Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
Pró-Reitoria de pesquisa e Pós-Graduação- PPG
Centro de Ciências Tecnológicas- CCT
Departamento de hidráulica e Saneamento - DHS

ARTHUR VALENTE SOARES

PROJETO TÉCNICO DE CAPTAÇÃO, AVALIAÇÃO E REUSO DA ÁGUA PLUVIAL GERADA PELO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO DO TELHADO DO CCT/UEMA

SÃO LUÍS - MA
2018

ARTHUR VALENTE SOARES

PROJETO TÉCNICO DE CAPTAÇÃO, AVALIAÇÃO E REUSO DA ÁGUA PLUVIAL GERADA PELO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO DO TELHADO DO CCT/UEMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil – UEMA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Daniel de Lima Nascimento Sírio

São Luís

2018

Soares, Arthur Valente.

Projeto técnico de captação, avaliação e reuso de água pluvial gerada pelo escoamento superficial direto do telhado do CCT/UEMA / Arthur Valente Soares. – São Luís, 2018.

79 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sírio.

1.Reúso de água pluvial. 2.Microbacia. 3.Drenagem. I.Título

CDU: 628.3(812.1)

PROJETO TÉCNICO DE CAPTAÇÃO, AVALIAÇÃO E REUSO DA ÁGUA PLUVIAL GERADA PELO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO DO TELHADO DO CCT/UEMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil – UEMA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Daniel de Lima Nascimento Sírio

Aprovado em: 04 / 12 / 2018

Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sírio
Prof. Orientador
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Fernando Lima de Oliveira
Membro titular
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Esp. Carmem Lúcia Bentes Bastos
Membro titular
Universidade Estadual do Maranhão

Ao meu avô, Antônio Valente de Figueiredo, pela referência que foi aos netos. À minha mãe, Simoni Suely Chaves Valente Soares, por todo o incentivo e força dados aos seus filhos. Aos meus irmãos Alysson Valente Soares e Amanda Lia Valente Soares, pelo apoio durante toda a caminha percorrida. A todos, dedico os meus mais sinceros sentimentos de gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter guiado e iluminado meus caminhos, que, sem Ele, nada conseguiria fazer.

Ao meu avô, minha mãe e irmãos, pelo amor, por todo carinho e apoio na minha formação profissional.

Ao meu orientador Daniel de Lima Nascimento Sírio, exemplo de professor e profissional, que, durante dois anos, participou da minha caminhada acadêmica e tornar esse trabalho realidade.

Ao meu padrinho Kleber Chaves Valente Soares, meu primo Nilmar Valente de Figueiredo, minha tia Maria Lúcia Lopes Chaves e meus demais familiares, por nunca terem desacreditado no meu objetivo.

A todos meus amigos do curso de engenharia civil, em especial minha amiga Ana Caroline Braga Aquino, meu amigo Gabriel Araruna de Sousa Morais e Arthur Marcondes C. Mineiro, por toda sua ajuda nos momentos difíceis.

Ao meu time da Atlética Protensão, por me proporcionar várias alegrias dentro do curso, em especial aos meus companheiros de equipe Renan Ferreira Sousa e Ruan Carlos Lima da Silva.

“Aquele que diz que sabe e aquele que diz que não sabe, ambos estão certos.”

Confúcio

RESUMO

As instituições, em geral, têm hoje a necessidade de trazer os princípios sustentáveis acerca dos recursos naturais e energéticos como um todo. Nesse contexto, o projeto se baseia, em avaliar o reuso das águas pluviais oriundas do escoamento superficial direto gerado nos telhados do Centro de Ciência e Tecnologia (CCT) da UEMA em quantidade e qualidade e os benefícios desse reuso da água pluvial no reaproveitamento, em situações com um menor exigência e menos nobres da água como lavagem dos pisos, abastecimento das bacias sanitárias e regas de jardim, promovendo a utilização sustentável do recurso. Para tanto, compreenderam-se as características meteorológicas da região, para conseguintemente, obter dados como intensidade de chuva e período de duração de chuva para cálculo do tempo de retorno associado aos volumes possíveis de se armazenar, utilizando-se do método racional e a metodologia da Norma Regulamentadora 10844 de 1989 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. O monitoramento da chuva ocorre por meio de um pluviômetro da marca HIDROMEC, e dessa maneira são calculados os volumes de água a serem considerados no processo no cálculo da captação e dimensionamento das calhas coletoras, armazenamento, avaliação da qualidade e da reutilização da água pluvial. O Pluviômetro foi restaurado e calibrado previamente para se dar início as pesquisas e à coleta de dados. Analisando assim, os números de descarregamentos da báscula para, enfim, aferir a quantidade e intensidade de precipitação pluviométrica que é indicada em relação à altura de chuva. O projeto prevê também a coleta de amostras para avaliação da qualidade da água precipitada em termos de salinidade, temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade da água pluvial e coliformes termotolerantes. E ainda, avaliar-se-ia o controle da geração do escoamento pluvial na microbacia para fins de estimativas dos volumes armazenados em relação ao volume total gerado na microbacia de estudos. Esperam-se como resultados a avaliação do potencial de reuso de água pluvial no CCT em termos de qualidade, quantidade, controle de drenagem e potenciais reutilizações da água pluvial.

Palavras-chave: Reuso de água pluvial, microbacia, drenagem,

ABSTRACT

Institutions, in general, today need to bring sustainable principles about natural and energy resources as a whole. In this context, the project is based on evaluating the reuse of rainwater from the direct surface runoff generated on the roofs of the UEMA Science and Technology Center (CCT) in quantity and quality and the benefits of this reuse of rainwater in reuse, less demanding situations and less water resources such as floor washing, sanitary basin supply and garden watering, promoting the sustainable use of the resource. In order to do so, the meteorological characteristics of the region were understood, therefore, to obtain data such as rainfall intensity and rain duration period to calculate the time of return associated with the possible volumes of storage, using the rational method and the methodology of Norma to Regulation 10844 of 1989 of the Brazilian Association of Technical Norms. Rainfall monitoring is carried out by means of a HIDROMEC rain gauge, thus calculating the volumes of water to be considered in the process for calculating the collection and dimensioning of collecting gutters, storage, quality evaluation and rainwater reuse. The rain gauge was restored and calibrated in advance to begin the research and data collection. Analyzing the numbers of discharges of the scale to finally measure the amount and intensity of rainfall that is indicated in relation to the rainfall. The project also foresees the collection of samples to evaluate the precipitated water quality in terms of salinity, temperature, pH, total dissolved solids, rainwater conductivity and thermotolerant coliforms. Also, the control of the generation of rainfall in the microbasin would be evaluated for the purpose of estimating the volumes stored in relation to the total volume generated in the study microbasin. The results of the evaluation of the potential for reuse of rainwater in the CCT in terms of quality, quantity, drainage control and potential reuse of rainwater are expected.

Key words: Rainwater reuse, microbasin, drainage,

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geometria de coberturas prediais 22
Figura 2 – Dimensionamento de condutores verticais com funil de saída 24
Figura 3 – Modelo de sistema hidrológico simples e representação esquemática do hidrograma triangular do Método Racional 26
Figura 4 - Local de implantação e construção do sistema de captação, armazenamento e avaliação da água pluvial no CCT da UEMA 36
Figura 5 - Croqui esquemático da captação de água pluvial do projeto 37
Figura 6 - a) Turbidímetro portátil; b) Equipamento de bancada laboratorial para determinação da condutividade, salinidade, temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos e condutividade da água pluvial da UEMA do laboratório de pesquisas e estudos hidrológicos – LEHID 38
Figura 7 - a) Frasco para distribuição da amostra diluída nas cubas; b) Placa das cubas *Quanti- Tray*; c) Seladora da placa *Quanti-Tray;* d) placas com a contagem de Coliformes totais; e) Cuba para diluição e preparação da amostra; f) Espectro de UV para contagem de *Escherichia Coli* 39
Figura 8 - Oxímetro 41
Figura 9 - Ensaios de Cloretos e Alcalinidade total 42
Figura 10 - Pluviógrafo do LEHID próximo ao DHS/CCT 44
Figura 11 - Pluviógrafo instalado no CCT em manutenção 49
Figura 12 - Áreas de contribuição do CCT-UEMA e da calha coletora de água pluvial 51
Figura 13 – Precipitações mensais de agosto de 2017 a julho de 2018 52
Figura 14 - Precipitação diária monitorada no período entre 06/08/2018 a 24/06/2018 53
Figura 15 – Evento de precipitação do dia 10/08/2017 de 15 minutos de duração e 37,38mm/h 55
Figura 16 – Evento de precipitação do dia 16/02/2018 de 15 minutos de duração e 103mm/h 55
Figura 17 - Evento de precipitação do dia 18/08/2017 de 600 minutos de duração e 9,88mm/h 56

Figura 18 - Evento de precipitação do dia 27/08/2018 de 10 minutos de duração e 164,49mm/h 56
Figura 19 - Evento de precipitação do dia 01/03/2018 de 5 minutos de duração e 110,17mm/h 57
Figura 20 - Evento de precipitação do dia 07/03/2018 de 2 minutos de duração e 112,15mm/h 57
Figura 21 - Qualidade microbiológica da água em três datas distintas 07/06/2018; 06/07/2018 e 13/07/2018, de coliformes Totais, bactérias heterótrofas e *Eschericha Coli* 58
Figura 22 - Qualidade físico-química da água em três datas distintas 07/06/2018; 06/07/2018 e 13/07/2018, de coliformes Totais, bactérias heterótrofas e *Eschericha Coli* 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo médio de água por tipo de uso.....19
Tabela 2 – Vazão de projeto por peça utilizada em áreas externas.....20
Tabela 3 - Vazões médias de descarga de equipamentos hidráulicos prediais 21
Tabela 4 - Coeficiente de rugosida.....23
Tabela 5 - Dimensionamento de condutores horizontais 25
Tabela 6- Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade 28
Tabela 7 – Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.....29
Tabela 8 - Demandas calculadas para o CCT-UEMA paras as bacias sanitárias, mictórios e torneiras nos jardins.....42
Tabela 9 - Modelo de cálculo de demandas utilizadas para o CCT-UEMA paras faculdades com menos de 100 bacias sanitárias 43
Tabela 10 - Coeficiente de Runnof.....45
Tabela 11 - Parâmetros da equação IDF da Cidade de São Luís-MA 47
Tabela 12 - Período de retorno utilizado no dimensionamento hidráulico por finalidade.....47
Tabela 13 - Correspondência entre o volume que deve ser coletado pela abertura do pluviógrafo e aquela precipitada em 1m 49
Tabela 14 – Áreas e perímetro de contribuição total e útil da cobertura predial do CCT-UEMA, área de contribuição e perímetro da calha pluvial piloto da pesquisa.....51
Tabela 15 - Eventos de precipitação selecionados entre 06/08/2017 a 30/06/2018 54
Tabela 16 - Eventos de precipitação selecionados entre 06/08/2017 a 30/06/2018 60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR- Norma Brasileira.

ANA- Agência Nacional de Águas.

ESD- Escoamento Superficial Direto.

IDF- intensidade-duração-frequência.

FUNASA- Fundação Nacional de Saúde.

CONAMA- Conselho Nacional de Meio-Ambiente.

DST- Defined Substrate Technology.

EDTA- Ácido etilenodiamino tetra-acético (*Ethylene Diamine Tetracetic acid).*

SIGs- sistemas de Informação Geográficas.

PCA- Análise de Componentes Principais.

HCA- Análise Hierárquica de Agrupamentos.

NMP- Número Mais Provável.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 OBJETIVOS 16
2.1 OBJETIVO GERAL 16
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17
3.1 A ÁGUA NUM CERNE SUSTENTÁVEL 17
3.2 DIMENSINAMENTO DA DEMANDA 19
3.3 DIMENSIONAMENTO DA OFERTA 22
3.3.1 MÉTODO RACIONAL 25
3.3.2 QUALIDADE DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO 27
3.3.2.1 TÉCNICA PARA A ANÁLISE MICROBIOLOGICA DA QUALIDADE DA ÁGUA 30
3.3.2.2 TÉCNICA PARA A ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA 31
3.3.3 GEOPROCESSAMENTO E DRENAGEM 32
3.4 REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM TERMOS DE QUALIDADE E QUANTIDADE NO BRASIL 33
4 MATERIAIS E MÉTODOS 36
4.1 INFRAESTRUTURA DISPONÍVEL PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 36
4.2 QUALIDADE MICROBIOLOGICA DA ÁGUA 38
4.3 QUALIDADE FISICO-QUIMICA DA ÁGUA 39
4.4 MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE VOLUME 42
4.4.1 CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DA DEMANDA 42
4.5 VOLUME DE OFERTA DE ÁGUA PLUVIAL MONITORADO 44
4.5.1 INTENSIDADE MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO 46
4.5.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO 47
4.5.3 PERÍODO DE RETORNO 47
4.5.4 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO 47
4.6 MÉTODO DE RIPPL PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUAS PLUVIAIS 48

4.6.1 CONSCIDERAÇÕES ACERCA DO DIMENSINMENTO DO RESERVATORIO 48
4.7 CALIBRAÇÃO DO PLUVIOMETRO E COLETA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO.....49
4.8 COLETA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO E ÁNALISE 50
4.9 GEOPROCESSAMENTO E DRENAGEM.....50
5 RESULTADOS.....52
5.1 DIMENSIONAMENTO DA CALHA COLETORA 52
5.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS MONITORADOS.....52
5.3 QUALIDADE DA ÁGUA PARA REUSO 58
5.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATORIO BASEADO DA REGA DOS JARDINS 59
6 CONCLUSÕES.....61
REFERÊNCIAS.....63
APÊNDICE A – SISTEMA DE COLETA E RESERVAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....67
ANEXO I – LAUDO DAS ANÁLISES MICROBIOLOGICAS.....70
ANEXO II – PLANTA DE APARELHOS SANITÁRIOS DO CCT.....77

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente é um tema que recentemente tem sido abordado em toda sociedade brasileira e pelos países ao redor do planeta, no final do século XX e início do século XXI levantaram-se questões fundamentais quanto à importância que é dada aos recursos ambientais presentes no planeta (CANHOLI, 2005). Depois de praticamente dois séculos de desenvolvimento industrial e urbano desenfreado a humanidade tem a necessidade de repensar o uso dos recursos naturais, pois esse desenvolvimento industrial, tecnológico, econômico e demográfico trouxe como consequência um consumo desordenado e de certa maneira irresponsável dos recursos ambientais, dentre eles está à água, elemento básico para condição de vida na terra (BAPTISTA, 2005).

Na tratativa no contexto brasileiro, percebe-se que o Estado tem de certa forma incentivado ou contribuído para conscientização da sociedade como um todo, por exemplo, incentivos fiscais às empresas que adotem uma política de responsabilidade ambiental, incentivando ou financiando projetos que promovam a conscientização de preservação e uso racional dos recursos ambientais e desenvolvendo com seus colaboradores métodos sustentáveis de consumo dentro da própria organização. O próprio Ministério do Meio Ambiente incentiva a adesão de instituições públicas a consumirem de forma mais sustentável, por exemplo, separar lixos recicláveis daqueles não recicláveis, realizar impressão somente do que for extremamente necessário, utilizar lâmpadas de baixo consumo energético, fazer uso de fontes sustentáveis de energia, controles ambientais de proteção e gerenciamento do solo, ar e água, dentre outras medidas (BRASIL, 2014).

O aproveitamento de água pluvial para consumo potável em residências já é utilizado há anos em países desenvolvidos como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Japão e alguns estudos desenvolvidos indicam que se pode ter uma economia de água superior à 30%, dependendo de alguns fatores como o índice pluvial e a área de telhado disponível para precipitação (LIMA et al., 2011). Em outubro de 2017, o Senado Federal Brasileiro acrescentou um objetivo à Política Nacional de Recursos Hídricos cuja redação é dada pela Lei federal 9.433 de 1997. Segundo o novo texto, a Lei nº 9.433/97, também conhecida como Lei das Águas, passa a ter o seguinte objetivo:

incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais[1]. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o primeiro dos três objetivos já existentes da Política é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e a Lei das Águas também visa à utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável, além de buscar ainda, prevenir eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

As tendências universais em relação a escassez de água e sua valoração econômica faz com que, cada vez mais, as pessoas e instituições, sejam públicas, privadas ou parcerias entre ambas, procurem formas sustentáveis de gerenciamento dos recursos hídricos. Essas maneiras de economizar água são as mais variadas e vão desde processos mais eficientes quanto ao uso da água até buscar fontes de menor qualidade ou diferentes das convencionais. Dessa maneira, o armazenamento e reuso da água de chuva faz com que haja economia financeira em relação ao recurso, economia do recurso propriamente dito e traz consigo muitas vezes, soluções eficazes para os mais diversos processos produtivos ou de usos múltiplos na gestão das águas.

No que tange à UEMA, o reuso potencial em toda instituição pode economizar milhões de litros de água anualmente e, consequentemente, economizar também milhares de Reais. É, portanto, relevante avaliar a quantidade de água que pode ser armazenada e quais os usos preponderantes essa água pluvial poderá fornecer dentro do Campus. Associado a essas vantagens esperam-se como resultados hidrológicos sustentáveis a diminuição e o retardo dos picos de cheia na sub-bacia em que está inserida a UEMA, além da avaliação da qualidade dessa água e para quais fins essas águas poderá servir.

[1] http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/aproveitamento-de-agua-de-chuva-e-incluido-na-legislacao

2. OBJETIVOS

É de extrema importância para a evolução de uma análise, de forma geral, que sejam delimitados seus propósitos, para que assim, se possa nortear seu desenvolvimento. Diante dessa premissa, tem-se a necessidade de elencar os objetivos do estudo aqui discorrido, sejam eles geral ou específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Coletar dados de chuvas e armazenar água gerada pelo escoamento superficial de uma parte do telhado do CCT para avaliar a viabilidade e o potencial do reuso nas atividades cotidianas de limpeza de banheiros, regas de jardim e lavagem de pisos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Construir e implantar calha coletora e tanque armazenador de água pluvial;
2. Analisar a qualidade da água pluvial gerada pelo Escoamento Superficial Direto do telhado do edifício do CCT.
3. Avaliar a quantidade armazenada possível e comparar com a demanda do CCT em relação a lavagem dos pisos, rega dos jardins, lavagem de banheiros e descargas sanitárias; e,
4. Monitorar a precipitação e a geração do escoamento oriundo da microbacia em que está inserida o CCT/UEMA.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A ÀGUA NUM CERNE SUSTENTÁVEL

Coletores e galerias de água pluvial são estruturas usadas para transportar a água de forma segura e conveniente de áreas urbanizadas até os corpos de água, tais como córregos, rios e lagos (GRIBBIN, 2009). Continua o autor que antes do desenvolvimento de canalizações de água pluviais, mas ainda em uso nos países subdesenvolvidos, os planejadores urbanos manejavam as águas pluviais canalizando-as em fundos de vales ao longo de ruas e vielas até os cursos de água e que essa tecnologia dos coletores pluviais, separados dos sistemas de esgotamento sanitário, permitiu o uso e ocupação do solo com modernos avanços no transporte e diminuindo alguns problemas sanitários e outros transtornos causados pelas água pluviais.

No entanto, Calijuri e Cunha (2013), salientam que a modernidade trouxe também um problema de escassez de água que fizeram com que fossem importados volumes cada vez maiores de água de outras bacias devido à crescente demanda por água das zonas urbanizadas, resolvendo precariamente o problema de abastecimento de água de uma determinada região, em detrimento daquela que fornece. Os autores continuam que essa crescente demanda não está associada em correspondência com a expansão dos sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotamentos sanitários criando um problema de poluição a ser resolvido dentro da região que recebe essa água aduzida (CALIJURI e CUNHA, 2013). Para tanto, os benefícios inerentes à utilização de água recuperada, em contraponto com a descarga dessas águas e com o intuito de se preservar os mananciais provedores de água é que a captação, armazenamento e o reuso da água pluvial tenham seu vieses de sustentabilidade, já que se entende atualmente que:

> **“**A escassez e o aumento dos conflitos pelo uso da água geraram a emergência da conservação e do reuso como componentes formais de gestão de recursos hídricos” (HESPANHOL, 2013: 519p).

Posto que a água é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, os gestores dos Estados e de Instituições públicas e privadas, a cada dia, procuram novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade de água tanto por razões ambientalmente sustentáveis, quanto por questões financeiras

(HÉLLER,2014). A água é limitante ao desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população em todas as regiões do planeta e por isso, a substituição de fontes tradicionais por usos mais sustentáveis é a melhor alternativa para suprir às demandas mais flexíveis, no que se refere ao uso sem prejuízo de águas de menor qualidade, o que por sua vez tem dois vieses sustentáveis, ou seja, menor consumo de água tratada para fins menos nobres e economicidade do recurso (HESPANHOL, 2002).

