



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

MÍSLEY DA CRUZ TEIXEIRA
VANÊSSA CRISTINA LEAL LIRA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA A ESCOLA
MANOEL CARLOS SILVA DE TUCURUÍ - PA**

Tucuruí – PA

2015

MÍSLEY DA CRUZ TEIXEIRA
VANÊSSA CRISTINA LEAL LIRA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA A ESCOLA MANOEL CARLOS
SILVA DE TUCURUÍ – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Civil, na Faculdade de Engenharia Civil da
Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Júnior Hiroyuki Ishihara

Tucuruí – PA

2015

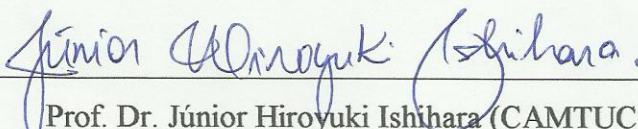
MÍSLEY DA CRUZ TEIXEIRA
VANÊSSA CRISTINA LEAL LIRA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA A ESCOLA MANOEL CARLOS
SILVA DE TUCURUÍ – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Civil, na Faculdade de Engenharia Civil da
Universidade Federal do Pará.

Tucuruí, 17 de dezembro de 2015.

Aprovado por:



Prof. Dr. Júnior Hiroyuki Ishihara (CAMTUC – UFPA)
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
(Orientador)



Prof. MSc. José Augusto Tavares Ferreira (CAMTUC – UFPA)
(Examinador Interno)



Eng.ª. Rosana Vieira Silva - (PREFEITURA MUNICIPAL DE TUCURUÍ)
(Examinadora Externa)

DEDICATÓRIA

Dedicamos aos nossos familiares e amigos pelo apoio durante essa jornada. E a todos os docentes que contribuíram para a conclusão dessa etapa do nosso crescimento profissional. A vocês, nossa sincera gratidão.

AGRADECIMENTOS MÍSLEY TEIXEIRA

Primeiramente, a Deus por mais essa conquista e pela força, que só a fé é capaz de proporcionar, para superar os momentos difíceis dessa jornada.

Aos meus pais, Marsoniel e Mixvane, e ao meu irmão Macedo, pelo amor e apoio incondicional, que foram cruciais durante todo o decorrer desse curso. Pela compreensão em minhas ausências. Pelo incentivo em cada momento de dificuldade. Pela paciência. Pelo compartilhamento da saudade. É pra vocês todo o meu amor e gratidão, e por vocês todas as minhas conquistas.

A todos os demais familiares, amigos e colegas, pelas alegrias e compreensão, tão necessárias nesse percurso. Em especial, à Marlla Mendes, pelos anos de amizade e que, mesmo à distância, foi uma grande incentivadora à conclusão dessa etapa; ao Gilleno Luciano e Lucinda pela assistência durante esses cinco anos; à Vanêssa Leal, pela amizade e histórias que agora temos pra contar.

Em especial ao meu amigo Leonel Pinheiro, e à Samantha Tenório, por compartilharem seus conhecimentos técnicos que foram essenciais para o desenvolvimento desse trabalho. A vocês o meu sincero agradecimento por essa imensa contribuição ao meu desenvolvimento profissional.

Ao nosso orientador, Júnior Ishihara, por aceitar tão prontamente ao nosso convite e nos guiar durante a elaboração do trabalho.

À Prefeitura Municipal de Tucuruí, nas pessoas do secretário Márcio Hiroshi, e dos técnicos Leonel e Marivaldo, pela contribuição para o desenvolvimento desse trabalho, através da disponibilização dos projetos e acompanhamento da visita ao local.

À UFPA, representada por todos os docentes e colaboradores, que contribuíram para a nossa formação profissional.

AGRADECIMENTOS VANÊSSA LIRA

Agradeço primeiramente a Deus por tanto ter me guiado por esse caminho, me protegido e guardado, me dado forças para seguir quando eu pensei não ter mais e ter me presenteado com a graça de concluir mais esta etapa.

Aos meus pais que sempre apoiaram as minhas escolhas, me deram credibilidade e me incentivaram durante todo o curso. À minha mãe agradeço além do enorme apoio, todas as noites mal dormidas por ter feito das minhas, as suas preocupações, por ter acreditado na minha capacidade e confiado em mim. Ao meu pai agradeço mais do que o grande apoio emocional e o investimento financeiro, agradeço o incentivo a continuar a me aperfeiçoar para adentrar ao mercado de trabalho com um diferencial. A vocês a minha eterna gratidão e amor.

Agradeço aos meus colegas de turma pelo companheirismo, a disposição, e (na maioria das vezes) a união, para que toda essa caminhada fosse trilhada de maneira que não fôssemos concorrentes, mas parceiros de trabalho. Agradeço a todos pelos momentos bons e ruins vividos e o aprendizado que ganhei com cada um deles.

Agradeço à minha amiga Loriene Kaibers, meus irmãos, minha família e meu namorado pelo incentivo à conclusão do curso, a credibilidade a mim dada e fato de entenderem a minha ausência em alguns momentos por conta desse sonho e dos compromissos que por ele eu deveria cumprir. Em especial à minha avó Antônia Marlene que entendeu a minha escolha, me incentivou, entendeu a minha ausência e que hoje, do céu onde está, eu sei que ela comemora comigo essa vitória.

E por último, e de maneira alguma menos especial, agradeço à minha parceira de trabalho, e minha amiga em cinco anos de curso Mísley Teixeira. A você agradeço a parceria, a amizade, a cumplicidade, a paciência, a dedicação a me ajudar com minhas dificuldades, as noites mal dormidas fazendo trabalhos, as histórias das aventuras e viagens, os momentos de saudades de casa e da família que compartilhamos, o amor pela música e tantas outras coisas vividas que são impossíveis de enumerar. A minha eterna gratidão e a minha amizade.

“A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento”

Platão

RESUMO

O Brasil é um país que, apesar de apresentar uma abundância de recursos hídricos, sofre com problemas de falta de água em algumas de suas regiões devido à distribuição irregular do mesmo. O agravamento da escassez hídrica em algumas regiões está relacionado principalmente às alterações no ciclo hidrológico, geralmente decorrente da degradação ambiental, do crescimento populacional, do processo de industrialização, do uso irracional da água e da poluição das fontes hídricas. Este cenário fomentou a busca por fontes alternativas de abastecimento e técnicas de conservação da água, tal como o aproveitamento pluvial. Com o objetivo de difundir esta técnica no município, este trabalho determina, por meio do balanço hídrico e do Valor Presente Líquido (VPL), a viabilidade técnico-econômica de implantação de um sistema de aproveitamento pluvial proposto para uma edificação pública. Para tanto, foram realizados: o tratamento estatístico dos dados pluviométricos da região; o dimensionamento e adequação das redes prediais de drenagem pluvial e água fria, mais especificamente do reservatório pelo método interativo; a estimativa do consumo não potável da edificação; a análise da viabilidade técnica por meio do balanço hídrico mensal do sistema e da quantificação do abastecimento da demanda por água da chuva; a elaboração do orçamento do projeto, por meio da composição dos custos unitários; e a aplicação do VPL para análise da viabilidade financeira. Os resultados evidenciaram o regime pluviométrico do município (período chuvoso de dezembro a maio e estiagem de junho a novembro), comprovaram a inviabilidade técnica do empreendimento, com atendimento de menos 30% da demanda não potável da edificação, e apontaram o período de retorno do investimento, 8 anos, com VPL de R\$ 38. 058,09 ao final de 30 anos, que era o tempo de vida útil do projeto. Palavras-chave: Aproveitamento de águas pluviais. Viabilidade técnica-econômica. Conservação da água. Tucuruí-PA.

ABSTRACT

Brazil is a country that, despite having an abundance of water resources, suffers from water scarcity problems in some of its regions due to uneven distribution of the same. The worsening of water scarcity in some regions is mainly related to changes in the hydrological cycle, usually resulting from environmental degradation, population growth, industrialization, irrational use of water and pollution of water sources. This situation stimulated the search for alternative sources of supply and water conservation techniques, such as the rainwater utilization. With the aim of spreading this technique in the town, this work shall, by means of water balance and the Net Present Value (NPV), the technical and economic feasibility of implementing a rainwater utilization system proposed for a public building. To do so, it was done: the statistical analysis of rainfall data in the region; sizing and adaptation of storm drainage and cold water's networks of the building, specifically the reservoir by interactive method; the estimation of non-potable consumption of the building; the analysis of the technical feasibility through the monthly water balance of the system and the quantification of supply demand for rainwater ; the elaboration of project budget, through the composition of unit costs; and the application of NPV to analyze the financial viability. The results showed the town's precipitation regime (rainy season from December to May and dry from June to November), proved the technique of the enterprise unviable, with attendance least 30% of non-potable demand of the building, and pointed out the payback period investment, 8 years, with NPV of R\$ 38 058,09 at the end of 30 years, it was the useful life of the project.

Key-words: Rainwater utilization. Technical and economic feasibility. Conservation of water. Tucuruí-PA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquematização do ciclo hidrológico.	21
Figura 2 - Pluviômetro.....	23
Figura 3 - Pluviógrafo.	23
Figura 4 - Classificação dos usos da água.	25
Figura 5 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	31
Figura 6 - Dispositivos de descarte da primeira chuva (a) sistema de bóia, (b) sistema de reservatórios.....	32
Figura 7 - Esquematização do sistema de fluxo total.	34
Figura 8 - Esquematização do sistema com derivação.	35
Figura 9 - Esquema do sistema com volume de retenção.....	35
Figura 10 - Esquema do sistema com infiltração no solo.....	36
Figura 11 - Indicação para o cálculo da área de captação de superfícies inclinadas.	37
Figura 12 - Localização da Escola Manoel Carlos Silva.....	47
Figura 13 - Bloco de salas de aula da E.M.E.F. Manoel Carlos Silva.....	48
Figura 14 - <i>Layout</i> dos banheiros do bloco de salas de aula.	48
Figura 15 - <i>Layout</i> do banheiro do bloco de coordenação.	49
Figura 16 - <i>Layout</i> dos banheiros do bloco recreio.	49
Figura 17 - Planilha de dimensionamento do reservatório pelo método Interativo.....	53
Figura 18 - Tabela modelo para composição de custos unitários.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Índices pluviométricos de Tucuruí.....	56
Gráfico 2 - Precipitações anuais <i>versus</i> probabilidades.	57
Gráfico 3 - Número médio de dias chuvosos por mês.....	57
Gráfico 4 - Balanço hídrico do sistema.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População e disponibilidade hídrica do Brasil por região. Fonte: ^a Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010; ^b Tomaz, 2003.....	18
Tabela 2 - Consumo <i>per capita</i> anual das regiões continentais. Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006 <i>apud</i> Hafner, 2007.	24
Tabela 3 - Índices de consumo no Brasil. Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2004.	25
Tabela 4 - Consumo doméstico <i>per capita</i> diário dos países. Fonte: FAO, 2006 <i>apud</i> Hafner, 2007.	26
Tabela 5 - Distribuição do consumo doméstico em diversos países. Fonte: Proença, 2007	28
Tabela 6 - Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos restritivos não potáveis. Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15527, 2007.....	33
Tabela 7- Coeficientes de rugosidade de Manning dos materiais (n). Fonte: ABNT. NBR 10844, 1989.	38
Tabela 8 - Valores do coeficiente de escoamento superficial adotados por diversos autores. Fonte: Anecchini, 2005.	40
Tabela 9 - Taxas de demanda e frequência de consumo não potável. Fonte: Tomaz (2000, <i>apud</i> Anecchini, 2005)	40
Tabela 10 – Volumes aproveitáveis mensais e suas respectivas taxas de captação.	58
Tabela 11 - Dimensionamento do reservatório pelo Método Interativo.	60
Tabela 12 - Cálculo da economia com o serviço de água tratada.	63
Tabela 13 - Fluxo de caixa e VPL acumulado.	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a	Ao ano
a.C	Antes de Cristo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CELPA	Centrais Elétricas do Pará
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileira S.A.
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISS	Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza
KWIP	Un-Water Key Water Indicator Portal
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PIRTUC	Plano de Inserção Regional dos Municípios à Montante da UHE Tucuruí
PIS	Programa de Integração Social
PRI	Período de Retorno de Investimento
PVC	Policloreto de vinila
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEAS	Secretaria de Estado de Assistência Social
SECTI	Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TCU	Tribunal de Contas da União
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamentos
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TR	Taxa Referencial
UFAL	Universidade Federal do Alagoas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UHE	Usina Hidrelétrica
VPL	Valor Presente Líquido
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	18
1.2	OBJETIVOS.....	19
1.2.1	Objetivo Geral	19
1.2.2	Objetivos Específicos	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	HIDROLOGIA.....	21
2.1.1	Ciclo Hidrológico	21
2.2	USOS DA ÁGUA	24
2.2.1	Classificação dos Usos da água.....	25
2.2.2	Consumo de Águas Não Potáveis	27
2.3	APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	29
2.3.1	Histórico do Aproveitamento de Águas Pluviais	29
2.3.2	Processo de Aproveitamento de Água Pluvial	30
2.3.3	Sistemas de Aproveitamento Pluvial.....	33
2.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO PLUVIAL	36
2.4.1	Área de captação	36
2.4.2	Calhas e condutores.....	37
2.4.3	Descarte da precipitação inicial.....	39
2.4.4	Reservatórios de armazenamento.....	39
2.4.4.1	<i>Método de Rippl</i>	<i>41</i>
2.4.4.2	<i>Método da simulação</i>	<i>41</i>
2.4.4.3	<i>Método de Azevedo Neto</i>	<i>42</i>
2.4.4.4	<i>Método prático alemão</i>	<i>42</i>
2.4.4.5	<i>Método prático inglês.....</i>	<i>43</i>
2.4.4.6	<i>Método prático australiano.....</i>	<i>43</i>
2.5	ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	44
2.5.1	Valor Presente Líquido (VPL)	44
2.5.2	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	45
2.5.3	Período de Recuperação de Investimentos (PRI).....	46
3	OBJETO DE ESTUDO.....	47

4	METODOLOGIA	50
4.1	TRATAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	50
4.2	CÁLCULO DO VOLUME APROVEITÁVEL DE CHUVA	51
4.3	DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA E DRENAGEM PREDIAL.....	51
4.3.1	Estimativa do Consumo Não Potável.....	51
4.3.2	Readequação das Instalações Prediais de Água fria e de Drenagem Predial	52
4.4	DIMENSIONAMENTO DO VOLUME DE ARMAZENAMENTO	52
4.5	LEVANTAMENTO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS	53
4.6	ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	55
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	56
5.1	CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	56
5.2	VOLUME APROVEITÁVEL DE CHUVA.....	58
5.3	DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	59
5.4	RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO	59
5.5	QUANTIFICAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS FINANCEIROS	62
5.6	ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	64
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	68
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	APÊNDICE A – SÉRIE HISTÓRICA DE PLUVIOMETRIA DE TUCURUÍ.....	74
	APÊNDICE B – ORÇAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	78
	APÊNDICE C – PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO PLUVIAL DA E.M.E.F. MANOEL CARLOS SILVA.....	83

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos essenciais para a manutenção biótica, estando presente em diversos processos naturais do ciclo hidrológico, como na precipitação e na evapotranspiração, e antrópicos, como na geração de energia e irrigação na agricultura. Segundo o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2006), apenas 0,5% da água do planeta é doce e disponível ao consumo humano.

Nesse cenário o Brasil é afortunado, pois segundo o Un-Water Key Water Indicator Portal (KWIP) (2012), o país apresenta uma grande disponibilidade hídrica, cerca de 43.528m³/hab.ano. Apesar da abundância em recursos hídricos, a Região Nordeste do país sofre periodicamente com a escassez de água, uma vez que esse volume de água disponível é distribuído irregularmente pelo território brasileiro.

A escassez dos recursos hídricos naturalmente é vinculada às alterações no ciclo hidrológico, que normalmente são decorrentes da degradação ambiental. Além desse fator, o aumento na demanda por água de qualidade decorrente do crescimento populacional e industrialização dos países, a degradação das fontes de abastecimento por meio do despejo de efluentes contaminantes e o uso irracional da água também são apontados em diversos estudos como os principais agentes agravantes da escassez hídrica no mundo (ANNECCHINI, 2005; HAFNER, 2007; DREHER, 2008; YOSHINO, 2012).

O destaque da questão ambiental no cenário sociopolítico atual, alimentado com as discussões sobre sustentabilidade, e a crise hídrica recentemente desencadeada na Região Sudeste do país, devido ao esgotamento do sistema Cantareira, fomentaram a implantação de políticas que incentivam a exploração e uso sustentável dos recursos naturais, incluindo medidas de uso racional e de conservação da água.

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) (2014), o uso racional da água é o conjunto de ações que visam à otimização da operação do sistema predial com o objetivo de reduzir a quantidade de água necessária para a realização das atividades consumidoras, como por exemplo, a instalação de peças de utilização mais econômicas; enquanto que a conservação de água engloba as ações que, além de otimizar a operação do sistema predial, promovem a oferta de água produzida no próprio edifício, proveniente de fontes alternativas à

água potável fornecida pelo sistema público, como implantação de sistemas de reuso de águas servidas.

O uso de fontes alternativas de abastecimento é uma das soluções mais estudadas no momento, e neste quesito duas vertentes se destacam: o aproveitamento pluvial e o reuso das águas servidas. Segundo Yoshino (2012), uma das soluções mais simples e baratas para reservar água não potável é o aproveitamento das águas de chuva, pois este promove a redução do consumo de água tratada e do volume de escoamento superficial, com o uso de sistemas de construção simples e de baixo custo e impacto ambiental. Outras vantagens do uso de águas pluviais podem ser citadas, como a redução do gasto com o serviço de abastecimento de água tratada, prevenção de enchentes, aumento da vida útil e minimização dos investimentos em manutenção das redes de drenagem e de abastecimento.

O aproveitamento de águas pluviais está diretamente associado ao regime de chuvas da região na qual o sistema será instalado, sendo mais favoráveis à implantação dos sistemas nas áreas que possuem um regime intenso e regular, pois podem proporcionar o abastecimento da edificação em boa parte do tempo (ANNECCHINI, 2005). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) *et al.* (2005), no processo de concepção de um sistema de aproveitamento pluvial, deve-se considerar a pluviometria, a área disponível para a coleta, a demanda estimada de uso e a reserva de água para os períodos de estiagem.

A viabilidade técnica de implantação do aproveitamento pluvial é analisada por meio do balanço hídrico do sistema concebido, da disponibilidade de locais para a instalação dos componentes, das condições da área de coleta e do tratamento adequado ao uso requerido. Já a viabilidade econômico-financeira analisa o tempo de retorno do investimento, a partir dos custos e benefícios decorrentes da execução, operação e gestão do sistema (Universidade de São Paulo, 2011). O retorno financeiro é destacado, pois apesar do desenvolvimento da questão ambiental nas últimas décadas, embasado nos seus enfoques sociais, a criação e implantação de tecnologias alternativas ainda são regidas pela questão econômica, ou seja, pela sua relação custo-benefício.

Neste estudo de caso, foi analisada a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial de uma edificação escolar, através da determinação do balanço hídrico do sistema concebido e da aplicação do método do Valor Presente Líquido (VPL). O objetivo é incentivar a implantação dessa técnica em outras edificações do

município, para a promoção do uso de fontes alternativas de abastecimento, da sustentabilidade hídrica e do desenvolvimento sustentável, e conscientização da sociedade em relação à economia de recursos naturais.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O aumento da população mundial, o crescimento econômico e a industrialização dos países, são apontados como os principais fatores responsáveis pelo acréscimo da demanda hídrica. A ampliação na produção de alimentos, construção de moradias e nas atividades produtivas decorrente deste processo provoca o maior consumo e desperdício de recursos naturais, principalmente da água, ocasionando a sua escassez e gerando conflitos pelo seu uso. Associado a estes, se tem a poluição dos recursos hídricos, que reduz ainda mais a quantidade de água disponível para consumo.

O problema da escassez é visível nos dados apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU) (2003 *apud* Yoshino, 2012), onde o continente asiático concentra 60% da população e possui apenas 36% da disponibilidade hídrica do planeta. Apesar de o Brasil contar com 12% dos recursos mundiais de água doce (ANA, 2005), essa situação de escassez também se repete no país, com a Região Sudeste concentrando aproximadamente 42% da população e apenas 6% da disponibilidade hídrica do país, como se observa na Tabela 1:

Tabela 1 - População e disponibilidade hídrica do Brasil por região.

Região	População^a (habitantes)	População^a (%)	Disponibilidade hídrica^b (%)
Norte	15.864.454	8,3	68,5
Nordeste	53.081.950	27,8	3,3
Sudeste	80.364.410	42,1	6,0
Sul	27.386.891	14,4	6,5
Centro-oeste	14.058.094	7,4	15,7
Brasil	190.755.799	100	100

Fonte: ^aInstituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010; ^bTomaz, 2003

O atual cenário de escassez de água, principalmente em âmbito nacional com o agravamento da seca no Nordeste e o recente esgotamento do sistema Cantareira na Região Sudeste, incentivou a adoção de diversas ações para promover o uso racional e conservação

da água, como a setorização do consumo (leituras individuais nos hidrômetros) e o aproveitamento pluvial.

A implantação dessas técnicas na região amazônica se encontra em um ritmo lento, uma vez que esta apresenta alta disponibilidade hídrica e possui a cultura de que a água é um recurso inesgotável. Porém, ações voltadas para a conservação da água estão se desenvolvendo e buscam promover o acesso à água nas áreas ribeirinhas, diminuir a pressão sobre os recursos hídricos e reduzir o consumo de água tratada, como por exemplo, o projeto Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais, desenvolvido pelas Secretaria de Estado de Assistência Social (SEAS) e Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI), no estado do Pará, que instalou sistemas para coleta e tratamento de água da chuva nas ilhas da região metropolitana de Belém, com o objetivo de oferecer uma fonte alternativa de abastecimento aos locais.

Buscando a difusão da técnica de aproveitamento pluvial no município, para o incentivo à gestão dos recursos hídricos e desenvolvimento sustentável, o presente trabalho apresenta o estudo de viabilidade de implantação de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis em uma edificação pública.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar um sistema que capte as águas pluviais e abasteça os pontos de uso não potável da edificação e analisar a viabilidade técnico-econômica de sua implantação, para que este atue como ferramenta de conscientização da população para o uso racional e conservação da água, incentivando o desenvolvimento sustentável do município.

1.2.2 Objetivos Específicos

Este trabalho tem como objetivo específico primário, a análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais que alimente os usos não potáveis de uma edificação escolar padrão da região. Para a conclusão deste objetivo deve-se:

- a) Determinar a área de captação de água de chuva das edificações e com base nesta e nos índices pluviométricos da região, dimensionar o sistema de aproveitamento pluvial da edificação;
- b) Estimar a demanda provável da edificação e o volume de água tratada economizado, através da definição dos pontos de utilização a serem abastecidos e as taxas de consumo apresentados na literatura científica;
- c) Determinar a disponibilidade pluviométrica da região, a partir da série histórica de precipitação do município e da área de captação das edificações, e a porcentagem de atendimento à demanda para a estimativa do volume de água tratada possível de ser economizado pela utilização do sistema;
- d) Levantar o quantitativo de mão-de-obra e materiais, elaborar o orçamento e determinar os custos de construção e operação do sistema para compará-los à economia proporcionada após a implantação do projeto, utilizando o método do Valor Presente Líquido para enfim determinar a viabilidade econômica do empreendimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HIDROLOGIA

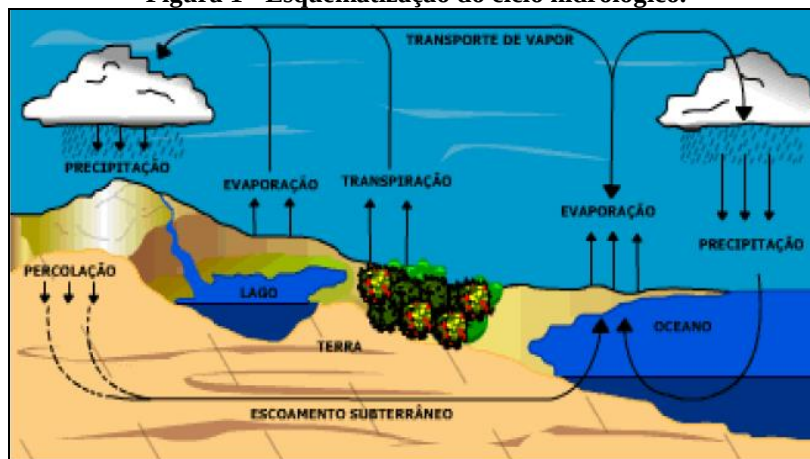
Hidrologia é a ciência que trata das propriedades, distribuição e comportamento da água na natureza. O estudo da Hidrologia pode ser dividido em três vertentes se tratando das diferentes formas de ocorrência da água: acima, sobre e abaixo da superfície terrestre. Em outros termos: hidrometeorologia, que se refere à água atmosférica; hidrologia de superfície, que trata das águas superficiais; e hidrogeologia, que estuda as águas sub-superficiais ou subterrâneas. (GARCEZ, 1976; SILVA e MELLO, 2015).

