≥ 5
Matéria Orgânica	A cor deve ser avaliada qualitativamente como mais clara, após adição de NaOH, em relação a solução padrão

Fonte: NBR15900

⁴² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2009.

Dando continuidade, o próximo passo consiste basicamente em promover ensaios laboratoriais, a fim de conhecer a concentração de substâncias contaminante, que podem prejudicar a qualidade do concreto.

Tabela 5: Parâmetros químicos máximos exigidos pela NBR15900

Substância	Teor máximo (mg/L)
Açúcares	100
Nitratos, expressos como NO ₃	500
Chumbo, expresso como Pb ²⁺	100
Zinco, expresso como Zn ²⁺	100

Fonte: NBR15900

A água que não estiver de acordo com um ou mais das exigências das tabelas 4 e 5, só poderá ser usada se for aprovada no ensaio que correspondente ao tempo de pega e resistência a compressão.

2.11.2 Tempos de pega e resistência à compressão

De acordo com a NBR 15900⁴³, os tempos de início e fim de pega, em amostras de pasta preparadas com a água em ensaio, não devem diferir mais de 25% dos tempos de início e fim de pega obtida com amostras de pastas preparadas com água destilada ou água deionizada; os limites dos tempos de início e fim de pega, obtidos em pastas preparadas com a água em ensaio, devem estar de acordo com a Norma Brasileira do cimento utilizado.

A resistência média à compressão aos 7 dias e 28 dias de corpos-de-prova de concreto ou de argamassa, deve alcançar pelo menos 90 % da resistência à compressão média de corpos-de-prova preparados com água destilada ou deionizada.

Devem ser aplicados os métodos de ensaio estabelecidos na Tabela 6.

⁴³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2009.

Tabela 6: Ensaio físicos

Determinação	Método
Tempo de pega da pasta	ABNT NBR NM 65
Resistencia de corpos de prova cilíndricos de argamassa	ABNT NBR 7215
Moldagem, preparação e cura de corpos de prova de concreto	ABNT NBR 5738
Ruptura de corpos de prova de concreto	ABNT NBR 5739

Fonte: NBR 15900

Para cada ensaio descrito na tabela 6, existem normas, que dispões os procedimentos de ensaios que são e suma importância para garantir a qualidade do produto final.

2.11.3 Cloretos

O teor de cloreto na água ensaiada não deve exceder os limites estabelecidos na tabela 9, a menos que se mostre que o teor de cloreto do concreto não excede o valor máximo permitido na ABNT NBR 12655⁴⁴.

Tabela 9: Limites de concentração de cloretos

Uso Final	Teor máximo (mg/L)
Concreto protendido ou graute	500
Concreto armado	1000
Concreto Simples (sem armadura)	4500

Fonte: NBR 15900

⁴⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12655 – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

Para saber a quantidade máxima de cloretos na água, deve-se conhecer qual o uso final do concreto que será produzido. De acordo com a tabela 9 este teor de cloretos pode variar de 500mg/l para concreto protendido ou graute, 1000mg/l para concreto armado e 4500mg/l para concreto simples sem armadura.

2.11.4 Sulfatos

O teor de sulfato na água, ensaiada de acordo com NBR 15900-7⁴⁵, expresso como SO₄²⁻, não deve exceder 2.000 mg/L.

2.11.5 Álcalis

Se agregados potencialmente reativos com álcalis forem usados no concreto, a água deve ser ensaiada quanto aos teores de álcalis de acordo com ABNT NBR 15900-9⁴⁶. O equivalente alcalino de óxido de sódio não deve exceder 1 500 mg/L. Se esse limite for excedido, a água pode ser usada apenas se for comprovado que foram tomadas ações preventivas quanto à reação álcali-agregado, conforme ABNT NBR 15577-1⁴⁷.

⁴⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15900-7 – Água para amassamento do concreto - Parte 7: Análise química - Determinação de sulfato solúvel em água.** Rio de Janeiro, 2009.

⁴⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15900-9 – Água para amassamento do concreto Parte 9: Análise química - Determinação de álcalis solúveis em água.** Rio de Janeiro, 2009.

⁴⁷ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15577-1 – Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto.** Rio de Janeiro, 2008.

2.12 APONTADORES DE VIABILIDADE DO SISTEMA.

Após comprovada a qualidade da água a ser utilizada no emassamento, uma metodologia de coleta, armazenamento e distribuição deve ser esquematizada, (TOMAZELLI,2012 Apud MAY,2004)⁴⁸ disserta que:

Um sistema de utilização de água pluvial é viável quando se consegue aliar três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. A peça fundamental e mais cara do sistema é o reservatório de água de chuva, devendo ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e a disponibilidade pluviométrica da região.

Como tudo que é comercializado, a água também está submetida a lei da oferta e procura; e aumentos tarifários já estão sendo administrados por concessionárias de saneamento e também de energia, uma vez que as hidrelétricas já operam em regime crítico, as chamadas bandeiras vermelhas. Dentro desta realidade, a necessidade da incorporação de técnicas para otimização e aproveitamento de novas fontes sempre se faz válida, a utilização da chuva pode ser bem valorosa em épocas de crise; admitindo como marco teórico MACEDO, 2007⁴⁹ também agrega que:

A detenção das águas de chuva coletadas nas coberturas das edificações, residências e indústrias constituem-se em importante ação no controle de cheias urbanas e na redução da água fornecida pelas empresas de saneamento para consumo humano.

Como embasado anteriormente, o propósito do uso da chuva, está em diminuir o consumo de água tratada pelas companhias de abastecimento, a fim de destiná-la às causas mais nobres, como o abastecimento humano; esta iniciativa geraria as empresas economia nas contas pagas, e a possibilidade de adquirir

⁴⁸ TOMARELLI, Daniel cortina apud. MAY, Simone. **Análise dos Parâmetros da Água de Chuva para Confecção de Concreto**. Monografia, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Comunitária da Região de Chapecó SC, 2012, p.25. Disponível em: <<http://fleming.unochapeco.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/00008F/00008F3E.PDF>>. Acesso em: 14/10/2015

⁴⁹ MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas & Águas**.3.ed., Belo Horizonte: Editora Gente, 2007, p. 819

reservas maiores, durante períodos de escassez. Em sua pesquisa (PAULA,2009)⁵⁰ conclui que:

A possibilidade de aproveitamento de água de chuva em concretos vem ao encontro da construção autossustentáveis, principalmente em usinas de concreto e construções, que requerem grandes volumes de concreto, isso reduziria bem o consumo com água potável.

Em termos de viabilidade, é verdade que o menor custo de produção trará uma sensação de retorno financeiro mais satisfatório, mas gastos vindouros ocasionados por manutenções, devido ao uso de materiais inferiores, e consequentemente mais baratos, devem ser sempre computados.

2.13 DESVANTAGENS DE OPTAR PELA ESCAVAÇÃO DE POÇOS PARA VENCER A CRISE

O desabastecimento surpreendeu a todos, a falta de planejamento por parte governamental gerou muitos transtornos à população, que acabou tendo que conviver com rodízios não só em metrópoles, como também no interior, onde a principal atividade econômica é a agricultura. A solução encontrada pelo homem do campo e por muitos, está sendo a perfuração de poços, prática que já vinha sendo adotada pelas indústrias, para economizar na conta cobrada pela companhia de saneamento; mas isso não resolve o problema, e sim acaba agravando a situação. Durante entrevista (Malu Ribeiro)⁵¹, especialista em gestão de recursos hídricos e coordenadora da Rede de Águas da Fundação SOS Mata Atlântica alerta que:

As reservas subterrâneas não são inesgotáveis e dependem de áreas verdes. Os aquíferos não têm florestas para se reabastecer, o solo é contaminado e há risco de os poços não serem próprios para consumo.

⁵⁰ PAULA, Hebert Martins de. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aplicações da água como água destinada ao amassamento do concreto.** In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife – PE, 2009 p.02. Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/20022103/APROVEITAMENTO-DE-AGUA-DECHUVAAPLICACOES-DA-AGUA-COMO-AGUA-DESTINA-AO-AMASSAMENNTO-DECONCRETOS>>. Acesso em: 18/10/2015.

⁵¹ G1. **Conheça os 10 mitos e verdades sobre a crise da água.** Disponível em:<<http://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2015/05/conheca-10-mitos-e-verdades-sobre-crise-da-agua.html>>; acessado 11/11/2015.

Poços estão sendo furados de maneira desordenada, comprometendo o solo que devido o rebaixamento do lençol, corre riscos ambientais de sofrer afundamentos; causando prejuízos a sociedade. Além disso, água que deveria abastecer as nascentes iniciando o caminho das águas superficiais, mas está sendo coletada por uma minoria, que acaba prejudicando o abastecimento da população, para Luís Fernando Scheibe⁵²:

Essa água subterrânea, assim como a superficial, é um bem comum para o uso de todos. Ao perfurar de forma clandestina, sem a autorização, a pessoa está privatizando um bem de uso comum, se fosse possível administrar o quanto de cada um está retirando de água subterrânea você teria uma divisão muito mais justa.



Figura 8: Afundamento do solo ocorrido na Cidade do México

Fonte: <http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/cidade-do-mexico-afunda-sete-centimetros-por-ano-6715427>

A figura 8 apresenta o afundamento do solo ocorrido na Cidade do México causada pela superpopulação e uso indevido dos recursos naturais subterrâneos.

⁵² Último segundo. **Perfuração desenfreada de poços pode agravar crise em São Paulo.** Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/sp/2014-10-31/perfuracao-desenfreada-de-pocos-pode-agravar-crise-da-agua-em-sao-paulo.html>>. Acessado em:11/11/2015.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada está compreendida à um estudo de caso realizado dentro de uma empresa atuante na fabricação de concreto, para isso foram usados dois softwares como ferramentas de pesquisa e dimensionamento, o primeiro intitulado como Hidro1.2 e o segundo como Netuno 4⁵³.

Ao decorrer da metodologia, será explicado como foram adquiridas as variáveis influentes no cálculo, e como os softwares serão alimentados pelas mesmas.

Posteriormente, será analisado os dados obtidos, e estes serão apresentados no item 4.

3.1 ESTUDO DE CASO

Foi realizado um estudo de caso em uma usina de beneficiamento de concreto, localizada na cidade de Caratinga situada no Leste do Estado de Minas Gerais; a escolha da empresa se deu pelo fato da mesma apresentar grande potencial de captação pluvial, apresentando cobertura em quase sua totalidade. Foram consultados pelos pesquisadores nas instalações da empresa, junto aos proprietários, durante segundo semestre de 2015, os dados de fabricação e consumo de água para fabricação do concreto usinado. O questionário aplicado aos proprietários da empresa está exposto no apêndice I.

3.2 INTRODUÇÃO AO HIDRO

⁵³GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4. Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/.2014>>. Acesso em 13/08/2015.

Para a obtenção de informações sobre os índices pluviométricos é preciso entrar no site da ANA (Agencia Nacional de Águas). Nele podem-se consultar dados pluviométricos de várias estações pluviométricas em todo o Brasil, sendo estes atualizados constantemente.

Dentro do site existe uma página específica para obtenção destes dados, nela encontram-se Softwares disponíveis para download, um deles o Hidro 1.2; escolhido como ferramenta deste estudo.



Figura 9: Interface da página do HidroWeb (ANA)
Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/> acessado em 20/09/2015

O Hidro (Sistema de Informações Hidrológicas) é uma aplicação de banco de dados do tipo cliente/servidor projetada especificamente para o ambiente gráfico Windows 32 bits (95/98/Me/NT4/2000/XP/Vista). Seus principais objetivos são:

- Permitir o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológicos, armazenada em um banco de dados relacional.
- Permitir a entrada de dados por parte das entidades que operam uma rede hidro meteorológica.
- Cálculo de funções hidrometeorológicas básicas.
- Visualização de dados (gráficos, imagens, etc.).

O Hidro 1.2 conta uma interface de fácil manuseio para aquisição de dados; junto ao programa a ANA disponibiliza dados de todas as estações hidrológicas cadastradas em seu banco de dados, das quais serão retirados os índices pluviométricos.

Ao executar o programa ele pede para conectar ao usuário com o nome da conta e uma senha, que são fornecidas pela própria ANA em seu site.



Figura 10: Interface do programa (Introdução de conta e senha)
Fonte: Software Hidro1.2

Depois de estar logado, para encontrar as estações cadastradas deve-se conectar a um banco de dados disponível para download junto ao programa e selecionar qual estação hidrológica pretende estudar, onde irá conter dados, como a localização da estação, Latitude e Longitude, altura em relação ao nível do mar, quem é o responsável pela e estação e quem opera e o código dessa estação que será utilizado para conseguir os índices conforme figura 11.

Figura 11: Dados de localização da Estação Pluviométrica
Fonte: Software Hidro1.2

Com o código de registro da estação desejada, volta-se no site da ANA na opção HidroWeb, onde terá uma aba chamada Dados Hidrológicos, dentro dela terá uma nova aba chamada Séries Históricas, onde deve-se entrar com o código da estação desejada.

Após a inserção dos dados tem-se a obtenção de todos os dados coletados daquela estação através de um arquivo disponível para download como mostrado na figura 12.

IPANEMA (01941000)

Consultando o banco de dados... [Nova Consulta](#)

1650 registros selecionados.

[Clique aqui](#) para baixar o arquivo CHUVAS.ZIP contendo os dados da consulta no formato Access.

Dados da Estação	
Código	01941000
Nome	IPANEMA
Código Adicional	-
Bacia	ATLÂNTICO, TRECHO LESTE (5)
Sub-bacia	RIO DOCE (56)
Rio	-
Estado	MINAS GERAIS
Município	IPANEMA
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-19:47:56
Longitude	-41:42:22
Altitude (m)	260
Área de Drenagem (km2)	-

Consultar série de:

[Arquivo Access](#) [Arquivo Texto](#)

Clique em:

- Arquivo Access** - para criar arquivo Access compactado com os dados da consulta (esse arquivo pode depois ser importado pelo Hidro).
- Arquivo Texto** - para criar arquivo texto compactado com os dados da consulta.