A captação de água pode ser feita por meio de coletas de águas naturais como de nascentes, represas, depósitos subterrâneos e pelo armazenamento da água de chuva, que variam conforme as condições locais, financeiras, sociais, energéticas, hidrológicas, topográficas e condições pluviométricas (TUCCI, 2005). A captação é a primeira unidade do sistema de abastecimento de água, o seu constante e bom funcionamento depende do desempenho de todas as unidades subsequentes (HÉLLER, 2014). A concepção de uma unidade de captação deve considerar que não são admissíveis interrupções em seu funcionamento e a escolha do local de captação da água devem assegurar condições de fácil entrada da água em qualquer época do ano e favorecer a economia das instalações (BARROS, 1995).

Algumas das tecnologias mais conhecidas de captação e armazenamento de água de chuva para o uso com fins não potáveis são, o da cisterna-calçadão que é uma tecnologia que capta a água de chuva por meio de um calçadão de cimento construído sobre o solo; cisterna-enxurrada, onde o terreno é utilizado como área de captação, a água de chuva escorre pela terra antes de cair para a cisterna; e, por último, a captação de água de chuva pelo telhado em cisternas ou tanques armazenadores (AUGUSTO et al, 2014: 6p).

A chuva, devidamente acumulada e tratada em regiões com grande índice pluviométrico, poderia suprir perto de 100% da água de um lar (BOTELHO, 2011). No entanto, Tomaz (2001), mostra que essa forma de aproveitamento não tem aplicação imediata para a população citadina, pois existe a falta de espaço para instalação de cisternas e também o alto custo de todas as instalações necessárias, uma vez que deve ser acondicionada num reservatório diferente daquele que recebe a água tratada. Além disso, requer um obrigatório controle das primeiras águas de chuva coletadas, bastante perigosas, já que são o resultado da lavagem da poluição aérea e das sujeiras acumuladas nos telhados, denominada "*first flush"* (TOMAZ, 2003).

Fu e Wang (2009), define o "*first flush*" como a maior fração constituinte da massa ou maior concentração de parte do volume do Escoamento Superficial Direto

(ESD). Se essa primeira porção do ESD contém uma grande quantidade de massa de poluentes, o descarte ou tratamento desta primeira porção pode ser economicamente viável em aproveitamento de água de chuva de telhados para a remoção dos poluentes. Temos basicamente dois "*first flush*":

- *First flush* dos telhados que geralmente é em torno de 2mm.
- *First flush* de áreas impermeáveis na superfície do solo que geralmente é de 25mm.

Para uso humano, inclusive para como água potável, deve sofrer evidentemente filtração e cloração, o que pode ser feito com equipamento barato e simplíssimo, tipo Clorador Embrapa ou Clorador tipo Venturi automático. Segundo o artigo, Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma NBR15.527 de 2007, a água da chuva, captada e tratada, poderá ser utilizada principalmente para fins não potáveis recebendo o tratamento devido estabelecido em lei. Essa Norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis e se aplica também a usos não potáveis em irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos de água, descargas sanitárias e usos industriais (BRASIL, 2007).

3.2 DIMENSINAMENTO DA DEMANDA

Segundo a NBR5626/98, a quantificação da água de uma edificação, reside no tipo de serviço, no funcionamento do edifício e também se relaciona com a quantidade de pessoas que vivem ou trabalham dentro das dependências da construção, fornecendo um consumo diário seguindo-se os critérios da Tabela1 da NBR5626/98.

Tabela 1- Consumo médio de água por tipo de uso

Tipo de construção	Consumo médio (litros/dia)
Alojamentos Provisórios	80 por pessoa
Casas populares ou rurais	120 por pessoa
Residências	150 por pessoa
Apartamentos	200 por pessoa
Hotéis (s/cozinha e s/lavanderia)	120 por pessoa
Escolas-internatos	150 por pessoa

Escolas-semi-internatos	100 por pessoa
Escolas-externatos	50 por pessoa
Quartéis	150 por pessoa
Edifícios públicos ou comerciais	50 por pessoa
Escritórios	50 por pessoa
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderias	30 por Kg de roupa seca
Mercados	5 por m² de área
Matadouros-animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros-animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Postos de serviço para automóveis	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m²
Orfanato, asilo, berçário	150 por pessoa
Ambulatório	25 por pessoa
Creche	50 por pessoa
Oficina de costura	50 por pessoa

Fonte: NBR 5626/98

No caso, de espaços externos, como os jardins o consumo de água depende da área verde a qual deve receber regas, levando-se em conta o método de interpretação da tabela (COELHO, 2009). A NBR 5626/98, também afirma que para a quantificação da vazão de aparelhos específicos usados dentro de dependências da edificação, pode-se contabilizar o uso de água dos acessórios como na Tabela 2, também retirada da norma.

Tabela 2– Vazão de projeto por peça utilizada em áreas externas

Aparelho sanitário	Peça utilizada	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,7	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,3	1
Bebedouro	Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,2	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1	0,1
Lavadora de roupa ou louça	Registro de pressão	0,3	1
Lavatório	Torneira misturador (água fria)	0,15	0,3

Mictório com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
Mictório sem sifão integrado	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 /metro de calha	0,3
Torneira ou misturador	Torneira misturador (água fria)	0,25	0,7
Torneira elétrica	Torneira elétrica	0,1	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem geral	Torneira	0,2	0,4

Fonte: NBR 5626/98

Tomaz (2007) destacou, em estudos propostos, que a descarga dos banheiros é um ponto crítico de consumo pois pode gastar até 9 litros a cada acionamento e 3 litros quando se trata de mictório. O Autor afirma ainda que uma pessoa utiliza uma descarga 4 a 5 vezes ao dia e dessa maneira para obter a demanda necessária de água nos sanitários da instituição deve-se relacionar o gasto de uma descarga com o número de vezes utilizada e ainda o número de estudantes na instituição (TOMAZ, 2007). Na Tabela 3 estão representadas algumas vazões médias de descarga de equipamentos hidráulicos prediais.

Tabela 3 - Vazões médias de descarga de equipamentos hidráulicos prediais

Equipamento Convencional	**Consumo**
Bacia com caixa acoplada	12 litros/descarga
Bacia com válvula bem regulada	10 litros/descarga
Ducha (água quente/fria) - até 6 mca	0,19 litros/seg
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg
Torneira de pia - até 6 mca	0,23 litros/seg
Torneira de pia - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg
Torneira uso geral/tanque - até 6 mca	0,26 litros/seg
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg
Torneira uso geral/tanque - até 6 mca	0,26 litros/seg
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg
Torneira de jardim - 40 a 50 mca	0,66 litros/seg
Mictório	2 litros/uso

Fonte: SABESP[2]

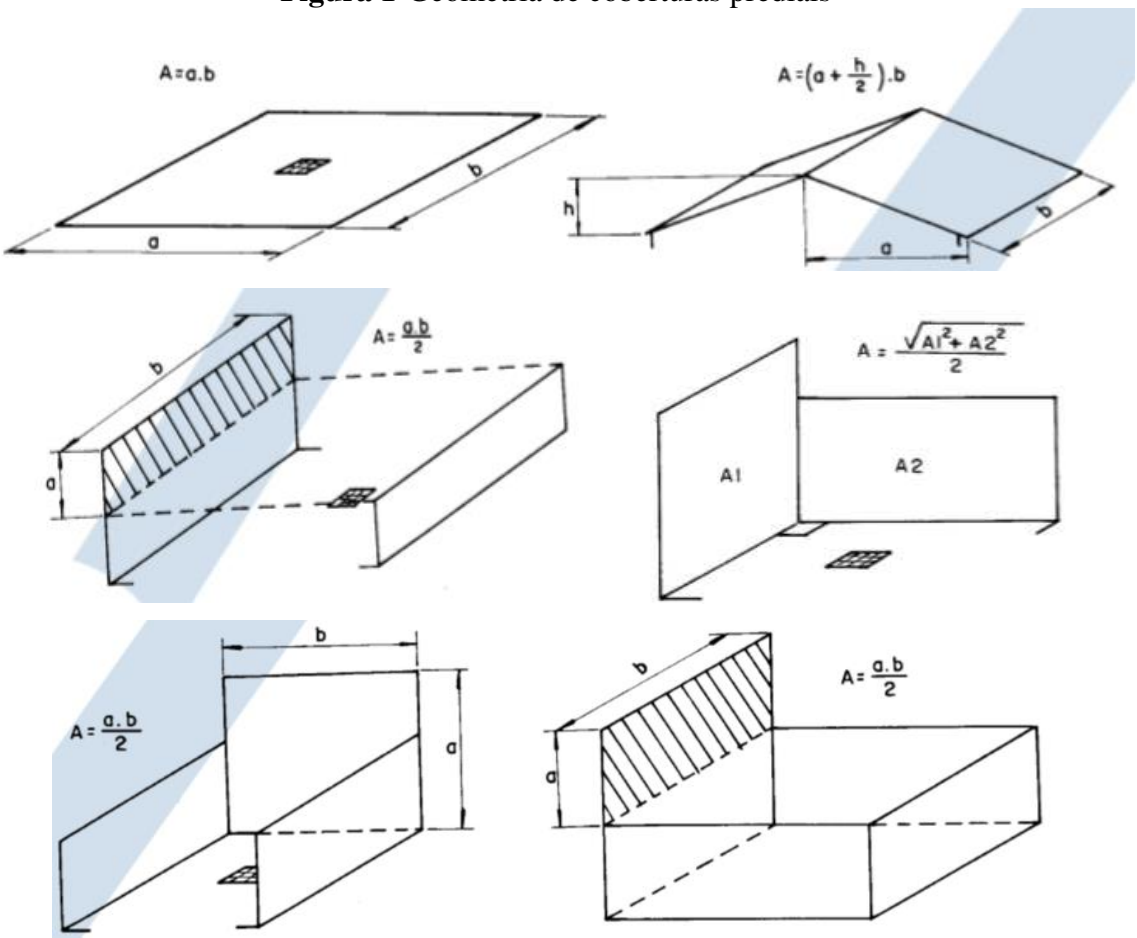
[2] http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145

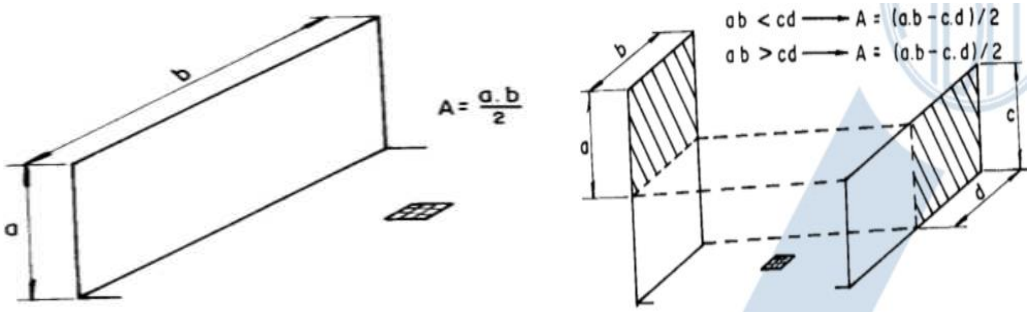
3.3 DIMENSINAMENTO DA OFERTA

Atendendo a ABNT NBR 10844/89 o dimensionamento de calhas e coletores é baseado em vazões de pico para determinado período de retorno escolhido, essas vazões servem para dimensionamento das calhas e condutores verticais e horizontais. Conforme NBR 10844/89. A área de contribuição é a área plana horizontal atingida diretamente pela chuva, mais o incremento devido a inclinação da cobertura e das paredes que interceptam água de chuva que deve ser drenada (BAPTISTA, 2014).

A ABNT NBR 10844/ 89 também enfatiza, que a área de contribuição deve ser interpretada, a quesito de cálculo, de acordo com sua estrutura geométrica e arquitetônica, pois tais características influenciam no escoamento da chuva (BAPTISTA, 2014). Assim como se pode observar a seguir na Figura 1:

Figura 1-Geometria de coberturas prediais





Fonte: NBR 10844/89

Deve ser observado também o período de retorno escolhido (Tr), os períodos de retorno comumente adotados são Tr=5anos ou Tr=25anos dependendo do risco a ser assumido (TOMAZ, 2007). Baptista (2014) afirma que o dimensionamento dos condutores pluviais deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q=60000 \times (A/n) \times R^{2/3} \times S^{0,5} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo, Q a vazão de pico (l/min); A a área da seção molhada (m2); n o coeficiente de rugosidade de Manning (admensional para concreto n=0,013 e para plástico n=0,011); R o raio hidráulico (m); S é a declividade da calha (m/m). A NBR 10844/98 salienta que os coeficientes de rugosidade dos materiais, normalmente utilizados na confecção de calhas, é um fator que pesa no escoamento da água da chuva, por conseguinte deve-se levar em conta a análise da tabela em relação a escolha material da calha (TOMAZ, 2007), como mostrado abaixo na Tabela 4:

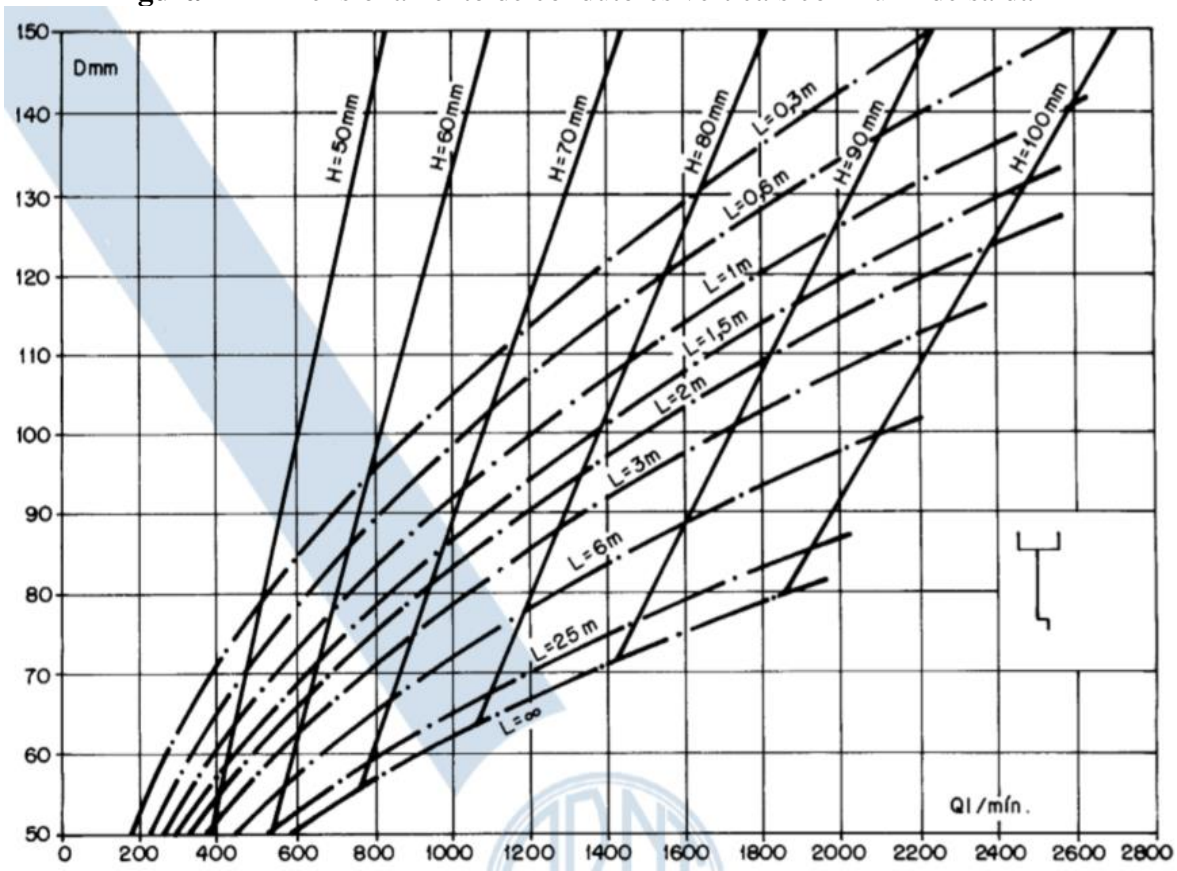
Tabela 4- Coeficiente de rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844/89

O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados (BAPTISTA, 2014), com relação na Figura 2, onde Q é a vazão de projeto, em l/min; H é a altura da lâmina de água na calha, em mm/ e, L é o comprimento do condutor vertical, em metros. O uso da Figura 2 como suporte no dimensionamento da calha vertical é realizado após determinar a vazão de contribuição da calha. Na pesquisa utilizaram-se o ábaco da NBR10.844/89 para calhas com funil de saída e, com essa vazão determinada, traça-se uma reta paralela ao eixo das ordenadas até interceptar as curvas de H e L correspondentes, podendo-se interpolar entre as curvas dos valores de H e L. A partir desse ponto, seguindo paralelamente ao eixo das abcissas até interseccionar o eixo das ordenadas encontrar-se-á o valor do diâmetro, cujo valor é do diâmetro interno da tubulação vertical, podendo no mínimo ser imediatamente superior ou igual ao valor encontrado.

Figura 2 - Dimensionamento de condutores verticais com funil de saída



Fonte: NBR 10844/89

A ABNT10844/89 destaca que os condutores horizontais de seção semicircular, que geralmente são afixados nos telhados, podem ser dimensionados, em termos de vazão, usando a fórmula de Manning para seção máxima de altura 0,66D ou usar o

quadro 4 e declividade mínima de 0,5% (0,005m/m) para encontrar a descarga em litros por minuto na Tabela 5.

Tabela 5 - Dimensionamento de condutores horizontais

Diâmetro Interno D (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	242	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844/89

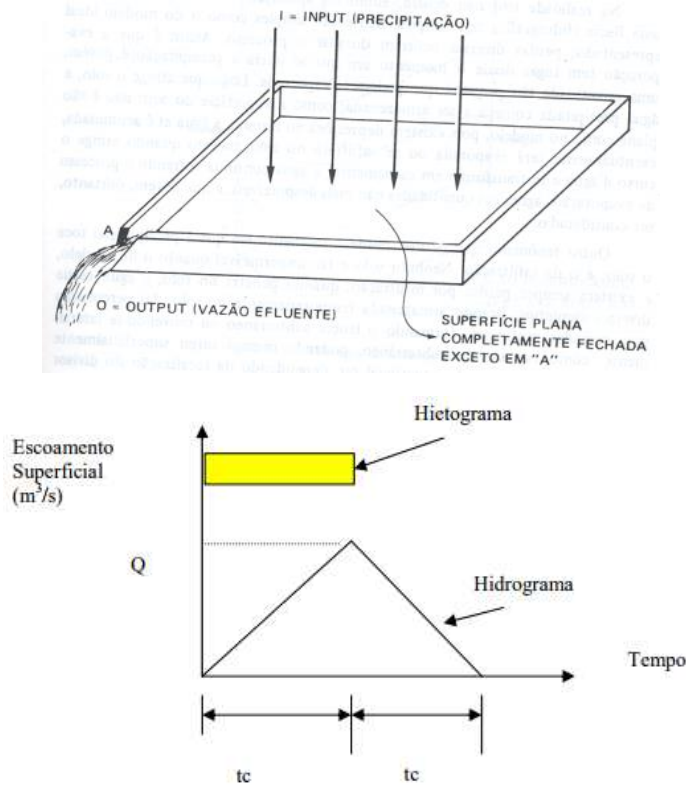
3.3.1 MÉTODO RACIONAL

O método racional consiste em um método indireto que estima uma determinada vazão por meio de uma chuva de projeto, ou seja, o método transforma chuva em vazão (TOMAZ, 2013). Apresentado pela primeira vez em 1851 pelo Irlandes Thomas Mulvaney e muito usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889, o método racional (na Inglaterra é chamado de método de Lloyd-Davies) define uma correlação entre a chuva e o escoamento superficial, e é usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia (TOMAZ, 2013). A equação a seguir representa a chamada fórmula racional:

$$Q = \frac{C.I.A}{360} \qquad \text{(Eq. 2)}$$

Onde: Q é a vazão de pico (m³/s); C é o coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1. C é o volume de Runnof/volume total de chuva; I é a intensidade média da chuva (mm/h); A é a área da bacia (ha); tc é o tempo para o escoamento máximo, e o dobro desse tempo é o tempo total de escoamento superficial (TOMAZ, 2013). A Figura 3 a seguir representa como se dá o funcionamento do método racional.