Desta forma, respectivamente, o primeiro caso relaciona-se com a atmosfera estudando as chuvas e as demais formas de precipitação, incluindo as suas causas, origens, ocorrência, magnitude, distribuição e variação. O segundo relaciona-se ao deflúvio de cursos d'água, lagos e reservatórios, origem e comportamento das águas superficiais. E o terceiro caso, considera a origem, a natureza, a ocorrência, a infiltração da água no solo e a sua saída deste.

2.1.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é o conjunto de processos que garantem a circulação natural da água entre a atmosfera e a superfície terrestre, ilustrado pela Figura 1, que é dividido em quatro estágios: precipitação, escoamento subterrâneo, escoamento superficial e evaporação.

Figura 1 - Esquematisação do ciclo hidrológico.



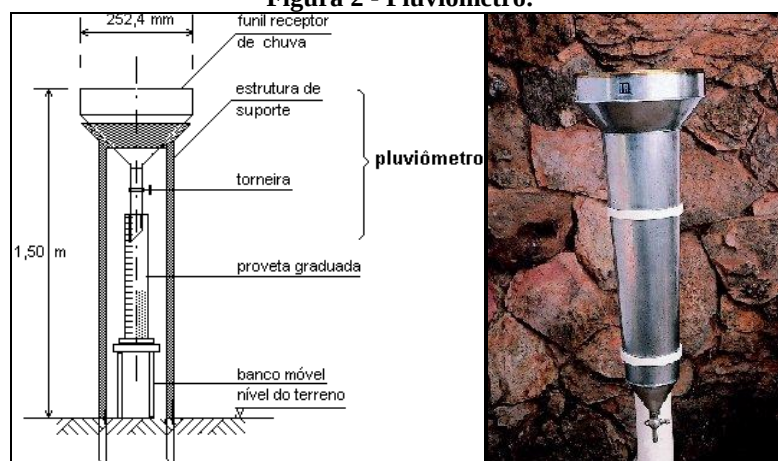
Fonte: Oliveira, 2008.

Nesse ciclo a radiação solar promove a evapotranspiração, fase onde a água armazenada nos seres vivos e nas superfícies líquidas evapora, e induz a formação de nuvens e da precipitação através da condensação do vapor d'água. De toda a água que é precipitada, uma parte retorna imediatamente à atmosfera por meio da evaporação, seja esta tanto das superfícies líquidas, do terreno e/ou plantas, uma porcentagem cai sobre as superfícies líquidas, outra escoar pela superfície do solo até estas mesmas superfícies (os rios, lagos, reservatórios ou oceano), e uma última parte da água precipitada escoar no interior do solo (escoamento subterrâneo) para onde é dirigida para os reservatórios naturais de água, e recebem a radiação solar para reiniciar o ciclo (GARCEZ, 1976).

No que se refere ao aproveitamento de águas pluviais, as precipitações são o estágio mais importante do ciclo hidrológico, pois sua ocorrência se dá principalmente na forma de chuva (YOSHINO, 2012). A precipitação se origina da condensação do vapor d'água atmosférico, que consiste no resfriamento ao ponto de saturação do mesmo. Esse processo pode ocorrer pelo resfriamento das massas de ar devido a quatro fatores: devido à ação frontal de outras correntes eólica, à presença de topografia abrupta, fenômenos de convecção térmica e à combinação dessas causas (GARCEZ, 1976).

Para a concepção dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais são consideradas quatro grandezas características das chuvas, estas são: altura pluviométrica, duração, intensidade e frequência (HAGEMANN, 2009 *apud* YOSHINO, 2012).

A Altura Pluviométrica (h) é a quantidade de água precipitada por unidade de área horizontal, sendo medida pela altura que a água atingiria se mantivesse no local sem participar de nenhuma outra etapa do ciclo hidrológico, como evapotranspiração, escoamento ou infiltração (GARCEZ, 1976). Essa altura geralmente é medida em milímetro de chuva – mm (medida equivalente ao litro por metro quadrado – L/m²), com o auxílio de um instrumento denominado Pluviômetro. Este aparelho consiste num reservatório cilíndrico-cônico, com a boca superior com diâmetro em torno de vinte e cinco centímetros, e proveta graduada de vidro conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Pluviômetro.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2015.

A segunda grandeza é a Duração (t), que é o intervalo de tempo decorrido, geralmente é medido em minutos, entre o instante em que se iniciou a precipitação e o instante em que ela cessou. Sua medição é feita por um instrumento chamado Pluviógrafo, que lê tanto a duração quanto a altura das chuvas. Garcez (1976) esclarece que este aparelho, apresentado na Figura 3, funciona com mecanismos semelhantes aos de relógios, que por sua vez imprimem rotação a um cilindro, no qual existe um papel graduado e a ponta de um estilete ou uma pena traçam a altura da precipitação registrada, de forma a registrar uma curva que fornece a altura pluviométrica, ao mesmo tempo em que outro dispositivo fornece o tempo de precipitação.

Figura 3 - Pluviógrafo.

Fonte: INMET, 2015.

A Intensidade (I) é a celeridade de precipitação, sendo geralmente calculada em milímetros por hora (mm/hora) pelas equações de precipitações máximas, também conhecidas como equações IDF. E por sua vez, a quarta grandeza é a Frequência, que indica o número de

decorrências de uma dada precipitação (h, t), no decorrer de um intervalo de tempo fixado, podendo ser igualada ou ultrapassada ao menos uma vez. (GARCEZ, 1976)

2.2 USOS DA ÁGUA

A água é utilizada em todos os setores da sociedade para diversas atividades. O setor agrícola é que possui a maior demanda de água, sendo responsável por aproximadamente 67% do consumo mundial (CLIMATE INSTITUTE, 2005 *apud* YOSHINO, 2012). Esse consumo decorre principalmente da atividade de irrigação onde ocorre um elevado desperdício do recurso hídrico.

Segundo Annecchini (2005) e Hafner (2007) o consumo de água é influenciado por diversos fatores dos âmbitos social, ambiental e econômico, como poder aquisitivo, clima, cultura, nível de conscientização ambiental, dentre outros. Essa variabilidade dificulta a quantificação e a distribuição do consumo. Para Hafner (2007), os países mais desenvolvidos, apesar de possuírem acesso à informação e tecnologias que possibilitam o uso mais eficiente dos recursos hídricos, consomem mais água devido ao seu elevado padrão de vida, fato que pode ser observado na Tabela 2 que apresenta o consumo *per capita* anual de algumas regiões continentais.

Tabela 2 - Consumo *per capita* anual das regiões continentais.

Região/Continente	Consumo <i>per capita</i> anual (m³/hab.ano)
Europa	581
América do Norte	1.663
América Central e Caribe	603
América do Sul	474
Ásia (excluindo Oriente Médio)	631
Oriente médio e Norte da África	807
África Subsaariana	173
Oceania	900

Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006 *apud* Hafner, 2007.

Assim como no âmbito internacional, é notável a variabilidade dentro do território nacional, como se pode ver na Tabela 3 que apresenta os índices de consumo diários das regiões e do país. Nos dados dessa tabela, também se observa a consideração de Hafner

(2007) sobre o alto índice de consumo nas regiões mais desenvolvidas e industrializadas: a maior média de consumo do país é da região Sudeste, que é a mais industrializada.

Tabela 3 - Índices de consumo no Brasil.

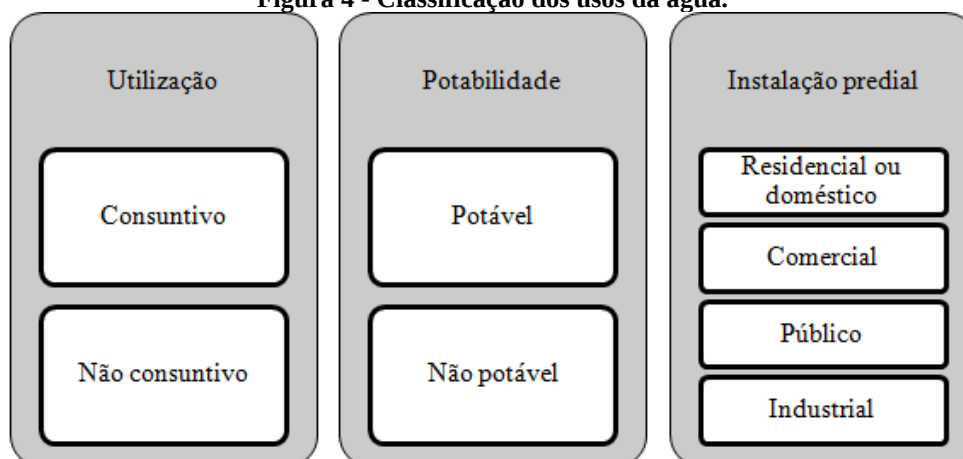
Regiões brasileiras	Consumo médio diário (litros/dia por habitante)
Sudeste	174,00
Centro-oeste	133,60
Sul	124,60
Norte	111,70
Nordeste	107,30
Brasil	141,40

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2004.

2.2.1 Classificação dos Usos da água

Considerando normas e alguns estudos, os usos da água podem ser classificados de acordo com a natureza de sua utilização, sua potabilidade e do tipo de instalação predial ao qual o uso é destinado nas categorias apresentadas abaixo:

Figura 4 - Classificação dos usos da água.



Fonte: Elaboração própria.

Quanto à natureza da utilização o uso pode ser consuntivo, quando a retirada da água da fonte natural diminui a disponibilidade quantitativa de alguma forma, como, por exemplo, o abastecimento e irrigação; ou não consuntivo, quando após a retirada a água retorna à sua fonte natural modificando apenas temporariamente a disponibilidade quantitativa, como geração de energia, navegação e lazer (Universidade Federal do Alagoas - UFAL; Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2015).

Em relação à potabilidade, os usos podem ser classificados em potável e não potável. O uso potável engloba as atividades relacionadas ao consumo humano, como dessedentação, higiene pessoal e preparação de alimentos, nas quais a água deve estar adequada aos padrões de potabilidade, impostos pela Portaria Nº 2.914/11 do Ministério da Saúde (MS), para assegurar a saúde dos usuários. Essa portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). Já o uso não potável, engloba as atividades nas quais a potabilidade da qualidade da água não é exigida, como descarga em ambientes sanitários, irrigação de jardins, lavagem de carros, entre outros.

Considerando os tipos de instalações prediais, Tomaz (2003) apresenta quatro categorias para o uso: residencial ou doméstico, comercial, industrial e público. O uso doméstico engloba as atividades realizadas em residências e edificações multifamiliares como higiene pessoal, limpeza de ambientes e preparação de alimentos. O consumo de água nesse tipo de uso é muito variável, pois é influenciado principalmente por diversos fatores como cultura, educação e poder aquisitivo. A Tabela 4 apresenta essa variabilidade por meio dos valores de consumo doméstico per capita de vários países.

Tabela 4 - Consumo doméstico *per capita* diário dos países.

País	Consumo (litros/dia)/hab.
Estados Unidos	573
Austrália	493
Japão	374
Noruega	304
França	287
Israel	273
Brasil	187
Índia	136
China	87
Uganda	14
Somália	3

Fonte: FAO, 2006 *apud* Hafner, 2007.

O uso comercial está relacionado às atividades das edificações comerciais, de lazer e de serviços - como clubes, lojas e restaurantes -, no qual o consumo é dividido entre os fins que são semelhantes ao do uso doméstico, como descargas em sanitários, lavagem de áreas e

preparação de alimentos, e os fins específicos, que são aqueles relacionados às atividades principais da edificação, como lavagem de utensílios em restaurantes, enchimento de piscinas em clubes, entre outros. Por sua vez, o uso público engloba as edificações públicas como escolas e hospitais por exemplo. Nesse caso, destaca-se o uso significativo dos ambientes sanitários, que segundo ANA *et al.* (2005), são responsáveis por cerca de 35% a 50% do consumo total da edificação.

O uso industrial engloba as diversas áreas do setor industrial. Seu consumo é extremamente específico, pois depende da atividade que a indústria exerce. O setor agrícola é uma categoria especial, não inserida na classificação de Tomaz (2003), mas considerada por outros autores. O consumo desse setor é bem expressivo, principalmente no que se refere à irrigação das lavouras.

Dentro dos tipos de usos já explicitados, o único fator que impede a utilização de águas pluviais é a potabilidade, pois as águas pluviais carregam impurezas da atmosfera e da cobertura que alteram a qualidade da água e fazem com que os padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) não sejam atendidos.

2.2.2 Consumo de Águas Não Potáveis

O consumo de águas não potáveis é estimado com base na porcentagem da demanda de água tratada da edificação que é designada ao abastecimento dos aparelhos hidrossanitários que não estão relacionados ao consumo humano e que podem receber esse tipo de abastecimento como bacias sanitárias, mictórios e torneiras de irrigação ou na quantificação da demanda de água desses aparelhos por meio da associação do seu consumo específico e da previsão da frequência de utilização.

A metodologia da caracterização do consumo de água das edificações a ser aplicada depende do estágio em que a edificação se encontra e dos recursos disponíveis para o estudo. Para a quantificação da demanda, geralmente são realizadas leituras dos hidrômetros em edificações já construídas e estimativas com base em taxas de consumo *per capita* da literatura científica. Já a distribuição do consumo, realizada para determinar a porcentagem destinada ao consumo não potável, geralmente é realizada com base nos pontos de utilização de água da edificação ou nas atividades realizadas na edificação, como por exemplo: o

consumo isolado de tanques e/ou máquinas de lavar ou a lavagem de roupas associada ao uso desses dois pontos de utilização.

Diversos estudos realizados em diversos países demonstram a variabilidade na caracterização do uso da água e, conseqüentemente, na porcentagem prevista ao consumo não potável. A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) (2004, *apud* Yoshino, 2012) estima que o uso não potável varie entre 30 e 50% da demanda total da edificação. Para comprovar esse fato, apresenta-se a tabela a seguir, que sintetiza os dados de consumo doméstico de vários países e apresenta a porcentagem do consumo não potável decorrente de descargas em bacias sanitárias, lavagem de carros e roupas.

Tabela 5 - Distribuição do consumo doméstico em diversos países.

Tipos de uso	Alemanha	Suíça	EUA*	Coréia	Brasil*
Alimentação	3,9%	11%	-	20%	-
Chuveiros e banhos	36,2%	37%	17%	23%	39,5%
Torneiras	-	-	16%	-	2,25%
Higiene pessoal	-	-	-	-	-
Descargas em bacias sanitárias	26,8%	40%	27%	45%	28,1%
Lavagem de roupas	11,8%	4%	22%	11%	7,25%
Lavagem de louças	6,3%	-	2%	-	20,85%
Lavagem de carros	-	1%	-	-	-
Outros	15%	7%	16%	-	1,95%
Consumo não potável	38,6%	45%	49%	45%	35,35%

*Média dos dois valores apresentados para o mesmo país pela fonte consultada.

Fonte: Proença, 2007

Tratando diretamente da metodologia de previsão de consumo de águas não potáveis, no caso de edificações já construídas e habitadas, Hafner (2007) sugere a instalação e leitura de hidrômetros ou das especificações técnicas dos aparelhos instalados nos pontos de utilização (ou no caso de acesso impossibilitado a essa informação, a realização de testes laboratoriais para a determinação do consumo) para a caracterização da demanda, e aplicação

de questionários e entrevistas com usuários da edificação para determinar a frequência de utilização dos aparelhos. Para edificações em fase de concepção, existem algumas taxas de consumo e frequências de utilização de aparelhos hidrossanitários apresentados na literatura que podem ser adotadas.

O consumo de água não potável de uma edificação é difícil de ser estimado, pois a quantidade e a distribuição deste são influenciadas por diversos muitos fatores. Para Yoshino (2012), a indisponibilidade de informações precisas dificulta a aplicação dos parâmetros de engenharia utilizados para prever o consumo de água não potável.

2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Atuando como uma fonte alternativa para o suprimento hídrico, o aproveitamento de águas pluviais é uma solução apresentada para a preservação da água potável e prevenção da escassez, que também atua na prevenção de enchentes ao reduzir o volume de escoamento superficial. Além de custo mais baixo de operação e manutenção, os sistemas de aproveitamento pluvial são vantajosos por reduzirem os custos com a captação, tratamento e distribuição de água e de manutenção e ampliação das redes de drenagem.

Apesar de ser uma técnica antiga, o aproveitamento pluvial ganhou um novo valor, com o surgimento de certificações ambientais que incentivam a sustentabilidade e a utilização dessa técnica, como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que no seu critério de Gestão de Água analisa a eficiência na utilização da água (TOMAZ, 2003). Esse fato é mais um agente incentivador ao desenvolvimento de estudos e difusão dessa técnica.

2.3.1 Histórico do Aproveitamento de Águas Pluviais

O aproveitamento de água de chuva é uma técnica antiga, há relatos de sua utilização a milhares de anos atrás, difundida em diversas partes do planeta. Tomaz (2003) aponta que o primeiro registro do uso de águas pluviais data de 830 a.C. na região de Moab, próxima a Israel, onde o rei Mesa determinou que em cada casa fosse feita uma cisterna.

Os relatos prosseguem entre diversos povos até as civilizações pré-colombianas, mais especificamente os Maias que, no século X, possuíam uma agricultura baseada na coleta de água de chuva ao sul da cidade de Oxkutzcab (GNADLINGER, 2000 *apud*

ANNECCHINI, 2005). Nos dias atuais, diversos países adotam o uso das águas pluviais, como a Holanda e a China, por exemplo, para minimizar seus problemas com alagamentos e abastecimento, respectivamente. Além desse, tem-se ainda Estados Unidos, Alemanha e Japão, dentre muitos outros países, que oferecem incentivos financeiros para a implantação de sistemas de aproveitamento pluvial (YOSHINO, 2012).

No Brasil, a instalação mais antiga de aproveitamento de água de chuva foi construída na Ilha de Fernando de Noronha em 1943 por norte-americanos e até hoje a população local é abastecida por águas pluviais. Com o decorrer dos anos, o aproveitamento das águas pluviais foi se intensificando, principalmente na Região Nordeste, incentivado por diversos programas governamentais, como o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido em 2003, que oferecia incentivos para a construção de cisternas para o abastecimento da população (ANNECCHINI, 2005).

Atualmente, o país consta com decretos, leis e normas, que obrigam a coleta de água de chuva em alguns empreendimentos para a prevenção dos problemas com alagamentos. De maneira geral, segundo Annetchini (2005), o desenvolvimento de tecnologias para o abastecimento reduziu a utilização da água pluvial pela sociedade, mas o atual cenário de escassez hídrica exigiu a adoção desta fonte alternativa tanto em nível mundial como nacional.

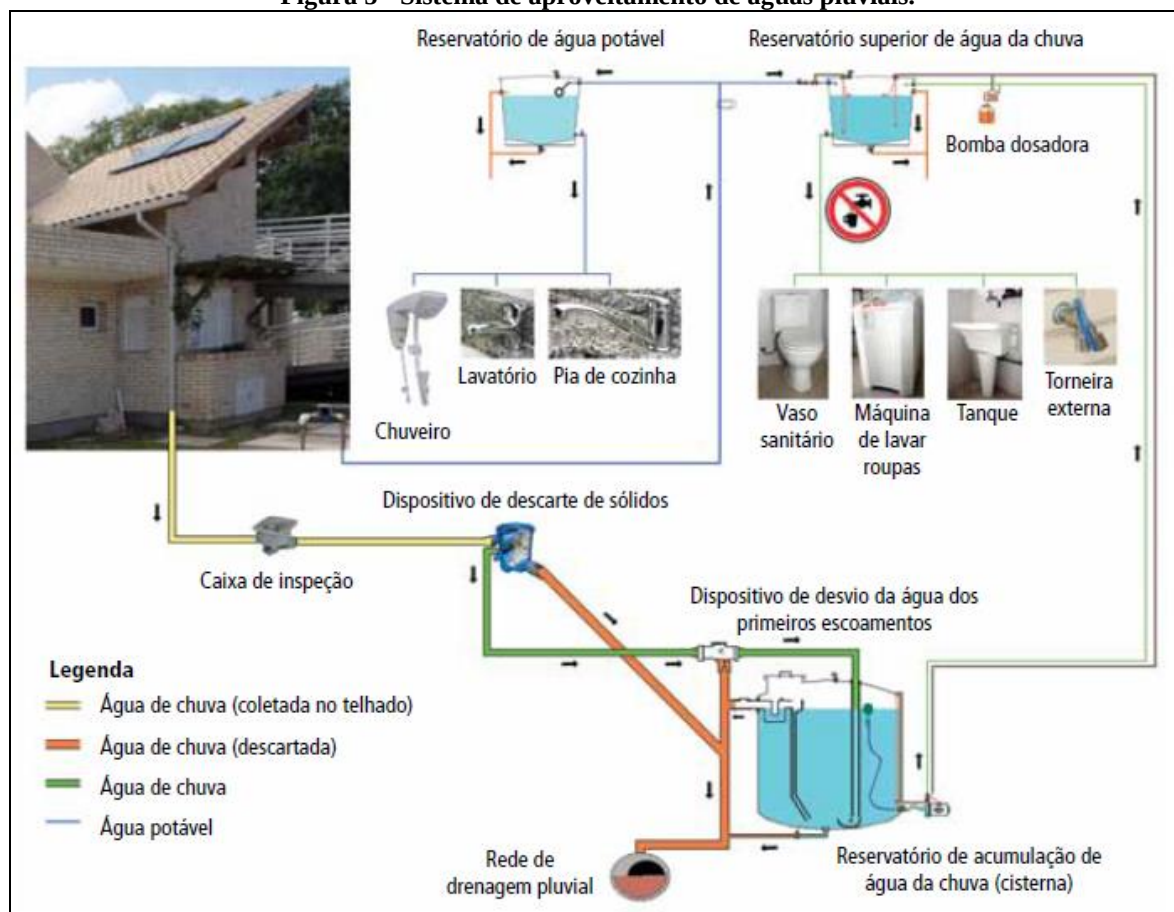
2.3.2 Processo de Aproveitamento de Água Pluvial

A norma de aproveitamento de água pluvial, a Norma Brasileira (NBR) 15527/2007, determina que a concepção e dimensionamento do sistema de coleta de água de chuva deve se basear nas séries históricas de precipitação da região onde o sistema vai ser instalado, atender às especificações das NBR's 5626/1998 e 10.844/1989, que tratam das instalações prediais de água fria e drenagem pluvial respectivamente, e dispor de uma fonte secundária de abastecimento de água, caso o sistema venha a falhar como o abastecimento pela rede pública, por exemplo. Outros aspectos exigidos são: a ausência de conexões cruzadas que liguem os sistemas de água potável e não potável, para evitar contaminações, e a identificação dos pontos de utilização de uso não potável alertando o usuário sobre a qualidade da água.

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são diversos e apresentam vários tipos de complexidade de execução e funcionamento, sendo que a escolha do modelo mais

adequado vai depender da finalidade para qual a água será destinada. Considerando o processo geral apresentado na Figura 5, o aproveitamento é realizado seguindo as etapas de captação, condução, remoção de materiais grosseiros, descarte da primeira chuva, tratamento, armazenamento e distribuição.

Figura 5 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Lamberts *et al.*, 2010.