Figura 12: Dados da estação Hidrológica

Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br/Estacao.asp?Codigo=1941000>

Com o arquivo fornecido através do download no formato Access pode-se fazer a importação do mesmo para o Hidro, onde terá acessos a todos dados pluviométricos cadastrados conforme figura 13.

Chuvvas Diárias

Banco de Dados (C:\Documents ar...)

Código: Sub-bacia: Consultar

1650 listados (máximo de 100)

Estação	Nível de consistência	Data	Origem dos dados	Máxima (mm)	Total (mm)	Dia máxima	Dias de chuva
01941000	Enuto	05/1987	Pluviômetro	3,6	6,0	01	02
01941000	Enuto	06/1987	Pluviômetro	9,4	16,6	10	04
01941000	Enuto	07/1987	Pluviômetro	2,0	2,0	01	01
01941000	Enuto	08/1987	Pluviômetro	6,9	6,9	08	01
01941000	Enuto	09/1987	Pluviômetro	30,8	66,6	23	05
01941000	Enuto	10/1987	Pluviômetro	29,6	60,3	31	07
01941000	Enuto	11/1987	Pluviômetro	23,6	106,8	17	12
01941000	Enuto	12/1987	Pluviômetro	87,2	254,8	14	18
01941000	Enuto	01/1988	Pluviômetro	55,2	233,4	09	11
01941000	Enuto	02/1988	Pluviômetro	29,8	41,2	04	04
01941000	Enuto	03/1988	Pluviômetro	41,0	137,1	06	09
01941000	Enuto	04/1988	Pluviômetro	67,8	121,8	28	07
01941000	Enuto	05/1988	Pluviômetro	30,2	52,1	26	06
01941000	Enuto	06/1988	Pluviômetro	9,8	9,8	15	01
01941000	Enuto	07/1988	Pluviômetro	0,9	0,9	09	01
01941000	Enuto	08/1988	Pluviômetro	0,9	0,9	06	01
01941000	Enuto	09/1988	Pluviômetro	4,9	4,9	21	01
01941000	Enuto	10/1988	Pluviômetro	60,6	164,6	18	07
01941000	Enuto	11/1988	Pluviômetro	54,2	191,2	24	15
01941000	Enuto	12/1988	Pluviômetro	50,0	310,9	11	16
01941000	Enuto	01/1989	Pluviômetro	51,8	88,4	03	06
01941000	Enuto	02/1989	Pluviômetro	27,2	30,2	05	03
01941000	Enuto	03/1989	Pluviômetro	56,4	228,9	08	13
01941000	Enuto	04/1989	Pluviômetro	3,6	5,2	26	02
01941000	Enuto	05/1989	Pluviômetro	9,4	21,9	26	05
01941000	Enuto	06/1989	Pluviômetro	29,4	52,3	26	05
01941000	Enuto	07/1989	Pluviômetro	14,4	14,4	31	01
01941000	Enuto	01/1991	Pluviômetro	37,8	205,4	25	18
01941000	Enuto	02/1991	Pluviômetro	52,4	144,0	19	10
01941000	Enuto	03/1991	Pluviômetro	83,4	247,4	23	08
01941000	Enuto	04/1991	Pluviômetro	14,4	17,0	28	02
01941000	Enuto	05/1991	Pluviômetro	22,8	37,6	24	02
01941000	Enuto	06/1991	Pluviômetro	6,8	13,5	06	05

Figura 13: Índices Pluviométricos obtidos através do Hidro

Fonte: Software Hidro1.2

Após a aquisição dos dados, os mesmos devem ser organizados para posteriormente serem inseridos no software Netuno 4, como demonstrado no item 3.4.1.

3.3 A EMPRESA

A empresa CONCREPRAES (PRAES & PRAES BOMBEAMENTO DE CONCRETOS E SERVIÇOS LTDA) localizada na Avenida Presidente Tancredo Neves, nº409, município de Caratinga, na região leste de Minas Gerais, está no mercado de fabricação de concreto usinado há mais de 2 anos.

Trata-se de uma fábrica, que prepara o material também conhecido como concreto usinado, que é produzido de maneira similar ao concreto tradicional, mas diferencia-se por ser executado um rigoroso controle de matérias, equipamentos e procedimentos.



Figura 14: Imagem da fachada da empresa
Fonte: Acervo do autor

A fábrica abrange uma área de aproximadamente 1200 m² e executa toda atividade produtiva dentro de seus limites, inclusive a parte administrativa.

3.3.1 Equipamentos básicos da empresa

A empresa possui um conjunto de silos equipados com balança, onde as matérias-primas (cimento, brita, areia e água) serão depositadas, posteriormente pesadas e dosadas, para serem encaminhadas através de esteiras, até o caminhão betoneira misturador. O silo de cimento é composto de uma balança com função de dosagem conforme figura 15.



Figura 15: Silo com dosador utilizado para estocagem de cimento
Fonte: Acervo do autor

A função da esteira rolante transportadora é conduzir os agregados dos silos até o caminhão misturador através de uma faixa de borracha e polias conforme figura 16.



Figura 16: Esteira utilizada para transporte de agregados
Fonte: Acervo do autor

Para enchimento dos silos com balança, faz-se a utilização de uma Pá Carregadeira como demonstrado na figura 17. O concreto produzido é enviado ao destino final por meio de caminhões betoneiras. A deposição do produto na área requerida conta com o auxílio, quando haver a necessidade, de um caminhão bomba, cuja função é de levar o concreto produzido no caminhão-betoneira até níveis mais elevados.



Figura 17: Pá carregadeira descarregando um dos agregados no silo de pesagem
Fonte: Acervo do autor

3.3.2 Fluxograma de funcionamento

O processo de produção de concreto, é muito simples, devido a mecanização das etapas, precisando de apenas 2 a 3 funcionários para a produção. Na figura 18 está exposto o fluxograma da empresa para um melhor entendimento da produção.

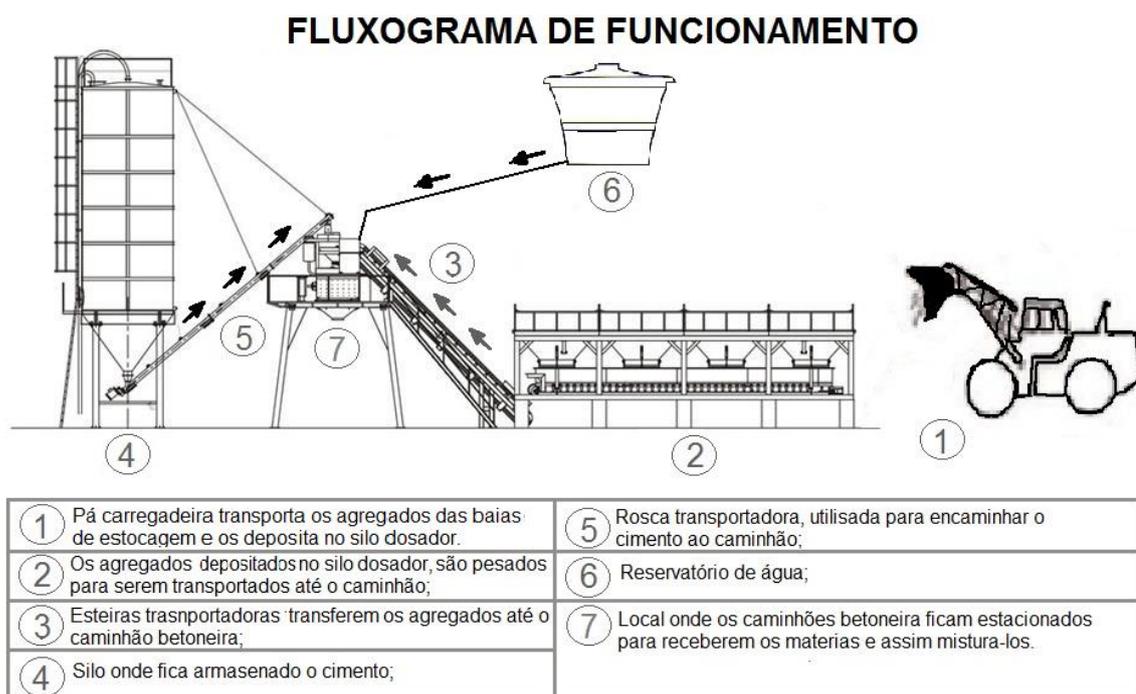


Figura 18: Fluxograma de funcionamento da empresa

Fonte: Acervo do Autor

O processo inicia-se pelo transporte dos materiais agregados (brita 0, brita 1, pó de pedra e areia), cimento, água e aditivos. Os agregados são transportados das baias de estocagem através de uma pá carregadeira até um silo acoplado a uma balança dosadora e a partir daí, pesa-se as quantidades necessárias de cada material. Desta balança uma correia transportadora transfere o material para o caminhão betoneira misturador. Dosa-se a quantidade de cimento através da balança de cimento, instalada abaixo do silo, que descarrega o mesmo diretamente no caminhão betoneira. Dosa-se a água através de uma bomba dotada de um medidor de vazão e a encaminha ao caminhão através de tubulações. Para alterar determinadas características dos concretos e argamassas, são utilizados aditivos

líquidos. A dosagem é feita através de recipiente dosador e colocado no interior do caminhão betoneira misturador.

3.4 INTRODUÇÃO AO NETUNO

De acordo com o manual do Netuno 4⁵⁴, o software foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina juntamente com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, com a finalidade de simular sistemas de captação de águas pluviais. O programa através da inserção de algumas variáveis que permitem uma modelagem adequada do sistema identifica o potencial de economia de água potável por meio do uso da água pluvial e auxilia no dimensionamento do reservatório gerando vários relatórios expostos por meios de gráficos e tabelas muito bem elaboradas.

Com uma detalhada inserção de dados o Netuno 4 ainda permite a realização de análises econômicas (custos e economia) para o sistema simulado. A exemplificação da operação deste software será explicada ao decorrer deste capítulo, como meio de facilitar a exposição da logística operacional do programa.

3.4.1 Índices pluviométricos

Como exemplificados no item 3.0.1 deste capítulo, através do software Hidro foram adquiridos os dados pluviométricos históricos num período de 20 anos, os quais correspondem ao intervalo entre os anos de 1994 e 2014.

É importante destacar que infelizmente o sistema não libera dados de nenhuma estação localizada no município de Caratinga MG, e que a estação escolhida por apresentar dados de precipitação mais completos está localizada em Ipanema MG, vale a pena destacar que os municípios apresentam uma distância em

⁵⁴GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4. Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.

linha reta de 45 km de acordo com o site “ACHE DISTANCIA”⁵⁵; e possuem a mesma média de precipitação anual, que de acordo com os últimos relatórios da ANA corresponde a 1300 mm/ ano; ou seja precipita-se sobre os municípios 1300L/m² durante o intervalo de um ano, conforme o mapa apresentado na Figura 19.

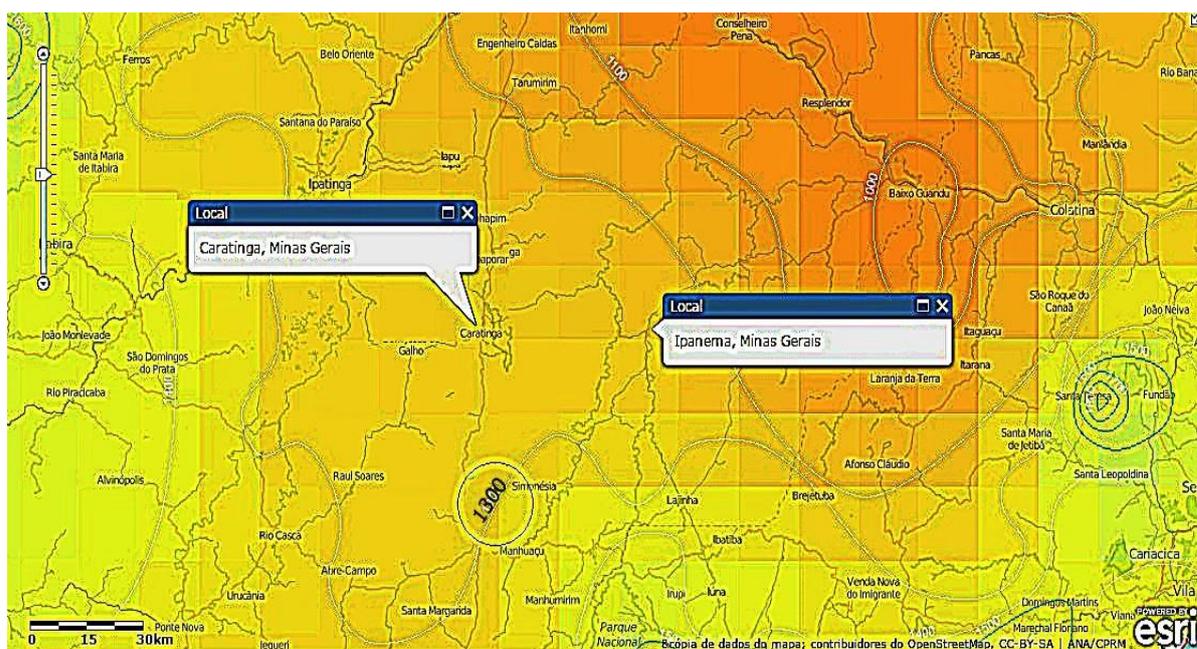


Figura 19: Mapa de índices pluviométricos por regiões
 Fonte: <http://www2.snirh.gov.br/home/webmap/viewer.html>

Após adquirir os dados anteriores a execução do Netuno 4 já pode ser iniciada, mas antes é necessário explicar como o programa processa esses dados; o algoritmo utilizado para inserção de dados, na simulação de sistemas de captação pluvial é através de dados diários de precipitação.

Para se ter uma boa pesquisa, vários anos de coleta de dados pluviométricos se fazem necessários, o que implica em milhares de dias informados. Por possuir muitos registros de chuvas diários, a introdução dos mesmos se dá através de um arquivo externo no formato CVS (Valores Separados por Vírgulas). Estes tipos de arquivo podem ser trabalhados tanto em editores de texto, quanto em Planilhas do Microsoft Excel.