Figura 3 - Modelo de sistema hidrológico simples e representação esquemática do hidrograma triangular do Método Racional.



Fonte: TOMAZ, 2013.

Tomaz (2013) afirma que o método racional deve ser aplicado somente em pequenas bacias, com uma área de drenagem inferior a 3km² (300ha). Já Akan (1993) adota para o método racional, em sua obra, uma área de bacia até 13km². Mas convencionalmente considera-se um limite máximo de 3km² do Método Racional (TOMAZ, 2013).

O conceito de pequena, média e grande bacia é uma definição vista de diferentes formas pelos hidrólogos (TOMAZ, 2013). Uma mesma bacia ao mesmo tempo que é considerada pequena por uns, pode ser considerada média ou grande por outros. Logo, não há um estabelecimento universal das definições de pequena, média e grande bacia (TOMAZ, 2013) e para se utilizar do Método Racional devem-se obedecer as seguintes premissas:

> a) toda a bacia em sua totalidade contribui com o escoamento superficial e é por esse fator que o tempo da tormenta deve exceder ao tempo de concentração da bacia ou ser igual;
> b) a chuva é distribuída de forma uniforme por toda a área da bacia;
> c) as perdas existentes estão associadas ao coeficiente de escoamento superficial e, a intensidade da chuva relacionada com o tempo de

concentração e a frequência da ocorrência podem ser adquiridas das próprias curvas de intensidade-duração-frequência (IDF). A obtenção dos cálculos é simples.

3.3.2 QUALIDADE DA ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO

A Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade que estabelece, dentre outras, diretrizes da vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem implementadas pelos Estados, Distrito Federal e Municípios, respeitados os princípios do SUS e em sua redação a portaria traz consigo as informações das concentrações de potabilidade, número de amostras mínimos, planos de capacitação, características organolépticas da água dentro outros e que devem ser respeitados no abastecimento Público (BRASIL, 2011).

A Resolução CONAMA n.°357 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências como concentrações que devem ser atendidas numa água residual e os tratamentos que cada uma das classes das águas salinas, doces e salobras devem ser submetidas para atender algumas finalidades (BRASIL, 2005).

A Agência Nacional de Águas tem um novo texto na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97), também conhecida como Lei das Águas, que incentiva e promove a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. No entanto nenhum desses textos considera a precipitação pluvial como manancial ou água residuária, apesar da FUNASA considerar a água pluvial como uma parte integrante do saneamento. Na Tabela 6 é possível observar algumas finalidades da água em termos de qualidade e a água de chuva sem tratamento pode ser reutilizada em muitas dessas finalidades inclusive abastecimento doméstico isolada da rede para usos menos nobres.

Na Tabela 7 podem ser visualizados os padrões de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 e 430/2011. São compostos orgânicos, metais, produtos utilizados na agricultura para controle de pragas e substâncias tóxicas gerada a partir de halogênios metálicos oriundos de metabolismo celular.

Tabela 6 – Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade

Uso geral	Uso especifico	Qualidade requerida
Abastecimento de água doméstico	—	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Adequada para serviços domésticos • Baixa agressividade e dureza • Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de microrganismos)
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios)	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de microrganismos)
	Água entra em contato com o produto	• Variável com o produto
	Água nã entra em contato com o produto (ex: refrigeração, caldeira)	• Baixa dureza • Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Salinidade não excessiva
	Demais plantações	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações • Salinidade não excessiva
Dessedentação de animais	—	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais • Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da flora e da fauna	—	• Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preserva
Agricultura	Criação de animais	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais e dos consumidores • Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais e dos consumidores • Disponibilidade de nutrientes
	Criação de vegetais	• Isenta de substâncias químicas toxicas aos vegetais e aos consumidores • Disponibilidade de nutrientes
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: Natação, esqui, surfe)	• Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde • Isenta de organismos prejudiciais à saúde • Baixos níveis de sólidos em suspensão e óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	• Aparência agradável
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	• Baixa agressividade
	Usinas Nucleares ou termelétricas (ex: torres de resfriamento)	• Baixa dureza
Transporte	—	• Baixa presença de material grosseiro que possa pôr em risco as embarcações
Diluição de despejos	—	—

Fonte: SPERLING, 2005

Tabela 7 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

PARÂMETRO	Unidade	VMP[3]
INORGÂNICAS		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Continuação		
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto[4]	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
ORGÂNICAS		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroeteno	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloreto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroeteno	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroeteno	µg/L	70

PARÂMETRO	Unidade	VMP[2]
AGROTÓXICOS		
Alaclor	µg/L	20
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Continuação		
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20
CIANOTOXINAS		
Microcistinas[5]	µg/L	1

DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO[6]					
Bromato	mg/L	0,025	Monocloramina	mg/L	3
Clorito	mg/L	0,2	2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Cloro livre	mg/L	5	Trihalometanos Total	mg/L	0,1

Fonte: ESALQ S/D, 2000

[3] Valor máximo permitido
[4] Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela
[5] É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análise realizadas nos últimos 12 (doze) meses.
[6] Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado

3.3.2.1 TÉCNICA PARA ANÁLISE MICOBIOLÓGICA DA QUALIDADE DA ÁGUA

O método de Colilert® é o método utilizado na detecção de coliformes totais e Escherichia Coli pela sua especificidade, facilidade, redução de custos e o fator tempo e segundo Oliveira[7] (2013) e tem por base a DST (Defined Substrate Technology) (GROSSI et al., 2013 *apud* Oliveira, 2013). A Autora continua explicando que:

> "DST surgiu na década de 1980 (patenteada por Edberg (1990) com o nº 4925789) e era usada na enumeração de espécies bacterianas a partir de amostras clínicas de urina. Esta tecnologia é baseada no princípio do fornecimento de alimento aos microrganismos alvo e não fornece sustento para outras bactérias. Por conseguinte, apenas estes microrganismos podem crescer sem ser necessário a adição de inibidores para eliminar outras bactérias. O substrato definido, substrato hidrossolúvel, é utilizado como fonte de nutrientes vitais para o microrganismo que se deseja enumerar. A tecnologia pode ser ainda designada de autoanálise, porque existe uma mudança de cor produzida pelo microrganismos alvos sem existir a necessidade de testes de confirmação ou de trabalho técnico. Para realizar o teste acrescenta-se a amostra à fórmula em pó seguido de incubação. Requer um selador, uma lâmpada de 366 nm e uma incubadora. As mudanças de cor específicas indicam a presença dos microrganismos alvo" (EDBERG et al. 1988 apud OLIVEIRA, 2013. 21p.; EDBERG E EDBERG, 1988 apud OLIVEIRA, 2013, 21p.).

A Autora continua:

> O método Colilert® consiste em misturar o meio de cultura com ONPG e MUG com 100 mL de amostra, incubar e ler o resultado como presença/ausência (qualitativo) (OKOKO et al., 2012 apud OLIVEIRA, 2013. 21p.) ou NMP (quantitativo) (IDEXX, 2002 apud OLIVEIRA, 2013. 21p.). Assim, para enumerar coliformes e/ou E. coli utiliza-se a placa Quanti-TrayTM (tray). A amostra e o reagente Colilert® são introduzidos na tray, este é selado, incubado sendo contados os poços que exibem coloração amarela (no caso da contagem de coliformes) e fluorescência (no caso de E. coli). O NMP na amostra é determinado através de uma tabela de NMP fornecida pela IDEXX, ANEXO II (PISCIOTTA et al., 2002 apud OLIVEIRA, 2013. 21p.; KOSTER et al., 2003 apud OLIVEIRA, 2013. 21p.; IDEXX, 2013b apud OLIVEIRA, 2013. 21p.). Este método permite enumerar diretamente coliformes e E. coli simultaneamente de 1 microrganismo/100mL até 2x103 por 100mL de amostra (IDEXX, 2011 *apud* OLIVEIRA, 2013. 21p.). A amostra vai adquirir cor amarela quando os coliformes metabolizam o nutriente indicador ONPG. A cor amarela é devido à produção do ácido ONP resultante da hidrólise do ONPG. A amostra vai emitir fluorescência sob luz UV (366 nm) quando E. coli presente metaboliza o indicador de nutriente MUG, libertando o composto 4-MU (IDEXX, 2011 *apud* OLIVEIRA, 2013. 21p.; LUSTER-TEASLEY E IVES, 2013 *apud* OLIVEIRA, 2013. 21p.). Os períodos de incubação vão depender se se está perante a formulação Colilert® -18 (18 horas de incubação) ou Colilert® (24 horas de incubação) (ECKNER, 1998 *apud* OLIVEIRA, 2013. 21p.; BONADONNA et al., 2007 *apud* OLIVEIRA, 2013. 21p.; IDEXX, 2013a *apud* OLIVEIRA, 2013. 21p.; IDEXX, 2013c *apud* OLIVEIRA, 2013. 21p.).

[7] https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/1075/1/Projeto%20Catarina%20Oliveira.pdf

3.3.2.2 TÉCNICAS PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA

⇨ Alcalinidade

A alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato. A importância do conhecimento das concentrações deste íon permite a definição de dosagens de agentes floculantes, fornece informações sobre as características corrosivas ou incrustantes da água analisada, todos os íon causadores da alcalinidade tem características básica, sendo assim reagente quimicamente com soluções ácidas, ocorrendo a reação de neutralização e para determinação final da reação de neutralização utiliza-se um indicador e na análise de alcalinidade utiliza-se dois indicadores, com pontos de viragem em função das diversas formas de alcalinidade[8].

- PH > 9,4 para hidróxidos e carbonatos
- 8,3 < pH < 9,4 para carbonatos e bicarbonatos
- 4,4 < pH < 8,4 apenas para bicarbonatos

Não é possível a coexistência das três formas de alcalinidade numa mesma amostra, em função da reação química do íon bicarbonato com o íon hidróxido, o íon bicarbonato age como se fosse um ácido fraco na presença de uma base forte

$$HCO^{-3} + OH^{-} \rightarrow H_2O + CO_3^{2-} \qquad \text{(Eq. 3)}$$

⇨ Ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA)

EDTA é o acrônimo em inglês de *Ethylene Diamine Tetracetic acid* ou ácido etilenodiamino tetra-acético e é um composto orgânico que surgiu em 1945 e age como ligante polidentado, formando complexos muito estáveis com diversos íons metálicos alcalinos e alcalinos-terrosos em pH alcalino na reação de complexação. O EDTA inibe os íons metálicos e a escolha do pH deve recair também na eliminação da possibilidade de formação de precipitados com hidróxidos metálicos[9].

[8] https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/determinacao-da-alcalinidade/
[9] https://mralexandre.files.wordpress.com/2013/02/preparac3a7c3a3o_padronizac3a7c3a3o_edta.pdf

⇨ Preto de eriocromo T

É um indicador complexométrico usado em titulações de complexação, ou seja é usado comunmente em conjunto com o EDTA, como na determinação da dureza da água. É um corante azóico, o que lhe confere intensa cor e a solubilidade em água é dada pela presença de grupos sulfônicos. As soluções aquosas de Preto de Eriocromo são levemente básicas e coloridas de amarelo e os dois grupos hidroxila são desprotonados pela adição de uma base (álcali, por exemplo) e a cor solução varia para azul ciano e quando estes ânions de indicador estão na forma protonada, formam um complexo vermelho magenta fraco com íons metálicos bivalentes (com cálcio, magnésio, ou outros íons metálicos)[10].

3.3.3 GEOPROCESSMENTO E DRENAGEM

O uso de técnicas de geoprocessamento mostra-se uma ferramenta poderosa, pois permite o estudo do relevo, hidrografia e visualização espacial para uma análise mais eficiente. Assim, é possível realizar a representação digital de uma bacia hidrográfica com o auxílio de tais técnicas.

De modo tradicional os estudos hidrológicos eram realizados sempre embasados em mapas topográficos, que permitiam a caracterização de bacias hidrográficas, como afirma Collischonn (2008). A partir da década de 1970 a acessibilidade aos computadores permitiu a criação de formas de representação de relevo de maneira digital, facilitando a armazenagem e o processamento de dados topográficos de modo mais prático para uma melhor análise hidrológica em sistemas de Informação Geográficas (SIGs).

Esses Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) surgem como principal tecnologia aliada às pesquisas que envolvem o campo do geoprocessamento, sendo definido por Câmara e Davis (2001) como ferramentas computacionais que possibilitam a realização de análises complexas, ao passo em que integram dados de diversas fontes e possibilitam a criação de dados georreferenciados. Essas ferramentas computacionais tornam-se muito úteis para integrar uma análise hidrológica de uma determinada região, bem como o estudo das variáveis que determinam a ocorrência de enchentes e o vislumbre de soluções para tal problema.

[10] https://pt.wikipedia.org/wiki/Preto_de_eriocromo_T

Por meio das imagens de satélite, além do processamento desses dados, torna-se possível visualizar as características de uso do solo em bacias hidrográficas, possibilitando a absorção dessas características de uso de solo como fatores explicativos nos modelos para estimar o escoamento superficial, conforme indicam os estudos de Alcoforado et al, (2003). Então, necessita-se classificar a imagem a partir da análise de como os alvos distintos ou materiais refletem a radiação solar (ALCOFORADO et al, 2003)

Conforme Ávila et al (1999) apud Alcoforado et al (2003), o uso das imagens de satélites, podendo-se citar o satélite americano LANDSAT-TM e o satélite francês SPOT, possibilitou uma evolução tecnológica significativa, abrangendo possibilidades de aplicações hidrológicas do geoprocessamento, os quais pode-se citar:

- Caracterização do uso do microbacias hidrográficas: os maiores avanços na avaliação do uso da terra foram obtidos por meio dos classificadores de imagens. Tal classificação consiste em delimitar regiões que possuem um comportamento espectral homogêneo. Esse nível de detalhamento possibilita a identificação dos níveis variados de deterioração de pastagens, que ocasiona a erosão, afetando diretamente na oferta de água superficial.
- Caracterização da precipitação pluviométrica: a partir de dados da pluviometria de estações de uma determinada região, pode-se interpolar esses valores para a obtenção de um mapa de distribuição espacial da precipitação.
- Mapeamento da rede de drenagem: torna-se possível a delineação automática dos lagos e rios de uma bacia hidrográfica por meio do modelo numérico de terreno (MNT).

3.4 REAPROVEITAMENTO E AVALIAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA EM TERMOS DE QUALIDADE NO BRASIL

Gutierrez (2011) pesquisou um sistema de drenagem pluvial a partir da avaliação da qualidade da água do escoamento superficial direto predial antes e após passar pelo sistema de infiltração, paralelo ao monitoramento da qualidade da água de chuva, mediante análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos em legislação e em experiências nacionais e internacionais, comparadas às condições da área de estudo, e análise exploratória dos dados por duas técnicas quimiométricas:

Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA). De acordo com a análise da autora a variação dos resultados obtidos, sobretudo, da qualidade da água atmosférica e da qualidade da água do escoamento superficial direto, obtiveram-se como resultados concentrações sensivelmente menores dos parâmetros Turbidez, Cor, ST, STD, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Sulfato, Cloreto, Cádmio, Cobre, Chumbo e Zinco analisados nas amostras de água diretamente da chuva, comparando-se com estudos precedentes na literatura e normas e legislações de recursos hídricos vigentes. O sistema removeu os seguintes parâmetros analisados, comparando-se com a água do escoamento superficial direto predial no canal: Zinco (90,89%), Cobre (88,31%), Condutividade Elétrica (31,40%), Nitrogênio Amoniacal (24,32%) e Cloreto (5,88%). Com relação às análises por PCA, evidenciaram-se as características entre as amostras de acordo com as condições de amostragem (dia, mês, local e tempo) e variáveis analisadas, dividindo em grupos de amostras e contribuindo para a extração e interpretação das informações que dificilmente seriam visualizadas diretamente na matriz de dados. As análises por HCA complementaram as análises por PCA.

Kobayashi *et al* (2008) mencionam como pontos positivos desse tipo de estrutura, o fato de permitir a infiltração de parte da água para o subsolo, retardar o deflúvio superficial direto e ser esteticamente agradável. Como aspectos negativos o autor menciona que os planos com declividade maior que 0,1% não devem ser usados, pois o transporte de material sólido para a área de infiltração poder reduzir sua capacidade de infiltração; o acúmulo de água no plano durante o período chuvoso impede o trânsito sobre a área; áreas gramadas devem ser podadas periodicamente, incluindo custos de manutenção e existem poucos estudos na literatura repostando-se aos planos de infiltração, mostrando que essas estruturas necessitam ainda serem experimentadas.

Tecedor (2014) teve como objetivo projetar, construir, monitorar e modelar um plano de infiltração, construído em escala real, para manejo de águas pluviais de um edifício com área de 3.001,3m². Para tanto, a autora realizou a caracterização do solo considerando os índices físicos, granulometria, permeabilidade, grau de compactação e perfil do solo e o levantamento da infiltração da água no solo realizou-se com ensaios de duplo anel (TECEDOR, 2014). Um dos objetivos do estudo foi verificar se a técnica compensatória plano de infiltração atendia a seis aspectos físicos, três aspectos urbanísticos e de infraestrutura, dois aspectos sanitários e ambientais e dois aspectos

socioeconômicos. O método adotado para o dimensionamento foi o da curva-envelope, utilizando um período de retorno de 10 anos e por meio de sensores de medição de nível e de medidas das precipitações foram monitorados 32 eventos de chuvas reais em que nesse período não ocorreu nenhum extravasamento do plano de infiltração representando, nesses eventos, uma eficiência de 100% na redução do volume escoado (TECEDOR, 2014). Para a modelagem do ESD no plano de infiltração foi utilizado o método de PULS, no entanto, o modelo foi considerado difícil de ser aplicado devido à enorme quantidade de incertezas em relação as áreas de infiltração, talvez pela alta capacidade de infiltração inicial do solo e ao fato da água escoar em áreas preferenciais no plano de infiltração (TECEDOR, 2014).

Lima *et al* (2011), descreve o cenário de disponibilidade de água na região Amazônica, Noroeste do Brasil, e avalia o potencial da economia de água potável para o setor residencial em 40 cidades da região e os resultados indicam que o potencial da economia de água potável varia entre 21 e 100%, dependendo da demanda de água potável verificada nas 40 cidades, com potencial médio de 76% e sua principal conclusão é que, se houvesse um programa do governo para promover a economia de água potável por meio da utilização da água pluvial, haveria significativa economia de água potável e, consequentemente, a preservação dos recursos hídricos na Amazônia.

Cruz e Blanco (2017) estudaram a captação pluvial e demonstraram que essa desponta como alternativa eficiente de aproveitamento de água, possibilitando a ampliação da oferta de água potável pelo poder público à população com o uso da água de chuva, não tratada, para fins menos nobres; e, ainda, reduzindo o escoamento superficial, minimizando os transtornos com enchentes. O trabalho dos autores avaliou o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, levando em consideração parâmetros como: precipitação de projeto, área de captação, demanda de água, bem como dimensionamento de calhas, condutos e reservatório; e avaliou a viabilidade financeira do projeto, que foi quantificada através do tempo de retorno do investimento (CRUZ E BLANCO 2017). O tempo de retorno resultou em 27,1 anos, tornando a instalação inviável financeiramente, mesmo apresentando uma redução mensal de aproximadamente 30% no consumo de água potável, dessa forma inferiu-se que a amortização do investimento em sistemas de aproveitamento de água pluvial ocorre de forma lenta, sobretudo devido ao baixo custo da água potável e que por outro lado, o sistema proporciona uma economia de 7,93m³ de água tratada mensalmente (CRUZ E BLANCO, 2017).