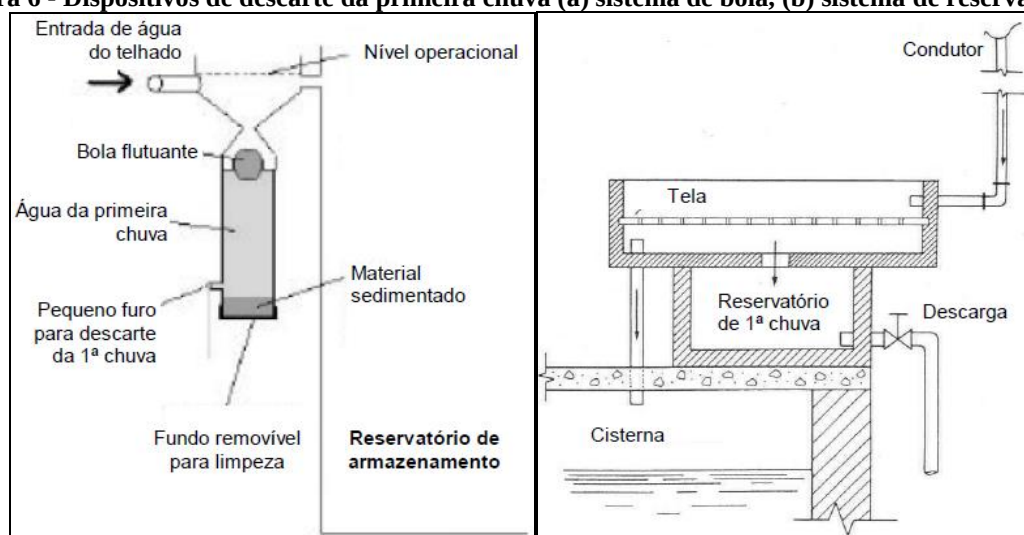
A captação da água é realizada através das superfícies de coberturas ou solos, sendo que a coleta realizada através das coberturas é mais simples e oferece uma água de melhor qualidade ao comparar os dois tipos de captação. Isto se deve à contaminação nas superfícies do solo pelo tráfego de pessoas e veículos. Além do tamanho da área de captação, que sempre deve ser calculado de acordo com a inclinação, o tipo de revestimento da área de captação também interfere na captação de águas pluviais, pois a ele está relacionada a perda por absorção (ANNECCHINI, 2005).

A etapa de descarte de sólidos ou remoção de materiais grosseiros, geralmente feita por telas e grades, visa impedir obstruções e danos ao sistema e alterações da qualidade da água captada decorrente do acúmulo e decomposição desses materiais grosseiros que são

carreados da superfície de captação. A condução é feita por calhas e condutores, que geralmente são de policloreto de vinila (PVC), apesar de poderem ser de diversos materiais, e são dimensionados de acordo com a norma de instalações prediais de águas pluviais, a NBR 10.844/1989.

O descarte da primeira chuva, também conhecido como *first flush*, é implantado para impedir o armazenamento da água poluída pelas impurezas atmosféricas carreados pela chuva que não foram retidas e preservar a qualidade da água armazenada. Geralmente essa etapa, quando necessária, é executada por meio de reservatórios de pequena capacidade, chamados de reservatórios de eliminação, que possuem sistemas de fechamento que impedem a passagem da água poluída para o reservatório de armazenamento. A Figura 6 apresenta alguns sistemas de descarte observados durante a pesquisa.

Figura 6 - Dispositivos de descarte da primeira chuva (a) sistema de bóia, (b) sistema de reservatórios.



Fonte: Anecchini, 2005.

A determinação do volume deveria ser feita com base nos fatores que alteram a qualidade inicial da água de chuva como o nível de poluição atmosférica e a intensidade inicial, mas isso não é realizado devido à dificuldade de se analisar a influência desses fatores. Portanto o volume de descarte inicial fica a critério do projetista e limitado ao valor mínimo de dois milímetros pela norma de aproveitamento de águas pluviais (NBR 15527/2007), quando for necessária a sua implantação e não houver dados a serem consultados.

No geral, padrões de qualidade da água não são exigidos para usos não potáveis, dispensando assim o tratamento mais específico da água e barateando o sistema, porém, algumas situações requerem um nível de qualidade adequado. O padrão de qualidade da água

deve ser determinado pelo projetista de acordo com a utilização prevista, assim como as técnicas para o tratamento da água se for necessário. Normalmente, essa etapa inclui os processos de filtração e desinfecção, mas só deve ser instalado se for realmente necessário, pois estes implicam em custos que podem inviabilizar a instalação do sistema. Para usos restritivos não potáveis, a norma estabelece os padrões de qualidade apresentados na tabela a seguir.

Tabela 6 - Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos restritivos não potáveis.

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

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15527, 2007.

O armazenamento possui o componente mais oneroso do sistema, o reservatório, que podem ser de diversos materiais, como fibra de vidro e alvenaria, e tipos (apoiado, semi-enterrado, elevado ou enterrado). A escolha do tipo, do material, capacidade e do local de instalação do reservatório deve ser feita considerando o poder aquisitivo e a demanda por água da população a ser atendida pelo sistema, a facilidade de instalação e manutenção, as questões ambientais e a estética. Essa escolha é crucial para a viabilidade de instalação do sistema, pois reflete diretamente nos custos e benefícios econômicos do sistema (ANNECCHINI, 2005). Já a distribuição é feita seguindo as diretrizes da NBR 5626, que trata das instalações prediais de água fria e deve ser feita de modo que não haja conexão entre as redes de água potável e não potável.

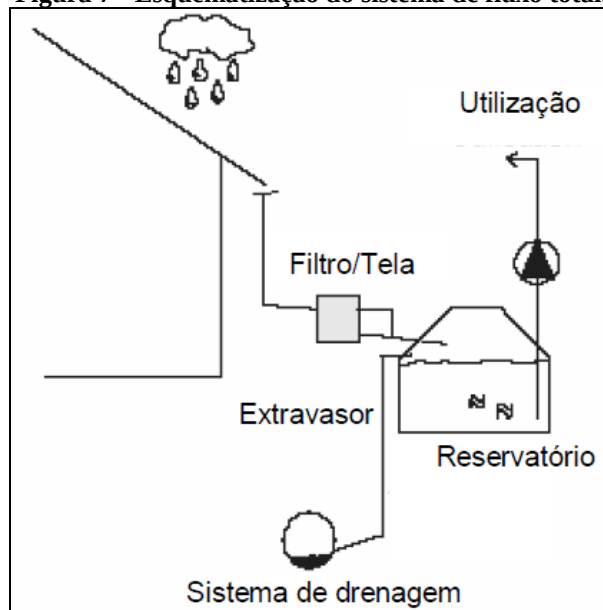
2.3.3 Sistemas de Aproveitamento Pluvial

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são classificados de acordo com a sua forma construtiva. Herrmann e Schmida (1999, *apud* Anecchini, 2005), destacam quatro

tipos de sistema que são: de fluxo total; com derivação; com volume adicional de retenção; e com infiltração no solo.

No sistema de fluxo total (Figura 7), a chuva coletada pela superfície de captação é totalmente direcionada ao reservatório de armazenamento, passando somente pela etapa de remoção de materiais grosseiros, ou seja, não ocorre o descarte da primeira chuva. O excedente do reservatório é direcionado ao sistema de drenagem.

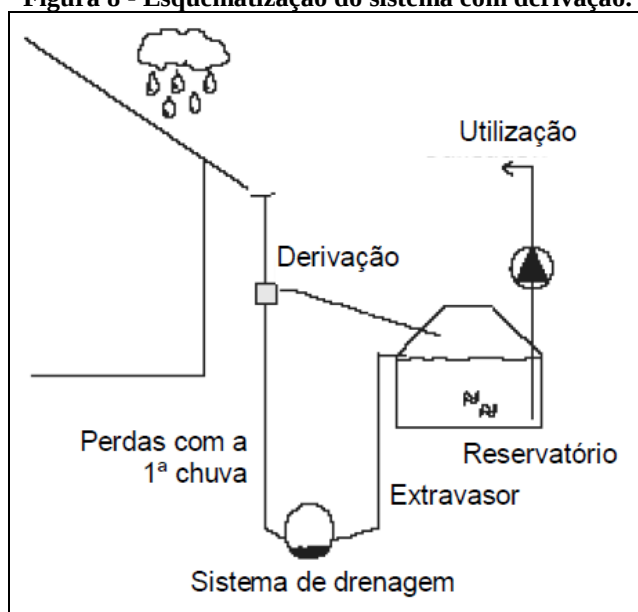
Figura 7 - Esquematização do sistema de fluxo total.



Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 (apud Anecchini, 2005).

Nos sistemas com derivação, ocorre descarte da primeira chuva, como se observa na Figura 8, e este é direcionado ao sistema de drenagem por uma derivação instalada nos condutores verticais. De forma semelhante ao sistema de fluxo total, o volume extravasado do reservatório é direcionado ao sistema de drenagem.

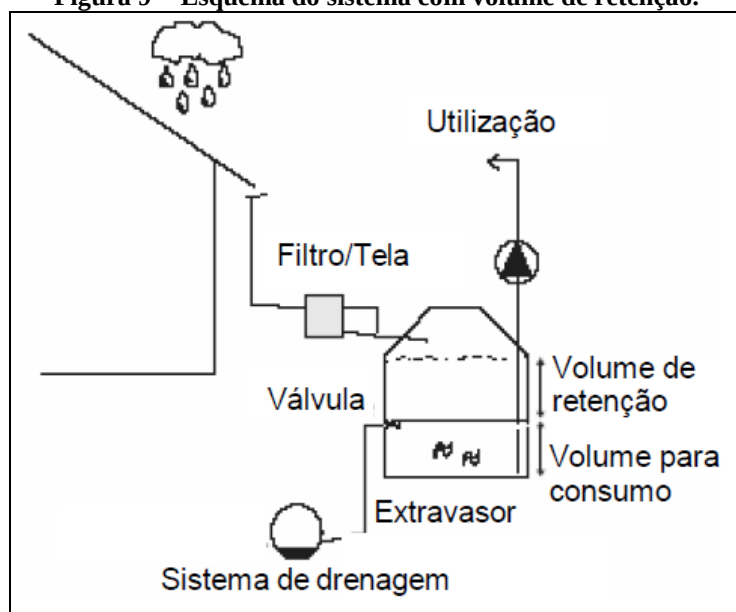
Figura 8 - Esquematização do sistema com derivação.



Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 (*apud* Anecchini, 2005).

O sistema com volume de retenção se diferencia por possuir um reservatório maior, que é capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda (volume de consumo) e o volume adicional com o objetivo de evitar inundações (volume de retenção). O escoamento desse volume de retenção para o sistema de drenagem é controlado com o auxílio de uma válvula, como se pode observar na Figura 9.

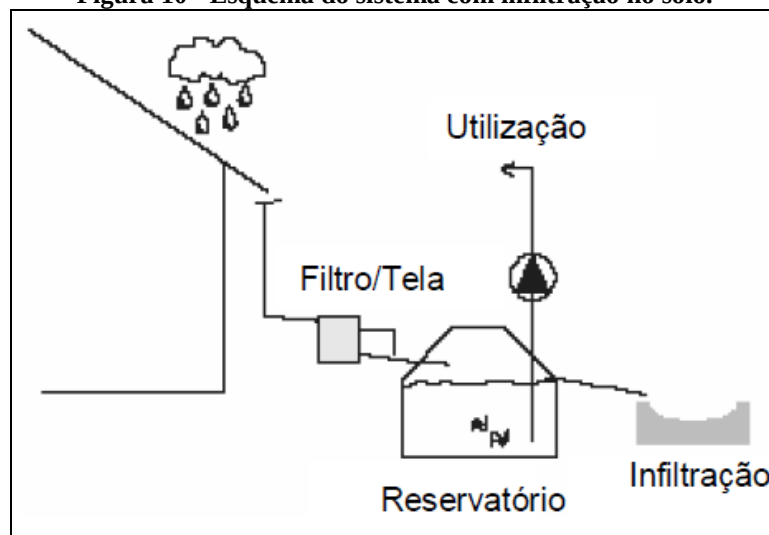
Figura 9 - Esquema do sistema com volume de retenção.



Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 (*apud* Anecchini, 2005).

O sistema com infiltração no solo é semelhante ao sistema de fluxo total, como todo o volume de água sendo totalmente escoado para o reservatório após a remoção dos materiais grosseiros. A única diferença é que o volume excedente é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo, para auxiliar a recarga de aquíferos e reduzir mais a carga de drenagem sobre a rede municipal, como se observa na Figura 10.

Figura 10 - Esquema do sistema com infiltração no solo.



Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 (*apud* Anecchini, 2005).

2.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO PLUVIAL

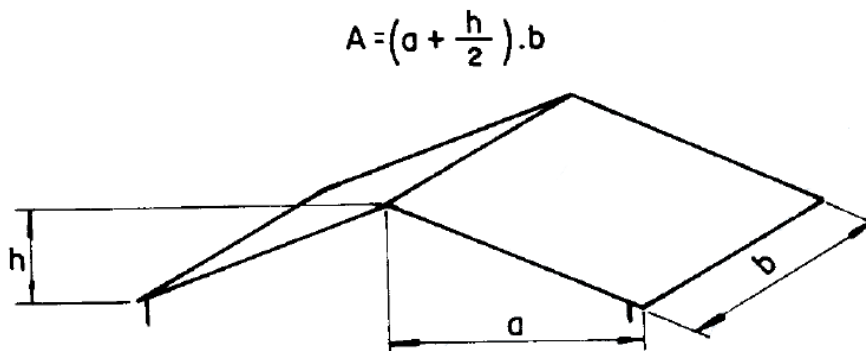
O dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais e a viabilidade de sua implantação estão baseados no volume de água passível de ser captado, que é variável de acordo com a intensidade pluviométrica da região e a área de captação, e demanda da edificação. Os cálculos do dimensionamento seguem as diretrizes estabelecidas na NBR 15527/2007, que trata dos requisitos para aproveitamento de águas pluviais de coberturas para usos não potáveis. Dos componentes do sistema de aproveitamento já apresentados, são dimensionados a área de captação, as calhas e condutores e os reservatórios de eliminação e armazenamento.

2.4.1 Área de captação

Para a determinação da área de captação a ABNT, através da NBR 10844/1989, aponta que se deve considerar a inclinação da cobertura, assim como a existência de paredes

que possam interceptar a água da chuva, conforme ilustra a Figura 11, que apresenta o modelo indicativo para o cálculo de áreas de captação de superfícies inclinadas.

Figura 11 - Indicação para o cálculo da área de captação de superfícies inclinadas.



Fonte: ABNT. NBR 10844, 1989.

2.4.2 Calhas e condutores

Esses itens, que possuem inclinação mínima de 0,5%, são dimensionados a partir da vazão de projeto, dada pela equação abaixo.

$$Q = C \cdot \frac{I \cdot A}{60} \quad (1)$$

Onde Q é a vazão de projeto, em litros por minuto (L/min); I é o índice pluviométrico, em milímetros por hora (mm/h); A é a área de captação, em metros quadrados (m²); e C é o coeficiente de escoamento superficial.

Como visto na Equação 01, para determinar a vazão de projeto além da área de captação, deve-se também obter a intensidade pluviométrica da região. Esta pode ser obtida a partir de equações de precipitação máxima, também conhecidas como equações de chuva intensa ou equações intensidade-duração-frequência (IDF), que dependem de constantes regionais, da duração da precipitação e do tempo de retorno. Para Tucuruí-PA, Souza *et al.* (2012), apresenta a equação abaixo:

$$I = \frac{1264,6709 \cdot T^{0,1012}}{(t + 9,7852)^{0,7242}} \quad (2)$$

Onde I é determinada em milímetros por hora (mm/h); T é o tempo de retorno, que pode ser de 1, 5 ou 25 anos dependendo das características da edificação; e t é a duração da precipitação, fixada na norma em cinco minutos.

Para o dimensionamento das calhas, aplica-se o valor da vazão de projeto na Equação de Manning-Stricker, indicada abaixo, considerando que a lâmina da água igual ao raio interno da tubulação.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (3)$$

Na equação: Q é a vazão de projeto em metros cúbicos por segundo (m^3/s); S_m é a área da seção molhada, em metros quadrados (m^2); n é o coeficiente de rugosidade do material da tubulação, dado pela Tabela 7; R_h é o raio hidráulico, que é a relação entre o perímetro molhado e a seção molhada da calha, em metros (m); e i é a declividade da calha, em metro por metro.

Tabela 7- Coeficientes de rugosidade de Manning dos materiais (n).

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. NBR 10844, 1989.

Segundo a norma, os condutores verticais e horizontais podem se dimensionados pela equação de Manning-Stricker (Equação 3), considerando a seção cheia para os condutores verticais e uma lâmina de água de $2/3$ (dois terços) do diâmetro interno do encanamento para os condutores horizontais. Para facilitar o processo do dimensionamento, a norma apresenta ábacos, onde a partir da vazão de projeto e do comprimento dos tubos pode-se determinar o diâmetro dos condutores verticais, e tabelas que contém a capacidade máxima dos condutores horizontais, considerando seu diâmetro e inclinação.

2.4.3 Descarte da precipitação inicial

Na literatura científica não foi encontrado nenhum método matemático para o cálculo do volume de descarte da precipitação inicial, pois muitos fatores ambientais precisam ser considerados, como o nível de poluição atmosférica, o acúmulo de materiais na área de captação, os dias de seca, entre outros. A NBR 15527/2007 aponta que o volume de descarte inicial fica a critério do projetista, porém sugere a adoção de um descarte de dois milímetros de chuva, ou seja, de dois litros por metro quadrado (L/m²).

2.4.4 Reservatórios de armazenamento

Para o cálculo do volume de armazenamento existem diversos métodos, onde essa capacidade é dimensionada com base no balanço entre o volume de água captável e a demanda da edificação, no caso dos métodos matemáticos, ou na porcentagem da demanda que deve ser armazenada, nos métodos empíricos.

Dentro dos métodos matemáticos, muitos modelos de cálculo foram desenvolvidos, como o Modelo Interativo desenvolvido por Anecchini (2005), o Modelo Comportamental e Crítico apresentados por McMahon e Mein (1978 *apud* Anecchini, 2005), entre outros. Esses modos de cálculo podem ser divididos em determinísticos e estocásticos. Os modelos do tipo determinísticos não trabalham com probabilidades, como por exemplo, o uso apenas das séries históricas de pluviometria; enquanto que os do tipo estocástico fazem uso da probabilidade, considerando, por exemplo, a possibilidade de ocorrência de falhas (ANNECCHINI, 2005).

No geral, a determinação da capacidade do reservatório é realizada com base no volume aproveitável de chuva, que segundo a NBR 15527/2007 é dado por:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot \eta_{\text{fator de captação}} \quad (4)$$

Onde V é o volume anual, mensal ou diário de chuva aproveitável, em litros (L); P é a precipitação média correspondente, em milímetros de chuva (mm); A é a área de coleta, em m²; $\eta_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação, apresentada em números decimais adimensionais; e C é o coeficiente de escoamento inicial. Este fator, também conhecido como coeficiente de *Runoff*, é um índice adimensional que representa a relação entre o volume total

de escoamento superficial e o volume total precipitado e que varia conforme a capacidade de absorção do material de revestimento da superfície. A Tabela 8 apresenta alguns valores adotados na literatura:

Tabela 8 - Valores do coeficiente de escoamento superficial adotados por diversos autores.

Material	Coeficiente de Escoamento (C)	Autores
Telha cerâmica	0,80 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975) <i>apud</i> May (2004)
	0,75 a 0,90	Van den Bossche (1997) <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telha esmaltada	0,90 a 0,95	Van den Bossche (1997) <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telha metálica	0,70 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975) <i>apud</i> May (2004)
	0,85	Khan (2001)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Betume	0,80 a 0,95	Van den Bossche (1997) <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telhados verdes	0,27	Khan (2001)
Pavimentos	0,40 a 0,90	Wilken (1978) <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,68	Khan (2001)

Fonte: Annecchini, 2005.

Por sua vez, a demanda do uso não potável, quando impossível de ser quantificada, é estimada através de levantamentos de consumo diário, elaborados a partir de diversos métodos. Utilizando variadas metodologias, alguns autores desenvolveram estudos que determinaram valores-base para a caracterização do consumo não potável das edificações, como por exemplo, Tomaz (2000, *apud* Annecchini, 2005) que apresentou taxas de volume e de frequência de utilização de alguns dos pontos que podem ser abastecidos por água não potável:

Tabela 9 - Taxas de demanda e frequência de consumo não potável.

Aparelho	Volume	Frequência
Bacia Sanitária	6 a 15 L/descarga	3 a 6 descarga/hab/dia
Máquina de lavar roupa	100 a 200 L/ciclo	0,20 a 0,30 carga/hab/dia
Irrigação de jardins	2 L /dia/m ²	0,20 a 0,30 Lavagem/mês
Lavagem de carros	80 a 150 L/lavagem/carro	8 a 12 Lavagem/mês

Fonte: Tomaz (2000, *apud* Annecchini, 2005)

Apesar dos diversos métodos presentes na literatura científica, a norma de aproveitamento de águas pluviais (NBR 15527/2007) sugere em seu anexo os seguintes métodos para a determinação do volume de armazenamento: de Rippl; da simulação; de Azevedo Neto; e os práticos alemão, inglês e australiano.

2.4.4.1 Método de Rippl

Desenvolvido no final do século XIX, corresponde à integralização de um hidrograma (GARCEZ, 1976). Normalmente é usado para a obtenção do volume máximo de armazenamento, uma vez que ao considerar a manutenção de uma vazão constante durante o período crítico de vazão, superdimensiona o reservatório.

Utilizado tanto em séries históricas diárias quanto mensais, este método calcula o volume de reservação a partir da somatória dos volumes reais de água armazenada na edificação (S_t), dados pela Equação 5, onde D_t é a demanda e Q_t é volume aproveitável de chuva em determinado tempo, todos em unidades iguais.

$$S_t = D_t - Q_t \quad (5)$$

A reservação é dada pela somatória desses volumes de água presentes em cada tempo (Equação 6), ou seja, só são considerados valores positivos de S_t que indicam o abastecimento da demanda.

$$V = \sum S_t \quad (6)$$

2.4.4.2 Método da simulação

As simulações fazem o balanço hídrico a partir de volumes pré-definidos de armazenamento que podem ser escolhidos pelo usuário ou sugeridos por modelos computacionais e matemáticos desenvolvidos para isso. Estas são largamente empregadas para o dimensionamento dos reservatórios, pois são métodos matemáticos que resultam em volumes mais enxutos em comparação com o método de Rippl, como demonstrado por Yoshino (2012), e por permitirem a adoção de probabilidades no seu processo.

No geral, para a determinação do volume aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito (Equação 7) e admiti-se que o volume do reservatório será superior ao maior volume de água acumulado em um período de tempo.

$$S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t \quad (7)$$

Onde S_t é o volume de água acumulado no período de tempo, Q_t é o volume aproveitável de chuva, S_{t-1} é o volume armazenado no período anterior e D_t é a demanda do momento, todos em unidades de volumes equivalentes.

2.4.4.3 Método de Azevedo Neto

Conhecido como método prático brasileiro, foi desenvolvido pelo professor Azevedo Neto em 1995. Classificado como empírico, esse método de cálculo não considera a demanda da edificação, apenas a pluviometria, a área de captação e o período de estiagem, conforme se observa na equação a seguir.

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad (8)$$

Na equação, V é o volume do reservatório, em L; P é a precipitação anual, em mm; T é o número de meses de estiagem e A é a área de captação, em m^2 .

2.4.4.4 Método prático alemão

É um método empírico que considera que o volume mínimo de reservação será igual a seis por cento da demanda anual não potável da edificação (Equação 9) ou do volume anual de precipitação aproveitável (Equação 10).

$$V = 0,06 \cdot D \quad (9)$$

$$V = 0,06 \cdot Q \quad (10)$$

2.4.4.5 Método prático inglês

Semelhante ao alemão, esse método considera que o volume do reservatório é equivalente a cinco por cento do volume anual de precipitação aproveitável (Equação 11).

$$V = 0,05 \cdot P \cdot A \quad (11)$$

Onde V é dado em L, P é a precipitação anual em mm e A é área de captação em m².