O arquivo de dados diários de precipitação deve estar em formato de vetor-coluna, ou seja, um dado por linha. Estes não devem conter descontinuidades, ou

⁵⁵ ACHE DISTANCIA. Disponível em: <<https://www.achedistancia.com.br/distancia-de-caratinga-a-ipanema.html>>. Acesso em: 11/11/2015.

seja, dias em que não os dados de precipitação, pois caso haja células vazias, o Netuno 4 irá interpretar que não houve precipitação nesses dias.

Depois de ter importado os dados para o programa deve-se inserir a data inicial dos dados coletados, a fim de fornecer resultados para cada mês do ano e a definição do descarte da precipitação inicial (em mm). Se a precipitação em algum dia for menor que o descarte de escoamento inicial o Netuno 4 irá considerar que naquele dia não houve precipitação.

Neste estudo o valor adotado para o descarte inicial foi escolhido seguindo as especificações da NBR 15527⁵⁶ onde consta que. Quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

The screenshot shows the 'Netuno 4' software window with the following data entered:

Carregar dados de precipitação	
Índices 1994 até 2	
Número de registros	7597
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/1994
Descarte escoamento inicial (mm)	2

Other visible fields and values:

- Área de captação (m²): 1222
- Demanda total de água (litros per capita/dia): Variável
- Número de moradores: 1
- Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 100%
- Coefficiente de escoamento superficial: Outro valor, 0,85
- Volume do Reservatório inferior (litros): 60000
- Potencial de utilização de água pluvial: 37,37%
- Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:
 - Completamente: 28,23%
 - Parcialmente: 6,38%
 - Não atende: 65,38%

Figura 20: Introdução de dados de precipitação no Netuno 4
Fonte: Software Netuno 4

Pode-se observar na figura 20 que o campo do software correspondente ao descarte inicial foi devidamente preenchido com o valor adotado neste trabalho; adotando este valor pode-se dimensionar o volume do reservatório de auto descarte pela seguinte equação:

⁵⁶ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

Equação:

$$V.R = D.i \times A.c$$

$$V.R = 2 L/m^2 \times 1222m^2$$

$$V.R = 2444 \text{ Litros}$$

V.R= Volume do reservatório de auto descarte.

D.i = Descarte inicia em litros/m²

A.c = Área de captação em m²

3.4.2 Inserção da área de captação

A área de captação corresponde a soma das áreas das superfícies das coberturas, sendo calculada através da seguinte equação, presente na NBR 10844⁵⁷.

$$\text{Equação 02: } A_x = \left(a + \left(\frac{h}{2} \right) \right) \times b =$$

Onde: A = área de contribuição do telhado (m²);

a = metade da largura do telhado (m);

h = altura da tesoura (m);

b = comprimento do telhado (m).

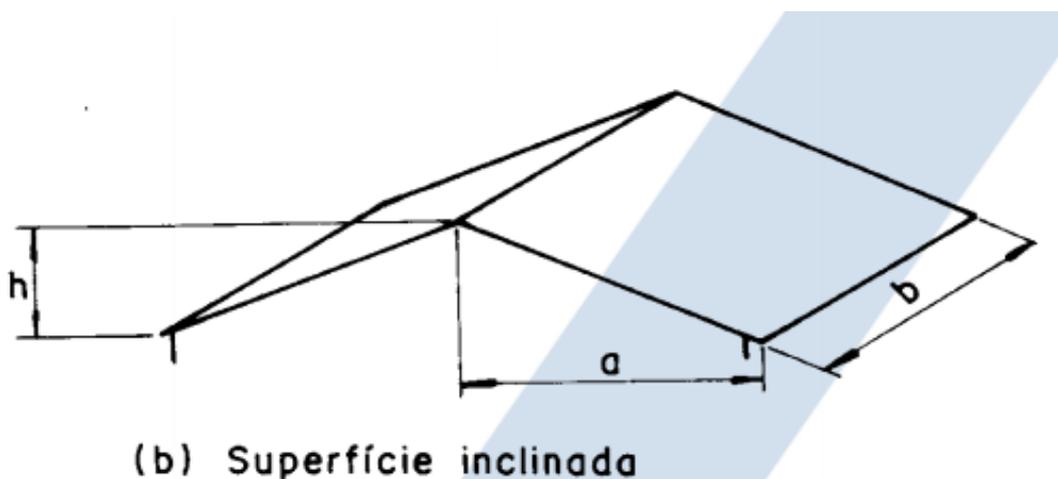


Figura 21: Cálculo da Área de Contribuição
Fonte: NBR 10844, 1989

⁵⁷ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

Um dos motivos que motivaram a escolha da empresa deste presente estudo foi a grande área coberta que ela apresenta, detentora de três coberturas distintas porem unidas, a usina é coberta em quase sua totalidade. A área de captação adota nesse estudo foi calculada abaixo, e corresponde a aproximadamente 1222 m².

$$A_1 = \left(5,6 + \left(\frac{1,68}{2} \right) \right) \times 21,64 = 139,36 \times 2 = 278,70 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \left(4,4 + \left(\frac{0,88}{2} \right) \right) \times 21,64 = 104,7 \times 2 = 209,50 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \left(10 + \left(\frac{2}{2} \right) \right) \times 33,36 = 366,96 \times 2 = 733,92 \text{ m}^2$$

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_t = 278,70 + 209,50 + 733,92$$

$$A_t = 1222,12 \text{ m}^2$$

A figura 22 identifica o campo que deve ser preenchido com a área de captação dentro da interface do software.

The screenshot shows the 'Netuno 4' software interface. The 'Simulação' tab is active. In the 'Reservatório superior' section, there are buttons for 'Carregar simulação previamente salva' and 'Reservatório superior'. Below this, there is a table with precipitation data: 'Carregar dados de precipitação' (Indices 1994 até 2), 'Número de registros' (7597), 'Data inicial (dd/MM/yyyy)' (01/01/1994), and 'Descarte escoamento inicial (mm)' (2). The 'Área de captação (m²)' field is highlighted with a red box and contains the value '1222'. Other fields include 'Demanda total de água (litros per capita/dia)' (Variável), 'Número de moradores' (1), 'Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial' (100%), and 'Coeficiente de escoamento superficial' (Outro valor, 0,85). On the right side, there are options for 'Reservatório inferior' (Simulação para reservatório com volume conhecido selected), 'Simulação' (Volume do Reservatório inferior (litros): 60000), and 'Potencial de utilização de água pluvial: 37,37%'. At the bottom, there are buttons for 'Simular', 'Salvar simulação atual', 'Limpar campos', and 'Análise Econômica'.

Figura 22: Introdução de dados de Área de captação no Netuno
Fonte: Software Netuno 4

Á área está demonstrada no apêndice II, junto ao croqui da fábrica.

3.4.3 Demanda Total de Água (Litros per capita)

A demanda de água necessária para produção de concreto foi adquirida através da entrevista feita na empresa contida no Apêndice II, onde ficou entendido que os concretos que apresentam resistência de 20 Mpa e 25 Mpa (concretos de maior comercialização) consomem em média 216 litros por cada m³ de produção. É importante comentar que a empresa considera a umidade da areia durante a produção, mas por fazer preferência em usar e comprar areia seca, o cálculo da umidade é adotado apenas em caso excepcionais, como na falta de areia seca no mercado; essa postura por parte da empresa só é possibilitada pelo fato da mesma apresentar uma grande área coberta, garantindo abrigo inclusive as baias de estocagem.

A produção da empresa adquirida durante a entrevista foi obtida pela média de caminhões que saem com destino ao consumidor final; onde foi constatado que de segunda a sexta-feira são entregados em média sete caminhões carregados com uma média de seis m³ de concreto, e que durante o sábado a usina só opera até o meio-dia, entregando em média dois caminhões.

Os valores da demanda diária foram calculados em cima de um mês composto de 30 dias, considerando 22 dias de segunda a sexta feira, quatro sábados e quatro domingos, conforme as tabelas 7, 8 e 9 a seguir:

Tabela 7: Produção em m³ de concreto da empresa estudada

Dias da semana	Quantidade de caminhões de concreto em média vendidos por dia (unid.)	Quantidade média em m ³ / Caminhão	Dias trabalhados/mês	Valor Final por mês de concreto vendido (m ³)
Segundas à sextas feiras	7	6	22	924
Sábados	2	6	4	48
Domingos	-	-	-	-
Total em m³				972

Fonte: Acervo do Autor

Tabela 8: Demanda mensal de água consumida

Produção média mensal de Concreto	Quantidade em litros de água / m³ de concreto	Total em litros de água / mês
972	216	209.952

Fonte: Acervo do Autor

Tabela 9: Demanda semanal de água consumida

Dias da semana	Quantidade em m³ de concreto vendido	Quantidade em litros de água utilizada/ m³ de concreto	Quantidade em litros de água/dia
Segunda-Feira	42	216	9072
Terça-Feira	42	216	9072
Quarta-Feira	42	216	9072
Quinta-Feira	42	216	9072
Sexta-Feira	42	216	9072
Sábado	12	216	2592
Domingo	-	216	-
Total/semana			47952

Fonte: Acervo do Autor

A inserção dos dados de demanda de água da simulação pode ser inserida de duas maneiras:

- Fixo, onde se deve definir a demanda diária de água potável per capita;
- Variável, onde a demanda pode ser diária (em litros per capita/dia) de acordo com tabela 8 ou mensal (litros/mês).

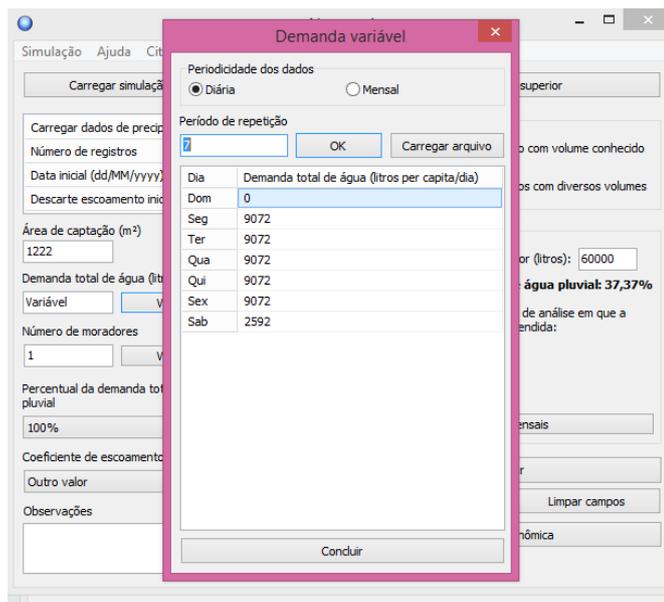


Figura 23: Introdução de dados referentes a demanda no Netuno
Fonte: Software Netuno 4

A figura 23 mostra os dados inseridos no programa de acordo com o consumo diário da empresa, onde foram discriminados os valores do consumo em litros por cada dia da semana, pode-se perceber que aos sábados o consumo de água é menor que os demais, pelo fato da empresa operar somente meio período; sendo nulo aos domingos por não haver produção.

3.4.4 Número de Moradores

Como o dimensionamento deste projeto não se trata de uma residência, e sim de uma empresa, deve se considerar e completar o respectivo campo com o valor um.

3.4.5 Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial

O percentual de água pluvial a ser substituída por água potável é definido a partir de estudos sobre o uso final da água. Este valor está compreendido entre 0% e 100%, como demonstrado na figura 24.

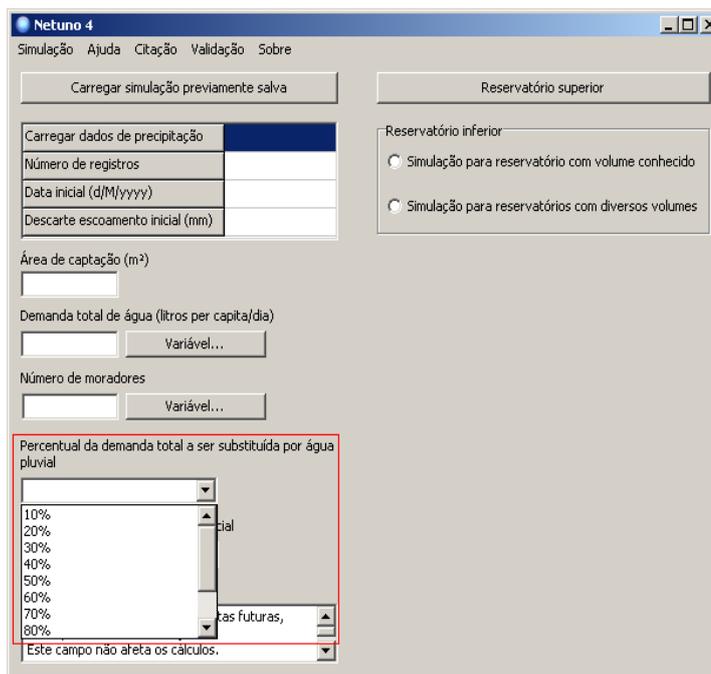


Figura 24: Introdução de dados do Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial no Netuno.

Fonte: Software Netuno 4

Neste projeto objetiva-se a substituição de 100% da água que será usada durante a produção.

3.4.6 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de *runoff*, é a razão entre o volume de precipitação em um determinado período de tempo e o volume que foi captado; este coeficiente depende principalmente da tipologia do material usado na cobertura, assim como mostra a tabela 10.

Tabela 10: Coeficiente de escoamento para cada tipo de cobertura

Material do telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: http://abcmac.org.br/files/simpósio/6simp_plinio_agua.pdf

O valor a ser inserido no Netuno 4 pode variar de acordo com o tipo de superfície para captação de água pluvial (telha metálica, telha cerâmica etc.), sendo possível optar por valores pré-definidos entre 0 e 1, ou fazer o uso da opção “Outro valor”.