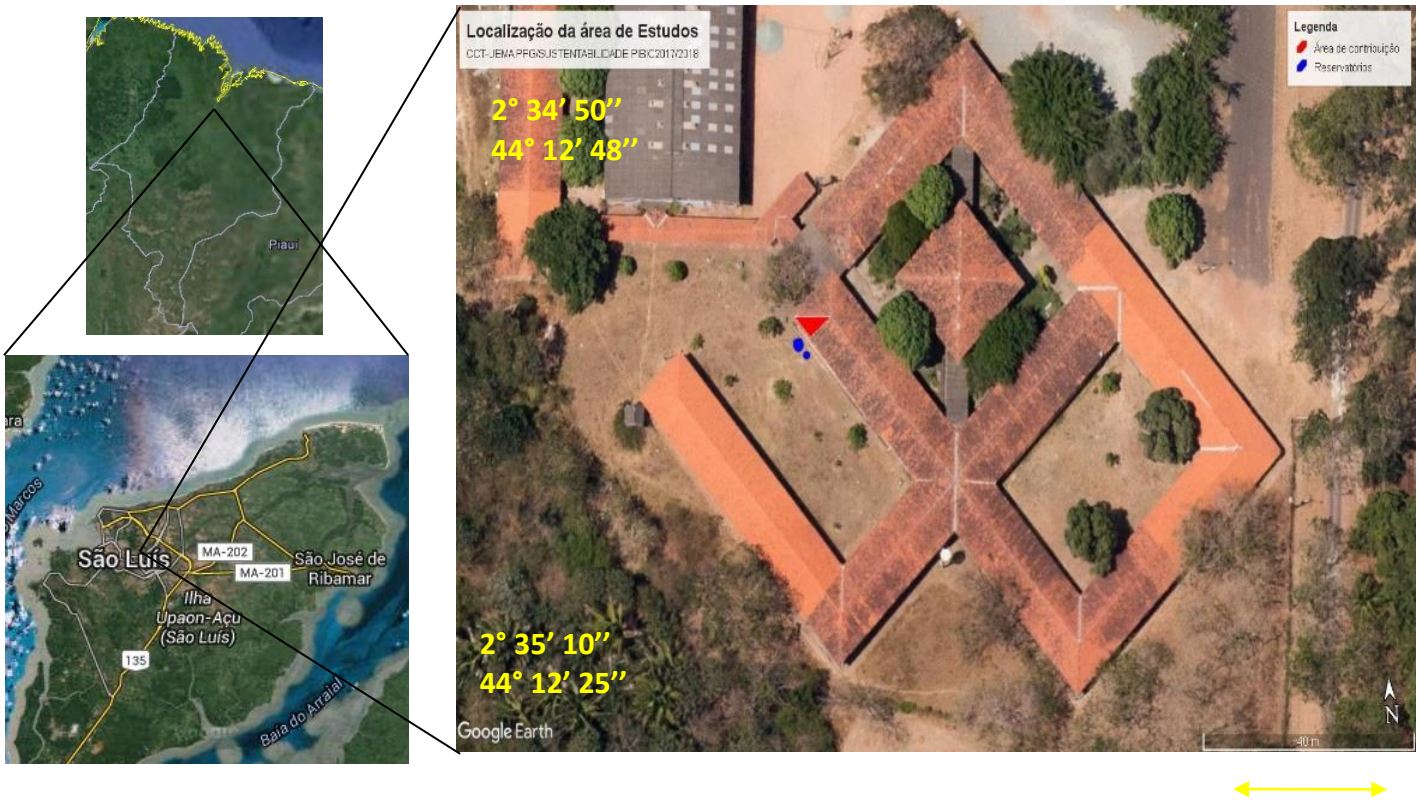
4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e ferramentas disponíveis na pesquisa devem ser listados e avaliados para que se possa ser definido os procedimentos corretos e mais proveitosos dentro dos objetivos já estabelecidos. Com isso, ater-se a um olhar mais detalhista para com tais ferramenta é um dos pontos deste estudo

4.1 INFRAESTRUTUA DISPONÍVEL PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O local a ser instalado e construído o laboratório de hidráulica a céu aberto está inserido no edifício do Centro de Ciência Tecnológica (CCT) da UEMA, próximo ao Departamento de Hidráulica e Saneamento e dos pavilhões de aulas como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Local de implantação e construção do sistema de captação, armazenamento e avaliação da água pluvial no CCT da UEMA



Local de instalação do sistema de coleta e reuso de águas pluviais
Fonte: Google Maps, 2018 (Imagem fora de escala).

Para a estimativa dos volumes gerados pelo ESD em todo o Edifício do CCT e para a avaliação da qualidade da água pluvial armazenada e avaliação do seu reuso, a água é captada em parte do telhado do CCT por 6 metros de calha coletora de água de 125mm. A calha recebe a contribuição de apenas uma das faces do telhado e conduz a

água em tubos de 100mm a um filtro simples de carvão e brita, para finalmente ser armazenada em dois reservatórios de água de 1000l e 5000l dispostos em sequência como apresentado no esquema da Figura 5. A análise da qualidade da água nos reservatórios seguiu as notas de amostragem, coleta e análise de água da Agência Nacional de Águas (CETESB, 2011).

Dessa água armazenada foram e serão realizados os cálculos dos volumes de ESD gerados em todo o telhado do CCT e nos tanques de armazenamento serão retiradas as amostras para realização das análises laboratoriais.

Figura 5 – Croqui esquemático da captação de água pluvial do projeto

Fonte: Autor (2018)

Os materiais utilizados na pesquisa presentes no laboratório LEHID, foram os instrumentos de medição de turbidez da água, Mi415 da Marca “Martini instruments” que mede a turbidez de soluções entre 0 e 1000 “*Formazina Nefelométrico Units*” (FNU), e as medições de condutividade, salinidade, temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos e condutividade da água pluvial realizados com o equipamento AZ86505 da Marca AKSO, como se pode observar na Figura 6.

Figura 6 – a) Turbidímetro portátil; b) Equipamento de bancada laboratorial para determinação da condutividade, salinidade, temperatura, pH, sólidos totais dissolvidos e condutividde da água pluvial da UEMA do laboratório de pesquisas e estudos hidrológicos – LEHID

Fonte: Autor (2018)

Já os ensaios de qualidade que avaliaram as amostras de água em 3 diferentes datas (07/06/2018; 06/07/2018; e, 13/07/2018), microbiologicamente (coliformes totais e coliformes termotolerantes) e também análise físico-química, afim de se avaliar a qualidade e enquadramento do reuso da água pluvial gerada no CCT-UEMA, de acordo com a portaria n.º 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre potabilidade da água e também da resolução CONAMA n.°357, foram realizados no laboratório de microbiologia de alimentos e água da UEMA.

As amostras de água foram coletadas, com o sistema de coleta contido no recipiente de reservação de água, em frascos esterilizados cedidos pelo próprio laboratório de microbiologia e transportados para a estrutura física do laboratório onde se realizaria as análises. No estudo microbiológico das análises das amostras se utilizou o método de Colilert® e as análises físico químicas foram realizadas por meio de titulação e a de turbidez usou-se o turbidímetro de absorvância calibrado.

4.2 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

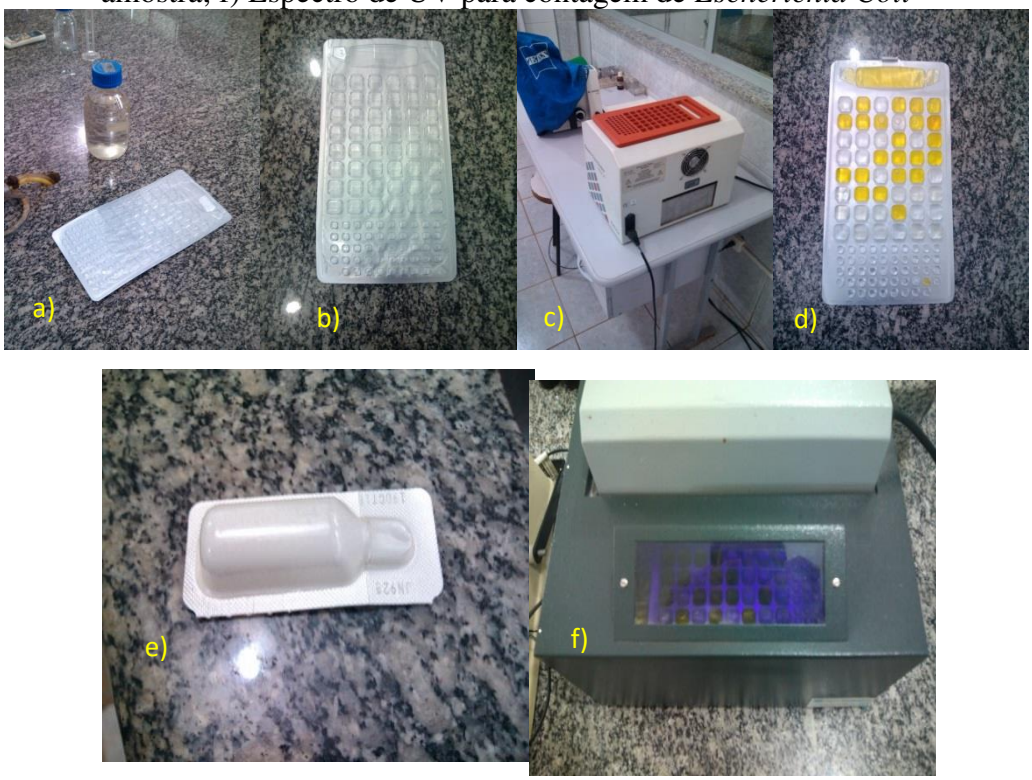
Para a avaliação microbiológica da água pluvial coletada seguiram-se os procedimentos a seguir:

- O ensaio inicia-se com a separação de 100ml da amostra, sob o bico de Bunsen para manter a esterilização e evitar contaminação e então é adicionado o fator reagente padrão do método de Culiert® (Figura 7-a));
- Após a diluição do reagente na amostra, o composto final é colocado num recipiente plástico de solução do sistema *Quanti-Tray* (Figura 7-e)), com muito cuidado o líquido é transportado de um recipiente para outro para que não haja perda de material e é de fundamental importância que os 100ml de água preencham todo o volume do recipiente plástico;
- Em seguida deve-se vedar o lacre do recipiente na Seladora Quanti-Tray (Figura 7-c)) e o material da amostra igualmente distribuído no recipiente.

- Depois de vedado a amostra é levada a uma incubadora à 35°C com uma variação de 1°C, durante 24horas (Figura 7-d) e 7-f)).
- Após 24 horas é realizada a leitura no aparelho de espectro Ultra Violeta (UV) para a contagem e estimativa microbiológica em Número Mais Provável (NMP) como se segue:

    - Cubas amarelas para coliformes totais
    - Cubas amarelas fluorescentes para *Escherichia Coli*
    - Contagem das cubas positivas e consulta a tabela de NMP para quantificação de indivíduos por 100ml

Figura 7 – a) Frasco para distribuição da amostra diluída nas cubas; b) Placa das cubas *Quanti-Tray*; c) Seladora da placa *Quanti-Tray;* d) placas com a contagem de Coliformes totais; e) Cuba para diluição e preparação da amostra; f) Espectro de UV para contagem de *Escherichia Coli*



Fonte: Autor (2018)

4.3 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

Para as análises correspondentes às características físico-químicas das amostras de água retiradas do sistema de coleta de água pluvial da pesquisa do laboratório de estudos hidráulicos, tem-se:

- Alcalinidade total

  A importância do conhecimento das concentrações deste íon permite a definição de dosagens de agentes floculantes que fornece, informações sobre as características corrosivas ou incrustantes da água analisada. Colocou-se 50ml de água das amostras num Erlenmeyer, em seguida são adicionadas 3 gotas de fenolftaleína para a faixa de 8,3<pH<9,4, titula-se o ácido sulfúrico normalizado para carbonatos e bicarbonatos até o retorno da coloração original da solução com o volume de ácido titulado conhecido. Adiciona-se 3 gotas de bromocresol e vermelho de metila solubilizados em álcool etílico, passando da cor azul para a cor salmão e titula-se novamente o ácido sulfúrico até a faixa de 4,4<pH<9,4 apenas para carbonatos.

- Dureza

  A dureza é provocada pela presença de sais de cálcio e magnésio e não apresenta importância sanitária, mas o uso de uma água com excesso destes íons pode causar problemas de incrustações em indústrias, corrosão e a perda de eficiência na transmissão de calor em caldeiras e em sistemas de refrigeração. Pipeta-se 10ml da amostra de água no Erlenmeyer, e mais 10ml de água destilada adicionado a um volume de 2ml de solução tampão. Adicionamos uma pequena quantidade de Preto de Eriocromo T em ambos e titula-se com EDTA0,01M observando a virada de cor.

- Determinação de cloretos

  Dilui-se uma quantidade de 50ml da amostra no frasco Erlenmeyer e adiciona-se 1ml de indicador cromato de potássio a 5% em ambos homogeneizando a mistura, para em seguida executar a titulação com nitrato de prata observando a virada de cor da solução.

- Turbidez

  A medida da turbidez é feita no turbidímetro calibrado, o que consiste na absorvância de um feixe de luz atenuado pelas partículas sólidas em suspensão na amostra. Basta que o feixe de luz esteja calibrado para uma água completamente livre de sólidos para que a diferença da atenuação do feixe de luz com partículas suspensas em relação à amostra translúcida seja medida.

- pH

  O aparelho que faz a leitura dos íons hidrogênio livres em solução na amostra é chamado de peagâmetro. O aparelho mede esses íons e determina-se os valores de pH da amostra, assim, se o pH é igual a sete é considerado um pH neutro, se menor que 7, uma solução ácida e acima de 7 o pH é básico.

- Oxigênio dissolvido

  O oxímetro é o aparelho capaz de determinar a concentração de oxigênio dissolvido em solução da amostra por meio da diferença de potencial entre o cátodo e o ânodo, os pares de eletrodos podem ser de ânodo de zinco ou ânodo de chumbo e cátodo de prata, ambos imersos em solução eletrolítica onde uma membrana permeável ao oxigênio separa o ânodo e o cátodo da água que está sendo medida e o oxigênio difunde da membrana e interage com o ambiente interno da sonda para produzir uma corrente elétrica proporcional à concentração de oxigênio[11].

Na Figura 8 se observa o oxímetro utilizado durante o ensaio.

Figura 8 – Oxímetro

Fonte: Autor (2018).

[11] http://www.splabor.com.br/blog/medidores-de-oxigenio-dissolvido/bate-papo-tecnico-qual-a-funcao-de-um-medidor-de-oxigenio-dissolvido-detalhes-interessantes-e-orientacoes-de-uso/

Na Figura 9 são as viradas de cores das soluções de alcalinidade total e Cloretos.

Figura 9 – Ensaios de Cloretos e Alcalinidade total

Fonte: Autor (2018)

4.4 MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE VOLUME

De forma análoga à outro procedimento já utilizados, o método de estimativa de volumes deve contemplar o desenvolvimento cientifico das literaturas usadas pro essa pesquisa.

4.4.1 CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DE DEMANDA

A demanda por usos menos nobres no CCT-UEMA pode ser calculada pelo número de equipamentos sanitários e a ocupação média diária calculada em torno de 350 pessoas mais acréscimo de zeladoria de 10 pessoas (TSUTIYA, 2006), somada as áreas de jardins e paisagismo. Na tabela 8 pode-se observar que o volume mensal de demanda do CCT-UEMA está estimado em 252m³/mês e em torno de 80% desse gasto é consumido nos nas bacias sanitárias, 8% nos mictórios e 12% dessa demanda para os jardins.

Tabela 8 – Demandas calculadas para o CCT-UEMA paras as bacias sanitárias, mictórios e torneiras nos jardins.

		Dia (m³/dia)	Mês (m³/mês)
Mictórios	4 unidades	0,64	19,2
Bacias sanitárias	14 unidades	6,72	201,6
Torneira de rega	1,5 (l/m²)	1,03	30,78
Total			251,58

Fonte: Autor (2018)

Segundo Heller (2010) há modelos de cálculo da demanda para os mais diversos fins e ao se considerar uma estrutura física de ensino superior com menos de 100 bacias, podem-se fazer usos desses modelos. Utilizando-se a Tabela 9 o cálculo da demanda foi estimado em 351,5m³/mês, 100m³ a mais no mês em relação ao volume calculado usando o consumo médio dos equipamentos hidráulicos prediais.

Tabela 9 – Modelo de cálculo de demandas utilizadas para o CCT-UEMA paras faculdades com menos de 100 bacias sanitárias

Categoria de consumo	
Condomínios residenciais	-21,7 + 0,0177 x (área total construída) + 2,65 x (nº de banheiros) + 3,97 x (nº de dormitórios) (prédio de apartamentos) – 50,2 x (nº de dormitórios > 3(sim/não0) (1) + 46 x (nº de vagas de garagem/apartamento) (1) Parâmetro que assume valor 1 ou (mais de 3 dormitórios por apartamento :1; caso contrário: o)
Clubes esportivos	26 x nº de chuveiros
Creches	5,96 x (área total construída)^{0,0417}x (nº de bacias x nº de vagas oferecidas)^{0,3525}
Escolas pré, 1º e 2º graus	-28,1 + 0,0191 x (área total construída) + 2,85 x 9n] de bacias) + 4,37 x (nº de duchas/chuveiros) + 0,43 x (volume das(s) piscina(s)) + 1,05 x (nº de funcionários)
Edifícios comerciais	0,0615 x (área total construída)
Faculdades com mais de 100 bacias	-22,3 + 0,168 x (área total do terreno) + 286 x (torres de resfriamento(sim/não))$^{(1)}$ + 608 x (número de bacias > 100(sim/não))$^{(2)}$ + 6,32 x (nº de mictórios) + 0,721 x (nº de funcionários) (1) Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há torres de resfriamento: 1; caso contrário: 0) (2) Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há mais de 100 bacias: 1; caso contrário: 0)
Faculdades com menos de 100 bacias	34,7 + 0,168 x (área de jardim) + 0,724 x (nº de vagas de estacionamento) + 0,0246 x (nº de vagas oferecidas) + 2,06 x (nº de bacias + 0,368 x (nº de funcionários)
Hospitais	(2,9 x nº de funcionários) + (11,8 x nº de bacias) + (2,5 x nº de leitos) + 280

Fonte: HELLER, 2010

4.5 VOLUME OFERTADO DE ÁGUA PLUVIAL

As precipitações são monitoradas por meio do pluviómetro da Marca Hidromec instalado na Estação meteorológica do LEHID localizado próximo ao CCT-UEMA e que pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 – Pluviómetro do LEHID próximo ao DHS/CCT

Fonte: Autor (2018)

É importante ter-se uma noção de como serão os futuros comportamentos do clima da região estudada, para que se possa nortear os fundamentos do processo de pesquisa sobre o reaproveitamento de água, como instalação de equipamentos de coleta e de armazenamento de água destinada a análise de qualidade. O conhecimento da vazão de escoamento faz parte de uma análise quantitativa dentro do processo de reaproveitamento.

A estimativa da vazão do escoamento produzido pelas chuvas em determinada área é fundamental para o dimensionamento dos canais coletores, interceptores ou drenos.

A equação racional estima a vazão máxima de escoamento de uma determinada área sujeita a uma intensidade máxima de precipitação, com um determinado tempo de concentração, a qual é assim representada:

$$Q = \frac{CIA}{360} \qquad \text{(Eq. 4)}$$

Em que Q é a vazão máxima de escoamento, em $m^3.s^{-1}$; C é o coeficiente de runoff; I é a intensidade média máxima de precipitação, em $mm.h^{-1}$; e, A é a área de contribuição da bacia, em ha. As variáveis são coletadas através dos parâmetros de pesquisa estabelecidos, como dados retirados da aparelhagem (pluviômetro, por exemplo) e pelas características de materiais usados na confecção da parte física da pesquisa. Dessa maneira, podemos estimar a vazão escoada pela chuva para, dessa forma, orientar os parâmetros da pesquisa.

Para a situação analisada nesta pesquisa, é necessário salientar que existe uma parcela de precipitação que se infiltra, evapora ou fica retida na superfície por consequência da característica do material em contato com a água, desse modo pode-se apontar a razão de volume escoado e volume de precipitação (coeficiente de runnof). Para os efeitos de cálculo, o coeficiente de Runnof, será considerado igual a 1 devido ao material usado na cobertura do CCT. Classificando assim, de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 - Coeficiente de Runnof

Característica da superfície	**Coeficiente de Runnof-C**
Telhado	0,75 a 1
Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
Pavimentação com paralelepípedo	0,70 a 0,85
Pavimentação concreto	0,80 a 0,95
Gramado-terreno arenoso	0,05 a 0,2
Gramado-terreno argiloso	0,13 a 0,35

Fonte: BAPTISTA, 2005

Assim, tem-se o método racional da seguinte forma:

$$Q = \frac{I*A}{60} \text{ com C=1}$$

Dessa forma, é efetuada a aplicação do método racional no reaproveitamento de água da chuva do escoamento do telhado do CCT-UEMA com as unidades em mm/h para intensidade e a área em m².

