

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

ÂNGELO MAGNO FREITAS COSTA

**EFICIÊNCIA HÍDRICA NA OBRA DA UNIDADE ACADÊMICA NO CABO DE
SANTO AGOSTINHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

Recife-PE
2018

EFICIÊNCIA HÍDRICA NA OBRA DA UNIDADE ACADÊMICA NO CABO DE SANTO AGOSTINHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda

Coorientador: Dr. Raimundo Mainar de Medeiros

Recife-PE

2018

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C837e Costa, Ângelo Magno Freitas
Eficiência hídrica na obra da Unidade Acadêmica no Cabo de Santo
Agostinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco / Ângelo Magno
Freitas Costa. – 2018.
59 f.: il.

Orientador: Romildo Morant de Holanda.

Coorientador: Raimundo Mainar de Medeiros.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1.climpAp 2.precipitação 3.reúso. I. Holanda, Romildo Morant de, orient.

II. Medeiros, Raimundo Mainar de, coorient. III. Título

CDD 620.8

ATA DE APROVAÇÃO

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

**EFICIÊNCIA HÍDRICA NA OBRA DA UNIDADE ACADÊMICO CABO DE
SANTO AGOSTINHO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

ÂNGELO MAGNO FREITAS COSTA

APROVADO EM: 23 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Gabriel Rivas de Melo – DEINFO/UFRPE
Membro Externo

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva - UFRPE
Membro Interno - PPEAMB

Dr. Raimundo Mainar de Medeiros – UFCG
Coorientador - PPEAMB

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda – UFRPE
Orientador - PPEAMB

Prof. Dr. Jose Ramon Barros Cantalice – UFRPE
Coordenador PPEAMB

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder forças para superar os obstáculos, coragem para seguir em frente, perseverança para acreditar sempre e, sabedoria para alcançar meus objetivos.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda, por ter me apoiado ao longo dessa caminhada, além do seu inestimável conhecimento, segurança, e experiência de vida repassados, na qual levarei para toda minha vida.

Ao meu coorientador e pesquisador Dr. Raimundo Mainar de Medeiros, por ter me ajudado na coleta e análise dos dados.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela disponibilidade das informações e pela oportunidade de cursar este mestrado.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa CITAR - Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais, pelo apoio e estímulo nos momentos mais difíceis.

A todos os professores, alunos e funcionários do PPEAMB que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

E, principalmente, à minha família, especialmente a minha esposa, meu filho, meus pais e irmãos pelo incentivo e apoio incondicional em alcançar mais esta conquista.

RESUMO

A construção civil é uma indústria importante para o desenvolvimento econômico do Brasil, entretanto é considerada como grande geradora de impactos ambientais, por consumir 34% do fornecimento mundial de água. Assim, medidas de redução dos impactos são almejadas. A aplicação dos critérios de sustentabilidade em obras pública, como no caso da construção da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco, além de ser é uma exigência legal por meio da lei Federal n. 12.462 de 4 de agosto de 2011, proporciona a aplicação de ações ambientais. Um dos critérios de sustentabilidade bastante discutido é o reúso da água, seja por captação de água da chuva ou por reutilização dos efluentes de estação de tratamento, o emprego dessas águas pode ser suficiente em determinados tipos de obras, garantindo a eficiência hídrica do empreendimento. O município do Cabo de Santo Agostinho é localizado em área de precipitações pluviais abrangentes ao longo do ano, o que torna a Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho com capacidade de alcançar em parte a sua eficiência hídrica pelo uso da água da chuva. Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência hídrica pela captação de águas pluviais e reúso de efluente na Unidade Acadêmica da Universidade Federal Rural de Pernambuco no Cabo de Santo Agostinho. Foi realizado um levantamento e análise de dados pluviométricos no município do Cabo de Santo Agostinho no período de 1987 a 2017, com a base histórica do monitoramento pluviométrico da Agência Pernambucana de Águas e Clima. Para análise das séries de dados de precipitação foi utilizado o software ClimAp 3.0. Para o cálculo do consumo de água durante a operação da unidade acadêmica foram consultados memoriais descritos da obra. Para a estimativa do consumo de água de reúso foi necessário identificar as características dos aparelhos sanitários, a frequência e o tempo com que os mesmos são utilizados com base em catálogos dos equipamentos utilizados. As áreas de cobertura das edificações foram calculadas por meio de cálculo das projeções do prédio em planta. A área de captação de água pluvial é dada, segundo a NBR 10844:2009, pela soma das áreas das superfícies como resultada, tem-se que as precipitações no município do Cabo de Santo Agostinho foram consideradas elevadas, com média ao longo de 1987 a 2017 de 1.863,4mm, com meses mais chuvosos em maio, junho e julho e mês com chuvas escassas de setembro a dezembro. Os cálculos das precipitações foram de suma importância para a estimativa de consumo na irrigação, visto que os dias com precipitações reduzem o consumo de saída dos reservatórios. O consumo das descargas é de 63,15% do consumo total da unidade. A quantidade de área verde da unidade faz o consumo de águas não potáveis alcançar valores que necessita o consumo de água potável para os meses de novembro e dezembro. A eficiência hídrica total da unidade é de 100% para as águas não potáveis e suas aplicações legais. Observou-se que a eficiência hídrica foi alcançada ao longo do ano, mesmo nos dias menos chuvosos, confirmando que a captação das águas da chuva e as condições de armazenamento são fundamentais para a eficiência hídrica em edificações.