The screenshot shows the 'Netuno 4' software window. The 'Simulação' (Simulation) tab is active. On the left, there are input fields for 'Carregar dados de precipitação' (Load precipitation data) with 'Índices 1994 até 2', 'Número de registros' (7597), 'Data inicial (dd/MM/yyyy)' (01/01/1994), and 'Descarte escoamento inicial (mm)' (2). Below these are fields for 'Área de captação (m²)' (1222), 'Demanda total de água (litros per capita/dia)' (Variável), 'Número de moradores' (1), and 'Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial' (100%). The 'Coeficiente de escoamento superficial' (Surface runoff coefficient) is set to 'Outro valor' (Other value) with a value of 0,85, highlighted by a red box. On the right, the 'Reservatório inferior' (Lower reservoir) section shows 'Simulação para reservatório com volume conhecido' selected and 'Volume do Reservatório inferior (litros): 60000'. Below this, the 'Potencial de utilização de água pluvial: 37,37%' is displayed, along with a breakdown: 'Completamente: 28,23%', 'Parcialmente: 6,38%', and 'Não atende: 65,38%'. At the bottom, there are buttons for 'Simular', 'Salvar simulação atual', 'Limpar campos', and 'Análise Econômica'.

Figura 25: Introdução de dados do coeficiente de escoamento inicial no netuno
Fonte: Software Netuno 4

Para efeito de uso nesse estudo como exemplificado na figura 25, o valor adotado foi de 0,85, pois as coberturas da empresa são feitas parte de telha cerâmica e parte de telhas corrugadas de metal e seus coeficientes correspondem entre 0,8 e 0,9 conforme tabela 10.

3.4.7 Inserção dos volumes dos reservatórios

O sistema será contemplado com uma capacidade de reserva de 57 mil litros; sendo 16500 litros destinados aos reservatórios superiores e 40500 litros aos inferiores;

é de suma importância destacar que todos os reservatórios estão conectados, para que mesmo distribuídos, trabalhem como apenas um; essa escolha se justifica, pelo espaço disponível na empresa e pelo potencial econômico que a soma desses volumes representaram; as análises utilizadas para a escolha dos reservatórios podem ser observada em 4.0. Acompanhe agora na figura 26, como foram introduzidos os dados referentes ao reservatório superior.

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária média de água pluvial

Entrar com volume desejado

Não utilizar reservatório superior

Volume do reservatório superior (litros)

16500

Volume no reservatório superior abaixo do qual há recalque (litros)

14850

Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque

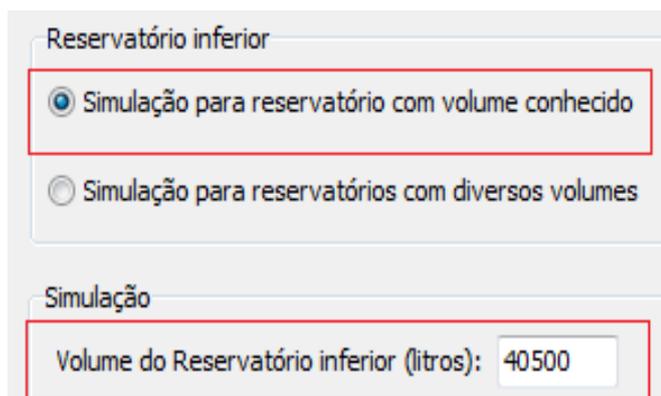
90

Concluir

Figura 26: Introdução de dados do volume do reservatório superior
Fonte: Software Netuno 4

A figura 26 mostra a interface do Netuno 4, onde é possível a inserção dos dados dos reservatórios superiores; com a opção “Entrar com o volume desejado” selecionada, deve -se preencher os campos como exemplificado, sendo importante destacar que a opção “Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque”, fornece ao programa as informações necessárias para serem identificados os volumes de recalques e conseqüentemente o consumo da bomba; isso implica, que toda vez que o conjunto de reservatórios superiores atingirem um volume inferior a 90% a boia automaticamente acionará a bomba iniciando os recalques.

Os reservatórios inferiores por sua vez são inseridos com maior facilidade, como mostra a figura 27.



The image shows a software interface with two main sections. The top section is titled 'Reservatório inferior' and contains two radio button options. The first option, 'Simulação para reservatório com volume conhecido', is selected and highlighted with a red box. The second option is 'Simulação para reservatórios com diversos volumes'. The bottom section is titled 'Simulação' and contains a text input field labeled 'Volume do Reservatório inferior (litros):' with the value '40500' entered. This input field is also highlighted with a red box.

Figura 27: Introdução de dados do volume do reservatório inferior
Fonte: Software Netuno 4

Conforme a figura 27 após serem feitas as análises mostradas em 4.0 e identificado o volume, deve-se marcar a opção “Simulação para reservatório com volume conhecido” e posteriormente preencher o campo mostrado com o valor escolhido.

3.4.8 Inserção das variáveis econômicas

Após ter alimentado o programa com os dados já citados, escolhe-se a opção simular; o programa então, através da quantidade de água fornecida pelas companhias de abastecimento que é substituída pela chuva, aponta o potencial de utilização de água pluvial.

O Netuno 4 além de auxiliar na escolha e dimensionamento dos reservatórios; completa sua missão, oferecendo uma interface que possibilita convergir o potencial de utilização da água de chuva em valores financeiros; em outras palavras, permite inserir os custos para implantação do sistema e posteriormente calcular a estimativa de economia gerada mês à mês, apontando o período necessário para a amortização do investimento, através da inserção das tarifas administradas pelas companhias de saneamento.

3.4.9 Inserção das tarifas de água e esgoto

Através de consultas feitas ao site da companhia de abastecimento que atende a empresa, foram adquiridas as tarifas administradas pela mesma, para isso, foram tomadas as tarifas incididas sobre a classe de consumo Industrial, conforme tabela 11 (tabela completa de tarifas de aplicação está no ANEXO I deste trabalho).

Tabela 11: Tabela de tarifas de água/esgoto incididas na classe de consumo industrial

Classe de Consumo	Código Tarifário	Intervalo de consumo (m ³)	Tarifas de Aplicação			
			Maio/2015 a abril/2016			
			1	2	3	
			Água	EDC	EDT	
Industrial	Ind	0-6	27,37	13,69	24,64	R\$/mês
		>6 -10	4,562	2,281	4,107	R\$/m ³
		>10 -20	7,992	3,996	7,193	R\$/m ³
		>20 -40	8,017	4,009	7,215	R\$/m ³
		>40 -100	8,095	4,049	7,285	R\$/m ³
		>100 -600	8,316	4,157	7,484	R\$/m ³
		>600	8,405	4,202	7,564	R\$/m ³
EDC: Esgoto dinâmico com coleta EDT: Esgoto dinâmico com coleta e tratamento						

Fonte: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agencia-virtual/mais-servicos/atendimento-informacoes/tarifas-em-vigor-2015>, editado pelo Autor

Para inserção dos valores, o software possui os campos, “tarifas de água e esgoto”, mas para facilitar a inserção dos dados foram introduzidos os valores de tarifas de água mais os valores de coleta de esgoto (EDC) juntos. Na cidade em estudo, é cobrado somente coleta, pois a mesma não possui Estação de tratamento de esgoto em operação.

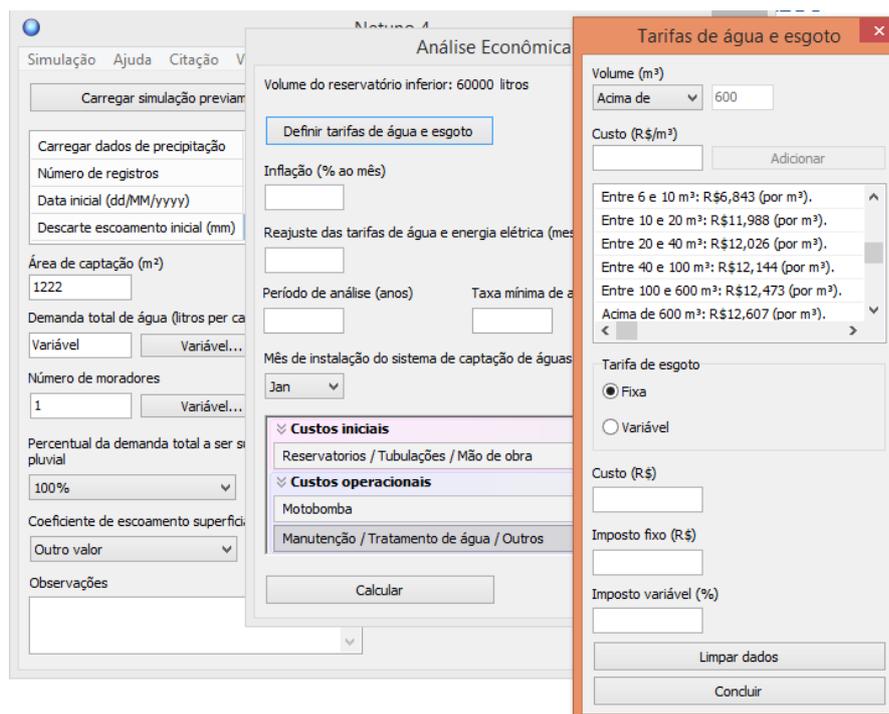


Figura 27: Introdução de tarifas de água e esgoto juntas.
Fonte: Software Netuno 4

3.4.10 Inserção dos demais custos (iniciais e operacionais)

Para uma análise financeira mais real, o software, possui campos onde é possível inserir a taxa de inflação ao mês, essa taxa é de suma importância, pois ela quem dita os aumentos tarifários nas contas, que acontecem geralmente, a cada 12 meses. É certo afirmar, que quanto maior a inflação maior serão as tarifas cobradas, e consecutivamente o sistema será viabilizado mais rapidamente. Durante a confecção deste estudo, a inflação devido à crise financeira, ameaçava atingir o alarmante valor de 10% ao ano segundo o site G1⁵⁸. Acreditando que o Brasil superara a crise, a decisão foi de adotar a inflação tida como meta do Banco Central que é de 4,5% ao ano, ou seja, 0,375% ao mês, segundo o jornal Folha de São

⁵⁸G1, **Pela 1ª vez, mercado prevê inflação acima de 10% neste ano;** <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/11/pela-1-vez-mercado-ve-inflacao-acima-de-10-neste-ano.html>>. Acesso em 12/09/2015.

Paulo⁵⁹. No campo, “taxa mínima de atratividade”, será adotada a menor taxa de rentabilidade da poupança do Banco do Brasil de novembro de 2015.

Figura 28: Inserção de valores da análise econômica
Fonte: Software Netuno 4

Rentabilidade Poupança

Novembro/2015

Dia	Índice %
1	0,6799
2	0,6559
3	0,5967
4	0,6261
5	0,6768
6	0,6591
7	0,6892
8	0,6525
9	0,6002
10	0,6136
11	0,6439
12	0,6743
13	0,7201
14	0,7142
15	0,6874
16	0,6245
17	0,6614
18	0,6901
19	0,7255
20	0,7257
21	0,7053
22	0,6930
23	0,6257
24	0,6283
25	0,6677
26	0,7002
27	0,6950
28	0,7300

* Índice composto de TR + 0,5% de juros

Figura 29: Taxa de rentabilidade da poupança no mês de novembro pago pelo Banco do Brasil
Fonte: http://www37.bb.com.br/portallbb/rendimentosPoupanca/CPR1_lista_bbx?cid=6618

⁵⁹ Jornal Folha de São Paulo, ‘**Brasil tem inflação base**’ de 5% a 6%, diz Fernando Pimentel. <<http://www1.folha.uol.com.br/poder/poderpolitica/2013/04/1268205-brasil-tem-inflacao-de-base-de-5-a-6-diz-fernando-pimentel.shtml>>. Acesso em 12/09/2015

Além destes valores o software possibilita inserir o período de análise econômica do sistema, sendo adotado neste trabalho num período de 20 anos; no campo “Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais”, foi considerado que o sistema será instalado no mês de janeiro.

Custos como, valor dos reservatórios, mão de obra para instalação do sistema, tubulações e acessórios o programa os classifica como custos iniciais, podendo ser conferidos nas tabelas 12, 13, 14 a seguir:

Tabela 12: Custos com reservatórios

CUSTOS COM RESERVATORIOS			
MATERIAIS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
RESERVATORIO DE 20.000 LITROS (inferior)	1	R\$ 9.300,00	R\$ 9.300,00
RESERVATORIO DE 15.000 LITROS (inferior)	1	R\$ 6.310,00	R\$ 6.310,00
RESERVATORIO DE 5500 LITROS (inferior)	1	R\$ 2.040,00	R\$ 2.040
RESERVATORIO DE AUTO DESCARTE DE 2.500 LITROS (inferior)	1	R\$ 1.270,00	R\$ 1.270,00
RESERVATORIO DE 5500 LITROS (superior)	3	R\$ 2.040,00	R\$ 6.120
PREPAÇÃO DA BASE PARA O RESERVATORIO*	0	R\$ -	*
VALOR TOTAL			R\$ 25040,00
*Empresa já apresentava um piso estruturado para receber a carga dos reservatórios.			

Fonte: Autor

Tabela 13: Custos com a mão de obra do sistema

CUSTOS COM MÃO DE OBRA			
SERVIÇO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
PROJETO E EXECUÇÃO DO SISTEMA	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
MÃO DE OBRA (BOMBEIRO HIDRAULICO/DIA)	3	R\$ 150,00	R\$ 450,00
MANUTENÇÃO E LIMPEZA*	Periodicamente conforme 2.9	R\$ -	R\$ -
ANÁLISE DE ÁGUA**	5	R\$ 400,00	R\$ 2.000,00
VALOR TOTAL			R\$ 5.450,00

* A manutenção e limpeza será feita pelos funcionários da empresa.
 ** Análise de água referente aos 5 primeiros meses de funcionamento do sistema (após estas análises a frequência irá diminuir, onde será feita a cada 6 meses).