4.5.1 IINTENSIDADE MÉDIA DA PRRECIPITAÇÃO

Além do coeficiente de escoamento superficial a intensidade média da precipitação é também utilizada para calcular a vazão de projeto, que segundo Botelho (2011), pode ser obtida a partir da utilização da equação da chuva de cidades em que se conhece o seu regime hidrológico. A equação da chuva é denominada como equação IDF (Intensidade – Duração – Frequência), ou seja, leva em consideração a intensidade da chuva, a duração da chuva e sua frequência de ocorrências em um determinado lugar. As equações de chuvas intensas são essenciais para o dimensionamento de obras de drenagem urbana, pois são as obras que devem suportar vazões máximas relacionadas as maiores precipitações para um dado período de retorno considerado (COLOMBELLI e MENDES, 2013).

Diante desse contexto, necessita-se da equação IDF da cidade de São Luís, uma vez já definida por Freitas (1992) e, muito atual por Campos *et al*. (2015), o que obteve os parâmetros das equações IDFs com base nos dados da pluviometria do Estado do Maranhão, em que os mesmos foram calculados por meio dos dados primários das estações pluviométricas do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos – SNIRH, da Agência Nacional de Águas (ANA), a partir das estações localizadas em todo estado do Maranhão. De forma geral, a equação da chuva é representada da seguinte maneira, como mostrado na Equação 5.

$$I = \frac{K.T_r^a}{(t+b)^c} \qquad \text{(Eq. 5)}$$

Onde, I é a intensidade média de precipitação (mm/h); Tr é o período de retorno em anos; t é a duração da chuva em minutos e K, a, b e c são os parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos de cada localidade.

Para obtenção da equação da chuva da cidade de São Luís, realizou-se os ajustes dos parâmetros K, a, b e c, expressos na Equação 2, utilizando um modelo de regressão linear, em que apresentaram confiabilidade de dados climatológicos estudados (Campos et al., 2015). Portanto, para a cidade de São Luís foram obtidos os parâmetros apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Parâmetros da equação IDF da Cidade de São Luís – MA

Fonte	Município	Latitude	Longitude	K	A	b	c
Freitas e Denardin (1992)	São Luís	-2,320	-44,170	1131,67	0,180	10	0,740
Campos *et al*, 2015	São Luís	-2,533	-44,300	1089,680	0,163	10	0,742

Fonte: Campos et al (2015).

4.5.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Para o Método Racional, segundo Ven te Chow (1964), o tempo de concentração (tc) é tempo necessário para que toda bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial no ponto em estudo, e pode ser obtido a partir da fórmula de Kirpich, na qual leva em consideração o comprimento do curso principal e a diferença de cotas da bacia de contribuição (TOMAZ, 2013), como mostrado na Equação 6.

$$t_c = 57\left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385} \qquad \text{(Eq. 6)}$$

Onde, L comprimento do curso principal da bacia em km e Δh é a diferença das cotas da bacia em metros. A equação de Kirpich foi elaborada com bases de estudos de sete bacias agrícolas do Tennessee, com declividade variando entre 3 a 10% e com áreas de no máximo 0,5 km ². (PORTO et al, 2006 apud PRUSKI et al, 2010).

4.5.3 PERÍODO DE RETORNO

O Período de Retorno é o espaço de tempo em anos para que um evento seja igualado ou superado em menos uma vez nesse período (MARTINS e JUNIOR, 2015), e pode ser definido segundo a Tabela 12.

Tabela 12 – Período de retorno utilizado no dimensionamento hidráulico por finalidade

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	Tr (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais e arteriais de tráfego	5 – 10
Macrodrenagem	Áreas residenciais e comerciais	50 – 100
	Áreas de importância especifica	500

Fonte: MARTINS (2015)

4.5.4 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

Um importante parâmetro a se determinar para no dimensionamento da rede de drenagem é a área de contribuição, também chamada de área da bacia de contribuição, pois é o espaço que contribui par ao escoamento das águas em um determinado ponto, que é determinada em função da topografia (WATANBE, 2013).

4.6 MÉTODO DE RIPPL PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATORIO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Segundo Rippl (1883) o propósito de um reservatório de água é equalizar a flutuação entre o suprimento e a demanda ao longo do tempo e por tratar-se de um método fundamentado no conceito do período crítico, tem sua aplicação mais adequada para a situação em que a demanda acumulada de água é aproximadamente igual ou ligeiramente inferior ao suprimento (GIACCHINI, 2016). Assim, esta se apresenta como a situação que melhor se enquadra na formulação teórica do método, haja vista que o período crítico se apresenta bem definido. Segundo McMhahon e Mein (1978) *apud* Giacchini (2016) a técnica da curva de massa desenvolvida pelo engenheiro austríaco W. Rippl foi um dos primeiros métodos racionais utilizados na estimativa da capacidade de reservatórios e, neste sentido, o método de Rippl está sendo bastante utilizado para o dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água de chuva, por meio da facilidade de simulação da aplicação do método.

4.6.1 CONSIDERAÕES ACERCA DO DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para o cálculo do reservatório foram usados os dados de precipitação como oferta e a água pela rega da área de jardim diariamente como a demanda e utilizou-se o método das diferenças acumuladas proposto por Rippl (1983) que é o método mais comumente usado em aproveitamento de agua de chuva devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação e método geralmente apresenta o valor máximo do volume a ser armazenado em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais.

Como as demandas para atender todos os usos menos nobres do CCT-UEMA ficaram muito grandes, o que se exigiria um reservatório muito grande de dimensões não suportadas, fez-se a opção de dimensionar apenas um reservatório com demanda de 30m³/mês para atender as regas de jardins com folga de borda de 15cm e altura útil de 1,20m para armazenar água para rega de jardins e fornecimentos atípicos como em falta de água ou demanda extraordinária, o que causaria um déficit nas regas periódicas dos jardins. Salientam-se aqui que foram consideradas regas diárias para os jardins, mas que se essas regas diminuíssem para 3 regas semanais o reservatório estaria com metade de sua capacidade, caso toda água pluvial fosse coletada anualmente, para alimentar outros usos menos nobres.

4.7 CALIBRAÇÃO DO PLUVIÓMETRO E COLETA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Para a calibração do pluviómetro foi necessário verificar o nivelamento do aparelho, pois é importante que esta ferramenta esteja nivelada para receber toda a precipitação na sua área de abertura de maneira correta. O pluviómetro usado é de báscula (Figura 11), e mede os dados de chuva pelo número de vezes que a báscula enche e se esvazia durante um evento de precipitação. Os dados são registrados em *datalogger* e os dados podem ser descarregados posteriormente.

Figura 11 – Pluviómetro instalado no CCT em manutenção

Fonte: Autor (2018)

Para tanto, calcularam a correspondência do volume de água de 1mm na área de 1m² para a área de abertura do pluviômetro. O diâmetro de abertura do pluviômetro é de 22,5cm dessa maneira foi calibrado para 5 descarregamento das básculas em triplicata. Os volumes para correspondência do registro do evento e o real precipitado pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 13 – Correspondência entre o volume que deve ser coletado pela abertura do pluviómetro e aquela precipitada em 1m²:

Quantidade precipitada em 1m²	1mm	1000ml
Volume de água na abertura do pluviómetro	0,04mm	40ml

Fonte: Autor (2018)

Ou seja, cada descarga da báscula corresponde a 0,2mm, portanto para conferir 1mm de chuva a uma área de 1m² devem ocorrer 5 descarregamentos da báscula.

4.8 COLETA DE DADOS DE PRECIPITAÇÕA E ANÁLISE

Os dados trabalhados neste estudo foram descarregados do pluviógrafo usado na pesquisa, o pluviômetro de báscula da HIDROMEC, com auxílio do software da mesma empresa. Periodicamente, a cada semana o Laboratório de Estudos Hidráulicos do Departamento de Hidráulica e Saneamento era responsável por aferir as medidas indicadas pelo aparelho. Os dados de chuvas foram tabulados em planilha eletrônica para cálculos dos volumes gerados e comparados aos dados de chuva da estação NUGEO-UEMA e a Estação São Luís operada pelo INMET para validação e verificação da calibração.

4.9 GEOPROCESSAMENTO E DRENAGEM

As imagens de elevação foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais com resolução de 30 x 30m e *datum* WGS1984 e as imagens de superfície foram adquiridas no site da NASA Earth Explorer para traçado da microbacia hidrográfica, detalhamento dos coeficientes de escoamento superficial e estimativa do tempo de concentração da microbacia. Para o processamento das imagens e realização do traçado da bacia hidrográfica foram transformados em coordenadas planas e *datum* SIRGAS2000 UTM Zone 23S e extraíram-se as curvas de nível a cada 5m. Com o auxílio do GPS Garmin, modelo GPSmap 76Cx, para fins de análise da planta da bacia hidrográfica, verificando dados de elevação e georreferenciamento, auxiliado pelo software Quantum Gis®[12]. Com o auxílio do Google Earth®[13] foram calculados os coeficientes de escoamento superficial de longo prazo para a determinação da estimativa do volume escoado superficialmente na microbacia hidrográfica em estudo. As análises continuam sendo tratadas e as chuvas monitoradas estão em andamento e ainda não foram consistidas com todas as simulações hidrológicas para chuvas de projeto de 5 e 10 anos.

Na Figura 12 estão representadas as áreas de contribuição das coberturas do Edifício do Centro de Ciências e Tecnologias da UEMA – CCT-UEMA e também da área piloto para estimativas dos volumes captados e análise da água para reuso.

[12] https://www.qgis.org/pt_BR/site/
[13] https://earth.google.com/web/

Figura 12 – Áreas de contribuição do CCT-UEMA e da calha coletora de água pluvial

Fonte: Google Earth Pro, 2018.

As áreas de contribuição do telhado e do edifício CCT-UEMA são apresentadas na Tabela 14, e o que se percebe é que a área total do CCT-UEMA é aproximadamente 397 vezes maior em relação a área de cobertura predial da coleta e análise dos dados para a pesquisa.

Tabela 14 – Áreas e perímetro de contribuição total e útil da cobertura predial do CCT-UEMA, área de contribuição e perímetro da calha pluvial piloto da pesquisa

Área de cobertura predial CCT	4624	m²
Pérímetro útil de instalação da calha	718	m
Área de cobertura predial CCT útil para coleta	4092,6	m²
Área contribuição da Calha coletora piloto	10,3	m²
Perímetro de calha coletora piloto	6	m

Fonte: Autor (2018)

5. RESULTADOS

Os dados coletados até o presente momento no projeto somados com as metodologias trabalhadas, de forma analítica, possibilitam a aparição das análises e resultados que satisfarão os objetivos propostos por este estudo.

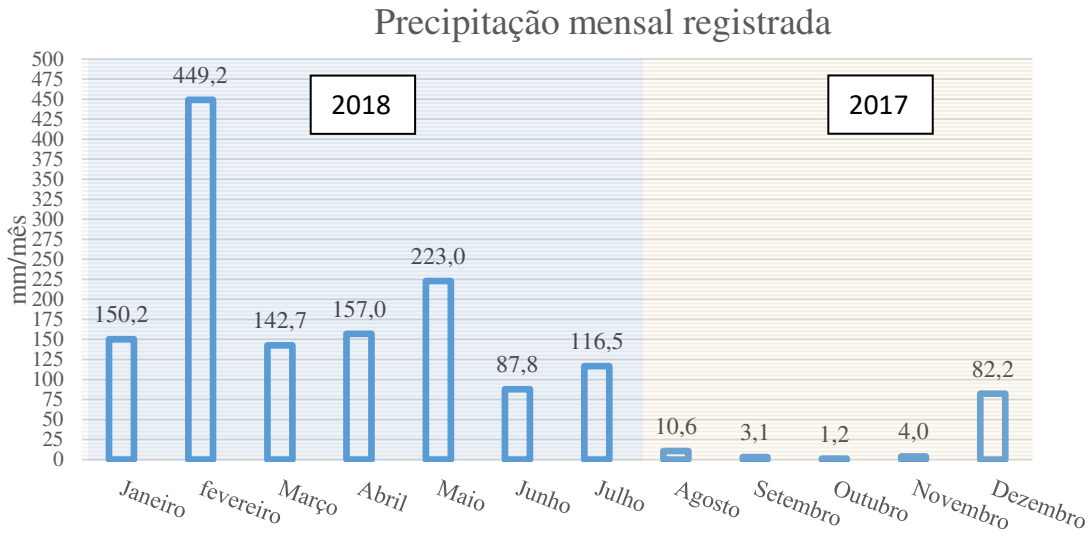
5.1 DIMENSIONAMENTO DA CALHA

A parcela de cobertura do telhado do CCT que, por escoamento da precipitação pluvial, abastece o sistema coletor composto pelas calhas e reservatórios conta com uma área de aproximadamente 17,5m². Utilizando o cálculo de vazão da NBR 10844 e a fórmula de Manning (Eq. 1) pode-se adotar um valor inferior a 100mm, no entanto utilizou-se um diâmetro de calha imediatamente superior de 125mm para as calhas coletoras e o que se percebeu que houve um superdimensionamento da calha pluvial.

5.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS MONITORADOS

Os dados de chuvas foram registrados em partes pelo NUGEO-UEMA e partes pelo pluviómetro do LEHID durante o período de pesquisa até o dado momento. Ambos os equipamentos tiveram que passar por manutenções, mas felizmente em tempo diferentes e foi possível coletar dados diários de precipitação de 06/08/2017 até 24/06/2018. Nota-se na Figura 13 que o maior volume mensal ocorreu no mês de fevereiro de 2018 com 449,2mm registrados no mês seguido por maio de 2018 com 223,0mm de chuvas registrados no mês pelo pluviómetro do LEHID.

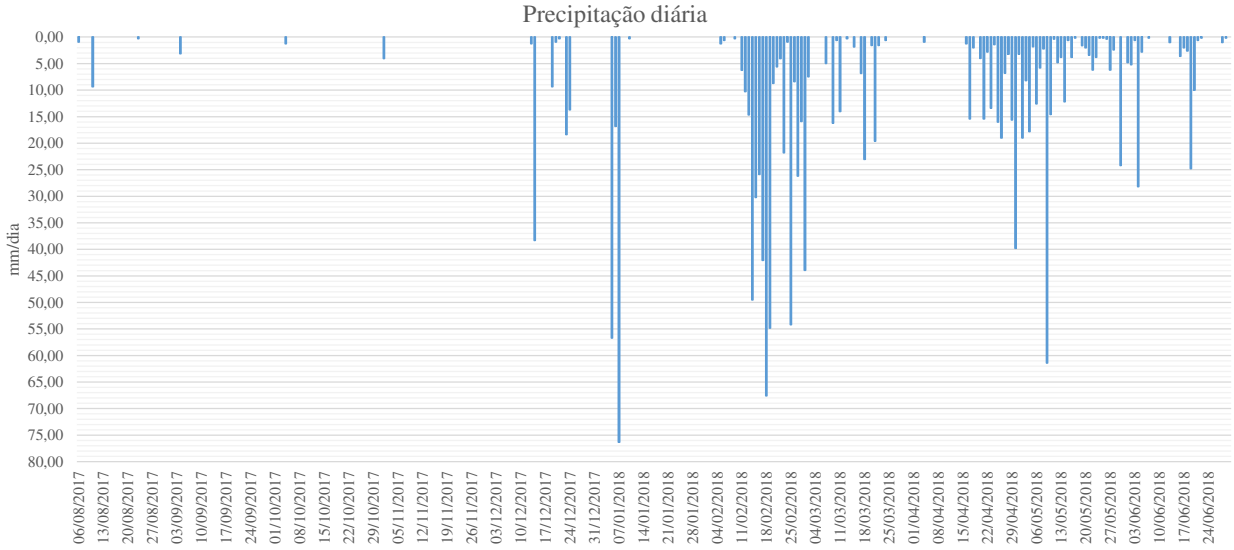
Figura 13 – Precipitações mensais de agosto de 2017 a julho de 2018



Fonte: Autor (2018).

No entanto, o registrador do LEHID é o equipamento que é capaz de monitorar as intensidades de chuvas e em abril precisou de manutenção. A estimativa dos volumes provenientes da precipitação, serão baseadas no volume diário precipitado e as vazões estabelecidas para cálculo de descargas nas calhas pluviais por evento de chuva serão calculadas até abril de 2018 quando o pluviómetro precisou de manutenção. Na Figura 14 se observa que o total precipitado no período foi de 1311,08mm´em 329 eventos de precipitação registrados. Percebe-se que do total de eventos a maior volume precipitado em um dia ocorreu no dia 07/01/2018 por uma chuva de 24 horas de duração e que as ocorrências de chuvas se concentraram nos meses de fevereiro e maio de 2018, no período monitorado.

Figura 14 – Precipitação diária monitorada no período entre 06/08/2018 a 24/06/2018



Fonte: Autor (2018)

As precipitações acumuladas tendem a se acumular no período de dezembro a março, no entanto, observa-se que o período foi atípico iniciando-se as precipitações no início de fevereiro de 2018 e se estendendo até julho de 2018. Como boa parte das precipitações não são representativas para estimativa de volume reservado ou, em termos de dimensionamento hidráulico, para determinação das dimensões das calhas coletoras e da lâmina, selecionaram-se alguns eventos mais importantes para o dimensionamento hidráulico em torno de 5 eventos e 28 eventos para o dimensionamento da reservação de água pluvial para reuso. Na Tabela 4 estão elencados os 28 principais eventos de precipitação e os 5 eventos escolhidos para o dimensionamento estão destacados dentre esses 28 eventos na tabela. Contém na Tabela

15 a data; os dados de duração dos eventos selecionados em minutos; a intensidade calculada pela equação de chuva de Freitas e Denardin (1992) e de Campos et al (2015) para Tr de 5 e 10 anos; a intensidade observada no pluviómetro em mm/h; e, os tempos de retorno calculados com base na intensidade observada para as duas equações de chuvas.

Tabela 15 – Eventos de precipitação selecionados entre 06/08/2017 a 30/06/2018

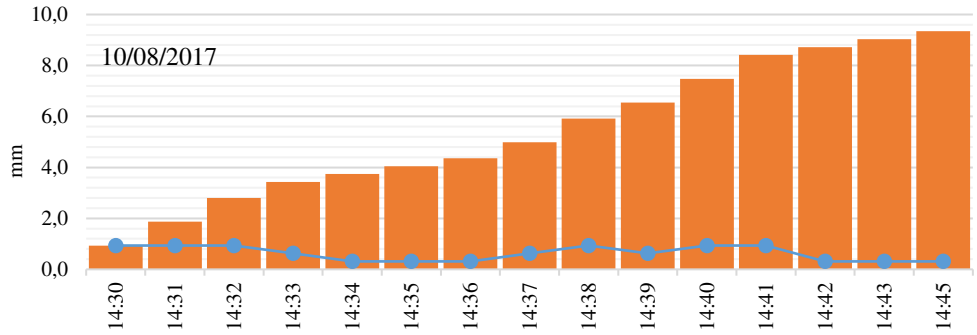
		Freitas (1992)		Campos (2015)		Observados	Calculados	
Data	Duração da chuva (minutos)	I (mm/h) Tr = 5anos	I (mm/h) Tr = 10anos	I (mm/h) Tr = 5anos	I (mm/h) Tr = 10anos	I (mm/h)	Tr (Freitas, 1982)	Tr (Campos, 2015)
10/08/2017	15	143,80	161,00	100,49	113,84	37,38	0,00	0,02
14/02/2017	202	29,44	32,96	27,38	31,02	11,38	0,01	0,04
19/12/2018	480	15,81	17,70	15,13	15,13	6,19	0,02	0,03
23/12/2017	120	42,31	47,38	38,22	43,30	16,04	0,01	0,04
05/01/2018	120	42,31	47,38	38,22	43,30	28,35	0,43	0,95
06/01/2018	120	20,69	23,16	19,60	22,21	7,84	0,00	0,00
07/01/2018	480	20,69	23,16	19,60	22,21	10,28	0,33	0,54
11/02/2018	120	42,31	47,38	38,22	43,30	3,12	0,00	0,00
12/02/2018	180	32,57	36,46	30,08	34,08	3,63	0,00	0,00
13/02/2018	50	75,10	84,08	62,56	70,87	17,20	0,00	0,00
14/02/2018	240	26,05	29,16	24,41	27,65	8,18	0,00	0,01
14/02/2018	15	143,80	161,00	100,49	113,84	44,86	0,00	0,06
15/02/2018	360	19,47	21,80	18,50	20,95	5,76	0,00	0,01
16/02/2018	**15**	**143,80**	**161,00**	**100,49**	**113,84**	**103,43**	**0,66**	**5,87**
17/02/2018	420	17,42	19,50	16,61	18,82	1,25	0,00	0,00
18/02/2018	**600**	**13,44**	**15,04**	**12,91**	**14,63**	**9,88**	**0,76**	**1,13**
19/02/2018	480	15,81	17,70	15,13	17,13	6,78	0,03	0,06
20/02/2018	20	125,60	140,63	91,91	104,12	25,23	0,00	0,00
21/02/2018	15	143,80	161,00	100,49	113,84	21,18	0,00	0,00
25/02/2018	360	19,47	21,80	18,50	20,95	9,03	0,04	0,09
26/02/2018	60	66,98	75,00	56,95	64,52	7,79	0,00	0,00
27/02/2018	**10**	**169,69**	**189,99**	**111,22**	**126,00**	**164,49**	**4,13**	**43,96**
01/03/2018	**5**	**210,07**	**235,20**	**125,12**	**141,74**	**110,17**	**0,10**	**2,47**
01/03/2018	120	42,31	47,38	38,22	43,30	13,40	0,00	0,01
07/03/2018	**2**	**247,90**	**277,55**	**135,65**	**153,67**	**112,15**	**0,04**	**1,74**
09/03/2018	300	22,20	24,86	20,97	23,76	3,24	0,00	0,00
11/03/2018	20	125,60	140,63	91,91	104,12	37,38	0,00	0,04
21/03/2018	60	66,98	75,00	56,95	64,52	19,31	0,00	0,01

Fonte: Autor (2018)

Nota-se claramente na Tabela 3 que há uma grande diferença nos valores de intensidade e Tr calculados para as duas equações de chuva de Freitas e Denardin (1992) e Campos et al (2015), em que esse último parece superestimar os valores de intensidade e. consequentemente, subestimar os valores de Tr. Foram feitos gráficos de Pareto para visualização gráfica dos eventos e para poderem ser analisados e modelados posteriormente. Nas Figuras de 16 a 20, se observa que nas colunas estão representadas a precipitação acumulada durante o evento de precipitação e, nas linhas das figuras estão representadas as taxas de precipitação instantânea. Nos eixos das ordenadas está

representada a intensidade em mm e nas abcissas a hora. Nas figuras a seguir estão representadas as chuvas para os 5 eventos principais selecionados pelo trabalho, apesar de ter sido feita para todos os eventos de precipitação. O evento do dia 10/08/2017 ocorreu durante a tarde e em 15 minutos foram registrados 9,4mm de chuva na área de pesquisa com uma precipitação bem homogênea em termos de taxa de precipitação instantânea.