Palavras-chaves: climAp; precipitação; reúso.

ABSTRACT

Civil construction is an important industry for Brazil's economic development. However, it is considered a great generator of environmental impacts, consuming 34% of the world's water supply. Thus, measures to reduce impacts are aimed. The application of the criteria of sustainability in public works, as in the case of the construction of the Academic Unit of Cabo de Santo Agostinho of the Federal Rural University of Pernambuco, besides being a legal requirement by Federal law n. 12,462 of August 4, 2011, provides the application of environmental actions. One of the most widely discussed sustainability criteria is the reuse of water, either by rainwater harvesting or reuse of wastewater treatment plant, the use of such water may be sufficient in certain types of works, guaranteeing the water efficiency of the enterprise. The municipality of Cabo de Santo Agostinho is located in an area of extensive rainfall throughout the year, which makes the Academic Unit of Cabo de Santo Agostinho with the capacity to achieve in part its water efficiency through the use of rainwater. In this context, the objective of this work was to evaluate the water efficiency by rainwater harvesting and effluent reuse in the Academic Unit of the Federal Rural University of Pernambuco in the Cabo de Santo Agostinho. A survey and analysis of rainfall data was carried out in the municipality of Cabo de Santo Agostinho from 1987 to 2017, with the historical basis of the pluviometric monitoring of the Pernambucana Water and Climate Agency. ClimAp 3.0 software was used to analyze the precipitation data series. For the calculation of the water consumption during the operation of the academic unit, the described descriptions of the work were consulted. In order to estimate the reuse water consumption, it was necessary to identify the characteristics of the sanitary appliances, the frequency and the time they are used based on the catalogs of the equipment used. The areas covered by the buildings were calculated by calculating the projections of the building in plan. According to NBR 10844: 2009, the area of rainwater abstraction is given by the sum of the areas of the surfaces as result, it is estimated that the precipitation in the municipality of Cabo de Santo Agostinho was considered high, with average throughout 1987 to 2017 of 1,863.4mm, with months more rainy in May, June and July and month with scarce rains from September to December. Precipitation calculations were extremely important for the estimation of irrigation consumption, since precipitation days reduce the outflow of the reservoirs. The consumption of discharges is 63.15% of the total consumption of the unit. The amount of green area of the unit makes the consumption of non-potable water reach values that requires the consumption of drinking water for the months of November and December. The total water efficiency of the unit is 100% for non-potable water and its legal applications. It was observed that water efficiency was reached throughout the year, even on less rainy days, confirming that rainwater harvesting and storage conditions are fundamental for water efficiency in buildings.

Keywords: climpAp; precipitation; reused.

LISTA DE ABREVIATURAS

- A.** Área;
- C.** Coeficiente de escoamento;
- ETE.** Estação de Tratamento de Efluente;
- MMA.** Ministério do Meio Ambiente;
- P.** Precipitação;
- RDC.** Regime Diferenciado de Contratação;
- UACSA.** Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho;
- UFRPE.** Universidade Federal Rural de Pernambuco;
- V.** Volume.
- DOL.** Distúrbios Ondulatórios de Leste;
- BMT.** Brisas Marítimas/Terrestres;
- OL.** Ondas de Leste;
- VAS.** Ventos Alísios de Sudeste;
- ZCIT.** Zona da Convergência Intertropical;
- LI.** Linhas de Instabilidade;
- VCAN.** Vórtices Ciclones de Altos Níveis;
- NEB.** Nordeste brasileiro;
- MM.** Milímetro;
- %.** Percentual;
- APAC.** Agencia Pernambucana de água e clima