Fonte: Autor

Tabela 14: Valores dos custos com tubulações e conexões

CUSTOS COM TUBULAÇÕES E CONEXÕES			
MATERIAIS	QUANTIDADE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
TUBO DE 150mm	12	R\$108,00	R\$ 1.296,00
TUBO DE 100mm	2	R\$ 43,00	R\$ 86,00
TUBO DE 50mm	9	R\$ 48,00	R\$ 432,00
JOELHO DE 150mm	6	R\$ 25,00	R\$ 150,00
JOELHO DE 100mm	1	R\$ 3,80	R\$ 3,80
JOELHO DE 50 mm	4	R\$ 3,80	R\$ 15,20
REDUÇÃO DE 150/100 mm	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00
REDUÇÃO DE 100/75 mm	1	R\$ 8,85	R\$ 8,85
BUCHA DE REDUÇÃO DE 75/60 mm	1	R\$ 5,85	R\$ 5,85
VALVULA DE RETENÇÃO	1	R\$ 78,00	R\$ 78,00
T COM REDUÇÃO 150/100mm	4	R\$ 39,00	R\$ 156,00
REGISTROS de 50mm	6	R\$ 17,00	R\$ 102,00
T 150mm	1	R\$ 49,30	R\$ 9,30
VALOR TOTAL			R\$ 2.361,00

Fonte: Autor

Tabela 15: Custos com os acessórios

Custos dos acessórios			
Equipamentos	Quantidade	Custo unitário	Total
Tela	45	R\$ 6,80	R\$ 306,00
Demais custos*			R\$ 500,00
Total			R\$ 806,00

*Custos envolvidos, como: colas, veda rosca e etc.

Fonte: Autor

A Figura 30, mostra onde os custos iniciais devem ser inseridos no software.

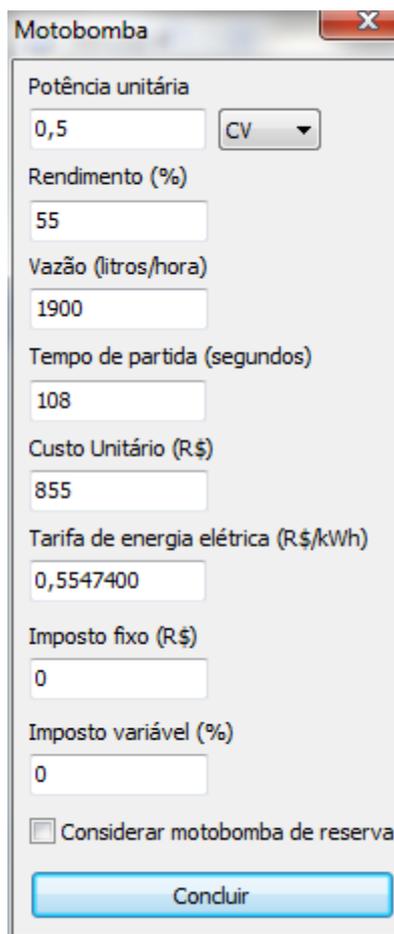
A janela "Custos iniciais" apresenta os seguintes dados inseridos:

Item	Custo (R\$)
Reservatório inferior	18920
Reservatório superior	6120
Mão de obra	5450
Tubulações	2361
Acessórios	806

Figura 30: Inserção de custos iniciais

Fonte: Software Netuno 4

Como já mostrado, o sistema fará uso de reservatórios elevados, tornado indispensável o preenchimento da janela "Motobomba" dentro da aba custos operacionais; os dados referentes a bomba foram adquiridos através de consulta ao catalogo técnico da mesma, e estão expressos na figura 31.



Field	Value
Potência unitária	0,5 CV
Rendimento (%)	55
Vazão (litros/hora)	1900
Tempo de partida (segundos)	108
Custo Unitário (R\$)	855
Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh)	0,5547400
Imposto fixo (R\$)	0
Imposto variável (%)	0
Considerar motobomba de reserva	<input type="checkbox"/>

Figura 31: Inserção dos dados referentes a bomba
Fonte: Software Netuno 4

Ainda dentro da aba custos operacionais; resta apenas completar a janela “Manutenção/Tratamento de Água/Outros”, onde foram adicionadas apenas as despesas provenientes das análises feitas periodicamente para comprovar a qualidade da água coletada, uma vez que para essa pesquisa está sendo considerado que a água será aprovada em todos os ensaios não gerando custos com tratamento. O custo usado para alimentar o software neste estudo, está expresso na figura 32, sendo posteriormente discriminado no orçamento apresentado na tabela 16.

Figura 32: Inserção dos dados referentes às análises periódicas
Fonte: Software Netuno 4

Tabela 16: Orçamento da análise de água

FÍSICO-QUÍMICOS – MATRIZ ÁGUA				
Item	Parâmetros	Método	Unidade	Matriz
01	Alcalinidade ²	SMEWW 2320 B	mgCaCO ₃ /L	Água
02	Açúcares	*	-	
03	Cloretos ¹	SMEWW 4500-Cl ⁻ B	mg/L	
04	DBO (matéria orgânica) ¹	SMEWW 5210 B	mgO ₂ /L	
05	Cor aparente ¹	SMEWW 2120 B	uH (mg PtCo/L)	
06	Chumbo	*	-	
07	Fosfato ²	SM-4110 B	mg/L P	
08	Material Sólido (Sólidos Totais) ¹	SMEWW 2540 B	mg/L	
09	Nitrato ¹	SMEWW 4500-NO ₃ ⁻³	mgN/L	
10	Óleos e gorduras ¹	SMEWW 5520 D e F	mg/L	
11	Odor e Gosto	-	intensidade	
12	pH ¹	SMEWW 4500-H ⁺ B	--	
13	Sulfato ²	SMEWW 4500-SO ₄ ²⁻³	mg/L	
14	Zinco ²	SMEWW 3500-Zn ³	mg/L	
VALOR DA PROPOSTA COMERCIAL PARA OS PARÂMETROS ANALÍTICOS DEFINIDOS (Por ponto)				R\$ 400,00

Fonte: Empresa X

3.5 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS E CONDUTORES

É de suma importância destacar, que a empresa escolhida já possui instalado e funcionando em perfeito estado uma estrutura de calhas e condutores, descartando a necessidade de um novo dimensionamento. O que deve ser feito, é desviar o fluxo

para o reservatório de autolimpeza, para posteriormente encaminhá-lo para armazenagem definitiva; sendo necessário destacar que para desvio do fluxo foram considerados junto ao orçamento os gastos com mão-de-obra e materiais que não poderiam ser reaproveitados. As figuras 33 e 34 demonstram a estrutura de calhas e condutores já existentes na empresa



Figura 33: Demonstração e calhas e condutores existentes na empresa
Fonte: Acervo do Autor



Figura 34: Demonstração e calhas e condutores existentes na empresa
Fonte: Acervo do Autor

3.5.1 Calhas

O dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$\text{Equação 03: } Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde: Q = vazão do projeto (L/min);

S = área da seção molhada (m²);

n = coeficiente de rugosidade (conforme tabela 17);

Rh = S/P = raio hidráulico (m);

- S= área da seção molhada
- P= perímetro molhado

I = declividade da calha (m/m);

K = 60000.

Segundo a NBR 10.844⁶⁰ a inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme e com inclinação mínima de 0,5%. O cálculo da área de seção molhada se dá através da seguinte equação:

A área da seção molhada será adquirida apenas calculando a área da calha quando representada em corte transversal, podendo ela ser quadrada ou trapezoidal.

O perímetro molhado será obtido pela soma dos lados da calha quando representada em corte transversal, sendo importante lembrar que o lado superior da calha não é considerado na soma.

⁶⁰ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

Tabela 17: Coeficiente de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR10844

3.5.2 Condutores verticais

De acordo com a NBR 10844⁶¹ os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada, prevendo-se peças de inspeção e, o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é de 70 mm.

Para obtenção de seu diâmetro interno, utilizaram-se os valores previstos na tabela 18, que estipula o diâmetro do condutor vertical, de acordo com a sua vazão.

Tabela 18: Diâmetros dos condutores verticais, de acordo com as vazões

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)
50	0,57
75	1,76
100	3,78
125	7
150	11,53
200	25,18

Fonte: Botelho e Ribeiro Jr, 2006

⁶¹ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

3.5.3 Condutores horizontais

Segundo a NBR 10844⁶² os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade constante, com valor mínimo de 0,5% e o escoamento dos condutores circulares deve ser feito em lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno.

Para o dimensionamento deste elemento, adota-se a tabela 19 e 20.

Tabela 19: Capacidade de condutores horizontais de seção circular para valores de $n=0,011$ e $n=0,012$ (vazões em L/min)

Diâmetro interno (D) (mm)	$n=0,011$				$n=0,012$			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83
75	95	133	188	267	87	122	172	245
100	204	287	405	575	187	264	372	527
125	370	521	735	1040	339	478	674	956
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870

Fonte: NBR 10844, adaptada pelo Autor

Tabela 20: Capacidade de condutores horizontais de seção circular para valores de $n=0,013$ (vazões em L/min)

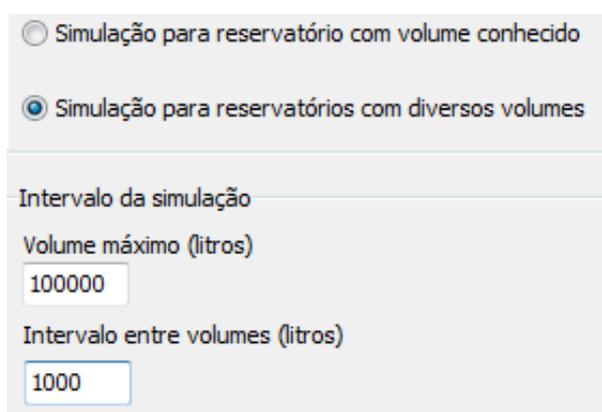
Diâmetro interno (D) (mm)	$n=0,013$			
	0,50%	1%	2%	4%
50	27	38	54	76
75	80	113	159	226
100	173	243	343	486
125	313	441	622	882
150	509	717	1010	1430
200	1100	1540	2180	3040
250	1990	2800	3950	5600
300	3230	4550	6420	9110

Fonte: NBR 10844, adaptada pelo Autor

⁶²ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um recurso muito importante do programa, esta na possibilidade de gerar graficos que possibilitem uma analise mais aprofundada antes da escolha do volume do reservatorio; na simulação apresentada pelos graficos cada ponto representa mil litros; uma vez que o reservatorio é a peça mais cara do sistema o limite estipulado foi de 100 mil litros , pois volumes maiores representarem autos custos iniciais ao sistema, aumentado significamente o tempo de retorno do investimento. A figura 35 demosntra como a simulação foi configurada.

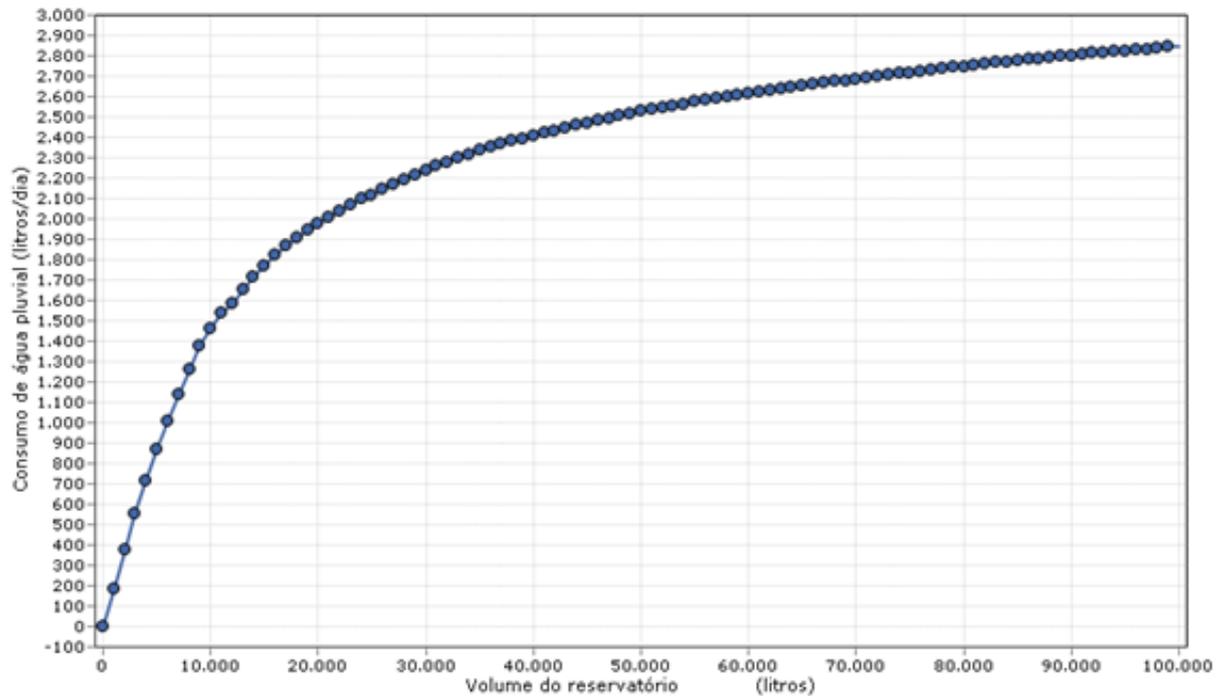


The image shows a software interface for configuring a simulation. It features two radio buttons at the top: 'Simulação para reservatório com volume conhecido' (unselected) and 'Simulação para reservatórios com diversos volumes' (selected). Below this, there is a section titled 'Intervalo da simulação' containing two input fields: 'Volume máximo (litros)' with the value '100000' and 'Intervalo entre volumes (litros)' with the value '1000'.

Figura 35: Demonstração de como configurar a simulação de volumes do reservatório
Fonte: Software Netuno 4

O gráfico 3 demonstra que o consumo de água pluvial por dia cresce acompanhando o aumento do volume do reservatório, note que o consumo simulado atingiu aproximadamente 2530 litros com o uso do reservatório de 50 mil litros, e que nos próximos 50 mil litros ocorreu um aumento de apenas 320 litros o equivalente a 12,6%.