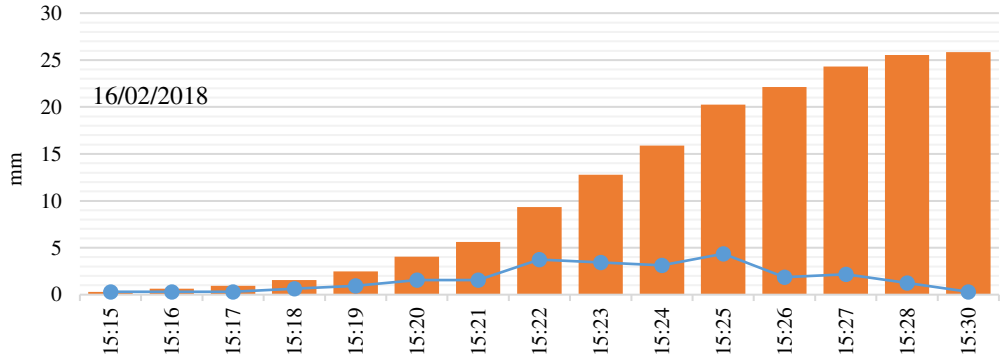
Figura 15 - Evento de precipitação do dia 10/08/2017 de 15 minutos de duração e 37,38mm/h



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 16 observa-se a chuva ocorrida no dia 16/02/2018 com o registro do segundo maior período de retorno da série e uma taxa instantânea de chuva no bloco do segundo quartil dos registros da chuva com um acréscimo de rápido e expressivo na ocorrência do evento.

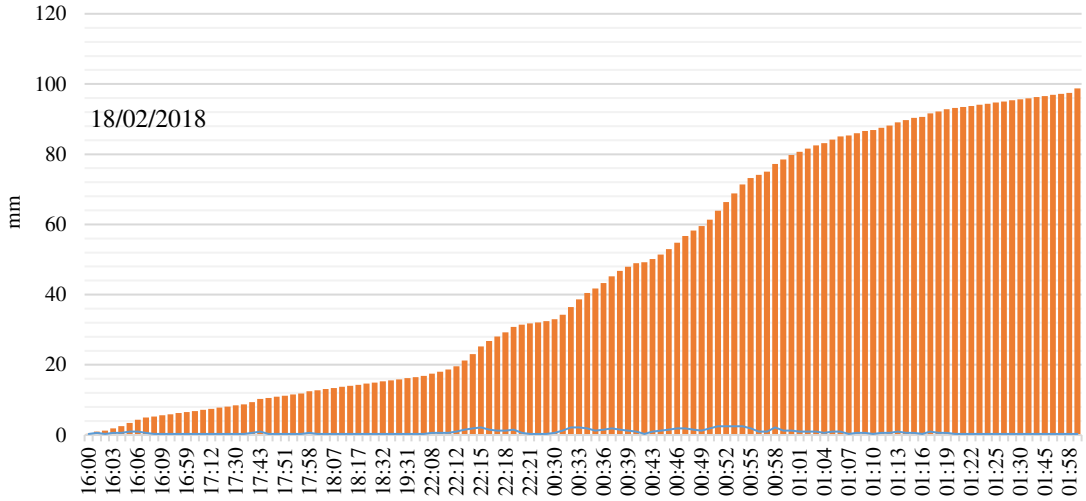
Figura 16 - Evento de precipitação do dia 16/02/2018 de 15 minutos de duração e 103mm/h



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 17 observa-se a chuva ocorrida no dia 18/08/2017 com o registro do terceiro maior período de retorno da série e uma taxa instantânea pequena em relação a duração da chuva de 600 minutos de duração.

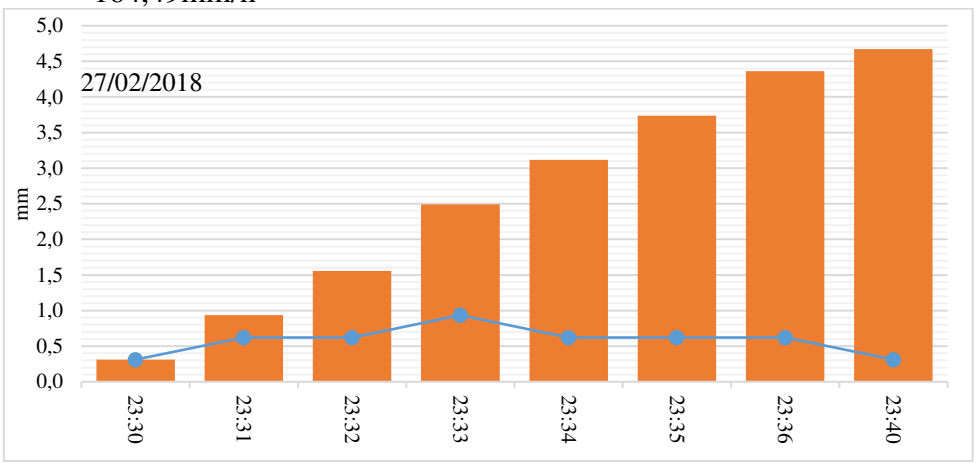
Figura 17 - Evento de precipitação do dia 18/08/2017 de 600 minutos de duração e 9,88mm/h



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 18 observa-se a chuva ocorrida no dia 27/02/2018 com o registro do maior período de retorno da série e uma taxa instantânea pequena mas para uma duração também muito pequena de 10 minutos ocasionando uma intensidade de chuva bastante elevada da série em torno de 164,5mm/h. Observa-se também que a maior taxa instantânea ocorre no fim do primeiro tercil da série duração da chuva de 600 minutos de duração.

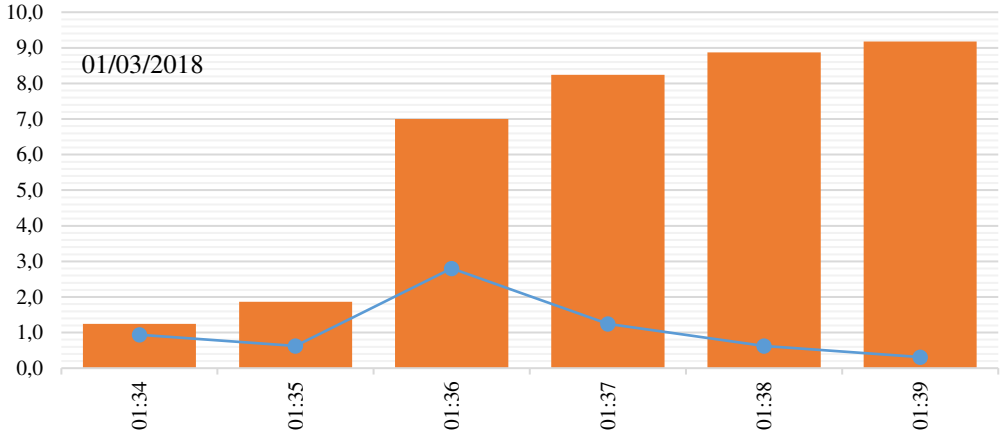
Figura 18 - Evento de precipitação do dia 27/08/2018 de 10 minutos de duração e 164,49mm/h



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 19 observa-se a chuva ocorrida no dia 01/03/2017 com o registro da segunda menor duração de chuva da série de 5 minutos e uma elevada taxa de precipitação instantânea no segundo quartil da série.

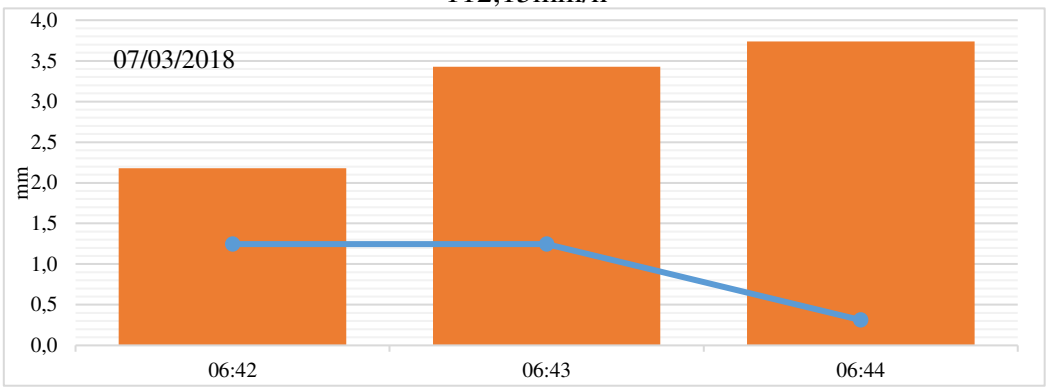
Figura 19 - Evento de precipitação do dia 01/03/2018 de 5 minutos de duração e 110,17mm/h



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 20 observa-se a chuva ocorrida no dia 07/03/2017 com o registro da menor duração de chuva da série de 2 minutos e também uma taxa de precipitação instantânea nem tão elevada, mas num período muito curto de tempo.

Figura 20 - Evento de precipitação do dia 07/03/2018 de 2 minutos de duração e 112,15mm/h



Fonte: Autor (2018)

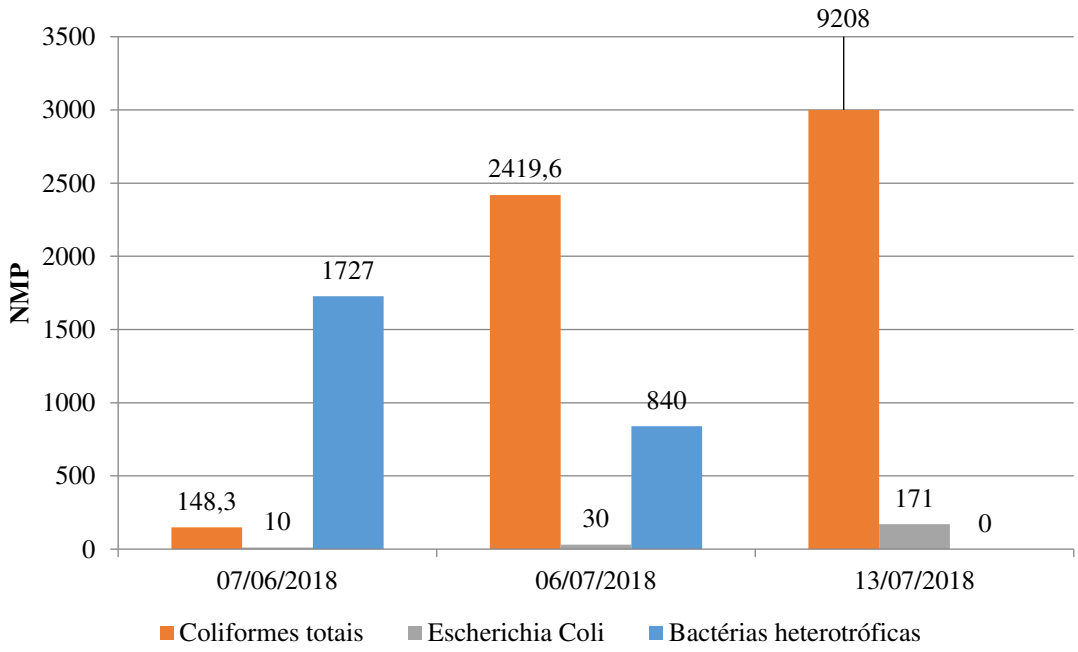
Essas 5 precipitações observadas são importantes no dimensionamento da calha pluvial que, no entanto, pela área de contribuição triangular e pequena do local onde foram instaladas as calhas e equipamentos de medição notou-se que calhas, para o local, seriam menores que 125mm. Portanto, há de se continuar monitorando os dados de chuvas e intensidades para que se tenha maior precisão no dimensionamento hidráulico das calhas e do volume do reservatório.

5.3 QUALIDADE DA ÁGUA PARA EUSO

As amostras de qualidade da água começaram apenas em junho devido a instalação dos reservatórios pluviais perdendo as chuvas de janeiro a maio para análise da qualidade e de maio a julho pelo registrador de intensidades de chuva.

Para as análises realizadas até o momento os ensaios de qualidade demonstram que não há qualidade para abastecimento sem tratamento e essa água só pode ser utilizada para fins menos nobres na área como rega de jardins e lavagem de pisos e banheiros. Na Figura 21 estão representados os gráficos de qualidade da água microbiológica em três datas distintas 07/06/2018; 06/07/2018 e 13/07/2018, essa última data após um pequeno estio, com grande carga de coliformes e *Escherichia Coli*. No Anexo-I desse relatório estão as análises de água realizadas no laboratório de microbiologia de alimentos e água do Centro de Medicina Veterinária da UEMA.

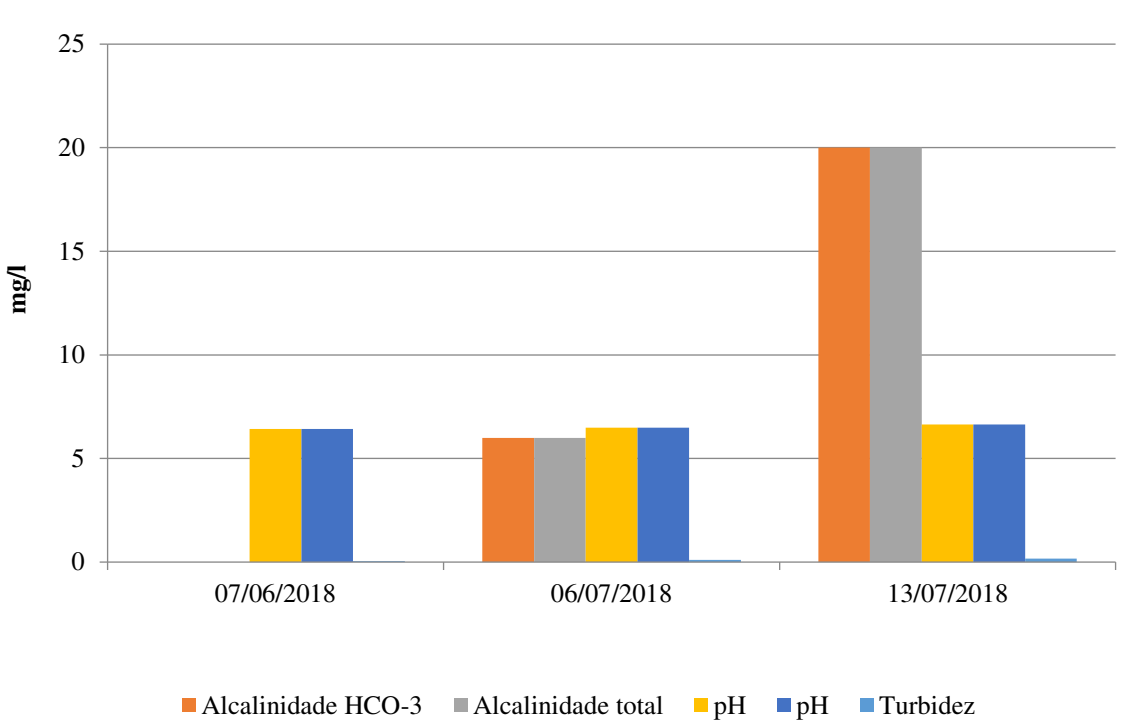
Figura 21 – Qualidade microbiológica da água em três datas distintas 07/06/2018; 06/07/2018 e 13/07/2018, de Coliformes Totais, bactérias heterotróficas e *Escherichia Coli*



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 22 estão representados os gráficos de qualidade físico-químicas da água pluvial em três datas distintas 07/06/2018; 06/07/2018 e 13/07/2018, essa última data após um pequeno estio, com grande concentração de carbonatos.

Figura 22 – Qualidade físico-química da água em três datas distintas 07/06/2018; 06/07/2018 e 13/07/2018, de Coliformes Totais, bactérias heterotróficas e *Escherichia Coli*



Fonte: Autor (2018)

5.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO BASEADO NA DEMANDA DA REAGA DOS JARDINS

Como a demanda para outros usos além da rega de jardins seria inviável do ponto de vista estrutural, econômico e de área disponível resolveram-se realizar a demanda apenas para as regas diárias dos jardins do CCT-UEMA. Na Tabela 16 nota-se que há duas precipitações, em que a precipitação LEHID foi coletada na área da pesquisa e a precipitação Inmet foi coletada na estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de São Luís obtendo-se um coeficiente de correlação quadrática de 0,80 entre o medido com o pluviómetro do LEHID e os dados primários obtidos no INMET. A área de cobertura predial utilizada no dimensionamento do reservatório foi a área útil de coleta de água pluvial e de possível instalação das calhas futuramente.

Tabela 16 – Eventos de precipitação selecionados entre 06/08/2017 a 30/06/2018

Mês	Lehid (mm)	Inmet (mm)	Área (m²)	C (runoff)	Volume mensal gerado pelo ESD do CCT (m³)		Déficit
Janeiro	150,2	253,0	4092,6	0,9	553,07	30	
fevereiro	449,2	531,0			1654,63	30	
Março	142,7	251,4			525,54	30	
Abril	157,0	478,2			578,21	30	
Maio	223,0	374,2			821,38	30	
Junho	87,8	108,0			323,40	30	
Julho	116,5	201,4			429,02	30	
Agosto	10,6	4,8			39,01	30	
Setembro	3,1	0,0			11,47	30	-19
Outubro	1,2	1,2			4,59	30	
Novembro	4,0	0,6			14,92	30	-15
Dezembro	82,2	63,2			302,93	30	
Volume reservatório							**35**

Fonte: Autor (2018)

Observa-se na Tabela 5 que para atender a demanda de rega dos jardins do CCT-UEMA deve-se construir um reservatório de 35m³. Logo se o reservatório possuir 1,20m de altura útil ele deve ter dimensões de largura e comprimento de 5,4m, o que torna o reservatório oneroso em termos de investimento inicial, mas muito valioso ao longo prazo. O volume total do reservatório com 15cm de borda livre deverá ter 39,4m³. Caso se opte por um volume representativo em termos de 25% (em torno de 60m³/mês) da demanda do CCT-UEMA, para usar parte desse volume para as bacias sanitárias o reservatório tomaria dimensões de 9,8 metros de comprimento e largura e 1,35m de altura útil mais borda livre de 15cm totalizando um volume útil de 115m³ e total de 130m³. Caso seja optado por atender toda a demanda o volume útil do reservatório ficaria em torno de 750m³ tomando dimensões de 25 metros de comprimento e largura e 1,20m de altura útil mais a borda livre de 15cm totalizando um volume total de 844m³.