2.4.4.6 Método prático australiano

Neste, o volume de chuva aproveitável é determinado considerando as perdas (Equação 12) e o de armazenamento é calculado por tentativa até que seja atendida a confiança de 90% (noventa por cento) de atendimento aos períodos de tempo.

$$Q = A \cdot C \cdot (P - I) \quad (12)$$

Onde A é a área de captação, em m²; C é o coeficiente de escoamento superficial; P é a precipitação, em mm; e I são as perdas que, na ausência de dados, adota-se dois milímetros.

Para determinar o volume acumulado no reservatório utiliza-se equação a seguir, onde V_{t-1} é a quantia inicial presente no reservatório (que no caso de valores negativos, adota-se zero), Q_t é o volume pluviométrico aproveitável no tempo e D_t é a demanda, todos em unidades equivalentes.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (13)$$

Conhecendo os meses nos quais a demanda é atendida, segue-se ao cálculo da confiança (Equação 14), onde N_r é a quantidade de meses onde a demanda não foi atendida, ou seja, onde V_t é nulo e N é o horizonte considerado, normalmente de doze meses. A relação entre N_r e N é a falha do sistema que também pode ser representada por P_f .

$$\text{Confiança} = 1 - \frac{N_r}{N} \quad (14)$$

2.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A viabilidade econômica é um dos aspectos analisados para a implantação de projetos e é comprovada por meio de indicadores que determinam o tempo ou os valores de remuneração do capital investido. Segundo Rodrigues e Rozenfeld (2015), analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto de desenvolvimento de produtos e serviços significa estimar e estudar as perspectivas de desempenho financeiro do produto e dos serviços associados resultante do projeto. Nesta etapa, a composição de orçamentos para o projeto serve para trazer uma estimativa do preço final do produto, que será utilizado para a comprovação da sua viabilidade através da verificação da compensação dos investimentos.

Este processamento de informação nada mais é do que o cálculo dos indicadores de rentabilidade ou viabilidade. É importante considerar que o fluxo relevante para calculá-los é o dos benefícios e dos custos do projeto, ou seja, o fluxo derivado das diferenças positivas e negativas entre a situação otimizada com o projeto e sem ele. (BOTTEON, 2009)

Segundo Torres (2006), os métodos utilizados para a análise econômica de um projeto podem ser classificados em científicos ou empíricos. Os métodos empíricos, também conhecidos como métodos aproximados, são os que desconsideram a variação temporal de valores e/ou desprezam parte dos valores de fluxo de caixa, como por exemplo, o período de retorno de investimento (PRI).

Já os métodos científicos, nomeados por alguns autores como métodos exatos, são os que consideram a variação temporal do valor do dinheiro e todos os valores do fluxo de caixa do projeto. Dos diversos tipos existentes de indicadores de rentabilidade de projetos, os mais utilizados são: o valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o *payback*.

2.5.1 Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo Santos (2009) VPL é a diferença entre os valores investidos e resgatados ao fim do investimento, trazidos ao valor presente. Caso esta diferença seja positiva, haverá um ganho e a quantia investida será recuperada; se for nula, significa que o comportamento do empreendimento é indiferente; e caso seja negativa comprova a inviabilidade técnica do empreendimento, pois o investidor estará resgatando uma quantia inferior à investida.

Nesse método (representado pela Equação 15), trabalha-se com a equivalência de fluxos de caixa onde as receitas e despesas futuras são convertidas para valores atuais com base em uma taxa mínima de atratividade (TMA), que é a alíquota a partir da qual o investidor prevê a existência de lucros. Não possui um método específico para calculá-la, portanto pode ser definida por cada investidor de acordo com o seu perfil ou podem ser adotadas taxas de juros de rentabilidade de aplicações, como a taxa referencial (TR) ou a rentabilidade da poupança.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{V_t}{(1+a)^t} \quad (15)$$

Onde V_t são os valores de entrada e saída do caixa, lembrando que valores positivos representam as entradas e os negativos, as saídas; a é a taxa mínima de atratividade (também conhecida por taxa de desconto); e o t é o período de tempo respectivo.

A principal vantagem do VPL, é que essa ferramenta demonstra individualmente a viabilidade financeira de projetos, possibilitando a escolha entre projetos. Segundo Botteon (2009), existem dois tipos de projeto: os convencionais (ou bem-comportados), que são aqueles que inicialmente apresentam valores negativos e nas demais etapas positivos, e os não convencionais, que são os que não se enquadram na categoria anterior, como por exemplo, os projetos com reinvestimentos de tal magnitude que, durante alguns períodos da fase de operação, têm benefícios líquidos negativos.

2.5.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno é uma medida da rentabilidade do investimento realizado no projeto. A TIR geralmente é definida como a taxa de rentabilidade média, por período e por capital investido (BOTTEON, 2009). Portanto, é a taxa de desconto com a qual o VPL é nulo (Equação 16).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{V_t}{(1+\rho)^t} = 0 \quad (16)$$

Onde ρ é a TIR.

Por esse método a viabilidade de um projeto é comprovada quando a TIR é superior à taxa de atratividade mínima (TMA) estipulada.

2.5.3 Período de Recuperação de Investimentos (PRI)

O Período de Recuperação de Investimentos (PRI), também conhecido por *Payback*, é o período de reembolso, ou seja, é o tempo necessário para que o fluxo de caixa cubra o investimento inicial. Através deste, a viabilidade é confirmada quando recuperação do capital ocorre em um período inferior ao estipulado pelo investidor.

3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo é uma edificação escolar da rede pública municipal chamada de E.M.E.F Manoel Carlos Silva. Localizada no bairro Nova Matinha no município de Tucuruí (Figura12), a escola foi Construída pela prefeitura do município de Tucuruí com recursos do projeto de compensação dos impactos causados pela Usina Hidrelétrica (UHE) de Tucuruí (o Plano de Inserção Regional dos Municípios à Montante da UHE Tucuruí – PIRTUC), a escola foi inaugurada e entregue à população no dia 31 de julho de 2013 (ELETROBRÁS/ELETRONORTE, 2013).

Figura 12 - Localização da Escola Manoel Carlos Silva.



Fonte: Adaptado de GoogleEarth, 2015.

Dedicada ao ensino fundamental, a escola atende 834 crianças e possui uma equipe de 90 colaboradores (informação verbal¹), divididas em dois turnos (matutino e vespertino). Com uma área total construída de aproximadamente 4.113m², a edificação é dividida em quatro blocos: o de salas de aula; de coordenação; de recreio e ginásio. Neste trabalho será analisada especificamente a viabilidade do aproveitamento da chuva captada pela cobertura dos blocos de salas de aula e coordenação, cuja cobertura é vestida com telhas cerâmicas do tipo *plan*, para o abastecimento das bacias sanitárias e mictórios dos blocos educacionais da edificação (salas de aulas, coordenação e recreio).

¹ Informação cedida pela secretaria da escola.

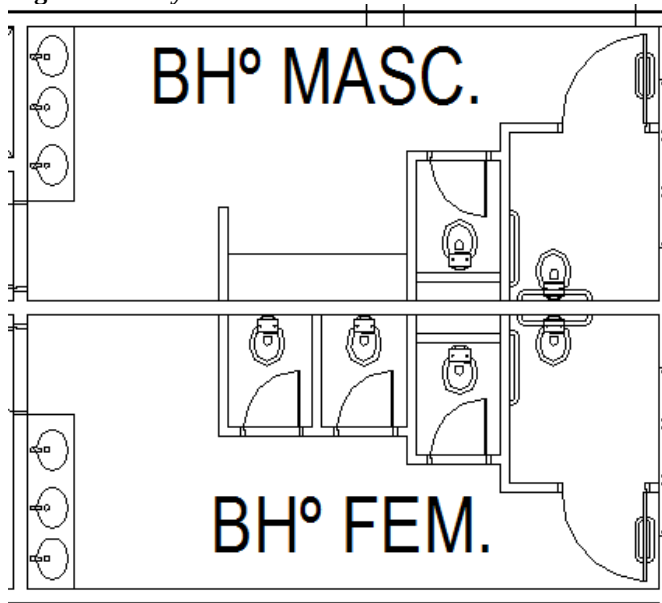
Figura 13 - Bloco de salas de aula da E.M.E.F. Manoel Carlos Silva.



Fonte: Arquivo pessoal.

Tratando da estrutura da edificação, o bloco de salas de aula possui dois andares, com área construída no pavimento térreo de 918,93m² e no superior de 807,18m², e conta com quatro banheiros coletivos, sendo dois femininos e dois masculinos. Cada banheiro feminino é possui quatro bacias sanitárias e três lavatórios e os banheiros masculinos duas bacias sanitárias, um mictório de calha e três lavatórios, conforme ilustra a figura abaixo:

Figura 14 - Layout dos banheiros do bloco de salas de aula.

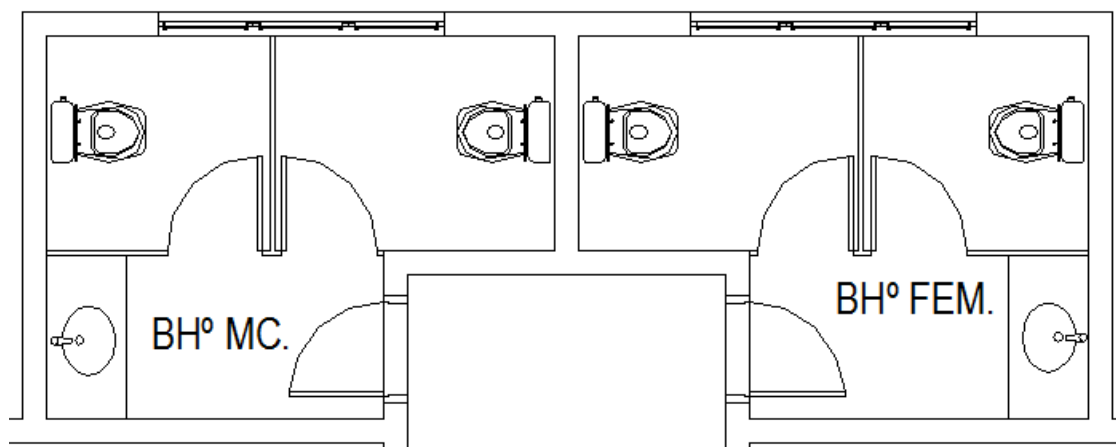


Fonte: Arquivo pessoal.

Por sua vez, o bloco de coordenação possui dois banheiros coletivos, onde cada um é composto por duas bacias sanitárias e um lavatório (Figura 15). Já o recreio possui uma área de 597,85m² e conta com dois banheiros coletivos, no qual o feminino possui quatro bacias

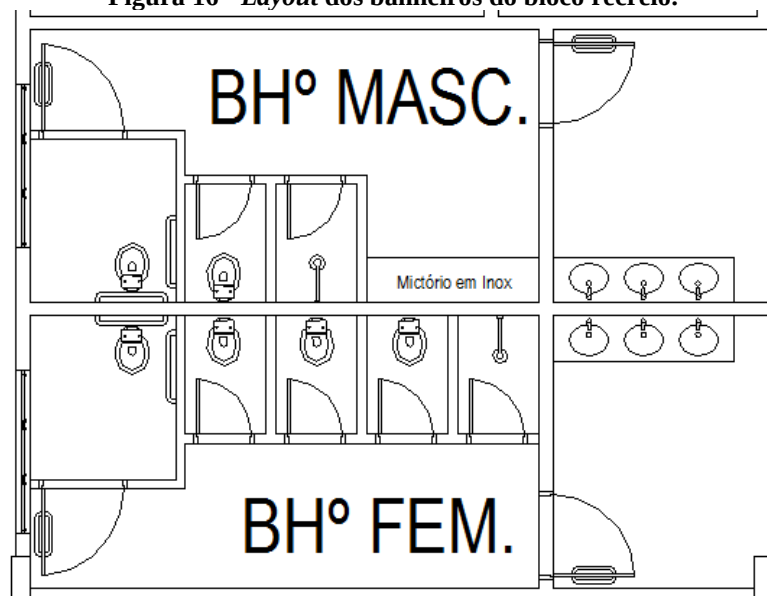
sanitárias, um chuveiro e três lavatórios e o masculino, duas bacias sanitárias, um chuveiro, um mictório de calha e três lavatórios (Figura 16).

Figura 15 - Layout do banheiro do bloco de coordenação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 16 - Layout dos banheiros do bloco recreio.



Fonte: Arquivo pessoal.

4 METODOLOGIA

O processo metodológico foi realizado seguindo as seguintes etapas:

- a) Levantamento e tratamento estatístico dos dados pluviométricos da série histórica do município para a determinação dos índices pluviométricos do município;
- b) Determinação do volume de chuva passível de ser coletado a partir do cálculo da área de captação da edificação e do índice pluviométrico obtido pelo tratamento estatístico;
- c) Estimativa da demanda de água não potável da edificação para o dimensionamento e readequação dos elementos dos sistemas prediais de água fria e drenagem pluvial de acordo com as normas da ABNT vigentes;
- d) Dimensionamento do volume de armazenamento e análise do balanço hídrico do sistema para determinação da sua viabilidade técnica;
- e) Composição do orçamento de implantação do projeto, com base nos custos unitários dos materiais e serviços e na taxa de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) calculada, e levantamento dos custos de operação e benefícios da utilização do sistema de aproveitamento;
- f) Aplicação dos valores de custos e benefícios no VLP e determinação da viabilidade do sistema.

4.1 TRATAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A série histórica levantada foi de janeiro de 1972 a setembro de 2015. Os dados foram coletados da Estação Pluviométrica da ANA, código nº 394000, operada pelo INMET, no período de janeiro de 1972 a julho de 1996 e de fevereiro de 1999 a junho de 2014. As leituras ausentes na série histórica da Estação Pluviométrica operada pelo INMET foram complementadas pelos dados da Estação Evapoclimatológica de Tucuruí da Eletrobrás/Eletronorte.

Em seguida seguiu-se à sistematização das informações, passando-as da escala diária para a mensal, e ao tratamento estatístico que determinou as precipitações mensais mínima, média e máxima, utilizando as suas respectivas funções do programa *Microsoft Office® Excel*, e as probabilidades de cinco a noventa e cinco por cento através da função percentil do mesmo programa.

4.2 CÁLCULO DO VOLUME APROVEITÁVEL DE CHUVA

Para determinar a quantidade aproveitável de chuva, necessita-se da área de captação da edificação e do índice pluviométrico local. Para determinar a área de captação, utilizou-se as dimensões das coberturas das edificações, e suas respectivas inclinações, apresentadas no projeto arquitetônico fornecido pela prefeitura municipal. Por se tratar de uma cobertura com superfície inclinada, estes valores foram inseridos, segundo a indicação da ABNT apresentada na Figura 11, na equação apresentada a seguir:

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b \quad (17)$$

Onde a é a largura da água do telhado, h é a altura e b é o comprimento, todos em metros (m).

O volume aproveitável de chuva foi estimado aplicando, na Equação 04, o coeficiente de *Runoff* de 0,80, que foi o indicado por Tomaz (2003) para coberturas com telhas cerâmicas, a área de captação calculada, o fator de captação de 0,8, que retrata a eficiência do sistema e que na ausência de informações é o valor sugerido por Tomaz (2003); e os índices pluviométricos mensais da probabilidade de 75%, que segundo Vyas (2009, *apud* Yoshino, 2012) possui um caráter tolerável.

4.3 DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA E DRENAGEM PREDIAL

4.3.1 Estimativa do Consumo Não Potável

Neste estudo de caso, a demanda não potável da edificação está representada pela descarga em mictórios e bacias sanitárias. A impossibilidade de acesso aos dados referentes à

demanda total de água tratada e a dificuldade de levantamento dos hábitos dos usuários para sua caracterização impediram a determinação do consumo não potável exato para a situação. Portanto, este será apenas estimado.

A estimativa foi calculada, a partir das taxas mínimas de frequência de uso diário e de volume (apresentadas na Tabela 9, página 40) e da quantidade de usuários da edificação, e comparada com a demanda total da edificação calculada de acordo com a taxa de consumo *per capita* de escolas apresentada por Creder (2011).

4.3.2 Readequação das Instalações Prediais de Água fria e de Drenagem Predial

Inicialmente foi definida a localização do reservatório de armazenamento para a concepção das instalações de drenagem e a alimentação de cada bloco. Um cuidado especial foi tomado na concepção e rearranjo das instalações de drenagem para evitar a conexão cruzada entre as águas provenientes dos telhados e das canaletas de piso existentes.

Nas instalações de água fria, os banheiros coletivos dos blocos de salas de aula e recreio já contam com o abastecimento isolado das bacias sanitárias por se tratarem de peças com válvula de descarga, no projeto a rede apenas foi readequada para a integração dos mictórios às instalações de água não potável. Para o bloco de coordenação, uma rede não potável teve que ser dimensionada, uma vez que todas as peças são abastecidas pela uma única alimentação de água potável.

Quando necessário, o dimensionamento das instalações de água fria foi realizado com base no método dos pesos, como sugere a NBR 5626/1998. O projeto final do sistema, com todas as suas readequações, é apresentado no APÊNDICE C deste trabalho.

4.4 DIMENSIONAMENTO DO VOLUME DE ARMAZENAMENTO

O reservatório foi dimensionado utilizando o Método Interativo desenvolvido por Annecchini (2005). A escolha por este justifica-se pela sua fácil aplicação, e por se tratar de um método matemático que apresenta volumes mais enxutos de reservação se comparado com o de Rippl, como apresentou Yoshino (2012). Esse método trata de uma simulação, onde é possível propor um volume de reservação e observar o comportamento do balanço hídrico do

sistema. Para esse método foi rearranjada a planilha criada pela autora resultando no formato apresentado na figura a seguir:

Figura 17 - Planilha de dimensionamento do reservatório pelo método Interativo.

MÉTODO INTERATIVO							
Área de captação - A (m ²)						Volume proposto (m ³)	
Coeficiente de Runoff - C							
Fator de captação (%)						Volume máximo (m ³)	
Meses	Precipitação mensal - P (mm)	Volume aproveitável - Q _t (m ³)	Volume captado (m ³)	Demanda mensal - D _t (m ³)	Balanço - S _t (m ³)	Demanda atendida (%)	Média de atendimento (%)
Janeiro							
Fevereiro							
Março							
Abril							
Mai							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							

Fonte: Anecchini, 2005.

Na planilha destaca-se a presença das variáveis volume máximo, captado e proposto. O volume máximo corresponde à maior quantia aproveitável de chuva para a situação e serve como um referencial para o volume de reservação proposto. O volume captado é um valor condicionado às outras duas variáveis, volume aproveitável de chuva e volume proposto pelo projetista, e é calculado com o uso da função SE do *Microsoft Excel*®, retrata o que acontece numa situação real, ou seja, se o volume aproveitável for menor que o proposto esse será o valor adotado, caso contrário adota-se o volume proposto para reservação.

Nesta análise adotou-se que toda a chuva aproveitável seria utilizada. Logo o volume de reservação adotado será o máximo disponibilizado pelo regime pluviométrico da região de acordo com as probabilidades de ocorrência de 75%.

4.5 LEVANTAMENTO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS

Os custos da implantação e operação do sistema de aproveitamento pluvial consistiram em investimentos com o material, mão-de-obra e fornecimento de energia elétrica para o bombeamento da água para os reservatórios superiores.

Já os benefícios consistiram, do ponto de vista econômico, na economia proporcionada com a redução do consumo de água tratada, considerando a existência da cobrança pelo serviço de abastecimento. Em relação ao aspecto socioambiental, pode-se citar: os incentivos financeiros dados à prefeitura devido à adoção de técnicas de desenvolvimento sustentável; a redução do volume de escoamento superficial, que amenizaria os diversos impactos ambientais consequentes como inundações, lixiviações e carreamento de lixo, por exemplo; o acesso a uma fonte alternativa de abastecimento, reduzindo assim a exploração dos recursos hídricos; a redução nos gastos públicos referentes à ampliação das redes de drenagem e de abastecimento e tratamento da água; entre outros.

O preço de implantação do sistema foi baseado em um orçamento elaborado a partir da composição dos custos unitários dos insumos necessários com base nos preços apresentados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) no mês de setembro de 2015, os consumos apresentados pela Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) e uma taxa de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) calculada.

A taxa de BDI foi definida pela equação a seguir, onde AC representa as despesas de rateio da administração central, R é a taxa de riscos, S representa os seguros, G é a taxa das garantias, DF são as despesas financeiras, L é o lucro e T são os tributos, todos em taxas decimais (BRASIL, 2013).

$$BDI = \frac{[(1 + AC + R + S + G)(1 + DF)(1 + L)]}{(1 - T)} - 1 \quad (18)$$

De acordo com as diretrizes do Tribunal de Contas da União (TCU) (BRASIL, 2013), foram considerados como tributos as alíquotas de: 5% para o Imposto Sobre Serviço de Qualquer Natureza (ISS), 0,65% para o Programa de Integração Social (PIS), e 3% de Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social (COFINS). As outras taxas utilizadas na equação foram os valores médios nacionais apresentados pelo TCU (BRASIL, 2013).

O custo de operação do sistema incluiu somente o gasto com energia elétrica e foi determinado, como apresenta a Equação 19, a partir da tarifa cobrada pela Centrais Elétricas

do Pará (CELPA), que é a companhia responsável pelo fornecimento de energia elétrica no estado, e das informações referentes à bomba instalada.

$$C_{\text{energia}} = P_{\text{bomba}} \cdot t \cdot N \cdot \text{taxa} \quad (19)$$

Onde C_{energia} é o gasto mensal com energia elétrica (R\$/mês); P_{bomba} é a potência da bomba em quilowatts (kW); t é o tempo de funcionamento diário da bomba, em horas, definido a partir da Vaz]ao de recalque da mesma; N é a quantidade de dias no mês no qual a bomba é utilizada, considerando o regime de funcionamento da edificação; e a taxa é a tarifa cobrada, em R\$/kWh, pelo serviço de fornecimento de energia elétrica.

O cálculo da economia proveniente da utilização da água pluvial foi realizado com base na porcentagem da demanda mensal que seria atendida pelo sistema e na taxa cobrada pelo abastecimento da edificação pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), como apresenta a equação abaixo:

$$C_{\text{npot}} = D_t \cdot \left(\frac{\%_{\text{atendida}}}{100} \right) \cdot \text{taxa} \quad (20)$$

Onde C_{npot} é valor economizado mensalmente com o serviço de abastecimento após a implantação do sistema (R\$/mês); D_t é a demanda diária da edificação (m³/dia); $\%_{\text{atendida}}$ é a porcentagem da demanda atendida pelo sistema e a taxa é a tarifa cobrada pela COSANPA.

4.6 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

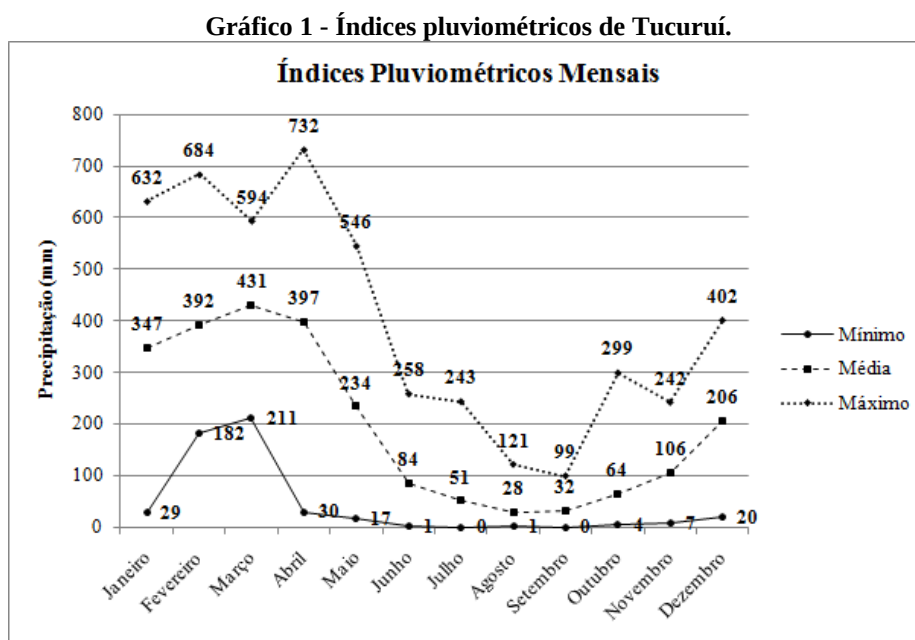
Para determinar a viabilidade econômica do empreendimento, foi utilizado m´etodo do VPL onde os valores de custos e benefícios foram aplicados na Equação 15 a uma taxa de atratividade de 7% ao ano (a.a.), por um período de 30 anos. Sendo que, as entradas correspondem à economia gerada e as saídas são representadas pelo preço de implantação da sistema e o gasto com fornecimento de energia elétrica.