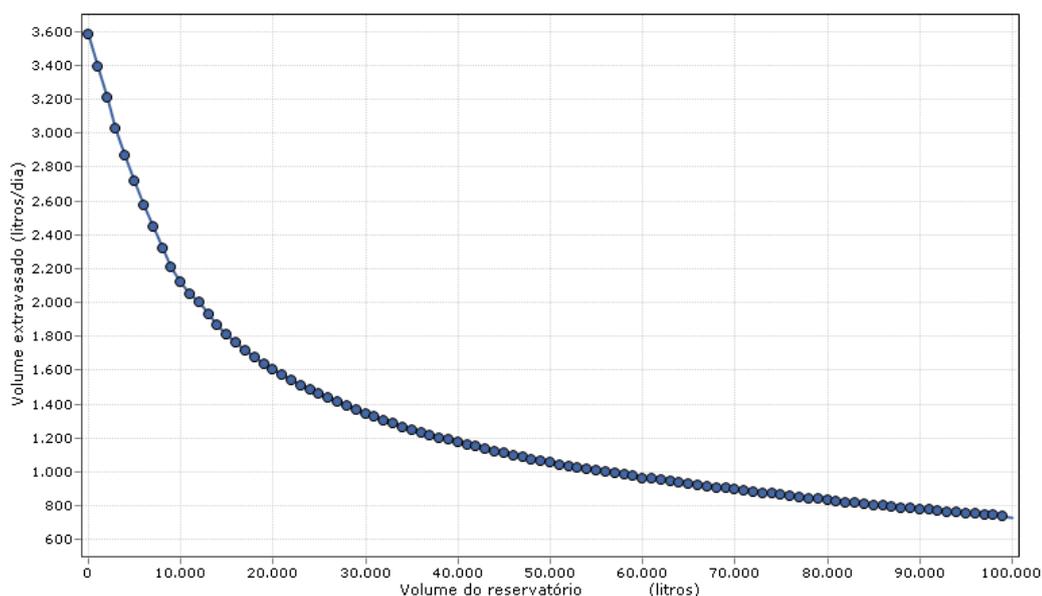
Gráfico 3: Relação entre o consumo de água pluvial por dia e o volume do reservatório.



Fonte: Software Netuno4

Inversamente proporcional ao consumo de água pluvial temos o volume de água extravasada, que nada mais é, que a quantidade de precipitação que não foi aproveitada e conseqüentemente descartada; o gráfico 4 demonstra e comprova que quanto maior for o volume do reservatório menores serão os volumes extravasados, sendo necessário destacar, que para este estudo, a partir de 50 mil litros a curva representada pelo gráfico tende a estabilizar, sendo a variação do volume extravasado bem menor.

Gráfico 4: Relação entre o volume extravasado de água pluvial por dia e o volume do reservatório.



Fonte: Software Netuno4

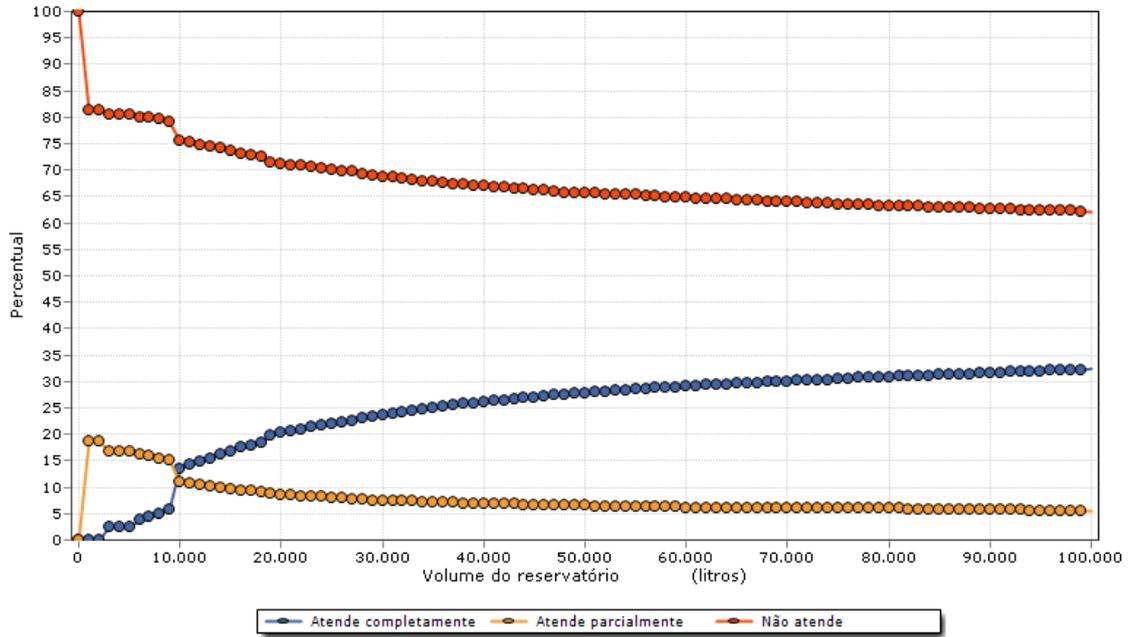
Dentro da mesma simulação foram identificados três tipos de situações:

- Percentual de dias onde o sistema atende completamente a demanda.
- Percentual de dias onde o sistema atende parcialmente a demanda.
- Percentual de dias onde o sistema não atende à demanda.

As citadas situações foram novamente relacionadas no gráfico 5 com os possíveis volumes dos reservatórios; onde identificou-se que a medida que o volume do reservatório aumenta ocorrem:

- O aumento do número de dias em que o sistema atende completamente a demanda
- A diminuição do número de dias em que o sistema atende parcialmente a demanda
- A diminuição do número de dias em que o sistema não atende a demanda.

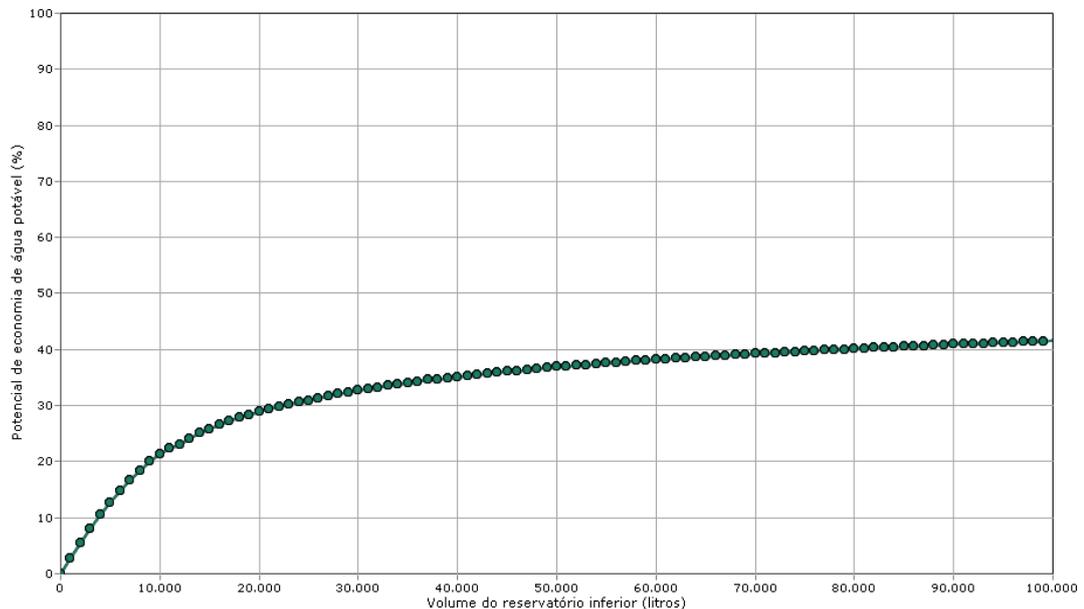
Gráfico 5: Relação entre porcentagens de atendimentos de águas pluviais e o volume escolhido para o reservatório.



Fonte: Software Netuno4

Após a interpretação dos dados representados anteriormente, o software apresenta um último gráfico onde é possível identificar de uma maneira geral qual o potencial de economia de água potável proveniente da companhia de saneamento básico; note que a partir de 55 mil litros o gráfico não apresenta aumentos tão significativos.

Gráfico 6: Relação entre o potencial de economia de água fornecida pelas companhias de abastecimento e o volume dos reservatórios



Fonte: Software Netuno4

Atentando apenas ao potencial de economia o projetista pode estar errando em seu dimensionamento, pois as características físicas do espaço disponível pela empresa devem ser avaliadas de forma a não comprometer o fluxo de pessoas e maquinários durante as atividades produtivas; também como já citado, o custo do reservatório é o que mais gera impacto sobre o orçamento, atrasando a amortização do investimento. Atentando a estas variáveis o volume escolhido foi de 57 mil litros, justificados pelo fato do potencial de economia não aumentar de forma significativa gerando uma compensação no investimento de um reservatório maior, como pode ser constatado na figura 36.

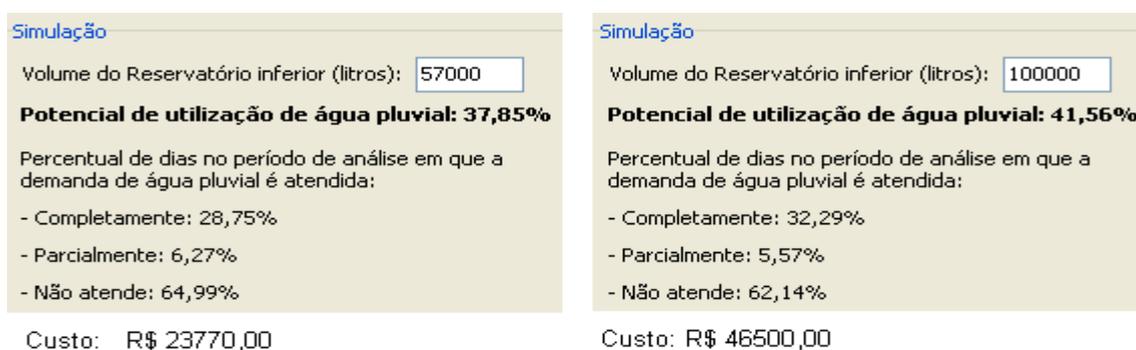


Figura 36: Comparação de potencial de utilização e custo entre reservatórios de 57 mil e 100 mil litros

Fonte: Software Netuno 4

Analisando a disposição física dos elementos que compõem o setor produtivo da empresa, foi percebido que os 57 mil litros escolhidos não poderiam ser comportados em um único reservatório, fato que pela falta de espaço atrapalharia o fluxo produtivo, a solução encontrada foi distribuir o volume em reservatórios menores, e assentá-los em locais antes desocupados; algo que deve ser destacado é que para o sistema funcionar perfeitamente respeitando as simulações feitas. Foi imprescindível que todos os reservatórios fossem conectados, de forma a se comportarem como apenas um. A figura 37 demonstra a simulação da figura 36 para 57 mil litros refeita; considerando agora, a interferência causada por bombeamentos, destinados ao abastecimento dos reservatórios superiores.

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária média de água pluvial
 Entrar com volume desejado
 Não utilizar reservatório superior

Volume do reservatório superior (litros)

Volume no reservatório superior abaixo do qual há recalque (litros)

Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque

Simulação

Volume do Reservatório inferior (litros):

Potencial de utilização de água pluvial: 36,48%

Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida:

- Completamente: 27,31%
- Parcialmente: 6,61%
- Não atende: 66,08%

Figura 37: Simulação refeita com volume de 57 mil litros, usando reservatórios distribuídos e considerando o uso de bombeamento
 Fonte: Software Netuno 4

Após a escolha do reservatório o programa deve ser alimentado com as variáveis econômicas, como apresentado em 4.1.8, primeiramente são introduzidas as tarifas de água e esgoto, responsáveis pela transformação da economia de água em valores monetários; a partir daí resta apenas identificar o custo de implantação do sistema, que além dos materiais e mão-de-obra empregados também considera gastos permanentes como a energia consumida pela bomba, análises periódicas de água, manutenções e limpeza dos mecanismos.

Finalmente após a correta leitura de todas as variáveis está na hora de colher os frutos, demonstrados na tabela 21, que identifica a economia obtida em contas da companhia de saneamento em função do uso da água da chuva, ocorrida durante o primeiro ano após a implantação do sistema.

Tabela 21: Economia identificada durante o primeiro ano de implantação do sistema.

Estimativas iniciais de consumo e economia de água (baseadas nos dados de precipitação)							
Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Volume de água pluvial recalcado (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan	212667,4286	123356,15	89311,28	121182,97	2562,77	1027,67	1535,1
Fev	192026,5497	67907,48	124119,07	68440,23	2305,32	1458,31	847,01
Mar	211926,8571	75132,72	136794,14	70990,44	2553,54	1616,41	937,13
Abr	205508,5714	29535,83	175972,75	29440,53	2473,48	2105,08	368,4
Mai	212358,8571	17149,94	195208,92	16930,37	2558,92	2345,01	213,91
Jun	205508,5714	9884,3	195624,27	9491,74	2473,48	2350,19	123,29
Jul	212667,4286	20699,68	191967,75	21110,34	2562,77	2304,59	258,19
Ago	212050,2857	46602,09	165448,2	50240,66	2555,08	1973,81	581,27
Set	205508,5714	90345,57	115163	92720,83	2473,48	1346,6	1126,88
Out	212574,4225	139703,18	72871,24	140662,05	2561,61	828,02	1733,59
Nov	205286,4	152566,01	52720,39	153548,55	2470,71	583,31	1887,4
Dez	212025,6	139262,09	72763,51	137355,47	2554,77	826,71	1728,06

Fonte: Acervo do Autor

Além da Economia gerada é importante apresentar o Custo com o sistema, a tabela 22 vem identificar todos os lucros e investimentos incididos durante os 20 anos analisados, é importante destacar que anualmente os valores vão sofrendo reajuste em função da inflação, inserida como variável econômica durante a alimentação do software.

Tabela 22: Balanço mês a mês de todo o tempo e simulação do sistema.