6. CONCLUSÕES

Até o presente o projeto avaliou em termos de qualidade que a água, proveniente das chuvas não podem ser usadas para fins nobres como pias e banhos, mas pode muito provavelmente ser utilizada nas regas de jardins e lavagens de piso em decorrência de suas características microbiológicas. No que se diz respeito ao tratamento da água coletada, podemos concentrar os olhares na avaliação da relação estabelecida entre os resultados das amostras qualitativas e o first flush em decorrência da evidente presença deste fenômeno em alguns eventos registrados. Apoiando-se na estabilidade dos resultados dos laudos qualitativos, em relação a aprovação do uso da água para os fins sugeridos neste estudo, que incluem as atividades pluviométricas nas quais é possível verificar o first flush e somando-se ao fato das amostras mais contaminadas, em pratica, corresponderem as oriundas de chuvas nas quais são verificadas tal acontecimento, é possível concluir que o tratamento para a água pluvial coletada através do escoamento superficial direto da cobertura do CCT/UEMA é dispensado quando se direciona o uso dos recursos hídricos avaliados para fins não nobres.

No que rege as ponderações sobre a composição química da água, embasando-se nas literaturas apresentadas anteriormente nesse trabalho, como as resoluções do CONAMA, pode-se notar, que a destinação da água pluvial coletada para a rega de jardins, lavagem de pisos e banheiros não agride em nenhum aspecto a saúde de usuários diretos ou indiretos de serviços que utilizam a mesma. Proporcionando, a funcionários que executaram as tarefas e estudantes e professores do prédio, conforto com relação ao reuso sugerido.

Dentro de suas proporções, o geoprocessamento funcionou como uma ferramenta bastante útil no que se relaciona diretamente com o estudo do escoamento e da área de coleta da edificação. A análise das precipitações dentro da microbacia proporcionou a certificação do escoamento superficial na área de coleta, a qual, pôde ser delimitada e quantificada por meio do uso de softwares de georreferenciamento. Mostrando então, resultados factíveis para a pesquisa.

Em termos de volume, o ano de 2017 e início de 2018 foram bastante atípicos em relação à média da série histórica de precipitação da cidade de São Luís e, portanto, devem-se monitorar os eventos de precipitação por uma série mais longa para se afirmar consistentemente, o volume de reservação e disponibilidade hídrica de águas pluviais. Ainda assim, é possível identificar uma composição periódica dentre os meses do ano

que proveriam uma reserva útil diante das pretensões deste estudo. Uma avaliação mais criteriosa da disposição das atividades pluviométricas de agosto de 2017 até julho de 2018 prova que o enquadramento mais provável em que as reservas feitas pela coleta da chuva atingiriam os valores da demanda exigidos pelo consumo do prédio correspondem aos meses do segundo semestre, onde as chuvas são mais intensas e o escoamento possui vazões de maior valor.

Quanto aos procedimentos adotados para o cálculo da demanda do CCT, é valido afirmar que o embasamento na NBR 5626/98 auxiliou na composição do uso de água de maneira isolada, obtendo assim, valores específicos para cada utilização relacionando o tempo de uso e os aparelhos hidráulicos envolvidos. Dessa forma, este projeto é capaz de inferir que o dimensionamento do reservatório deve ser focado nos consumos menores em detrimento de limitações estruturais e deficiência de espaço encontradas na infraestrutura do Centro de Ciências Tecnológicas, mesmo que seja realidade a reservação de uma quantidade maior de água baseada na quantificação da oferta, oriunda do estudo do escoamento e da aplicação do método racional. Por fim, no que tange a avaliação financeira da implantação do reservatório no CCT, pode-se dizer que a curto prazo torna-se um serviço economicamente árduo, pois também deve-se levar em consideração que existem reservações de até aproximadamente 800 m³. Por outro lado, em tempo mais longo do uso do reservatório o retorno financeiro se torna complacente diante do apresentado.

De fato, o estudo no seu todo, atinge os objetivos propostos desde as análises qualitativas e quantitativas apresentadas até a implantação de equipagem e geração de resultados através da aplicação de métodos propostos. Concluindo-se, portanto, que os resultados são promissores e podem trazer benefícios econômicos e sustentáveis a instituição. Podendo ainda se propor futuramente a um estudo de novas formas de implantação do reservatório, afim de conter maiores volumes, além de um estudo de viés econômico para o mesmo, estudo esse que pode contemplar também a instalação da tubulação de distribuição para jardins e banheiros que pode ser realizado em parceria com empresas de distribuição de materiais e peças hidráulicas. E ainda, como sugestão para próximas pesquisas, pode ser citado a avaliação de compostos orgânicos e metais pesados junto ao Departamento de Química da UEMA, no laboratório de química analítica do CECEN.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas Urbanas para Fins Não Potáveis. NBR 15.527. 2007.

_____. Instalação predial de água fria. NBR 5.626.1998

_____. Instalações prediais de água pluvial. NBR 10.844.1898

ALCOFORADO, R. G; GÓES, V. C; ESCARIÃO, J. A.C. Aplicações do Geoprocessamento ao Estudo da Macrodrenagem da Zona Costeira de Recife. In: II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Recife, 2003.

AUGUSTO, A. et al. Projeto Técnico de Captação e Reuso da Água. Rio de Janeiro, 2014.

ÁVILA, C. J. C. P; ASSAD, E. D; VERDESIO, J. J; EID, N. J; SOARES, W; FREITAS, M. A. V. Geoprocessamento da Informação Hidrológica: o estado da água no Brasil. ANEEL, p. 187-196, 1999.

BARROS, R. T. V. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BAPTISTA, M.B; NASCIMENTO, N.O; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em drenagem urbana. Porto Alegre: ABRH, 2005.

BONADONNA, L., CATALDO, C., SEMPRONI, M. (2007). Comparison of methods and confirmation tests for the recovery Escherichia coli in water. Desalination. 213 (13): 18–233. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2006.03.601.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. Águas de chuva – Engenharia das Águas de Chuva nas Cidades. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2011.

CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. Engenharia ambiental : conceitos, tecnologia e gestão. v. 1. Rio de Janeiro: Elsevier. p. 789.

CAMPOS, A.R; SANTOS, G.G; ANJOS, J.C.R; ZAMBONI, D.C.S; MORAES, J.N.F. Equações de intensidades de chuvas para o Estado do Maranhão. In: Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa-MG, v.23, n.5, p.435-447, 2015.

CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. Editora ABRH, 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. Org. BRANDÃO, C. J.; BOTELHO, M. J. C.; SATO, M. I.; LAMPARELLI, M. C. São Paulo. CETESB: Brasília. ANA. 2011. 326p.

CRUZ, W. M.; BLANCO, C. J. C.; Aproveitamento de Água Pluvial para Fins Não Potáveis. Persp. Online: exatas & eng., Campos dos Goytacazes, 17 (07) 12 – 24 – 2017. Disponível em: <seer.perspectivasonline.com.br>

ECKNER, K. (1998). Comparison of membrane filtration and multiple-tube fermentation by the Colilert and Enterolert methods for detection of waterborne coliform acteria, Escherichia coli, and Enterococci used in drinking and bathing water quality monitoring in Southern Swed. Applied and Environmental Microbiology. 65 (8): 3079-3083.

EDBERG, S., EDBERG, M. (1988). A defined substrate technology for the enumeration of microbial indicators of environmental pollution. The Yale Journal of Biology and Medicine. 61: 389-399.

EDBERG, S.; ALLEN, M.; SMITH, D.; The National Collaborative Study. (1988). National field evaluation of a defined substrate method for the simultaneous enumeration of total coliforms and Escherichia coli from drinking water: Comparison with the standard multiple tube fermentation method. Applied Environmental Microbiology. 54 (6): 1595-1601.

FU, F.; WANG, Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. Journal of Environmental Management, v. 92, p. 407 - 418, 2011.

GIACCHINI, M. 2016. O Método de Rippl para Dimensionamento de Reservatórios de Sistemas de Aproveitamento da Água de Chuva. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC – 2016. Foz do Iguaçu, Brasil. 5p.

GRIBBIN, J. E., Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais. 3ed. São Paulo. Ed. Cengage Learning, 2009.

GROSSI, M., LAZZARINI, R., LANZONI, M., POMPEI, A., MATTEUZZI, D., RICCO, B. (2013). A portable sensor with disposable electrodes for water bacterial quality assessment. Sensors Journal. 13 (5): 1775–1782. Doi: 10.1109/JSEN.2013.2243142 2013.

GUTIERREZ, L. A. R. Avaliação da qualidade da água da chuva de um sistema Filtro-Vala- Trincheira de infiltração no tratamento do escoamento superficial direto predial em escala real em São Carlos – SP. 198 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP. 2011.

HÉLLER, L. PÁDUA, V. Abastecimento de água para consumo humano 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte. 2010. Vol. 1 e 2. 872p.

HESPANHOL, I; (2002). Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aqüíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH, Porto Alegre, ed. comemorativa, v.7, n.4, p.75-97, dez. 2002.

_____, I; (2013). Poluentes Emergentes, SaúdePública e Reuso Potável Direto. In: CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. Engenharia ambiental : conceitos, tecnologia e gestão. v. 1. Rio de Janeiro: Elsevier. p. 501 - 537.

IDEXX (2002). Colilert®. Um teste simples de 24 horas para coliformes e E. coli. [Versão Eletrónica]. Acedido a 10 de Junho de 2013, em http://recife.ifpe.edu.br/recife/Colilert_Portugu_s.pdf.

_____(2011). Validação do método Colilert-18/Quanti-Tray para contagem de E. coli e bactérias coliformes em água. [Versão Eletrónica]. Acedido de 10 de Junho de 2013, em http://www.idexx.co.uk/pdf/en_au/water/7542-01-colilert-18-reportport.pdf.

_____(2013a). Colilert-18 Test Kit. [Versão Eletrónica]. Acedido de 10 de Junho de 2013, em http://www.idexx.com/resource-library/water/colilert-18-procedureen.pdf.

_____(2013b). Quanti-Tray/2000. Insert and Most Probable Number (MPN) Table. [Versão Eletrónica]. Acedido de 10 de Junho de 2013, em http://www.idexx.com/resource-library/water/quanti-tray-2000-procedure-en.pdf.

_____(2013c). Colilert Test Kit. [Versão Eletrónica]. Acedido de 10 de Junho de 2013, em http://www.idexx.com/resource-library/water/colilert-procedure-en.pdf.

KOBAYASH, F. Y.; FAGGION, F. H. M.; BOSCO, L. M. del.; CHIRINEA, M. L. B. Drenagem Urbana Sustentável. In: PHD 2537 – Água em Ambientes Urbanos. Escola Politécnica de São Paulo, 2008.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R; ANTÔNIO, M. A. P. M; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial : análise de 40 cidades da Amazônia. Eng Sanit Ambient, v. 16, n.65, p. 291–298, 2011.

LUSTER-TEASLEY, S., IVES, R. (2013). Case teaching notes for "Farmville Future? CAFOs and Contamination". University at Buffalo. Nova Iorque, EUA.

KOSTER, W.; EGLI, T.; ASHBOLT, N.; BOTZENHART, K., BURLION, N.; ENDO, T.; GRIMONT, P.; GUILLOT, E.; MABILAT, C.; NEWPORT, L.; NIEMI, M.; PAYMENT, P.; PRESCOTT, A.; RENAUD, P.; RUST, A. (2003). Assessing microbial safety of drinking water. Improving approaches and methods. IWA Publishing. Londres, Inglaterra.

TECEDOR, N. Monitoramento e modelagem hidrológica de plano de infiltração construído em escala real. 2014. 92f. Dissertação de mestrado- programa de pós graduação em engenharia urbana- Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 2014.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003. p. 180.

_____. Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre medidas convencionais e não convencionais do uso racional da água. Navegar, 2001. p. 112.

TUCCI, C. E.M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M. Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco, 2005.

OLIVEIRA, C. F. P. M., Aplicação do Colilert® à enumeração de Escherichia coli em alimentos. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche. Instituto Politécnico de Leiria, 2013. Portugal. 129p.

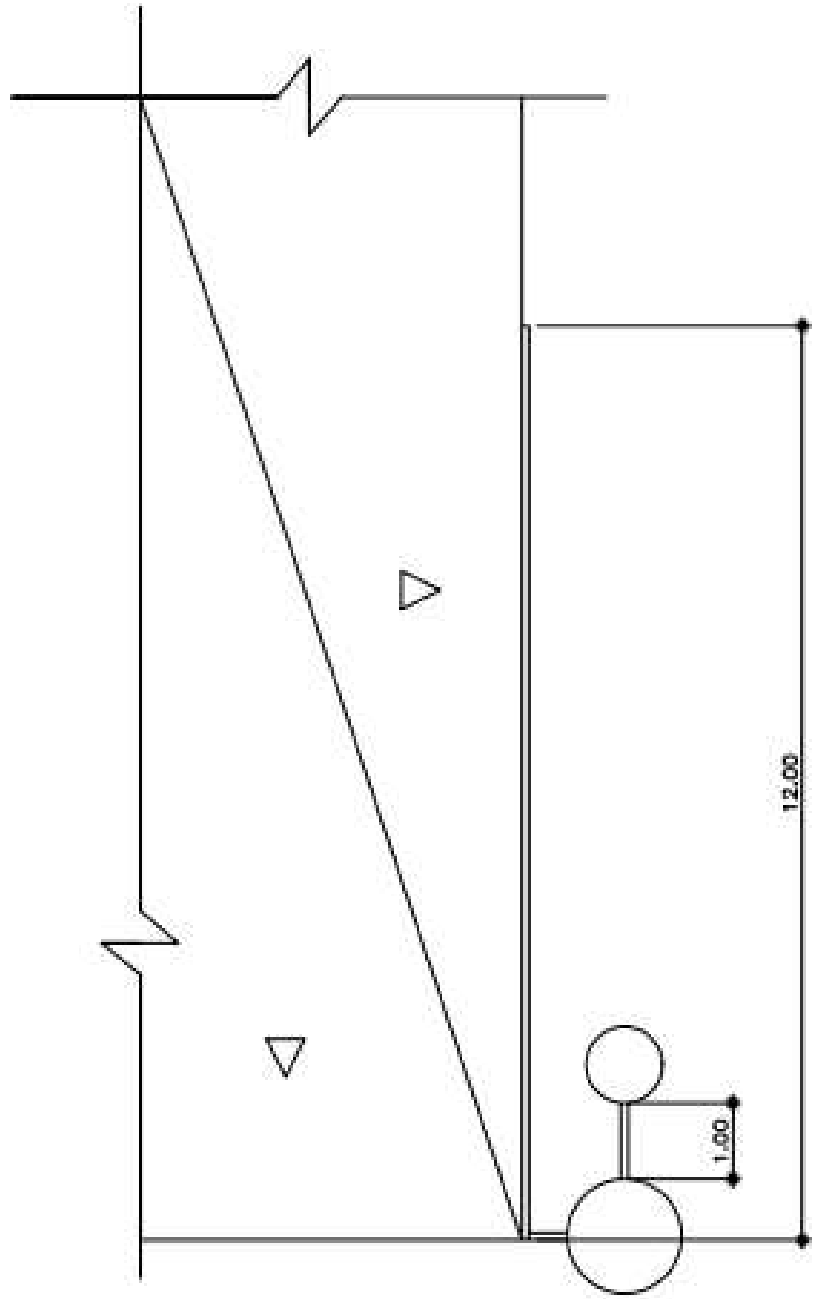
OKOKO, A., MUIA, A., MOTURI, W., OYAKE, M. (2012). Levels of E. coli contamination of River Awach and household water in western Kenya. Journal of Environmental Science and Water Resources. 1 (5): 120-126 .

PISCIOTTA, J., RATH, D., STANEK, P., FLANERY, D., HARWOOD, V. (2002). Marine bacteria cause false-positive results in the Colilert-18 rapid identification test for Escherichia coli in Florida waters. Applied and Environmental Micorbiology. 68 (2): 539-544.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005.

APÊMDICE A- SISTEMA DE COLETA E RESERVAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

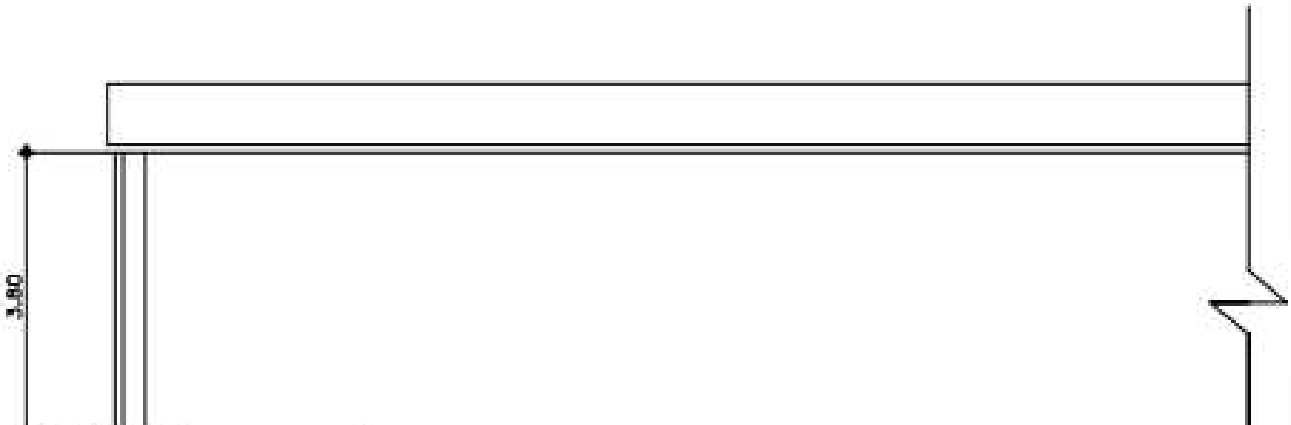
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Projeto: *Sistema de Coleta e Reservação*	
Solicitante: *Departamento de Hidráulica e Saneamento*	
PRANCHA: *Cobertura – FOLHA 01/02*	DATA: *14/12/2017*

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Projeto:
Sistema de Coleta e Reservação

Solicitante:
Departamento de Hidráulica e Saneamento

PRANCHA:
Vista lateral – FOLHA 02/02

DATA:
14/12/2017

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ANEXO I – ANÁLISES DE QUALIDADE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Medicina Veterinária
Núcleo de Estudos de Zoonoses
Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água

LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA

IDENTIFICAÇÃO:
Amostra: (02) Água de chuva, localizado no município de São Luis/ MA.
Data da colheita: 04/07/2018.
Ponto de colheita: Reservatório de água da chuva.
Responsável pela colheita: Arthur Valente Soares.
E-mail: arthurvalente610@gmail.com
Utilização: Pesquisa acadêmica, irrigação e outras finalidades.
Solicitante da análise: Arthur Valente Soares.
Endereço: Conjunto Atlantico, nº 302, Bequimão, municipio de São Luís/MA.
Finalidade da análise: Controle da qualidade microbiológica da água.
Data do recebimento: 04/07/2018.
Data da análise: 04/07/2018.

RESULTADO DAS ANÁLISES:

Amostra: Água proveniente de reservatório.
Determinação de Coliformes totais: >2419.6 NMP*/ 100 ml da amostra.
Determinação de *Escherichia coli*: 30 NMP*/ 100 ml da amostra.
Contagem total de bactérias heterotróficas: 840 NMP/100 mL da amostra

*=Número Mais Provável, Método COLILERT. **= Número Mais Provável, Método SIMPLATE.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

De acordo com a CONAMA, Resolução Nº430, de 13 de Maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a amostra de água analisada apresentou qualidade **satisfatória**, portanto atendeu aos padrões permitidos pela legislação vigente.

Limites microbiológicos máximos permitidos:

Coliformes termotolerantes (45° C) ou ***Escherichia coli*:** = 1.000 / NMP/100 mL.

São Luís, 06 de julho de 2018.

Mª Célia C. Fonseca
Farmacêutica Bioquímica CRF/MA 2242

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Medicina Veterinária
Núcleo de Estudos de Zoonoses
Laboratório de Físico-Química de Alimentos e Água

LAUDO DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

IDENTIFICAÇÃO:
Amostra: (02) Água de chuva, localizado no município de São Luis/ MA.
Data da colheita: 04/07/2018.
Ponto de colheita: Reservatório de água da chuva.
Responsável pela colheita: Arthur Valente Soares.
E-mail: arthurvalente610@gmail.com
Utilização: Pesquisa acadêmica irrigação e outras finalidades.
Solicitante da análise: Arthur Valente Soares.
Endereço: Conjunto Atlantico, nº 302, Bequimão, municipio de São Luís/MA.
Finalidade da análise: Controle da qualidade fisico-química da água.
Data de recebimento: 04/07/2018 **Data da análise:** 04/07/2018.