A taxa de atratividade representa a remuneração de capital através da alíquota de juros de longo prazo do quarto trimestre de 2015 definida pelo Banco Central do Brasil (BRASIL, 2015)

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

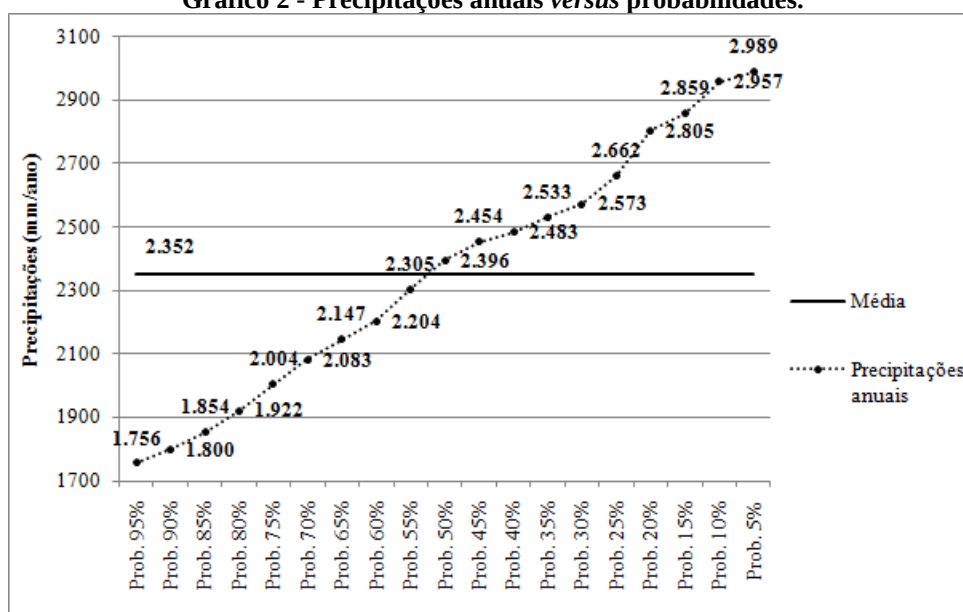
5.1 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Os dados referentes ao tratamento estatístico da série histórica são apresentados no APÊNDICE A. Neste observa-se que a precipitação anual média do município é aproximadamente 2352mm e que o período de estiagem se estende do mês de junho a novembro, sendo o mês de agosto o mais seco com uma precipitação média de apenas 28,49mm; e o período chuvoso se estende de dezembro a maio, com precipitações médias superiores a 200mm e com pico no mês de março, cuja média de chuva é de aproximadamente 431mm. Essas informações estão sintetizadas no gráfico abaixo que apresenta as precipitações mensais mínima, média e máxima mensais de Tucuruí de acordo com a série histórica levantada.



Fonte: ANA, 2015 (Elaboração própria).

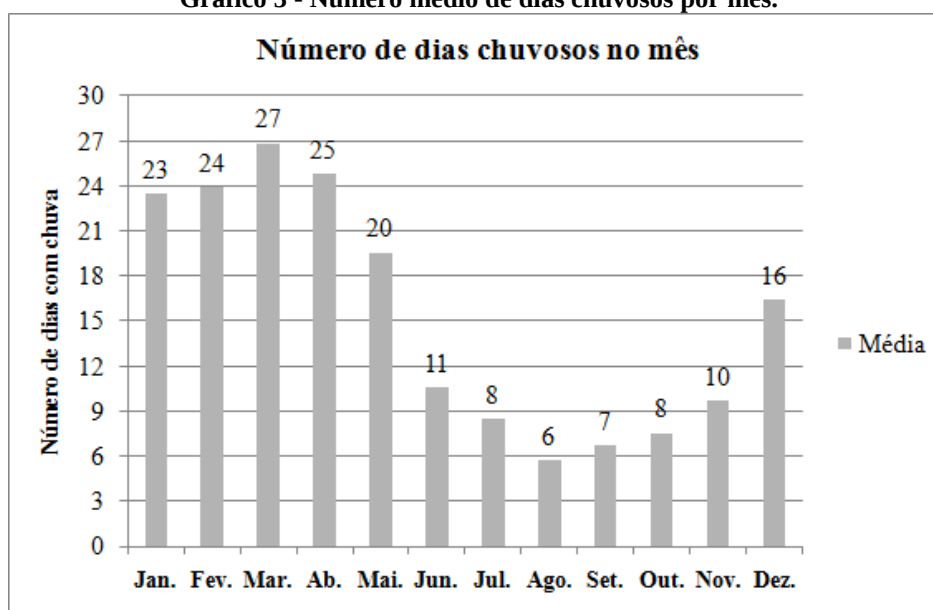
Nos dados apresentados no apêndice, observa-se ainda que a precipitação anual média é próxima aos valores do intervalo das probabilidades de 50 a 55%, como também se observa no gráfico abaixo. Se forem analisadas as precipitações mensais a proximidade está inserida nos intervalos entre as probabilidades de 45 a 55%. Esse fato evidencia que a possibilidade de falha de um sistema é grande, caso o seu dimensionamento seja baseado nas precipitações médias.

Gráfico 2 - Precipitações anuais *versus* probabilidades.

Fonte: ANA, 2015 (Elaboração própria).

Outros dados que puderam ser apurados a partir da série histórica levantada foi a quantidade de dias chuvosos de cada mês, cujas médias são apresentadas no Gráfico 3, onde também é visível a distribuição do regime de chuvas da região, com o período chuvoso ocorrendo de dezembro a maio e o de estiagem, indo de junho a novembro. A média anual é de 179 dias chuvosos.

Gráfico 3 - Número médio de dias chuvosos por mês.



Fonte: ANA, 2015 (Elaboração própria).

5.2 VOLUME APROVEITÁVEL DE CHUVA

No cálculo do volume aproveitável de chuva foi considerada como área de captação apenas as coberturas dos blocos de salas de aula e de coordenação. A opção por essas áreas de coleta é justificada pela existência de calhas e condutores verticais nesses blocos, ao contrário do que ocorre nos outros blocos, o que dispensaria a construção de um sistema de drenagem predial para estes dois blocos, reduzindo os gastos com a implantação do projeto.

Para a determinação da área de captação, inicialmente foram determinadas as alturas dos telhados a partir das dimensões e inclinações indicadas no projeto arquitetônico. As alturas obtidas foram aplicadas na Equação 17, juntamente com as outras dimensões do telhado apresentadas em projeto, e resultaram numa área de captação total de aproximadamente 1214m², sendo 917m² do bloco de salas de aula e 297m² do bloco de coordenação. A área de captação e as outras variáveis necessárias, aplicados na Equação 4, resultaram nos seguintes volumes aproveitáveis de chuva e taxas de captação:

Tabela 10 – Volumes aproveitáveis mensais e suas respectivas taxas de captação.

Meses	Precipitação - P (mm) (probabilidade de 75%)	Área de captação - A (m ²)	Coefficiente de escoamento - C	Eficiência do sistema - η	Volume aproveitável - Q _t (m ³)
Janeiro	251,30	1214	0,80	80%	195,25
Fevereiro	305,35				237,24
Março	355,03				275,84
Abril	293,53				228,06
Maio	157,54				122,40
Junho	41,38				32,15
Julho	20,85				16,20
Agosto	11,45				8,90
Setembro	9,23				7,17
Outubro	5,00				21,21
Novembro	53,60				41,65
Dezembro	147,50				114,60

Fonte: Elaboração própria.

5.3 DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

Para a estimativa da demanda não potável foram utilizadas as taxas mínimas de frequência e volume de descarga apresentadas na Tabela 9. O valor em si foi determinado utilizando a seguinte equação:

$$D_t = \frac{n_{\text{usuários}} \cdot f \cdot V_{\text{ut}}}{1000} \quad (21)$$

Onde D_t é a demanda diária em m^3/dia ; n é o número de usuários da edificação; f é a frequência de utilização, em descarga/dia; e V_{ut} é o volume de descarga por aparelho, em litros.

Considerando uma população de 924 usuários, o funcionamento da edificação por 22 dias por mês e as taxas mínimas apresentadas por Tomaz (2000, *apud* Anecchini, 2005) de frequência de utilização de 3 descarga/dia e de volume de descarga de 6L por aparelho, obteve-se uma demanda de água não potável diária de $16,63\text{m}^3$ e de $365,90\text{m}^3$ por mês.

Esse valor corresponde a 36% da demanda de água tratada da edificação, se consideramos um consumo diário de $46,2\text{m}^3$ e um mensal de $1016,4 \text{ m}^3$. Esses valores correspondem à taxa *per capita* de 50L para externatos proposta por Creder (2011) para a estimativa do consumo diário de escolas. Essa porcentagem ratifica os dados apresentados na revisão bibliográfica que afirmam que o consumo não potável de uma edificação pública pode variar de 35 a 50% da demanda total da mesma.

5.4 RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO

O processo de dimensionamento do volume de reservação é apresentado na Tabela 11 a seguir. Ressalta-se que para a situação, foram consideradas as precipitações mensais da probabilidade de 75%.

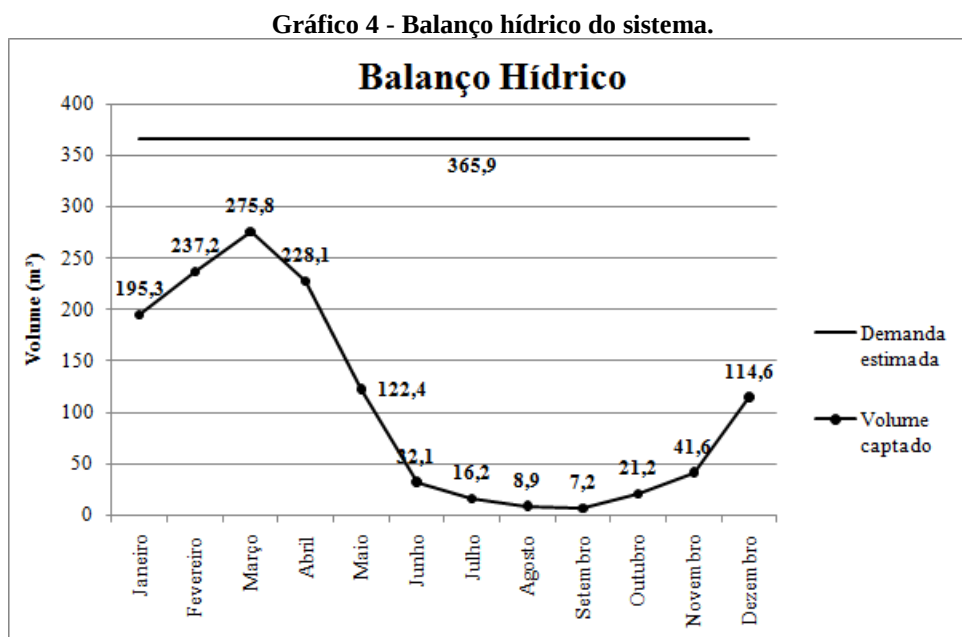
Tabela 11 - Dimensionamento do reservatório pelo Método Interativo.

MÉTODO INTERATIVO							
Área de captação - A (m²)		1214		Volume proposto (m³)		275,84	
Coeficiente de Runoff - C		0,8					
η fator de captação (%)		80%		Volume máximo (m³)		275,84	
Meses	Precipitação mensal - Prob. 75% (mm)	Volume aproveitável - Q _t (m³)	Volume captado (m³)	Demanda mensal - D _t (m³)	Balanço hídrico - S _t (m³)	Demanda atendida (%)	Média de atendimento (%)
Janeiro	251,30	195,25	195,25	365,90	-170,65	53,36%	29,62%
Fevereiro	305,35	237,24	237,24	365,90	-128,66	64,84%	
Março	355,03	275,84	275,84	365,90	-90,06	75,39%	
Abril	293,53	228,06	228,06	365,90	-137,85	62,33%	
Maiο	157,54	122,40	122,40	365,90	-243,50	33,45%	
Junho	41,38	32,15	32,15	365,90	-333,76	8,79%	
Julho	20,85	16,20	16,20	365,90	-349,70	4,43%	
Agosto	11,45	8,90	8,90	365,90	-357,01	2,43%	
Setembro	9,23	7,17	7,17	365,90	-358,74	1,96%	
Outubro	27,30	21,21	21,21	365,90	-344,69	5,80%	
Novembro	53,60	41,65	41,65	365,90	-324,26	11,38%	
Dezembro	147,50	114,60	114,60	365,90	-251,30	31,32%	

Fonte: Elaboração própria.

Aplicando os valores observou-se que o volume máximo de reservação obtido foi de 275,84m³, e que esta quantia é capaz de atender em média aproximadamente 30% da demanda anual, sendo a situação mais confortável no mês de março, com atendimento a 75,39% da demanda mensal e o mês de setembro o mais escasso, atendendo apenas a 1,96% da mesma. Considerando o aproveitamento de todo esse volume pela edificação, a implantação desse sistema permitirá a redução de até 1300,66m³/ano do volume precipitado que escoaria ao sistema de drenagem, reduzindo a possibilidade de alagamentos.

Observando o balanço hídrico, cujos dados estão apresentados na Tabela 11 e sintetizados no Gráfico 4 abaixo, conclui-se que o sistema, mesmo com a reservação máxima, é incapaz de suprir sozinho a demanda da edificação, já que o volume coletado de chuva é sempre inferior à demanda não potável estimada, ou seja, o balanço hídrico é negativo. Mas deve-se atentar à grande porcentagem da demanda que é atendida no período chuvoso, fato que reduz significamente o volume de escoamento superficial.



Fonte: Elaboração própria.

Como solução, foi adotada uma reservação de aproximadamente 17,0m³, dividida em um reservatório de alvenaria enterrado de 10,8 m³ e três elevados de fibra de vidro, sendo um de 5m³ no bloco de salas de aula, um de 1m³ no bloco de recreio e um de 0,5m³ no bloco de coordenação. Esse volume foi estipulado para o abastecimento da demanda diária estimada para a edificação, uma vez que não há excesso de chuva que possa ser armazenado para os meses de estiagem, conforme aponta o balanço hídrico do sistema.

Para garantir a implantação do sistema, mesmo comprovada a sua inviabilidade técnica, Yoshino propõe duas soluções: o aumento da área de captação e o abastecimento do sistema por uma fonte de água potável, como extração de poços ou ligação com a rede concessionária. Ressalta-se que a norma de aproveitamento pluvial exige uma fonte secundária de abastecimento para o caso de falha do sistema. Para a situação foi adotada o abastecimento pela própria rede concessionária, já que o aumento da área de captação

proporcionaria volumes de reservação maiores e que não poderiam ser armazenados, conforme apresenta o projeto do APÊNDICE C.

5.5 QUANTIFICAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS FINANCEIROS

O primeiro custo levantado foi o de implantação do sistema através do orçamento da obra, que foi composto a partir dos custos unitários de cada elemento e serviço necessário para a implantação do sistema. A figura a seguir apresenta o modelo que foi utilizado para a composição dos custos unitários dos elementos:

Figura 18 - Tabela modelo para composição de custos unitários.

CÓDIGO TCPO	SERVIÇO					
	INSUMOS	UNIDADE	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO DO MATERIAL (R\$)	CUSTO DA M.O. (R\$)
				R\$ -	R\$ -	R\$ -
				R\$ -	R\$ -	R\$ -
				R\$ -	R\$ -	R\$ -
				R\$ -	R\$ -	R\$ -
Total					R\$ -	R\$ -
TOTAL					R\$	-

Fonte: Arquivo pessoal.

No cálculo do BDI, utilizando a Equação 18, foram aplicadas as taxas de tributos apresentadas no item 4.5 e as alíquotas de 4% para administração central, 1,27% para os riscos, 0,8% para seguros e garantia, 1,23% de despesas financeiras e de 7,40% para o lucro e resultaram em uma taxa de 26,24%. O preço orçado para a implantação do sistema foi de R\$35.197,45. A planilha de orçamento, com todos os serviços e elementos utilizados, é apresentada no APÊNDICE B.

Nesta planilha também se pode observar que a construção do reservatório teve um preço final de R\$ 12.429,82, o que representou 35,31% do preço total da obra e comprovou que o reservatório foi o elemento mais oneroso do sistema, como apresentado na revisão bibliográfica.

O custo de operação do sistema foi representado pelo consumo de energia elétrica para o funcionamento do conjunto motor-bomba. Para determiná-lo foi calculada a potência e a vazão de recalque da bomba, estipulados os períodos de funcionamento diário e mensal da bomba, e pesquisada a tarifa de cobrança pelo serviço de fornecimento de energia elétrica.

A partir do sistema projetado foi determinada uma potência de 1CV para o recalque da água, o que equivale a 0,7355kW, cujo motor oferece uma vazão de recalque de 2,3m³/h. Adotando a demanda diária de 16,63m³, o período de funcionamento diário da bomba calculado foi de aproximadamente 8 horas. Foi estipulada, a partir do regime de funcionamento da edificação, a operação da bomba em 22 dias no mês.

Aplicando esses fatores e a tarifa vigente para o serviço de fornecimento de energia cobrada pela concessionária local (CELPA, 2015), que é de 0,5704R\$/kWh, na Equação 19 encontrou-se um custo mensal com energia elétrica de R\$73,84 e um anual de R\$886,05. Ressalta-se que o funcionamento da bomba ocorrerá mesmo no período de estiagem porque sempre haverá o recalque de água mesmo quando esta é fornecida pela concessionária, pois a ligação da fonte secundária de abastecimento é feita no reservatório inferior.

O cálculo da economia gerada utilizou a tarifa de R\$5,22/m³ (COSANPA, 2015), a porcentagem de atendimento da demanda de cada mês e a demanda mensal estimada de 366m³, e resultou em um economia anual de R\$6.787,56, conforme mostram os valores apresentados na Tabela 12 a seguir.

Tabela 12 - Cálculo da economia com o serviço de água tratada.

Meses	Demanda - D (m ³)	Atendimento (%)	Tarifa	C _{npot} (R\$)	TOTAL
Janeiro	365,90	53,36%	R\$ 5,22	R\$ 1.019,21	R\$ 6.789,45
Fevereiro	365,90	64,84%		R\$ 1.238,42	
Março	365,90	75,39%		R\$ 1.439,89	
Abril	365,90	62,33%		R\$ 1.190,46	
Maio	365,90	33,45%		R\$ 638,93	
Junho	365,90	8,79%		R\$ 167,81	
Julho	365,90	4,43%		R\$ 84,56	
Agosto	365,90	2,43%		R\$ 46,44	
Setembro	365,90	1,96%		R\$ 37,41	
Outubro	365,90	5,80%		R\$ 110,72	
Novembro	365,90	11,38%		R\$ 217,39	
Dezembro	365,90	31,32%		R\$ 598,22	

Fonte: Elaboração própria.

5.6 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

No fluxo de caixa para a análise da viabilidade econômica, os custos da implantação e operação do sistema foram considerados como saídas e o valor economizado com o serviço de abastecimento, como entrada. Esses valores foram aplicados na Equação 15, a uma taxa de 7,00% a.a., e resultaram em um VPL de R\$ 38.058,09 ao final da vida útil do projeto, confirmando assim a sua viabilidade econômica, conforme apresentam os dados da tabela a seguir. Nela também se observa o *payback* do investimento, que é o período a partir do qual o VPL se apresentou positivo, que foi de 8 anos.

Tabela 13 - Fluxo de caixa e VPL acumulado.

Ano	Entradas	Saídas	Saldo	VPL	VPL acumulado
0	R\$ -	R\$ 35.197,45	-R\$ 35.197,45	-R\$ 35.197,45	-R\$ 35.197,45
1	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 5.517,20	-R\$ 29.680,25
2	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 5.156,26	-R\$ 24.523,99
3	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 4.818,93	-R\$ 19.705,06
4	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 4.503,68	-R\$ 15.201,39
5	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 4.209,04	-R\$ 10.992,34
6	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 3.933,68	-R\$ 7.058,66
7	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 3.676,34	-R\$ 3.382,32
8	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 3.435,83	R\$ 53,52
9	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 3.211,06	R\$ 3.264,57
10	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 3.000,99	R\$ 6.265,56
11	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 2.804,66	R\$ 9.070,23
12	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 2.621,18	R\$ 11.691,41
13	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 2.449,70	R\$ 14.141,11
14	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 2.289,44	R\$ 16.430,55
15	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 2.139,66	R\$ 18.570,21
16	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.999,69	R\$ 20.569,90
17	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.868,87	R\$ 22.438,76
18	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.746,60	R\$ 24.185,37
19	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.632,34	R\$ 25.817,71
20	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.525,55	R\$ 27.343,26

Ano	Entradas	Saídas	Saldo	VPL	VPL acumulado
21	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.425,75	R\$ 28.769,01
22	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.332,48	R\$ 30.101,48
23	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.245,30	R\$ 31.346,79
24	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.163,84	R\$ 32.510,62
25	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.087,70	R\$ 33.598,32
26	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 1.016,54	R\$ 34.614,86
27	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 950,04	R\$ 35.564,89
28	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 887,88	R\$ 36.452,78
29	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 829,80	R\$ 37.282,58
30	R\$ 6.789,45	R\$ 886,05	R\$ 5.903,40	R\$ 775,51	R\$ 38.058,09

Fonte: Elaboração própria.

Apesar do empreendimento não possuir um retorno financeiro atrativo, a implantação do sistema é justificada pela sua importância socioambiental. Atuando como uma ferramenta de promoção da sustentabilidade hídrica, através da conservação da água, a técnica de aproveitamento pluvial valoriza a água além das variáveis econômicas e busca amenizar os efeitos da escassez que vêm sendo observados e sentidos em várias regiões do mundo. Além disso, a implantação desse sistema possibilita a certificação ambiental da edificação, que pode trazer incentivos fiscais que podem ser utilizados em prol do município, e valorizam a gestão pública ao criar uma imagem de cidade sustentável.

Um benefício direto da implantação do sistema seria a redução da carga de drenagem da área, seja por escoamento ou infiltração no solo, que amenizaria os problemas com alagamentos de pistas de tráfego que são constantes no período chuvoso da cidade e os gastos municipais com a manutenção e ampliação da rede de drenagem. A diminuição do consumo de água tratada proporcionada pela implantação do empreendimento, reduziria os gastos com tratamento de água e ampliação da rede de abastecimento. Avaliando a parte de educação ambiental, o sistema pode atuar como uma ferramenta de conscientização ambiental da sociedade, tão necessária ao desenvolvimento sustentável que se almeja.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água tem uma importância primordial por ser um elemento essencial à manutenção da vida humana e ao desenvolvimento das cidades. O crescimento populacional e a modernização das cidades associado ao desperdício resultante da crença na abundância de tais recursos, promoveram a escassez hídrica tanto em âmbito nacional quanto internacional. Foi esse cenário que fomentou o estudo de fontes alternativas de suprimento de água, e nessa área o aproveitamento pluvial ganhou destaque por ser uma técnica mais simples e de menor custo.

Os benefícios ambientais explanados por trabalhos prévios acerca do aproveitamento pluvial e a crença de este poderia ser um produto com retorno financeiro atrativo, motivaram o desenvolvimento deste trabalho, onde foi concebido um sistema de aproveitamento pluvial para o abastecimento dos usos não potáveis da E.M.E.F. Manoel Carlos Silva e analisada a viabilidade de sua implantação. Foi escolhida uma edificação de grande porte, como essa, devido à grande área de captação da edificação que poderia proporcionar a coleta de grandes volumes de chuva.

Este foi um dos primeiros resultados da pesquisa, os elevados índices pluviométricos do município, que foram comprovados com o tratamento da série histórica, associados à área de captação da edificação (1214m²) são capazes de proporcionar um grande volume aproveitável de chuva, cerca de 1300,6m³ anuais, com a taxa de captação chegando ao extremo de 227,22L/m² no mês de março.