Fonte: Software Netuno 4

Resultado da análise econômica		
Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
0 (Janeiro)	0	34512
1 (Fevereiro)	847,01	13,89
2 (Março)	937,13	14,45
3 (Abril)	368,4	5,95
4 (Maio)	213,91	3,41
5 (Junho)	123,29	1,9
6 (Julho)	258,19	404,24
7 (Agosto)	581,27	10,15
8 (Setembro)	1126,88	18,91
9 (Outubro)	1733,59	28,76
10 (Novembro)	1887,4	31,44
11 (Dezembro)	1728,06	28,13
12 (Janeiro)	1605,63	444,25

Resultado da análise econômica		
Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
13 (Fevereiro)	885,92	14,53
14 (Março)	980,18	15,11
15 (Abril)	385,32	6,22
16 (Maio)	223,74	3,57
17 (Junho)	128,95	1,99
18 (Julho)	270,05	422,81
19 (Agosto)	607,97	10,62
20 (Setembro)	1178,65	19,78
21 (Outubro)	1813,23	30,08
22 (Novembro)	1974,11	32,89
23 (Dezembro)	1807,44	29,42
24 (Janeiro)	1679,39	464,66
25 (Fevereiro)	926,62	15,2
26 (Março)	1025,21	15,81
27 (Abril)	403,03	6,5
28 (Maio)	234,02	3,73
29 (Junho)	134,87	2,08
30 (Julho)	282,45	442,24
31 (Agosto)	635,9	11,11
32 (Setembro)	1232,8	20,69
33 (Outubro)	1896,53	31,46
34 (Novembro)	2064,8	34,4
35 (Dezembro)	1890,48	30,77
36 (Janeiro)	1756,54	486,01
37 (Fevereiro)	969,19	15,9
38 (Março)	1072,31	16,54
39 (Abril)	421,54	6,8
40 (Maio)	244,77	3,9
41 (Junho)	141,07	2,18
42 (Julho)	295,43	462,55
43 (Agosto)	665,11	11,62
44 (Setembro)	1289,43	21,64
45 (Outubro)	1983,66	32,9
46 (Novembro)	2159,65	35,98
47 (Dezembro)	1977,32	32,19
48 (Janeiro)	1837,24	508,34
49 (Fevereiro)	1013,71	16,63
50 (Março)	1121,57	17,29
51 (Abril)	440,91	7,12
52 (Maio)	256,01	4,08
53 (Junho)	147,55	2,28

Resultado da análise econômica		
Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
54 (Julho)	309	483,8
55 (Agosto)	695,67	12,15
56 (Setembro)	1348,67	22,64
57 (Outubro)	2074,79	34,42
58 (Novembro)	2258,87	37,63
59 (Dezembro)	2068,16	33,67
60 (Janeiro)	1921,64	531,69
61 (Fevereiro)	1060,28	17,39
62 (Março)	1173,1	18,09
63 (Abril)	461,16	7,44
64 (Maio)	267,77	4,27
65 (Junho)	154,33	2,38
66 (Julho)	323,2	506,03
67 (Agosto)	727,63	12,71
68 (Setembro)	1410,62	23,68
69 (Outubro)	2170,1	36
70 (Novembro)	2362,64	39,36
71 (Dezembro)	2163,17	35,21
72 (Janeiro)	2009,92	556,11
73 (Fevereiro)	1108,99	18,19
74 (Março)	1226,99	18,92
75 (Abril)	482,35	7,78
76 (Maio)	280,07	4,46
77 (Junho)	161,42	2,49
78 (Julho)	338,05	529,28
79 (Agosto)	761,06	13,3
80 (Setembro)	1475,43	24,77
81 (Outubro)	2269,8	37,65
82 (Novembro)	2471,18	41,17
83 (Dezembro)	2262,55	36,83
84 (Janeiro)	2102,25	581,66
85 (Fevereiro)	1159,94	19,02
86 (Março)	1283,36	19,79
87 (Abril)	504,51	8,14
88 (Maio)	292,94	4,67
89 (Junho)	168,84	2,6
90 (Julho)	353,57	553,59
91 (Agosto)	796,02	13,91
92 (Setembro)	1543,21	25,9
93 (Outubro)	2374,07	39,38

Resultado da análise econômica		
Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
94 (Novembro)	2584,71	43,06
95 (Dezembro)	2366,49	38,52
96 (Janeiro)	2198,83	608,38
97 (Fevereiro)	1213,23	19,9
98 (Março)	1342,31	20,7
99 (Abril)	527,68	8,52
100 (Maio)	306,4	4,88
101 (Junho)	176,59	2,72
102 (Julho)	369,82	579,02
103 (Agosto)	832,59	14,54
104 (Setembro)	1614,1	27,09
105 (Outubro)	2483,14	41,19
106 (Novembro)	2703,45	45,04
107 (Dezembro)	2475,21	40,29
108 (Janeiro)	2299,84	636,33
109 (Fevereiro)	1268,96	20,81
110 (Março)	1403,98	21,65
111 (Abril)	551,93	8,91
112 (Maio)	320,47	5,11
113 (Junho)	184,7	2,85
114 (Julho)	386,81	605,62
115 (Agosto)	870,84	15,21
116 (Setembro)	1688,26	28,34
117 (Outubro)	2597,21	43,08
118 (Novembro)	2827,64	47,1
119 (Dezembro)	2588,92	42,14
120 (Janeiro)	2405,5	665,57
121 (Fevereiro)	1327,26	21,77
122 (Março)	1468,48	22,64
123 (Abril)	577,28	9,32
124 (Maio)	335,2	5,34
125 (Junho)	193,19	2,98
126 (Julho)	404,58	633,45
127 (Agosto)	910,84	15,91
128 (Setembro)	1765,81	29,64
129 (Outubro)	2716,53	45,06
130 (Novembro)	2957,54	49,27
131 (Dezembro)	2707,85	44,08
132 (Janeiro)	2516,01	696,14
133 (Fevereiro)	1388,23	22,77
134 (Março)	1535,94	23,68

Resultado da análise econômica		
Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
135 (Abril)	603,8	9,74
136 (Maio)	350,6	5,59
137 (Junho)	202,06	3,12
138 (Julho)	423,16	662,55
139 (Agosto)	952,69	16,64
140 (Setembro)	1846,93	31
141 (Outubro)	2841,32	47,13
142 (Novembro)	3093,41	51,53
143 (Dezembro)	2832,25	46,1
144 (Janeiro)	2631,59	728,12
145 (Fevereiro)	1452,01	23,81
146 (Março)	1606,5	24,77
147 (Abril)	631,54	10,19
148 (Maio)	366,7	5,84
149 (Junho)	211,35	3,26
150 (Julho)	442,6	692,98
151 (Agosto)	996,45	17,41
152 (Setembro)	1931,78	32,42
153 (Outubro)	2971,85	49,3
154 (Novembro)	3235,52	53,9
155 (Dezembro)	2962,36	48,22
156 (Janeiro)	2752,49	761,57
157 (Fevereiro)	1518,71	24,91
158 (Março)	1680,3	25,91
159 (Abril)	660,55	10,66
160 (Maio)	383,55	6,11
161 (Junho)	221,06	3,41
162 (Julho)	462,94	724,82
163 (Agosto)	1042,23	18,21
164 (Setembro)	2020,53	33,91
165 (Outubro)	3108,38	51,56
166 (Novembro)	3384,16	56,38
167 (Dezembro)	3098,45	50,44
168 (Janeiro)	2878,93	796,56
169 (Fevereiro)	1588,48	26,05
170 (Março)	1757,49	27,1
171 (Abril)	690,9	11,15
172 (Maio)	401,17	6,39
173 (Junho)	231,21	3,57
174 (Julho)	484,2	758,12
175 (Agosto)	1090,11	19,04

Resultado da análise econômica		
Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
176 (Setembro)	2113,35	35,47
177 (Outubro)	3251,18	53,93
178 (Novembro)	3539,63	58,97
179 (Dezembro)	3240,79	52,76
180 (Janeiro)	3011,19	833,15
181 (Fevereiro)	1661,46	27,25
182 (Março)	1838,23	28,35
183 (Abril)	722,64	11,66
184 (Maio)	419,6	6,69
185 (Junho)	241,83	3,73
186 (Julho)	506,45	792,95
187 (Agosto)	1140,19	19,92
188 (Setembro)	2210,44	37,1
189 (Outubro)	3400,54	56,41
190 (Novembro)	3702,24	61,67
191 (Dezembro)	3389,68	55,18
192 (Janeiro)	3149,53	871,43
193 (Fevereiro)	1737,78	28,5
194 (Março)	1922,68	29,65
195 (Abril)	755,84	12,2
196 (Maio)	438,87	6,99
197 (Junho)	252,94	3,9
198 (Julho)	529,71	829,37
199 (Agosto)	1192,57	20,83
200 (Setembro)	2311,98	38,81
201 (Outubro)	3556,76	59
202 (Novembro)	3872,32	64,51
203 (Dezembro)	3545,4	57,71
204 (Janeiro)	3294,21	911,46
205 (Fevereiro)	1817,62	29,81
206 (Março)	2011,01	31,01
207 (Abril)	790,56	12,76
208 (Maio)	459,04	7,32
209 (Junho)	264,56	4,08
210 (Julho)	554,05	867,47
211 (Agosto)	1247,36	21,79
212 (Setembro)	2418,2	40,59
213 (Outubro)	3720,15	61,71
214 (Novembro)	4050,21	67,47
215 (Dezembro)	3708,27	60,37
216 (Janeiro)	3445,55	953,33

Resultado da análise econômica		
Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
217 (Fevereiro)	1901,12	31,18
218 (Março)	2103,39	32,43
219 (Abril)	826,88	13,34
220 (Maio)	480,12	7,65
221 (Junho)	276,72	4,27
222 (Julho)	579,5	907,33
223 (Agosto)	1304,66	22,79
224 (Setembro)	2529,29	42,45
225 (Outubro)	3891,06	64,54
226 (Novembro)	4236,28	70,57
227 (Dezembro)	3878,63	63,14
228 (Janeiro)	3603,84	997,13
229 (Fevereiro)	1988,46	32,61
230 (Março)	2200,02	33,92
231 (Abril)	864,86	13,96
232 (Maio)	502,18	8
233 (Junho)	289,43	4,46
234 (Julho)	606,12	949,01
235 (Agosto)	1364,59	23,84
236 (Setembro)	2645,48	44,4
237 (Outubro)	4069,81	67,51
238 (Novembro)	4430,89	73,81
239 (Dezembro)	4056,81	66,04

Fonte: Software Netuno 4

Após a análise do balanço apresentado anteriormente na tabela 22, o programa através da figura 38 aponta um resultado final.

Valor presente líquido: R\$ 120217,09
Tempo de retorno do investimento: 46 meses
Taxa interna de retorno: 2,73% ao mês

Figura 38: Resultados econômico obtidos

Fonte: Software Netuno 4

Na figura 38, o valor presente líquido, representa que num período de 20 anos subtraídos os custos das economias obtidas, obteve-se um saldo positivo configurado como lucro; o tempo de amortização do investimento é compreendido pela quantidade de meses em que as economias demoram para anular os custos; já

a taxa interna de retorno ao mês, representa a média percentual do investimento recuperado mensalmente.

5. CONCLUSÃO

Os resultados alcançados neste projeto permitem estabelecer as seguintes conclusões:

É verdade que o uso de poços pode representar uma alternativa para vencer a crise e economizar nas contas administradas pelas companhias, mas mesmo sendo totalmente legalizados, os mesmos não deixam de gerar impactos ambientais como o rebaixamento do lençol freático e o afundamento do solo; a sociedade também acaba prejudicada, devido a privatização da água, que por lei, representa um bem comum.

Atualmente a Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), através da NBR 15900/2009, admite o potencial do uso de águas pluviais, mas salienta a necessidade de ensaios específicos para sua avaliação, sendo necessário destacar que existem tratamentos de fácil aplicação para a correção de alguns parâmetros que possam não atender a norma, deixando aqui uma sugestão para futuras pesquisas.

O consumo médio da empresa para a produção de concreto foi identificado através de uma entrevista, onde ficou identificado a produção diária e o volume de água gasto em cada m³ de concreto; organizando as informações descobriu se que:

- A produção de concreto entre segunda a sexta-feira consome em média 45.360 litros de água, colocando em média diária daria 9.072 litros.
- A produção aos sábados consome em média 2.592 litros de água.
- No domingo como não há produção, não houve consumo.

Foram encontrados dados pluviométricos que permitiram identificar que a região de Caratinga recebe uma precipitação anual de 1300 mm que variam entre os meses, como no verão há uma maior precipitação, haverá, por conseguinte uma maior economia.

A área potencial de captação é de 1222 m² correspondentes a toda cobertura da empresa.

No prazo de 20 anos após a instalação e funcionamento do sistema proposto, a empresa, irá obter os seguintes ganhos:

- Com a implantação dos reservatórios propostos com capacidade de 57m³, haverá uma redução no volume total gasto de água num valor de 36,48%, gerando economia monetária de R\$ 120.217,09 já descontado o valor do investimento.
- O tempo de amortização do investimento será de apenas 46 meses, o que faz do empreendimento proposto viável.
- A taxa interna média de retorno será de 2,73% ao mês, sendo bem maior que o rendimento apresentado na aplicação de poupanças nacionais, que em geral dificilmente ultrapassam os 0,7%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013**. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_reatorioconjuntura/projeto/index.html>. Acesso em: 25/03/2015

ANA; Agência Nacional de Águas; **GEO Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil.** / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 12213 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 12655 – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 15577-1 – Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15900-1 – Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 15900-7 – Água para amassamento do concreto - Parte 7: Análise química - Determinação de sulfato solúvel em água**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 15900-9 – Água para amassamento do concreto Parte 9: Análise química - Determinação de álcalis solúveis em água**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 5626 – Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **CICLO HIDROLÓGICO**. In: **Hidrologia**. 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/apostila/hidro-cap2-ch.pdf>> acesso em: 15 de setembro de 2015.

Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Água**. Disponível em: <<http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/agua.html>> Acesso em: 05/05/2015.

Decreto nº 24643, de 10 de julho de 1934, artigo 103. **Código de Águas**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 07/09/2015

Envolverde Jornalismo & Sustentabilidade. **A gestão dos Recursos Hídricos, um problema constante**. Disponível em: <<http://envolverde.com.br/noticias/gestao-dosrecursos-hidricos-um-prob>>. Acesso em: 25/03/2015.