PARÂMETRO	RESULTADOS	VMP*	Unidades
Cálcio	0,0	NC**	mg/L CaCO3
Magnésio	0,0	NC	mg/L CaCO3
Dureza Total	0,0	≤500,0	mg/L CaCO3
Alcalinidade em OH-	0,0	NC	mg/L CaCO3
Alcalinidade em CO3-	0,0	NC	mg/L CaCO3
Alcalinidade em HCO3-	6,0	NC	mg/L CaCO3
Alcalinidade total	6,0	NC	mg/L CaCO3
Cloretos (CL-)	11,9	≤250	mg/L Cl-
pH	6,48	6,0 a 9,0	-
Odor	Não objetável	Não objetável	-
Aspecto	Não objetável	Não objetável	-
Turbidez	0,10	100	U.N.T

***VMP: Valor Máximo Permitido – Segundo a Resolução Nº430/ CONAMA de 13/05/2011.**
****NC: Não Consta (não estabelecido) na Resolução Nº430/ CONAMA de 13/05/2011.**

CONCLUSÃO:	De acordo com a Resolução Nº430, de 13 de Maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA a água analisada está de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação, para as análises realizadas.

São Luís, 06 de julho de 2018.

Mª Célia C. Fonseca
Farmacêutica Bioquímica CRF/MA 2242

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Medicina Veterinária
Núcleo de Estudos de Zoonoses
Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água

LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA

IDENTIFICAÇÃO:
Amostra: Água de chuva, localizado no município de São Luis/ MA.
Data da colheita: 04/06/2018.
Ponto de colheita: Reservatório de água da chuva.
Responsável pela colheita: Arthur Valente Soares.
E-mail: arthurvalente10@gmail.com
Utilização: Pesquisa acadêmica, irrigação e outras finalidades.
Solicitante da análise: Arthur Valente Soares.
Endereço: Municipio de São Luís/MA.
Finalidade da análise: Controle da qualidade microbiológica da água.
Data do recebimento: 04/06/2018.
Data da análise: 04/06/2018.

RESULTADO DAS ANÁLISES:

Amostra: Água proveniente de reservatório.
Determinação de Coliformes totais: 148.3 NMP*/ 100 ml da amostra.
Determinação de *Escherichia coli*: 10 NMP*/ 100 ml da amostra.
Contagem total de bactérias heterotróficas: 1.727 NMP/100 mL da amostra

*=Número Mais Provável, Método COLILERT. **= Número Mais Provável, Método SIMPLATE.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

De acordo com a CONAMA, Resolução Nº430, de 13 de Maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a amostra de água analisada apresentou qualidade **satisfatória**, portanto atendeu aos padrões permitidos pela legislação vigente.

Limites microbiológicos máximos permitidos:

Coliformes termotolerantes ou ***Escherichia coli*:** (45° C) = 1.000 / NMP/100 mL.

São Luís, 07 de junho de 2018.

Mª Célia C. Fonseca
Farmacêutica Bioquímica CRF/MA 2242

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Medicina Veterinária
Núcleo de Estudos de Zoonoses
Laboratório de Físico-Química de Alimentos e Água

LAUDO DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

IDENTIFICAÇÃO:
Amostra: Água de chuva, localizado no município de São Luis/ MA.
Data da colheita: 04/06/2018.
Ponto de colheita: Reservatório de água da chuva.
Responsável pela colheita: Arthur Valente Soares.
E-mail: arthurvalente10@gmail.com
Utilização: Pesquisa acadêmica irrigação e outras finalidades.
Solicitante da análise: Arthur Valente Soares.
Endereço: Municipio de São Luís/MA.
Finalidade da análise: Controle da qualidade físico-química da água.
Data de recebimento: 04/06/2018 **Data da análise:** 04/06/2018.

PARÂMETRO	RESULTADOS	VMP*	Unidades
Cálcio	0,0	**NC****	**mg/L CaCO3**
Magnésio	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Dureza Total	0,0	**≤500,0**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade em OH-	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade em CO3-	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade em HCO3-	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade total	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Cloretos (CL-)	12,9	**≤250**	**mg/L Cl-**
pH	6,42	**6,0 a 9,0**	-
Odor	Não objetável	**Não objetável**	-
Aspecto	Não objetável	**Não objetável**	-
Turbidez	0,05	**100**	**U.N.T**

***VMP: Valor Máximo Permitido – Segundo a Resolução Nº430/ CONAMA de 13/05/2011.**
****NC: Não Consta (não estabelecido) na Resolução Nº430/ CONAMA de 13/05/2011.**

CONCLUSÃO:	De acordo com a Resolução Nº430, de 13 de Maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA a água analisada está de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação, para as análises realizadas.

São Luís, 07 de junho de 2018.

Mª Célia C. Fonseca
Farmacêutica Bioquímica CRF/MA 2242

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Medicina Veterinária
Núcleo de Estudos de Zoonoses
Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água

LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA

IDENTIFICAÇÃO:
Amostra: Água de chuva, localizado no município de São Luis/ MA.
Data da colheita: 11/07/2018.
Ponto de colheita: Reservatório do CCT - UEMA.
Responsável pela colheita: Arthur Valente Soares.
E-mail: arthurvalente610@gmail.com
Utilização: Pesquisa acadêmica irrigação e outras finalidades.
Solicitante da análise: Arthur Valente Soares.
Endereço: Rua Perimetral Norte, Alameda 4, nº 302, Bequimão, São Luís/MA.
Finalidade da análise: Controle da qualidade microbiológica da água.
Data do recebimento: 12/07/2018.
Data da análise: 12/07/2018.

RESULTADO DAS ANÁLISES:

Amostra: Água proveniente de reservatório.
Determinação de Coliformes totais: 9.208 NMP*/ 100 ml da amostra.
Determinação de *Escherichia coli*: 171 NMP*/ 100 ml da amostra.

*=Número Mais Provável, Método COLILERT.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

De acordo com a CONAMA, Resolução Nº430, de 13 de Maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a amostra de água analisada apresentou qualidade **satisfatória**, portanto atendeu aos padrões permitidos pela legislação vigente.

Limites microbiológicos máximos permitidos:

Coliformes termotolerantes (45° C) ou ***Escherichia coli*:** = 1.000 / NMP/100 mL.

São Luís, 13 de julho de 2018.

Mª Célia C. Fonseca
Farmacêutica Bioquímica CRF/MA 2242

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Universidade Estadual do Maranhão
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Medicina Veterinária
Núcleo de Estudos de Zoonoses
Laboratório de Físico-Química de Alimentos e Água

LAUDO DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

IDENTIFICAÇÃO:
Amostra: Água de chuva, localizado no município de São Luis/ MA.
Data da colheita: 11/07/2018.
Ponto de colheita: Reservatório do CCT - UEMA.
Responsável pela colheita: Arthur Valente Soares.
E-mail: arthurvalente610@gmail.com
Utilização: Pesquisa acadêmica irrigação e outras finalidades.
Solicitante da análise: Arthur Valente Soares.
Endereço: Rua Perimetral Norte, Alameda 4, nº 302, Bequimão, São Luís/MA.
Finalidade da análise: Controle da qualidade físico-química da água.
Data de recebimento: 12/07/2018 **Data da análise:** 12/07/2018.

PARÂMETRO	RESULTADOS	VMP*	Unidades
Cálcio	0,0	**NC****	**mg/L CaCO3**
Magnésio	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Dureza Total	0,0	**≤500,0**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade em OH-	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade em CO3-	0,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade em HCO3-	20,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Alcalinidade total	20,0	**NC**	**mg/L CaCO3**
Cloretos (CL-)	6,9	**≤250**	**mg/L Cl-**
pH	6,64	**5,0 a 9,0**	**-**
Odor	Não objetável	**Não objetável**	**-**
Aspecto	Não objetável	**Não objetável**	**-**
Turbidez	0,17	**100**	**U.N.T**
Oxigênio Dissolvido	15,0	**≥5,0**	**mg/L O_2**

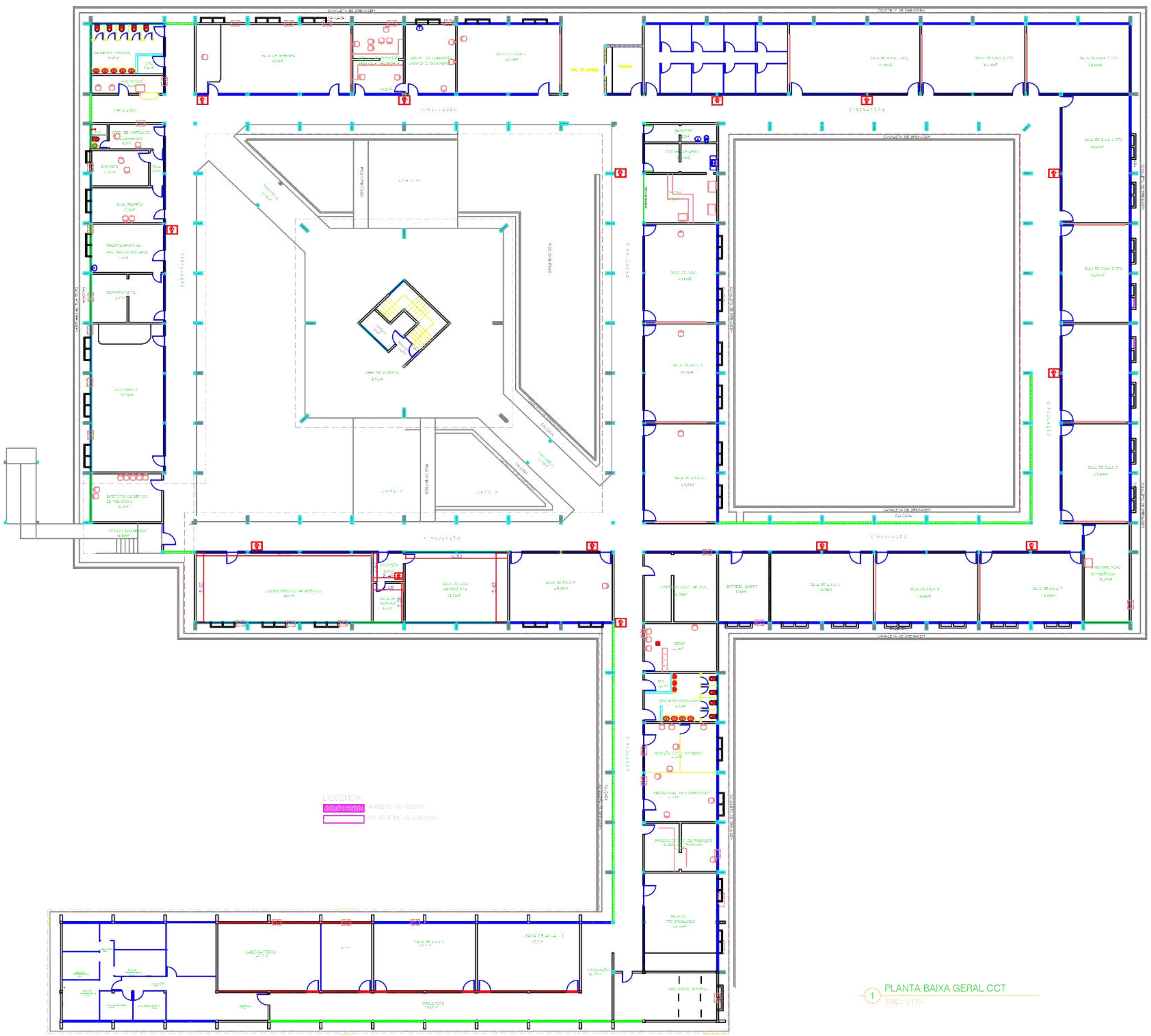
***VMP: Valor Máximo Permitido – Segundo a Resolução Nº430/ CONAMA de 13/05/2011.**
****NC: Não Consta (não estabelecido) na Resolução Nº430/ CONAMA de 13/05/2011.**

CONCLUSÃO:	De acordo com a Resolução Nº430, de 13 de Maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA a água analisada está de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação, para as análises realizadas.

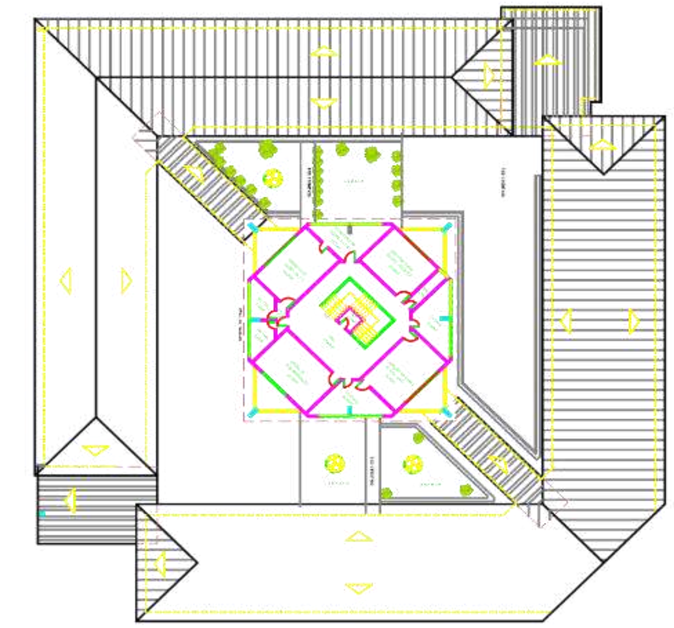
São Luís, 13 de julho de 2018.

Mª Célia C. Fonseca
Farmacêutica Bioquímica CRF/MA 2242

ANEXO II – PROJETO DA COBERTURA PREDIAL E ÁREA UTIL DO CCT-UEMA



PLANTA BAIXA GERAL CCT
ESC.: 1:175



PLANTA BAIXA 1º PISO CCT
ESC.: VAR.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CIDADE UNIVERSITÁRIA PAULO VI. C.P. 09 TIRIRICAL - CEP: 65055-970 - SÃO LUÍS/MA
FONES: (98) 3245-5461 / FAX: (98) 3245-5882 C.N.P.J. 06.352.421/0001/68
CRIADA NOS TERMOS DA LEI Nº 4.400 DE 30.12.1981

PROJETO: **LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO**
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

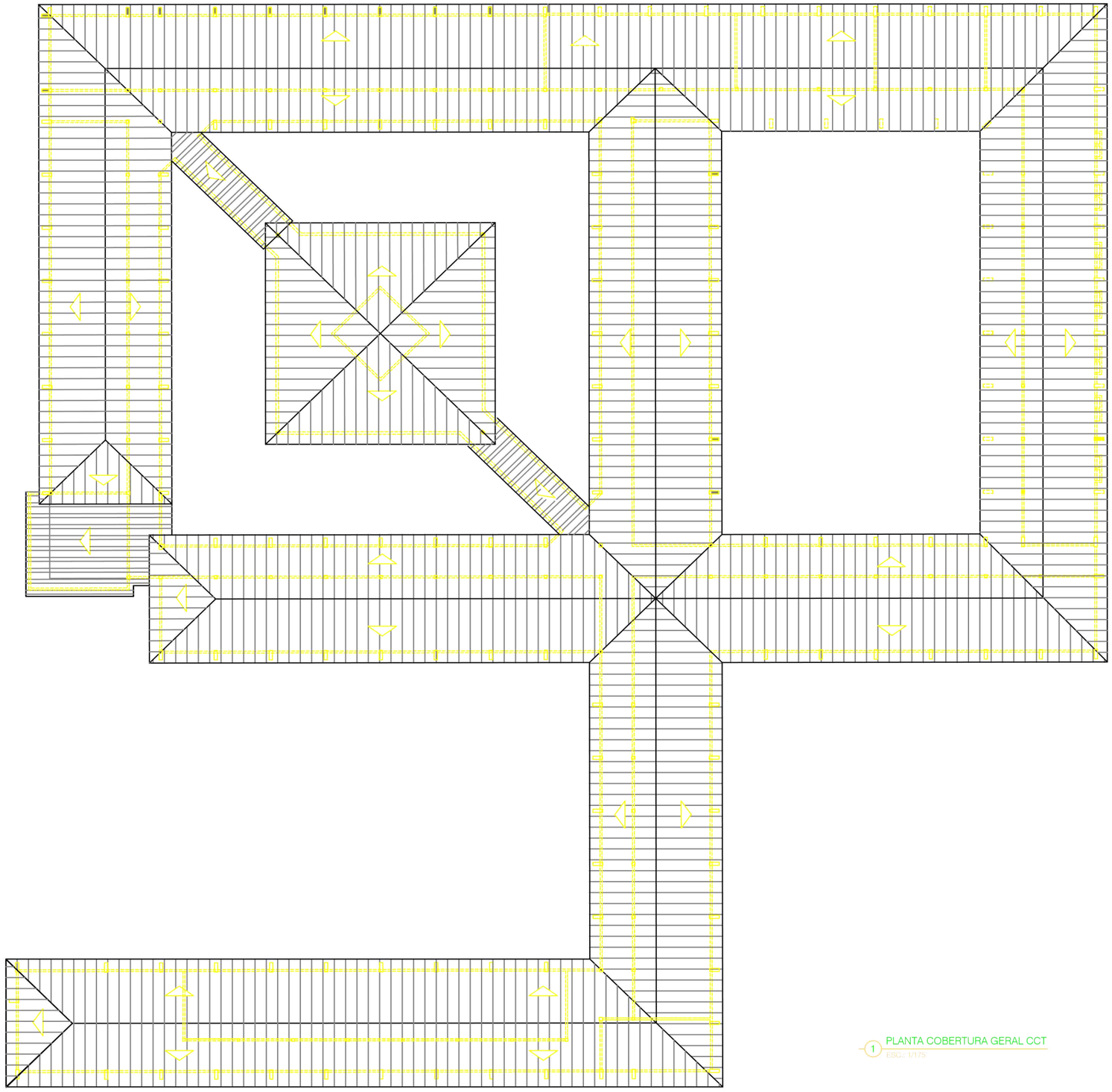
ENDEREÇO: CAMPUS PAULO VI, SÃO LUÍS - MA
SOLICIT.: CCT
CONTEÚDO PRANCHA: PLANTA BAIXA CCT-UEMA
CÓDIGO DO PROJETO: CCT-16.07.19-LEVANTAMENTO
TIPO PROJ.: **ARQ**
Nº PRANCHA: **01-02**

A. TERRENO:	A. CONST.:	A. REFORMA:	A. AMPLIAÇÃO:	ESCALA:	REVISÃO:
XXXX	5400 m²	XXXX	XXXX	1:175	R00

AUTOR DO LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO:
Vitor Hugo dos Santos FLum
Arquiteto e Urbanista CAU - A4607-8
XXXX
XXXX

COLABORADORES:
COORDENADOR:

CPF
PRÓ-REITORIA DE PLANEJAMENTO
COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO FÍSICO DA UEMA



1 PLANTA COBERTURA GERAL CCT
ESC.: 1/175

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CIDADE UNIVERSITÁRIA PAULO VI, C.P. 09 - TIRIRICAL - CEP: 65055-970 - SÃO LUÍS/MA
FONES: (98) 3245-5461 / FAX: (98) 3245-5982 C.N.P.J. 06.352.421/0001-68 -
CRIADA NOS TERMOS DA LEI Nº. 4.400 DE 30.12.1961

PROJETO:
LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

ENDEREÇO: CAMPUS PAULO VI, SÃO LUÍS - MA
SOLICIT.: CCT

CONTEÚDO PRANCHA: PLANTA COBERTURA GERAL CCT

CÓDIGO DO PROJETO: CCT-16.07.13-LEVANTAMENTO

TIPO PROJ.: ARQ
Nº PRANCHA: 02-02

COLABORADORES:

Á. TERRENO:	Á. CONST.:	Á. REFORMA:	Á. AMPLIAÇÃO:	ESCALA:	REVISÃO:
XXXX	5466,65m²	XXXX	XXXX	1:175	R00

AUTOR DO LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO :
Vitor Hugo dos Santos Pluim
Arquiteto e Urbanista CAU - A4607-8
xxxxx
xxxxx

CPF

COORDENADOR:
VITOR HUGO DOS SANTOS PLUIM - MATRIC.: 30053

PRÓ-REITORIA DE PLANEJAMENTO
COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO FÍSICO DA UEMA

A1 SHEET