Da série histórica pluviométrica do município, que está sintetizada no APÊNDICE A, é notável o regime de chuvas da região: com o período chuvoso se estendendo de dezembro a maio, com pico em março; e o período de estiagem entre junho e novembro, sendo os meses mais escassos agosto e setembro. Essa distribuição da pluviometria local facilita o processo de gestão de água, no que diz respeito ao armazenamento de águas do período chuvoso para o período de seca.

Apesar do grande volume de chuva coletado, o sistema apresentou um balanço hídrico negativo, não sendo capaz de suprir completamente a demanda da edificação mesmo no período chuvoso. Isso ocorreu devido à grande população da edificação, o que gerou uma demanda estimada muito alta, cerca de 16,63m³/dia. Porém, a chuva aproveitável representa

uma significativa redução no volume de escoamento superficial que sobrecarregam a rede da cidade na época de chuvas.

A opção pela concepção de um sistema a partir da adequação das redes de drenagem e água fria existentes para o aproveitamento pluvial e pela adoção de uma reservação diária, foram necessárias por se tratar de uma edificação já construída que não dispunha do espaço necessário para a construção de um reservatório que armazenasse um volume mensal de chuva. Este fato reduziu consideravelmente o custo do empreendimento permitindo o retorno do investimento em menos de uma década.

A utilização em grande escala de sistemas de aproveitamento de água no município, como o apresentado, resultaria na redução do volume de escoamento que traria muitos benefícios como a diminuição dos investimentos com a ampliação da rede de drenagem e com o reparo das vias públicas prejudicadas com os alagamentos, a prevenção de enchentes ao eliminar a etapa de carreamento do lixo e obstrução dos canais de drenagem, que são os principais agentes causadores de enchentes, a redução dos gastos públicos com o tratamento e fornecimento de água, entre outros.

Logo, sugere-se a implantação de técnicas de conservação de água nas edificações públicas existentes e a elaboração de projetos civis que já incluam essas técnicas, pois estas apresentam diversos benefícios como os citados acima. A inclusão de sistemas de aproveitamento pluviais já durante o processo construtivo pode reduzir o investimento necessário, pela ausência do retrabalho como foi necessário para a implantação do modelo apresentado, e tornar a ideia mais economicamente atrativa.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para expansão dessa temática propõe-se o desenvolvimento dos seguintes trabalhos:

- a) Concepção e análise da viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento pluvial no município para edificações com pequena área de captação, como casas populares, por exemplo;
- b) Desenvolvimento de um sistema de aproveitamento pluvial com um tratamento profundo que permita o consumo potável na edificação e análise da viabilidade de sua implantação;
- c) Análise da influência da implantação de sistemas de aproveitamento pluvial nas edificações públicas municipais sobre os sistemas de drenagem, através da determinação do volume de escoamento capaz de ser retido por unidade de área de coleta de chuva;
- d) Desenvolver um modelo de sistema de aproveitamento pluvial que possa ser implantado nas edificações públicas da cidade, incluindo a adoção de peças mais econômicas, como as válvulas de descarga controlada;
- e) Refazer esse estudo de caso utilizando outras ferramentas como, por exemplo, a determinação da demanda por levantamento dos hábitos dos usuários, análise da viabilidade por meio da relação custo-benefício, medição da demanda da edificação, entre outras variáveis;
- f) Analisar a viabilidade de implantação de um novo sistema de aproveitamento de águas pluviais para o objeto de estudo, incluindo a captação de chuva por todas as coberturas e pelo piso da edificação, e o tratamento adequado para destinação a outros usos.
- g) No caso de implantação do sistema, analisar a sua eficácia, a qualidade da água e propor as melhorias necessárias.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2005. 134 f. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>>. Acesso em: 25. set. 2015 às 14:36.

_____. **Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb: séries históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 19. ago. 2015 às 16:49.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) *et al.* **Conservação e Uso da Água em Edificações**. Prol Editora Gráfica: São Paulo, 2005.

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626: Instalações prediais de água fria**. Rio de Janeiro, 1998. 41p.

_____. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1989. 13p.

_____. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. 8p. ISBN 978-85-07-00668-8

BANCO DO BRASIL. **Rentabilidade da Poupança**. Disponível em: <http://www37.bb.com.br/portallbb/rendimentosPoupanca/CPR1_lista.bbx?cid=22089>. Acesso em: 26. nov. 2015.

BOTTEON, Claudia. **Curso de Avaliação Socioeconômica de Projetos**. Indicadores de Rentabilidade. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/0/35920/indicadores-portugues.pdf>>. Acesso em: 27. out. 2015.

BRASIL, (BANCO CENTRAL DO BRASIL). **Resolução nº 4.4437**, de 24 de setembro de 2015. Define a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) para o quarto trimestre de 2015. Diário Oficial da União – DOU, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 set. 2015. Seção 1, p. 21. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/50082/Res_4437_v1_O.pdf>. Acesso em: 26. nov. 2015.

BRASIL, (MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS). **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 28. mai. 2015.

BRASIL, (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO - TCU). **Acórdão N. 2.622/2013**. Tribunal de Contas da União – TCU, Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A151356F96015168D1246574D9>>. Acesso em 09. dez. 2015 às 22:40.

CENTRAIS ELÉTRICAS DO PARÁ – CELPA. **Tarifas em vigor a partir de 07/08/2015:** Modalidade tarifária convencional (GB). Disponível em: <<http://www.celpe.com.br/display/74984754-8272-4a51-a799-1c68ac281e54>>. Acesso em: 26. nov. 2015.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ – CONSANPA. **Tarifas**. Disponível em: <<http://www.cosanpa.pa.gov.br/index.php/acesso-a-informacao/2015-11-12-19-13-40/2013-06-20-08-52-12>>. Acesso em: 20. nov. 2015 às 13:45.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CBCS *et al.* **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**. São Paulo, SP: [s.n.], 2014. 110p. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Políticas%20Publicas.pdf>. Acesso em: 04. fev. 2015 às 11.52.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6 ed. [Reimpr.]. – Rio de Janeiro: LTC, 2011. il. ISBN 978-85-216-1489-0.

DREHER, Vanêssa Letícia Pereira. **Possíveis soluções para o uso racional da água na edificação da Câmara Municipal de Porto Alegre**. 2008. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FONSECA, Yonara Daltro da. **Técnicas de avaliação de investimentos**: uma breve revisão da literatura. Disponível em: <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/artigos/a0303_CAR_AvalInvest.pdf>. Acesso em: 05. ago. 2015 às 12:08:56.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

HAFNER, Ana Vreni. **Conservação e Reuso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007. 161 f.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8&uf=00>>. Acesso em: 26. set. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Instrumentos Meteorológicos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/sobre_meteorologia/instrumentos/#>. Acesso em: 26. set. 2015 às 11:05.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA. **Apostila de Manejo**. Disponível em: <https://www.inpa.gov.br/arquivos/Apostila_Manejo.pdf>. Acesso em: 24. set. 2015.

LAMBERTS, Roberto. *et al.* (Ed.). **Casa eficiente**: uso racional da água. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. v 3. 72 p. ISBN: 978-85-7426-100-3.

MARTINS, Jana Lodi; MEMELLI, Marina Santos. **Balanço hídrico e indicadores de consumo de água potável em uma edificação dotada de sistema de reuso de águas cinza**.

Projeto de Graduação (Título de Engenheiro Ambiental). Vitória, ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2011. 89 f.

MESQUITA, Marcelo. **Análise de Viabilidade de Empreendimentos**: Resumo Sobre Métodos de Análise e Investimentos. MBA em Gerenciamento de Obras. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Viabilidade/Resumo%20de%20A.I..pdf>>. Acesso em: 15. out. 2015.

OLIVEIRA, Nancy Nunes de. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos**. 2008. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

PROENÇA, Lúcio Costa. **Usos finais de água potável em edifícios de escritórios localizados em Florianópolis**. 2007. 67f. Relatório de Iniciação Científica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

RODRIGUES, Kênia Fernandes de Castro; ROZENFELD, Henrique. **Análise de Viabilidade Econômica**. Disponível em: <<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/Analise-de-Viabilidade-Economica>>. Acesso em: 26. out. 2015.

SANTOS, Ieda Maria Antunes dos. **Análise de Investimentos**. Projeto Supervisionado - São Paulo, Unicamp, 2009. Disponível em: <http://vigo.ime.unicamp.br/Projeto/2009-2/MS777/ms777_ieda.pdf>. Acesso em: 16. out. 2015.

SILVA, Antônio Marciano da; MELLO, Carlos Rogério de. **Hidrologia**. Disponível em: <http://www.deg.ufla.br/site/_adm/upload/file/Hidrologia%20I/Introducao_HIDROLOGIA_2.pdf>.

SILVEIRA, Micheli. **Agência Eletronorte de Notícias**. Programa De Inserção Regional Entrega Escolas Em Tucuruí. 15 ago. 2013. Disponível em: <<http://agencia.eletronorte.gov.br/site/2013/08/15/programa-de-insercao-regional-entrega-escolas-em-tucuruui/>>. Acesso em: 24. out. 2015.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAPI. **Preços de insumos.** Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-pa/SINAPI_Preco_Ref_Insumos_PA_092015_NaoDesonerado_Retificado.pdf>. Acesso em: 22. out. 2015 às 11:35:22.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água da chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Navegar editora, 2003. 184p. ISBN 978-85-8767-826-4.

TORRES, Oswaldo Fadigas Fontes. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos.** Thomson, 2006. 160p. ISBN 978-85-2210-522-9.

UN-WATER KEY WATER INDICATOR PORTAL - KWIP. **Water Information for Brasil.** Disponível em: <<http://www.unwater.org/kwip>>. Acesso em: 02. ago. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAGOAS – UFAL; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC. **Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos: recursos hídricos e desenvolvimento.** [Modalidade à distância]. Disponível em: <http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/03.PHidrologiaAmb-GRH-220909.pdf>. Acesso em: 24. set. 2015.

UNIVERSIDADE SÃO PAULO - USP. **Considerações para o aproveitamento de águas pluviais – PURA – USP.** Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2011.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - WBCSD. **Facts and Trends.** ISBN 2-940240-70-1. Disponível em: <http://www.unwater.org/downloads/Water_facts_and_trends.pdf>. Acesso em: 02. ago. 2015 às 17:40.

YOSHINO, Gabriel Hiromite. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária Professor José da Silveira Netto – Belém/PA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. 123f.

APÊNDICE A – SÉRIE HISTÓRICA DE PLUVIOMETRIA DE TUCURUÍ

PRECIPITAÇÕES MENSAIS (mm) DE TUCURUÍ – PA													
Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1972	262,30	287,60	356,70	310,40	137,20	122,40	48,60	33,20	13,80	44,10	186,40	213,20	2015,90
1973	306,80	347,30	499,20	558,00	282,00	137,90	243,30	41,70	61,30	74,20	90,50	241,20	2883,40
1974	451,50	470,10	584,40	436,00	347,10	98,30	16,10	-	43,20	28,80	63,50	262,40	2801,40
1975	301,10	474,50	513,10	475,70	271,60	152,00	40,70	29,70	13,40	21,20	169,70	158,70	2621,40
1976	334,50	389,40	350,00	433,40	69,00	66,50	36,30	22,00	3,30	25,80	-	216,50	1946,70
1977	537,80	611,40	525,50	586,00	313,00	73,00	37,10	3,20	29,00	95,60	16,90	-	2828,50
1978	428,20	260,70	408,10	555,10	357,70	100,00	116,30	10,00	15,90	51,40	-	109,90	2413,30
1979	339,10	284,80	419,30	168,70	184,40	78,90	2,70	101,70	77,80	78,90	128,80	194,90	2060,00
1980	382,60	520,40	336,40	290,00	144,90	20,40	12,40	7,90	6,40	43,60	193,70	147,40	2106,10
1981	255,10	342,30	338,50	198,80	127,40	37,10	58,50	12,90	2,60	50,80	187,00	147,80	1758,80
1982	489,40	684,00	487,40	280,30	225,60	17,30	55,60	32,20	60,10	73,10	68,10	166,00	2639,10
1983	193,40	357,60	361,40	192,30	201,80	43,90	25,50	21,00	16,70	15,30	18,10	246,00	1693,00
1984	303,10	650,20	417,20	668,00	273,20	48,50	39,10	50,60	63,80	144,20	100,10	230,80	2988,80
1985	469,50	538,70	424,00	340,50	311,50	65,10	23,00	38,30	11,10	91,70	116,40	379,50	2809,30
1986	401,00	381,80	540,90	554,20	173,10	193,10	21,00	38,10	28,90	299,30	168,30	265,40	3065,10
1987	148,50	393,30	594,20	354,80	174,90	140,50	3,40	21,40	30,60	12,00	42,50	169,50	2085,60
1988	472,50	259,90	525,90	535,30	235,60	258,30	72,30	44,60	11,10	59,60	148,50	294,80	2918,40

(Continuação)

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1989	214,40	334,70	398,00	512,50	340,00	130,00	42,40	28,00	34,90	112,40	121,70	247,70	2516,70
1990	179,00	226,60	211,10	328,70	130,00	49,40	123,30	19,90	40,00	78,70	114,60	320,80	1822,10
1991	354,30	336,20	368,00	234,40	245,80	69,10	19,40	18,60	38,20	66,90	13,30	120,00	1884,20
1992	239,90	316,20	449,30	283,00	130,10	30,60	36,40	29,70	24,60	5,00	80,30	215,60	1840,70
1993	430,80	374,20	307,20	443,40	122,70	22,90	0,20	25,10	51,30	48,10	229,60	241,00	2296,50
1994	231,10	503,60	466,00	273,40	426,40	150,40	52,60	84,50	55,70	51,90	32,50	145,60	2473,70
1995	221,00	401,60	345,00	122,60	291,80	33,00	39,10	1,40	8,60	82,20	242,10	181,70	1970,10
1996	337,30	569,10	313,40	422,30	284,00	5,60	20,40	22,80	36,80	59,60	122,50	247,70	2441,50
1997	528,20	209,50	399,60	432,60	133,80	0,60	47,40	1,22	5,44	3,92	6,56	21,82	1790,66
1998	548,20	182,40	498,40	29,66	17,42	1,60	5,58	0,78	3,10	7,82	15,54	19,91	1330,41
1999	29,06	307,10	556,00	551,50	545,50	76,00	26,60	7,20	57,90	80,80	90,80	401,60	2730,06
2000	347,70	580,90	499,50	355,20	229,90	88,40	90,20	22,70	99,00	42,90	30,90	180,20	2567,50
2001	632,20	265,10	572,90	633,00	272,10	149,50	60,40	3,10	57,80	77,10	130,90	262,90	3117,00
2002	334,40	252,80	329,60	364,10	194,30	137,20	68,40	28,60	61,40	7,90	125,30	295,40	2199,40
2003	190,90	663,40	526,60	396,00	195,90	87,90	14,50	78,80	43,10	18,60	169,20	100,30	2485,20
2004	302,20	321,30	395,50	294,70	118,10	92,90	65,60	27,90	55,10	9,40	74,20	112,50	1869,40
2005	237,40	458,70	402,10	338,80	325,20	29,20	59,40	36,80	9,30	73,00	119,30	289,10	2378,30
2006	323,90	411,40	571,30	732,30	338,10	121,00	33,10	29,60	69,50	29,10	220,00	110,30	2989,60
2007	127,70	553,90	408,90	351,10	175,80	60,10	119,10	14,10	2,20	43,70	50,80	237,20	2144,60

(Continuação)

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2008	342,90	306,60	574,70	356,20	247,30	86,80	18,70	121,40	28,70	94,80	97,90	283,70	2559,70
2009	354,70	301,60	590,90	709,00	393,40	172,40	44,40	27,40	4,30	21,80	26,80	327,50	2974,20
2010	468,50	344,80	232,90	392,10	236,10	31,00	16,80	9,50	5,50	99,30	141,30	244,40	2222,20
2011	444,70	289,30	318,40	497,20	375,00	116,60	77,70	20,50	43,50	128,20	122,30	26,60	2460,00
2012	427,10	343,90	499,00	219,10	58,10	62,60	96,70	0,50	0,40	106,00	53,60	321,50	2188,50
2013	442,80	403,70	297,20	375,50	204,00	113,20	110,40	28,10	31,40	100,80	145,10	69,90	2322,10
2014	448,70	433,20	371,20	546,20	260,20	81,90	35,60	22,21	24,90	78,00	62,85	168,60	2533,56
2015	467,60	308,88	366,70	339,35	161,75	42,80	53,50	6,00	9,00	-	-	-	1755,58
Probabilidades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mínimo	29,06	182,40	211,10	29,66	17,42	0,60	0,20	0,50	0,40	3,92	6,56	19,91	1330,41
Média	347,34	392,15	430,72	397,08	233,70	84,00	50,68	28,49	31,61	63,66	105,82	205,66	2352,23
Máximo	632,20	684,00	594,20	732,30	545,50	258,30	243,30	121,40	99,00	299,30	242,10	401,60	3117,00
Prob. 95%	153,08	230,53	298,70	172,24	76,37	7,36	3,73	1,24	2,68	7,83	15,54	28,77	1756,06
Prob. 90%	191,65	260,14	314,90	204,89	124,11	21,15	13,03	3,12	3,60	9,92	18,10	101,26	1800,09
Prob. 85%	217,37	273,97	332,66	251,95	130,05	29,83	16,42	6,36	5,47	16,29	30,90	110,63	1853,62
Prob. 80%	234,88	288,62	342,40	281,92	135,84	32,20	19,12	8,54	7,72	21,44	42,50	125,12	1921,70
Prob. 75%	251,30	305,35	355,03	293,53	157,54	41,38	20,85	11,45	9,23	27,30	53,60	147,50	2004,45
Prob. 70%	297,22	308,70	366,17	326,87	174,72	48,04	25,25	16,80	11,10	37,38	63,50	160,89	2083,04

(Conclusão)

Probabilidades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Prob. 65%	303,29	321,97	372,42	339,41	184,90	60,23	33,23	20,32	13,91	43,67	74,20	168,92	2146,80
Prob. 60%	326,00	337,42	398,32	351,84	197,08	65,38	36,32	21,32	18,28	47,30	90,50	180,80	2203,96
Prob. 55%	335,48	344,22	404,20	355,55	211,56	70,47	37,80	22,19	26,23	51,34	97,90	203,14	2305,46
Prob. 50%	341,00	352,45	413,05	369,80	232,75	77,45	39,90	22,80	28,95	59,60	114,60	216,05	2395,80
Prob. 45%	351,99	379,14	422,36	394,64	242,41	85,09	43,70	27,45	31,12	67,51	119,30	234,32	2453,53
Prob. 40%	377,02	392,52	462,66	430,54	257,62	88,30	48,36	28,02	36,42	73,32	122,30	241,12	2482,90
Prob. 35%	425,80	403,60	497,85	435,87	272,08	98,03	53,46	28,90	39,91	77,37	125,30	245,44	2532,72
Prob. 30%	432,00	435,75	499,23	477,85	282,20	113,54	58,59	29,70	43,23	78,78	130,90	247,70	2572,89
Prob. 25%	445,70	471,20	516,20	518,20	296,73	121,35	61,70	32,70	52,25	81,50	145,10	262,78	2661,84
Prob. 20%	457,94	510,32	526,18	548,32	317,88	132,88	69,96	37,58	56,54	93,56	168,30	280,04	2804,56
Prob. 15%	469,05	547,06	549,21	554,70	339,15	139,33	84,58	40,68	59,11	98,19	169,70	293,95	2858,70
Prob. 10%	484,33	577,36	572,42	577,60	354,52	150,13	106,29	49,40	61,37	104,96	187,00	318,26	2957,46
Prob. 5%	536,36	644,38	582,95	662,75	390,64	169,34	118,68	83,93	68,65	126,62	220,00	327,20	2989,48

APÊNDICE B – ORÇAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

OBRA: SISTEMA DE APROVEITAMENTO PLUVIAL PARA A E.M.E.F. MANOEL CARLOS SILVA DE TUCURUÍ-PA

DATA: DEZEMBRO/2015

MÊS REFERÊNCIA DO SINAPI: SETEMBRO/2015

BDI: 26,24%

PLANILHA DE PREÇOS

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	READEQUAÇÃO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				
1.1	Adaptador soldável curto com bolsa-rosca para registro - 20mm - 1/2"	un.	4,00	R\$ 10,69	R\$ 42,75
1.2	Adaptador soldável curto com bolsa-rosca para registro - 25mm - 3/4	un.	7,00	R\$ 10,76	R\$ 75,35
1.3	Adaptador soldável curto com bolsa-rosca para registro - 32mm - 1"	un.	10,00	R\$ 13,30	R\$ 132,96
1.4	Adaptador soldável curto com bolsa-rosca para registro - 60mm - 2"	un.	4,00	R\$ 28,97	R\$ 115,87
1.5	Adaptador soldável curto com flanges livres para caixa d'água - 25mm - 3/4"	un.	5,00	R\$ 18,22	R\$ 91,12
1.6	Adaptador soldável curto com flanges livres para caixa d'água - 32mm - 1"	un.	6,00	R\$ 22,93	R\$ 137,55
1.7	Adaptador soldável curto com flanges livres para caixa d'água - 50mm - 1 1/2"	un.	1,00	R\$ 37,52	R\$ 37,52
1.8	Adaptador soldável curto com flanges livres para caixa d'água - 60mm - 2"	un.	2,00	R\$ 49,51	R\$ 99,02

(Continuação)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNITÁRIO	TOTAL
1.9	Assentamento de azulejo	m²	6,72	R\$ 26,44	R\$ 177,65
1.10	Bucha de redução soldável longa - 60-25mm	un.	3,00	R\$ 10,84	R\$ 32,53
1.11	CAP soldável - 20mm	un.	1,00	R\$ 2,25	R\$ 2,25
1.12	CAP soldável - 25mm	un.	4,00	R\$ 2,41	R\$ 9,63
1.13	CAP soldável - 40mm	un.	2,00	R\$ 4,98	R\$ 9,97
1.14	CAP soldável - 60mm	un.	2,00	R\$ 10,17	R\$ 20,35
1.15	Conjunto motor-bomba 1CV	un.	1,00	R\$ 1.008,66	R\$ 1.008,66
1.16	Curva 90° soldável - 32mm	un.	4,00	R\$ 10,30	R\$ 41,21
1.17	Demolição de azulejo	m²	6,72	R\$ 33,97	R\$ 228,30
1.18	Enchimento de rasgos	m	22,40	R\$ 3,57	R\$ 79,94
1.19	Execução de rasgos	m	22,40	R\$ 4,54	R\$ 101,79
1.20	Joelho 45° soldável - 32mm	un.	2,00	R\$ 6,66	R\$ 13,33
1.21	Joelho 45° - 100mm (PVC branco)	un.	4,00	R\$ 19,06	R\$ 76,24
1.22	Joelho de redução 90° soldável - 25mm-20mm	un.	3,00	R\$ 6,11	R\$ 18,34
1.23	Joelho de redução 90° soldável - 32mm-25mm	un.	3,00	R\$ 6,42	R\$ 19,25
1.24	Joelho 90° soldável - 20mm	un.	5,00	R\$ 5,44	R\$ 27,22
1.25	Joelho 90° soldável - 25mm	un.	14,00	R\$ 5,55	R\$ 77,66
1.26	Joelho 90° soldável - 32mm	un.	9,00	R\$ 6,03	R\$ 54,30
1.27	Joelho 90° soldável - 60mm	un.	3,00	R\$ 17,24	R\$ 51,72