Fantástico. **SABESP perde 30% de água tratada com furtos e vazamentos**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2015/02/sabesp-perde-30-daagua-tratada-com-furtos-e-vazamentos.html>>. Acesso em 25/03/2015

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais**. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

G1. **Conheça os 10 mitos e verdades sobre a crise da água**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2015/05/conheca-10-mitos-e-verdades-sobre-crise-da-agua.html>>. Acesso 11/11/2015.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4. Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>. 2014>. Acesso em: 13/03/2015

GONÇALVES, R.F.. **Uso Racional da Água em Edificações**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de chuva**. Curitiba: Editora Organic trading, 2002.

HAMMER, M.J. "**Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos**", LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 1999.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3.ed., Belo Horizonte: Editora Gente, 2007.

MAY, S. **O estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. São Paulo, SP. (Dissertação Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004

Ministério do Meio Ambiente. **Agrotóxicos**. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotóxicos](http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos)>. Acesso em 26/03/2015

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 4ª Ed. São Paulo: Editora Pini, 1994.

PAULA, H. M. de. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aplicações da água como água destinada ao amassamento do concreto**. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife – PE, 2009 p.02. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/20022103/aproveitamento-de-agua-dechuvaaplicacoes-a-agua-como-agua-destina-ao-amassamento-deconcretos>>. Acesso em:14/10/2015

PAZ. A. R. da; **CICLO HIDROLÓGICO**. In: **Hidrologia Aplicada**. 2004.

PINHEIRO, A.; VALLE, J.A.B.; TORDO, O.C.; MINATTI. G. **Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva**. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 2005, Campina Grande. Disponível em:<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/l-025.pdf>>. Acessado em: 07/09/2015.

TOMARELLI, D C., Apud. MAY, S. **Análise dos Parâmetros da Água de Chuva para Confecção de Concreto**. Monografia, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Comunitária da Região de Chapecó SC, 2012, p.23. Disponível em: <<http://fleming.unochapeco.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/00008F/00008F3E.PDF>>. Acesso em: 15/10/2015

TOMAZ, P. **Aproveitamento da Água de Chuva**. São Paulo: Navegar, 2003, p 40

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**.

TORDO, O.C. **Caracterização e avaliação do uso de Águas de Chuva para Fins Potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TUCCI, C. **Hidrologia – ciência e aplicação**. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre.

Último segundo. **Perfuração desenfreada de poços pode agravar crise em São Paulo**. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/sp/2014-10-31/perfuracao-desenfreada-de-pocos-pode-agravar-crise-da-agua-em-sao-paulo.html>>. Acesso em: 11/11/2015.

VAITSMAN, D. S.; VAITSMAN, M. **Água Mineral**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

YAZIZ, M.I.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, A.W. Variations in Rainwater quality from roof catchments. **Water Research**, vol.23, 1989, p.6.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**. 6ª Ed., São Paulo, Editora Pini, 2004, p.257

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO FEITO AO PROPRIETÁRIO DA EMPRESA CONCREPRAES

- 1) Há quanto tempo a empresa atua no mercado de fabricação de concreto usinado?

- 2) Qual a média mensal de produção de concreto?

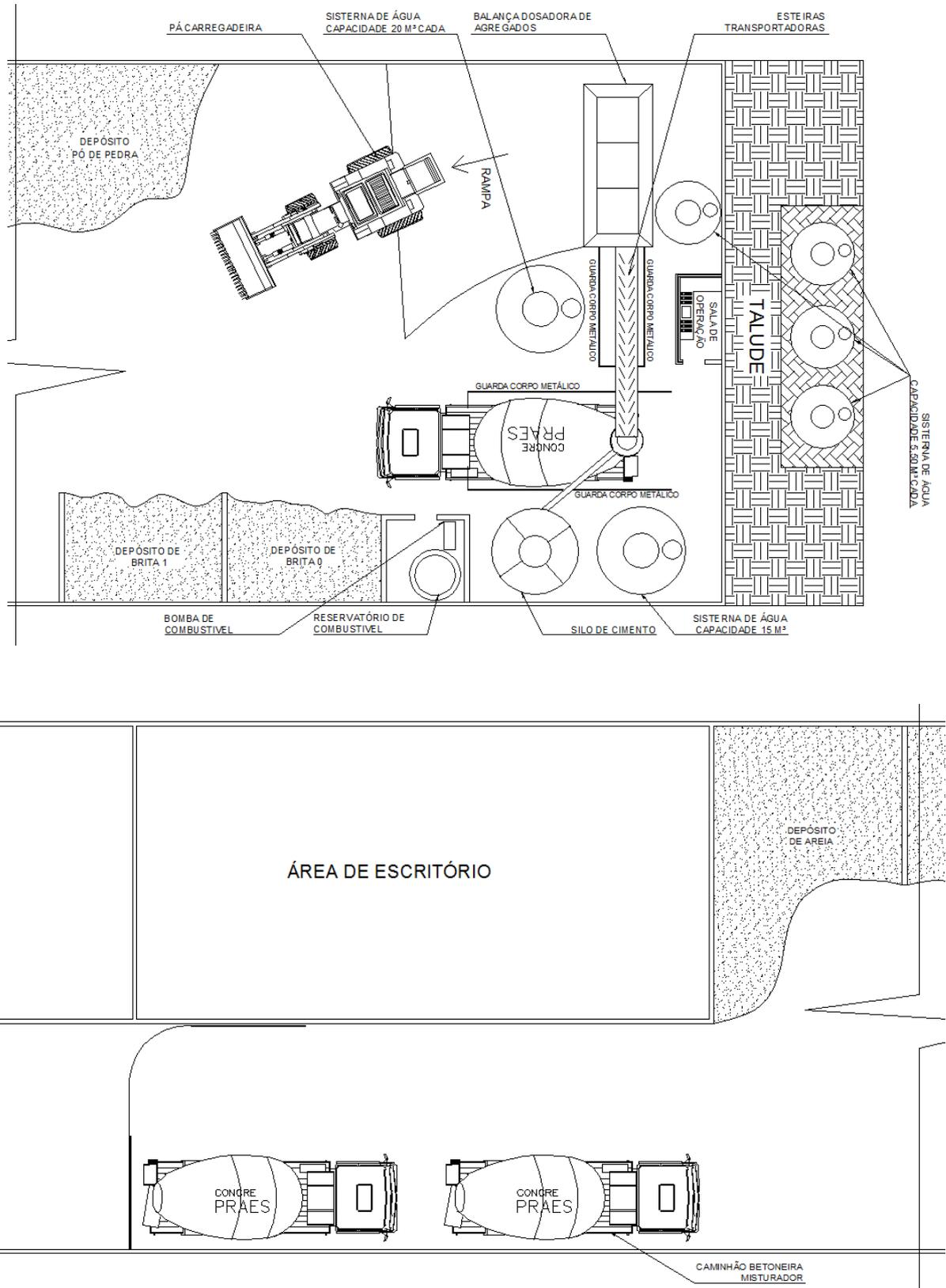
- 3) Qual a média diária de caminhões que são vendidos, e a quantidade dos mesmos?

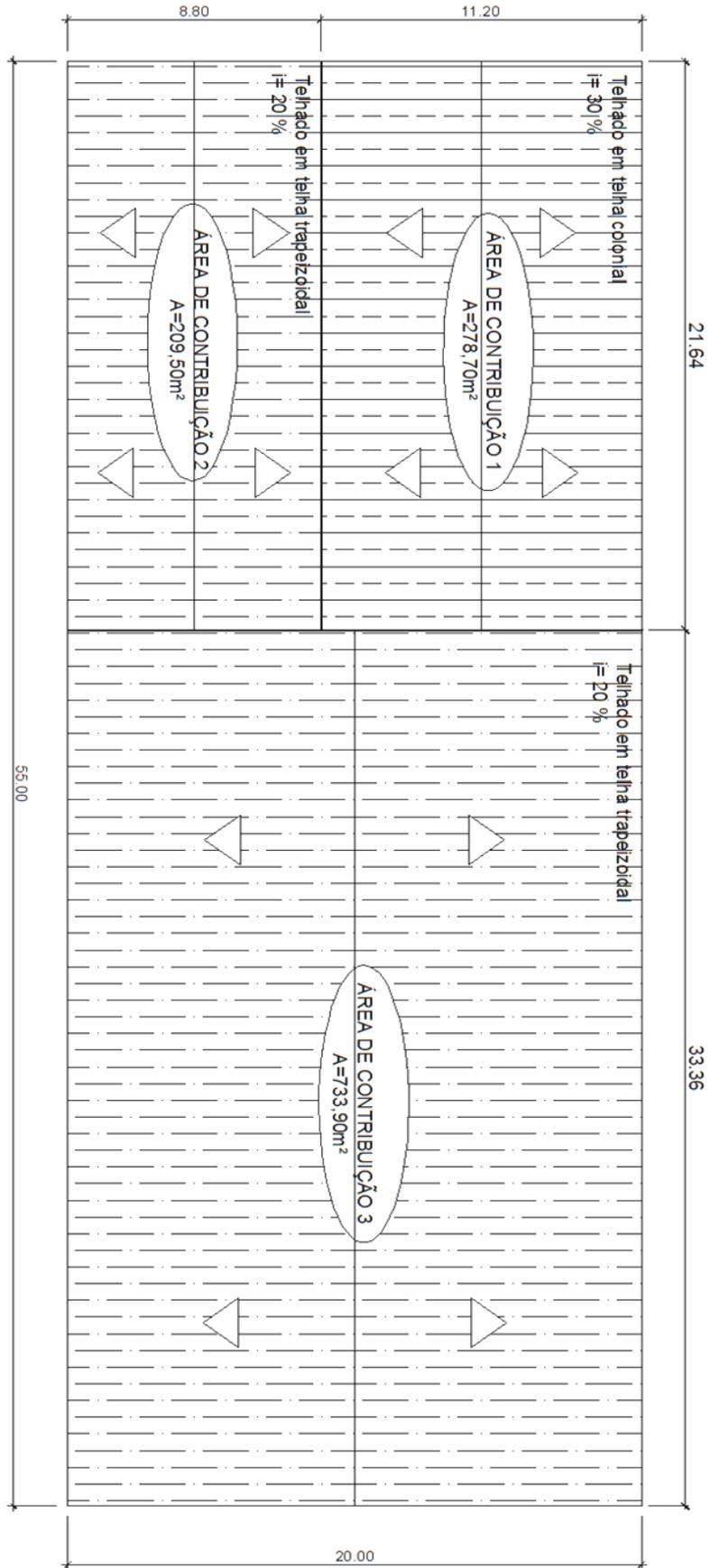
- 4) Por que da instalação da fábrica na cidade de Caratinga – MG?

- 5) Qual a quantidade de água (em litros), se usa para fabricação de 1 m³ de concreto?

- 6) A empresa possui algum sistema de aproveitamento de água de chuva?

APÊNDICE II





ANEXO I

Tarifas Aplicáveis aos Usuários

Corresponde à aplicação linear do Efeito Tarifário Médio (ETM) de 15,04% sobre as tarifas de aplicação do reajuste passado, resultando na Tabela Tarifária II (Tarifas Aplicáveis aos Usuários). Estas tarifas são as autorizadas a serem aplicadas para faturamento a partir de 13 de maio de 2015.

Tabela Tarifária II - Tarifas Aplicáveis aos Usuários

Considerar apenas as colunas correspondentes aos serviços prestados:

- Água: Abastecimento de água
- EDC: esgotamento dinâmico com coleta
- EDT: esgotamento dinâmico com coleta e tratamento

Classe de Consumo	Código Tarifário	Intervalo de Consumo (m³)	Tarifas de Aplicação			
			maio/15 a abr/16			
			1 Água	2 EDC	3 EDT	
Residencial Tarifa Social até 10 m³	ResTS até 10 m³	0 - 6	9,56	4,79	8,63	R\$/mês
		> 6 - 10	2,128	1,064	1,915	R\$/m²
Residencial Tarifa Social maior que 10 m³	ResTS > 10m³	0 - 6	10,08	5,05	9,06	R\$/mês
		> 6 - 10	2,241	1,122	2,017	R\$/m²
		> 10 - 15	4,903	2,451	4,412	R\$/m²
		> 15 - 20	5,461	2,731	4,916	R\$/m²
		> 20 - 40	5,487	2,744	4,939	R\$/m²
		> 40	10,066	5,035	9,060	R\$/m²
Residencial até 10 m³	Res até 10 m³	0 - 6	15,94	7,97	14,38	R\$/mês
		> 6 - 10	2,661	1,330	2,394	R\$/m²
Residencial maior que 10 m³	Res > 10m³	0 - 6	16,80	8,40	15,10	R\$/mês
		> 6 - 10	2,801	1,401	2,520	R\$/m²
		> 10 - 15	5,447	2,724	4,903	R\$/m²
		> 15 - 20	5,461	2,731	4,916	R\$/m²
		> 20 - 40	5,487	2,744	4,939	R\$/m²
		> 40	10,066	5,035	9,060	R\$/m²
Comercial	Com	0 - 6	25,79	12,90	23,23	R\$/mês
		> 6 - 10	4,299	2,150	3,871	R\$/m²
		> 10 - 40	8,221	4,111	7,398	R\$/m²
		> 40 - 100	8,288	4,142	7,459	R\$/m²
		> 100	8,329	4,164	7,496	R\$/m²
Industrial	Ind	0 - 6	27,37	13,69	24,64	R\$/mês
		> 6 - 10	4,562	2,281	4,107	R\$/m²
		> 10 - 20	7,992	3,996	7,193	R\$/m²
		> 20 - 40	8,017	4,009	7,215	R\$/m²
		> 40 - 100	8,095	4,049	7,285	R\$/m²
		> 100 - 600	8,316	4,157	7,484	R\$/m²
Pública	Púb	0 - 6	24,28	12,14	21,87	R\$/mês
		> 6 - 10	4,049	2,025	3,642	R\$/m²
		> 10 - 20	6,982	3,490	6,283	R\$/m²
		> 20 - 40	8,439	4,218	7,595	R\$/m²
		> 40 - 100	8,546	4,274	7,693	R\$/m²
		> 100 - 300	8,571	4,285	7,713	R\$/m²
		> 300	8,644	4,323	7,780	R\$/m²

Fonte: Informações do prestador e cálculos da Arsae.