(Continuação)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNITÁRIO	TOTAL
1.28	Joelho 90° - 100mm (PVC branco)	un.	1,00	R\$ 19,28	R\$ 19,28
1.29	Kit de interligação automática	un.	1,00	R\$ 279,16	R\$ 279,16
1.30	Luva soldável e com rosca - 25mm - 3/4"	un.	1,00	R\$ 8,69	R\$ 8,69
1.31	Registro de esfera soldável - 32mm	un.	2,00	R\$ 23,91	R\$ 47,82
1.32	Registro de gaveta bruto ABNT soldável - 20mm - 1/2"	un.	2,00	R\$ 41,88	R\$ 83,75
1.33	Registro de gaveta bruto ABNT soldável - 25mm - 3/4"	un.	3,00	R\$ 46,60	R\$ 139,79
1.34	Registro de gaveta bruto ABNT soldável - 32mm - 1"	un.	3,00	R\$ 62,27	R\$ 186,81
1.35	Registro de gaveta bruto ABNT soldável - 60mm - 2"	un.	2,00	R\$ 131,21	R\$ 262,42
1.36	Registro de pressão bruto - 3/4"	un.	1,00	R\$ 22,35	R\$ 22,35
1.37	Reservatório de fibra de vidro - 500L	un.	1,00	R\$ 503,72	R\$ 503,72
1.38	Reservatório de fibra de vidro - 5000L	un.	1,00	R\$ 1.744,56	R\$ 1.744,56
1.39	Tê de redução soldável - 25mm-20mm	un.	1,00	R\$ 8,55	R\$ 8,55
1.40	Tê soldável - 25mm	un.	2,00	R\$ 6,73	R\$ 13,46
1.41	Tê soldável - 32mm	un.	5,00	R\$ 8,37	R\$ 41,83
1.42	Tê soldável - 60mm	un.	1,00	R\$ 30,63	R\$ 30,63
1.43	Torneira de boia - 25mmx3/4"	un.	2,00	R\$ 34,10	R\$ 68,20
1.44	Tubos de PVC soldável - 20mm	m	7,31	R\$ 12,11	R\$ 88,52
1.45	Tubos de PVC soldável - 25mm	m	33,91	R\$ 14,28	R\$ 484,40
1.46	Tubos de PVC soldável - 32mm	m	109,11	R\$ 18,88	R\$ 2.060,00

(Continuação)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNITÁRIO	TOTAL
1.47	Tubos de PVC soldável - 50mm	m	1,50	R\$ 27,44	R\$ 41,16
1.48	Tubos de PVC soldável - 60mm	m	5,03	R\$ 36,24	R\$ 182,28
1.49	Tubos de PVC branco - 100mm	m	0,50	R\$ 30,78	R\$ 15,39
1.50	União soldável - 32mm	un.	2,00	R\$ 8,44	R\$ 16,89
1.51	Válvula de retenção de pé com crivo - 32mm	un.	1,00	R\$ 59,56	R\$ 59,56
1.52	Válvula de retenção soldável - 32mm	un.	2,00	R\$ 59,86	R\$ 119,73
SUBTOTAL ITEM 1					R\$ 9.311,43
PREÇO ITEM 1					R\$ 11.754,75
2	READEQUAÇÃO DAS INSTALAÇÕES PLUVIAIS				
2.1	Caixa de inspeção de concreto - 80x80x80cm	un.	1,00	R\$ 429,05	R\$ 429,05
2.2	CAP de PVC, junta elástica - 150mm	un.	4,00	R\$ 81,08	R\$ 324,31
2.3	CAP de PVC, junta elástica - 200mm	un.	2,00	R\$ 116,07	R\$ 232,13
2.4	Curva 45° PVC, junta elástica - 250mm	un.	1,00	R\$ 329,93	R\$ 329,93
2.5	Geotêxtil usado como filtro	m²	0,36	R\$ 14,97	R\$ 5,39
2.6	Luva simples de PVC branco- 100mm	un.	8,00	R\$ 13,22	R\$ 105,75
2.7	Tampa de concreto para caixa de inspeção	un.	8,00	R\$ 154,87	R\$ 1.238,97
2.8	Tubos de PVC branco - 100mm	m	25,21	R\$ 30,78	R\$ 775,85
2.9	Tubo de PVC, junta elástica - 150mm	m	122,75	R\$ 27,51	R\$ 3.376,82
2.10	Tubo de PVC, junta elástica - 250mm	m	29,77	R\$ 64,01	R\$ 1.905,57

(Conclusão)

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNITÁRIO	TOTAL
SUBTOTAL ITEM 2					R\$ 8.723,77
PREÇO ITEM 2					R\$ 11.012,88
3	RESERVATÓRIO ENTERRADO				
3.1	Apiloamento	m²	43,24	R\$ 20,50	R\$ 886,51
3.2	Armadura de aço CA-50 Ø6.3mm	kg	35,36	R\$ 7,96	R\$ 281,52
3.3	Armadura de aço CA-60 Ø5.0mm	kg	80,87	R\$ 8,57	R\$ 693,36
3.4	Concreto estrutural fck=20MPa	m³	5,66	R\$ 431,17	R\$ 2.440,43
3.5	Escavação manual	m³	19,33	R\$ 45,83	R\$ 885,86
3.6	Forma de madeira maciça	m²	43,25	R\$ 80,52	R\$ 3.482,46
3.7	Impermeabilização	m²	17,95	R\$ 39,08	R\$ 701,47
3.8	Lastro de concreto, e=8cm	m³	0,57	R\$ 39,75	R\$ 22,66
3.9	Transporte e adensamento do concreto	m³	5,66	R\$ 79,84	R\$ 451,92
SUBTOTAL ITEM 3					R\$ 9.846,18
PREÇO ITEM 3					R\$ 12.429,82
PREÇO TOTAL					R\$ 35.197,45

**APÊNDICE C – PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO PLUVIAL DA
E.M.E.F. MANOEL CARLOS SILVA**

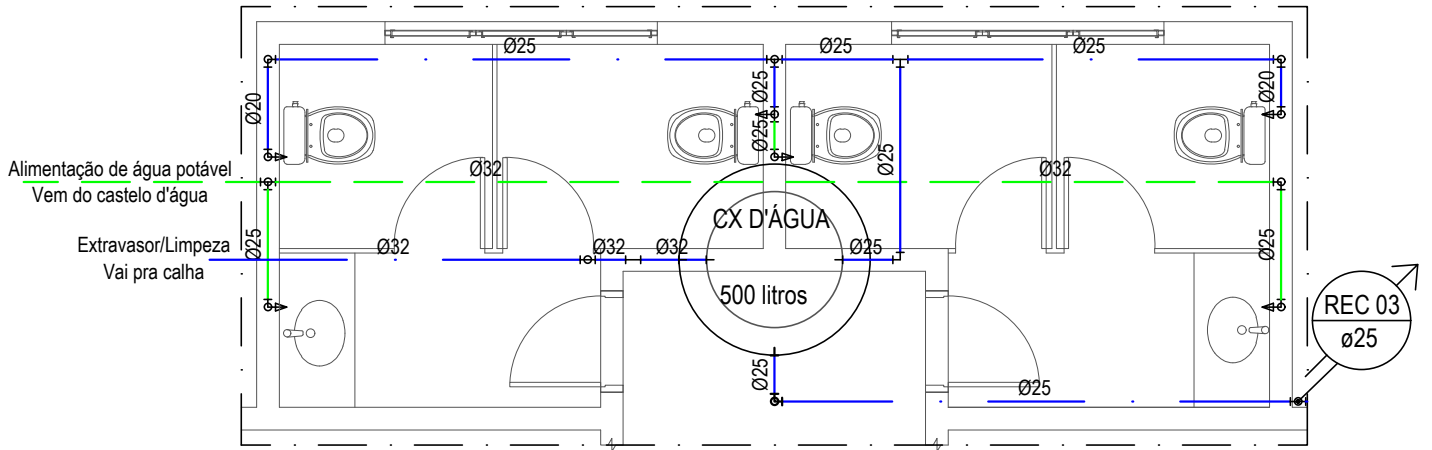
LEGENDA	
	Tubulação que passa pela parede
	Tubulação que passa pelo forro/laje (aérea)
	Tubulação que passa pelo piso (subterrânea)
	Tubulação existente
	Tubulação a ser retrada
	Tubulação a ser instalada

LISTA DE MATERIAIS - DRENAGEM	
PVC - JUNTA ELÁSTICA	
Cap. de PVC - JE	
Ø 150 mm	04 pc
Ø 200 mm	02 pc
Curva 45º PVC - JE	
Ø 250 mm	01 pc
Tubo de PVC - Rede de coleta de esgoto - JE	
Ø 150 mm	122,75 m
Ø 250 mm	29,77 m
PVC ESGOTO - SÉRIE NORMAL	
Luva simples	
Ø 100 mm	08 pc
Tubo esgoto série normal	
Ø 100 mm	25,61 m

LISTA DE MATERIAIS - ALIMENTAÇÃO	
CAIXAS D'ÁGUA	
Caixa d'água de fibra de vidro	
500 L	01 pc
5000 L	01 pc
Torneira de boia para caixa d'água	
3/4"	02 pc
PVC SOLDÁVEL	
Adaptador soldável curto com bolsa-roscas para registro	
25 mm - 3/4"	04 pc
Adaptador soldável com flanges livres para caixa d'água	
25 mm - 3/4"	02 pc
Joelho 45º soldável	
32 mm	02 pc
Joelho 90º soldável	
25 mm	07 pc
32 mm	03 pc
Joelho de redução soldável	
32 mm - 25 mm	03 pc
Té soldável	
32 mm	02 pc
Tubos	
25 mm	20,16 m
32 mm	99,51 m
REGISTROS	
Registro de gaveta bruto ABNT soldável	
25 mm - 3/4"	02 pc

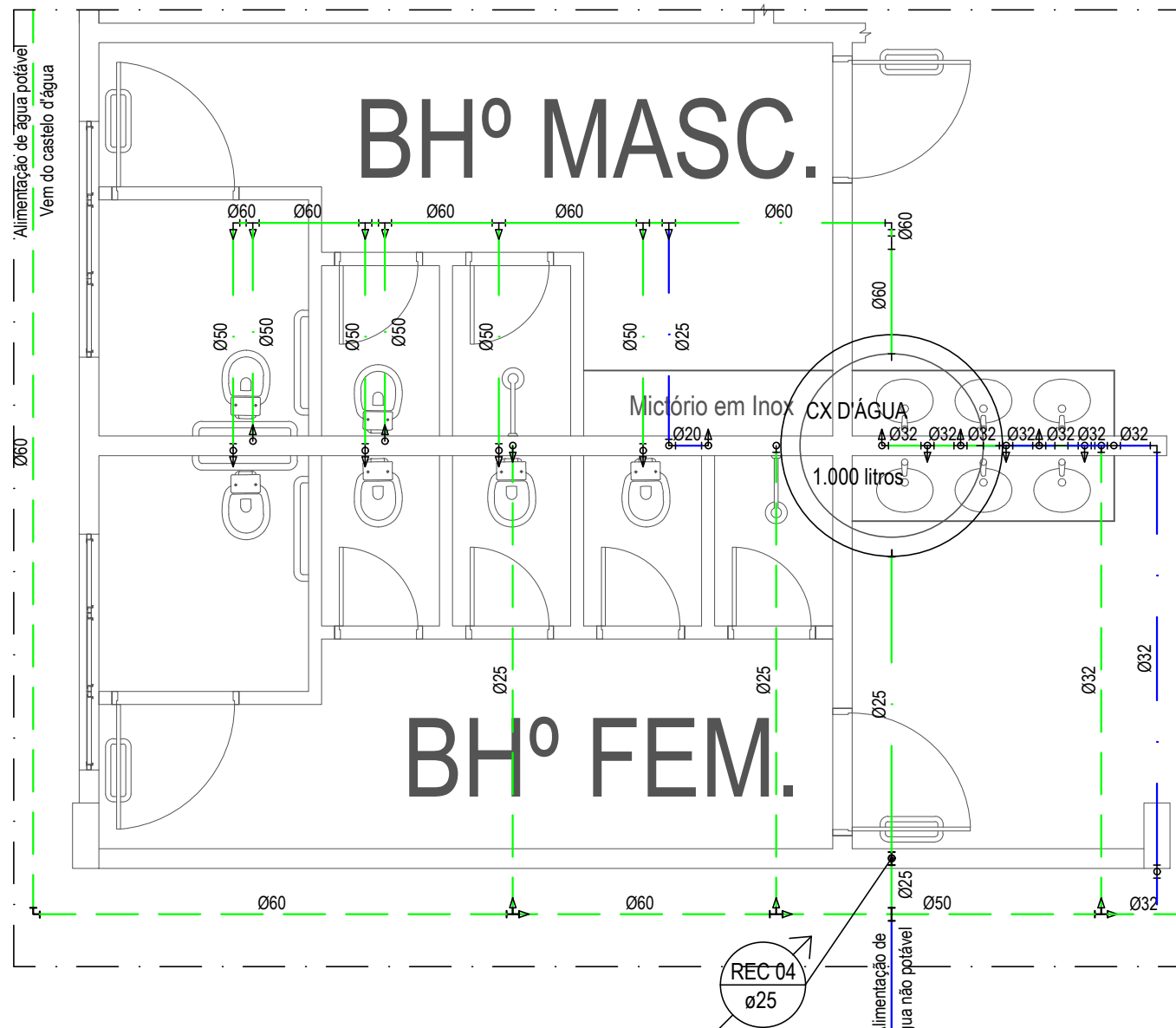
ARRANJO - DETALHE H02

Escala 1:50



ARRANJO - DETALHE H03

Escala 1:50



ARRANJO - DETALHE H04

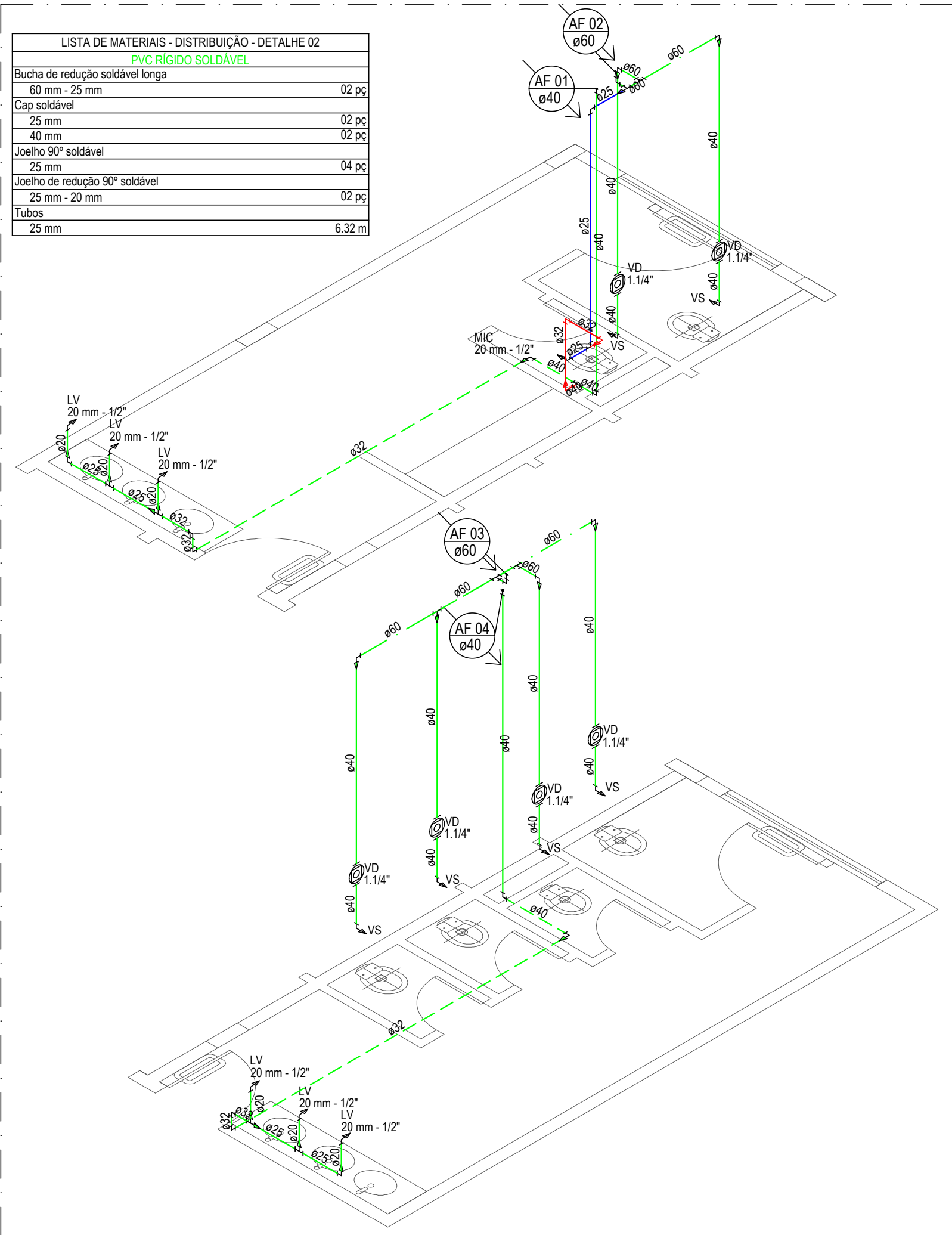
Escala 1:50

ARRANJO HIDRÁULICO - ALIMENTAÇÃO

Escala 1:200

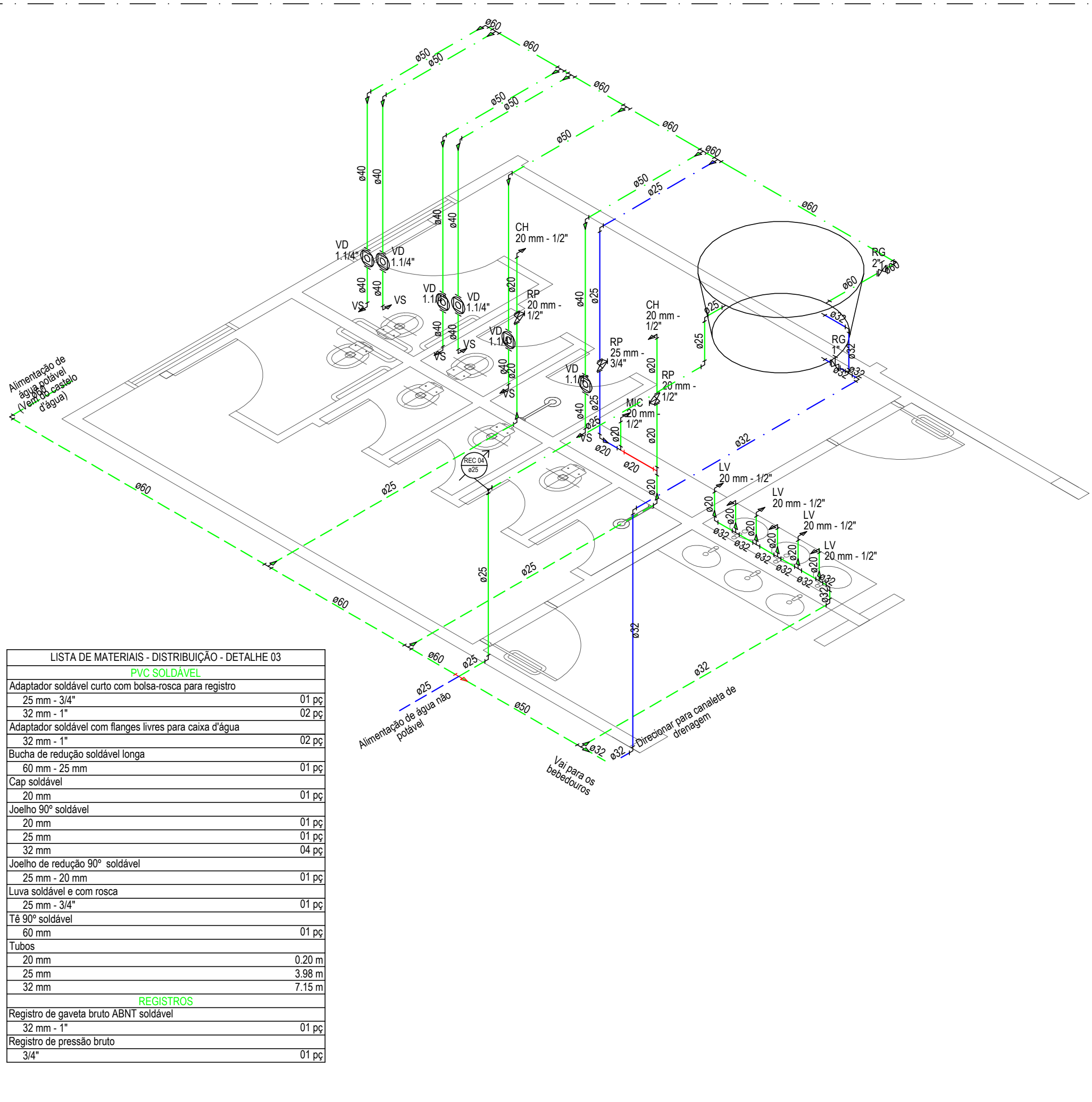
ARRANJO DRENAGEM PLUVIAL

Escala 1:200



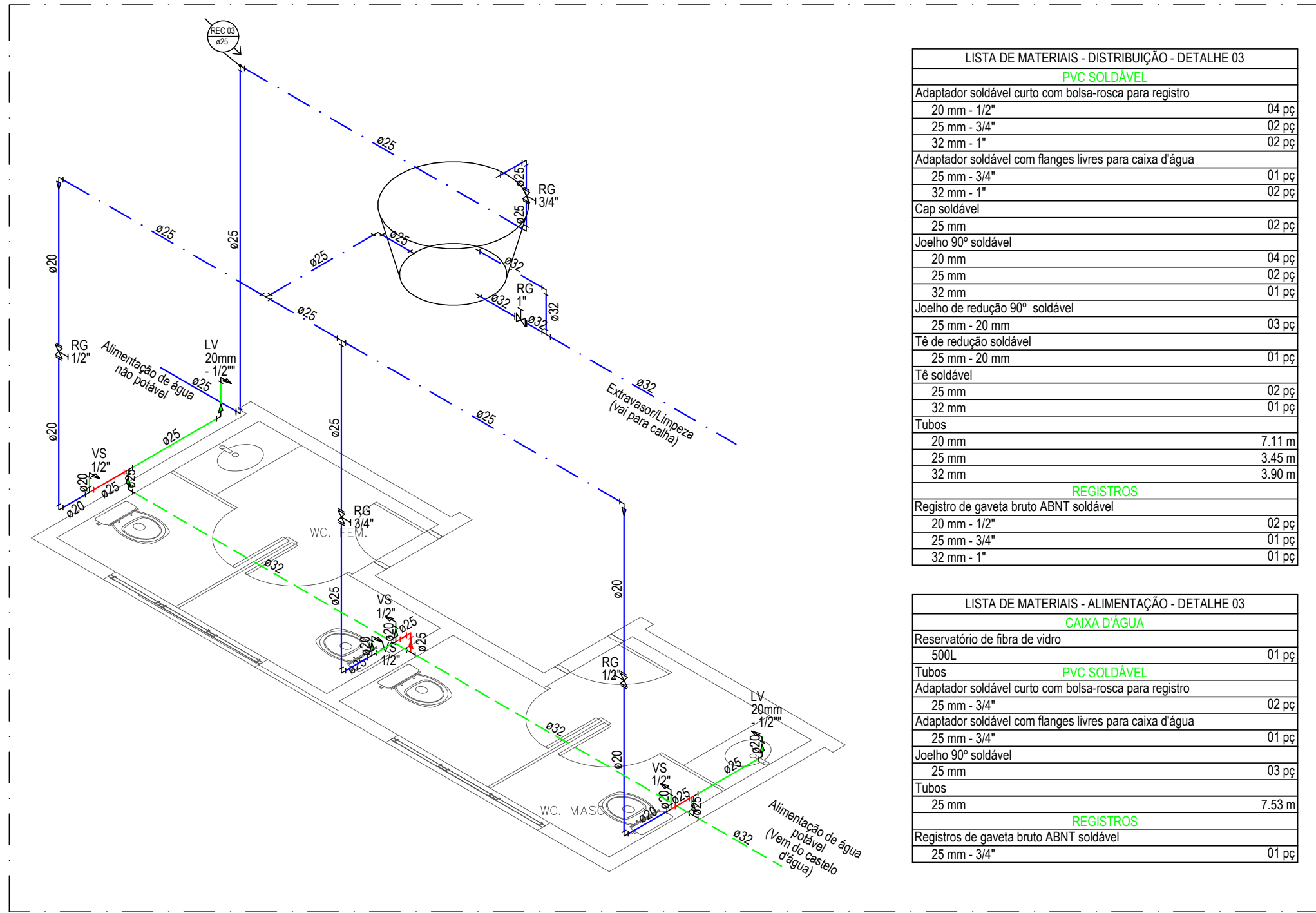
DETALHE ISOMÉTRICO H02

Escala 1:50



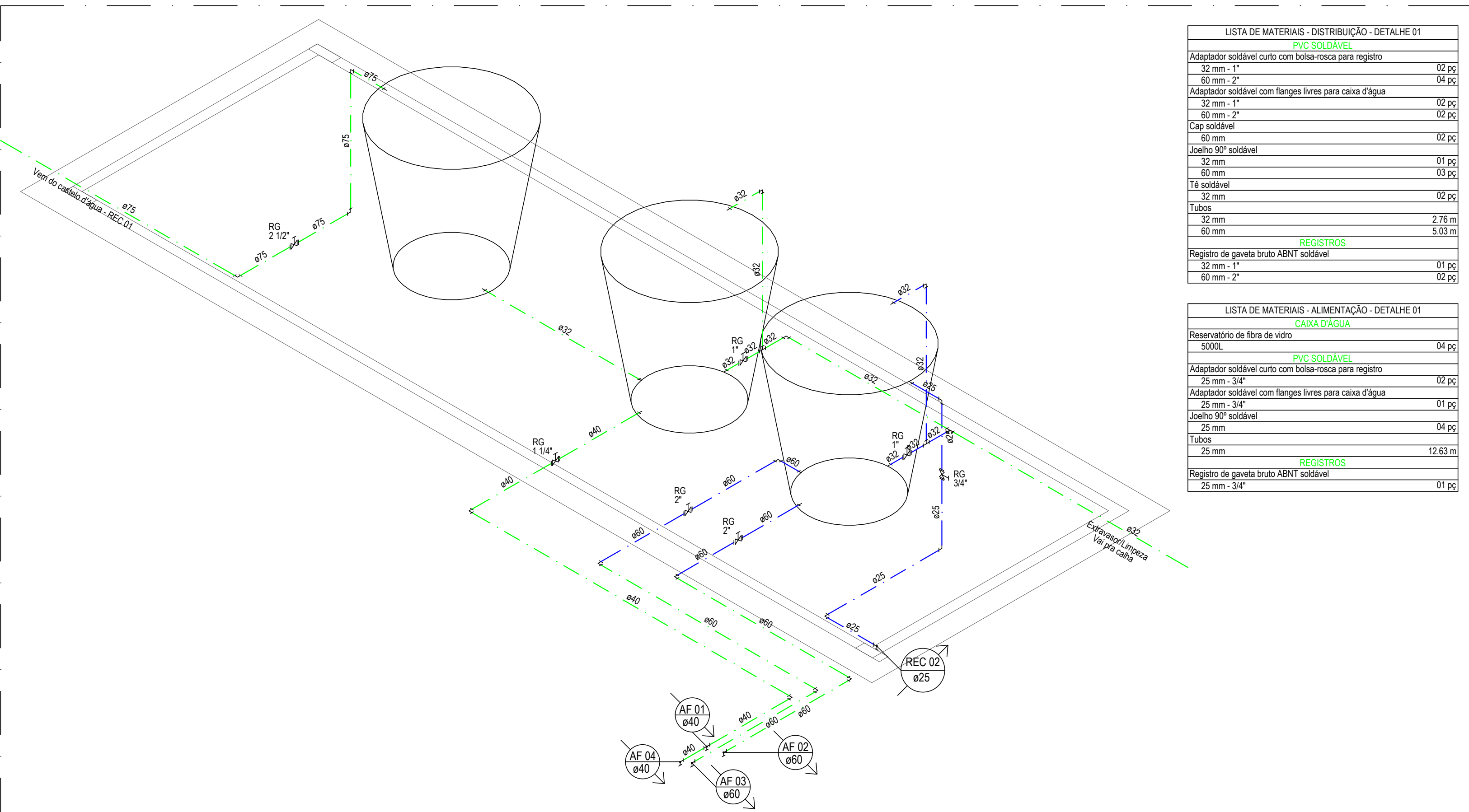
DETALHE ISOMÉTRICO H03

Escala 1:50



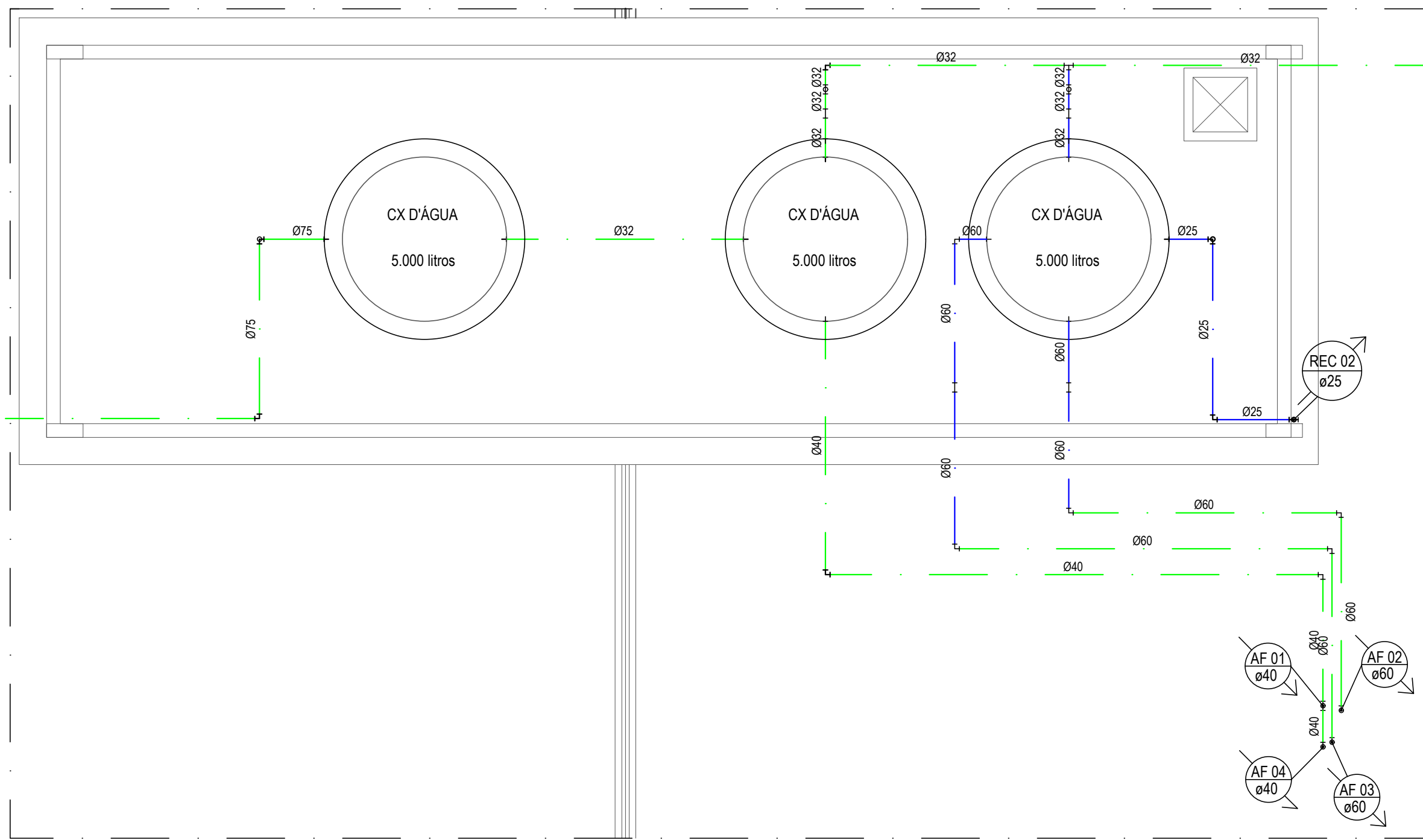
DETALHE ISOMÉTRICO H03

Escala 1:50



DETALHE ISOMÉTRICO H01

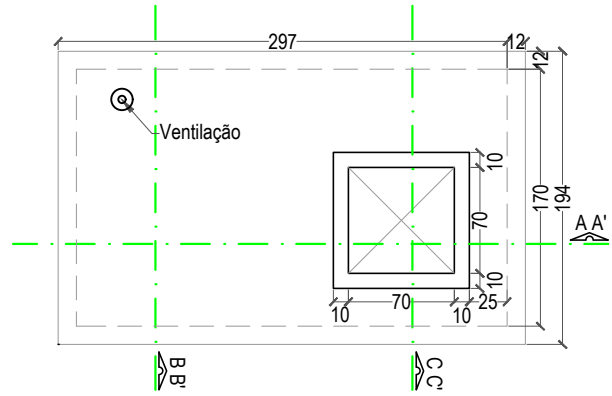
Escala 1:50



ARRANJO - DETALHE H01

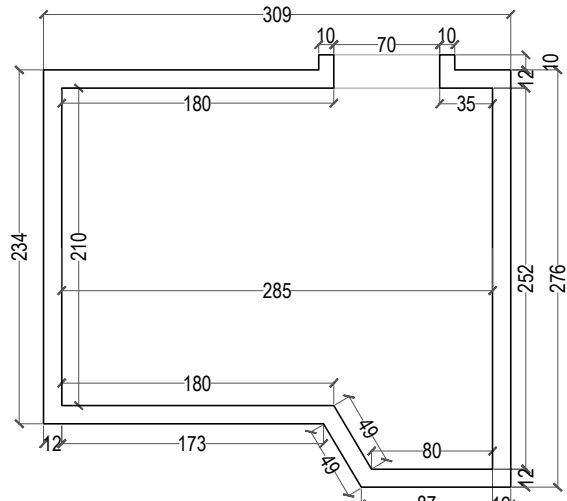
Escala 1:50

PROJETO:		APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
DADOS DO PROJETO:	OBRA:	ESCOLA MUNICIPAL DE ENSINO FUNDAMENTAL MANOEL CARLOS SILVA	
	ASSUNTO:	ARRANJO DETALHE H01 DETALHE ISOMÉTRICO H01 DETALHE ISOMÉTRICO H02 DETALHE ISOMÉTRICO H03 DETALHE ISOMÉTRICO H04	
	PRANCHA:	AAP - 02/03	
		DATA:	DEZ/2015
		ESCALA:	INDICADA
		VERSÃO:	EXECUTIVO



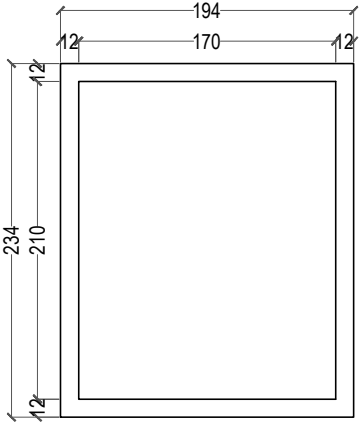
PLANTA BAIXA

Escala 1:50



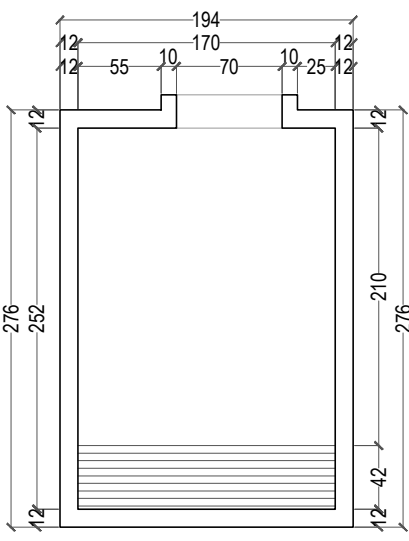
CORTE A A'

Escala 1:50



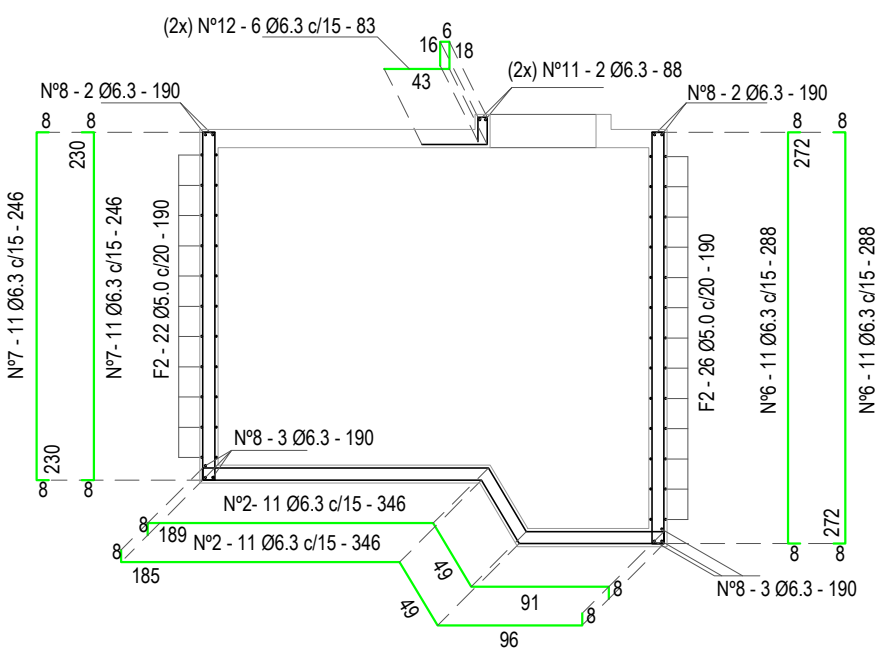
CORTE B B'

Escala 1:50



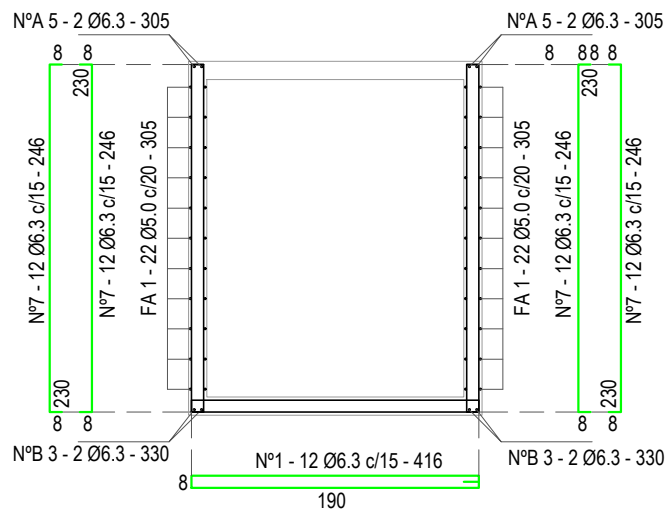
CORTE C C'

Escala 1:50



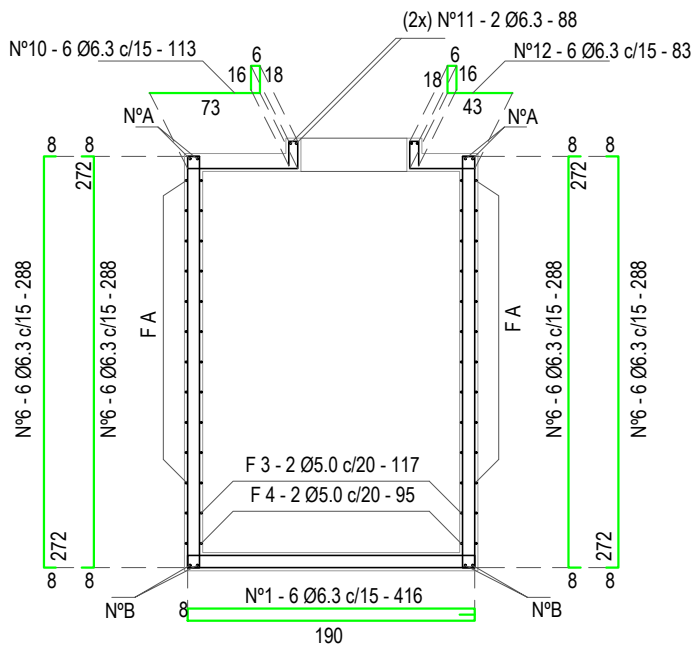
ARMAÇÃO - CORTE A A'

Escala 1:50



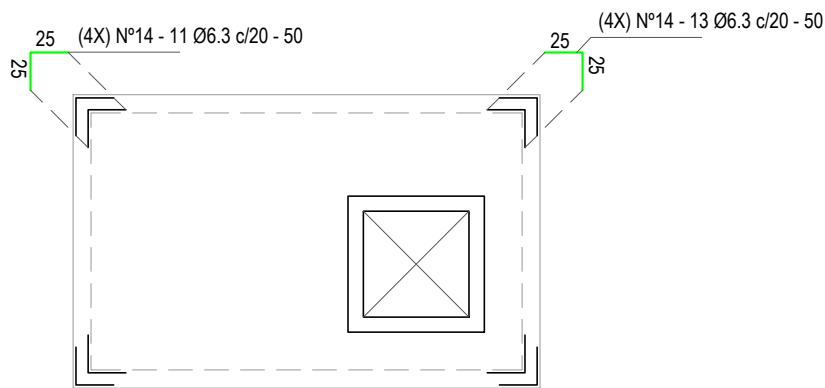
ARMAÇÃO - CORTE B B'

Escala 1:50



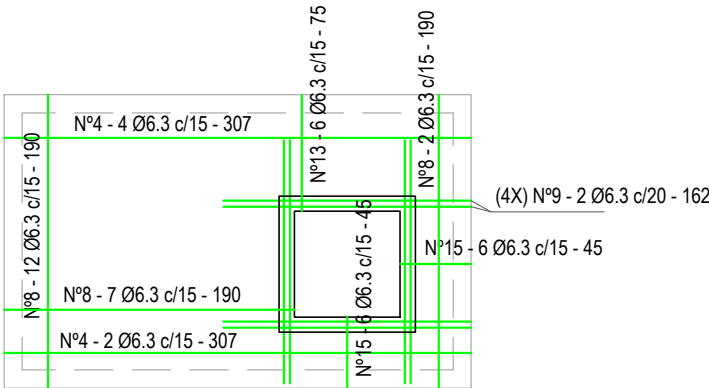
ARMAÇÃO - CORTE C C'

Escala 1:50



ARMADURA DE CANTO

Escala 1:50



ARMADURA DA TAMPA

Escala 1:50

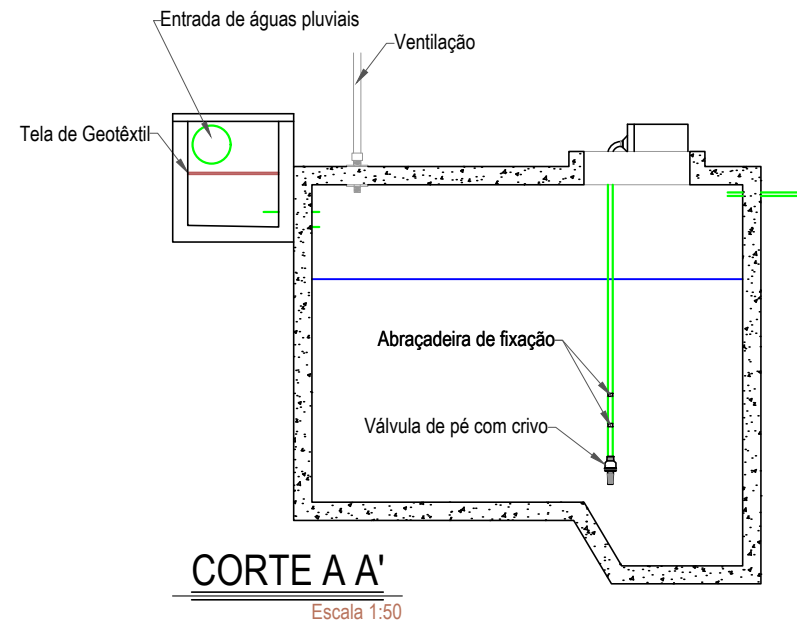
AÇO CA - 50B			
Nº	Ø	QUANT.	COMP.
1	6.3	18	416
2	6.3	22	346
3	6.3	4	330
4	6.3	6	307
5	6.3	4	305
6	6.3	46	288
7	6.3	70	246
8	6.3	31	190
9	6.3	8	162
10	6.3	6	113
11	6.3	8	88
12	6.3	18	83
13	6.3	6	75
14	6.3	96	50
15	6.3	6	45

AÇO CA - 60B			
F	Ø	QUANT.	COMP.
1	5.0	44	305
2	5.0	48	190
3	5.0	2	117
4	5.0	2	95

Concreto fck = 20 MPa
Volume Concreto = 2,68 m³
Área de Forma = 40,30 m²

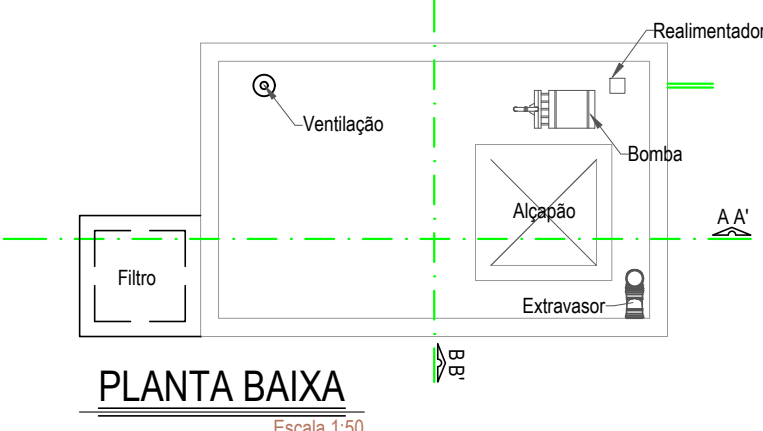
RESUMO DE AÇO			
AÇO	Ø	PESO+10%	TOTAL
CA - 60B	6.3	35,36kg	35,36kg
CA - 50B	5.0	180,87kg	180,87kg

LISTA DE MATERIAIS - CISTERNA		
ELETRICOS		
Bomba centrífuga trifásica		
0,99HP - Sucção: 32 mm - 1" / Recalque: 32 mm - 1"	01	pç
Kit de interligação automática (conjunto com válvula solenóide)		
25 mm - 3/4"	01	pç
PVC RÍGIDO SOLDÁVEL		
Adaptador soldável curto com bolsa-rosca para registro		
32 mm - 1"	04	pç
Adaptador soldável com flanges livres para caixa d'água		
50 mm - 1 1/2"	01	pç
Curva 90° soldável		
32 mm	04	pç
Joelho 45° soldável		
100 mm	04	pç
Joelho 90° soldável		
100 mm	01	pç
Tê 90° soldável		
32 mm	01	pç
Tubos		
32 mm	3,00	m
50 mm	1,50	m
100 mm	0,50	m
União soldável		
32 mm	02	pç
REGISTROS		
Registro de esfera soldável		
32 mm - 1"	02	pç
VÁLVULAS		
Válvula de pé com crivo		
32 mm - 1"	01	pç
Válvula de retenção		
32 mm - 1"	02	pç



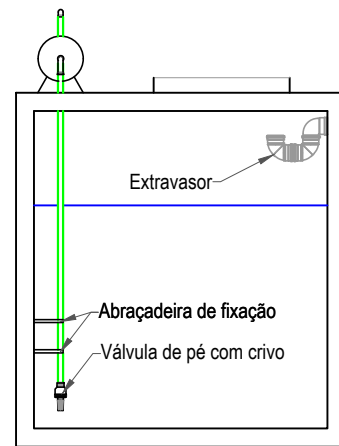
CORTE A A'

Escala 1:50



PLANTA BAIXA

Escala 1:50



CORTE B B'

Escala 1:50

DETALHE DA CISTERNA

Escala 1:50

ARMAÇÃO DA CISTERNA

Escala 1:50

DADOS DO PROJETO:	PROJETO:	APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
	OBRA:	ESCOLA MUNICIPAL DE ENSINO FUNDAMENTAL MANOEL CARLOS SILVA	PRANCHA: AAP. - 03/03
	ASSUNTO:	ARMAÇÃO - CISTERNA DETALHE - CISTERNA	DATA: DEZ/2015
			ESCALA INDICADA
			VERSÃO EXECUTIVO