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumos ao longo do ciclo de vida.....	18
Figura 2. Fases das construções sustentáveis.....	19
Figura 3. Selo de eficiência hídrica para equipamentos em Portugal.....	20
Figura 4. Esquema de reaproveitamento das águas cinzas e pluviais.....	23
Figura 5. Sistema de automação do uso da água	24
Figura 6. Localização da obra da unidade acadêmica do Cabo de Santo Agostinho	25
Figura 7. Maquete física da unidade acadêmica de estudo	27
Figura 8. Desenvolvimento da obra em setembro de 2017	28
Figura 9. Precipitação registrada na fase de obra no mês de abril de 2017	38
Figura 10. escoamento de água de chuva pela escadaria no mês de abril de 2017	38
Figura 11. Planta de cobertura e foto do Edifício Administrativo	48
Figura 12. Planta de cobertura dos Edifícios	48
Figura 13. Planta de cobertura do edifício biblioteca	49
Figura 14. Teste de estanqueidade da cobertura da Biblioteca	49
Figura 15. Execução dos reservatórios	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Precipitações (mm) médias mensais no período de 1987-2017 para a UACSA	37
Tabela 2. Contribuição para a primeira etapa de operação da UACSA	39
Tabela 3. Consumo estimado mensal de água total	40
Tabela 4. Consumo para irrigação	45
Tabela 5. Volume de descargas	46
Tabela 6. Geração de água de reúso pela ETE	47
Tabela 7. Áreas de cobertura das edificações.....	47
Tabela 8. Água captada	50
Tabela 9. Consumo de água total	50
Tabela 10. Volume de água de reúso e aproveitamento captada	51
Tabela 11. Volume de águas não potáveis	52
Tabela 12. Comparativo de eficiência mensal.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Consumo de água per capita	29
Quadro 2. Coeficiente de <i>Runoff</i> utilizado por Tucson e Phoenix	30
Quadro 3. Estimativa de necessidade de reúso	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitações médias mensais no período de 1987-2017 para a UACSA	32
Gráfico 2. Médias trimestres no período de 1987-2017 para a UACSA	33
Gráfico 3. Precipitação total anual no período de 1987-2017 para a UACSA	34
Gráfico 4. Desvio padronizado da chuva anual no período de 1987-2017 para a UACSA	34
Nos gráficos 5 (a, b, c) têm-se as variabilidades das distribuições das precipitações para 1 mm (a), 10 mm (b) e 20 mm (c) da área de estudo.....	34
Gráfico 5a. Análise e tendência das precipitações maiores de 1mm (a) no período de 1987-2017 para a UACSA.....	35
Gráfico 5b. Análise e tendência das precipitações maiores de 10 mm (a) no período de 1987-2017 para a UACSA.....	35
Gráfico 5c. Análise e tendência das precipitações maiores de 20 mm (a) no período de 1987-2017 para a UACSA.....	36
Gráfico 6. Histograma mensal das precipitações no período de 1987-2017 para a UACSA	36
Gráfico 7. Precipitações acima de 7mm por mês	40
Gráfico 8. Precipitações acima de 20 mm por mês	43

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE ABREVIATURAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE GRÁFICOS	12
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo geral.....	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. Impactos no consumo de água pelas edificações.....	18
3.2. Construções sustentáveis.....	19
3.3. Leis de obras sustentáveis.....	20
3.4. Capacidade de água de chuva.....	21
3.5. Capacidade de reúso de efluente.....	22
3.6. Eficiência hídrica.....	23
4. MÉTODOS	25
4.1. Área de estudo.....	25
4.2. Aquisição, diagnóstico e análise dos dados pluviométricos do município do Cabo de Santo Agostinho.....	28
4.3. Cálculo do consumo de água.....	28
4.4. Cálculo de estimativa de consumo de água de reúso.....	29
4.5. Área de cobertura para captação de águas pluviais.....	29
4.6. Cálculo da estimativa de captação de águas pluviais.....	30
4.7. Cálculo da eficiência hídrica.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1. Análise pluviométrica do município do Cabo de Santo Agostinho.....	32
5.2. Cálculo do consumo de água.....	39
5.3. Uso para irrigação da cobertura vegetal.....	40
5.4. Cálculo de estimativa de consumo de água de reúso ou de reaproveitamento 45	
5.4.1. Uso descargas sanitárias.....	45
5.5. Cálculo da produção de água de reúso da Estação de Tratamento de Efluente (ETE).....	46
5.6. Cálculo da captação de água da chuva.....	47
5.6.1. Área de cobertura para captação de águas pluviais.....	47
5.7. Cálculo da eficiência hídrica.....	50
6. CONCLUSÃO	54

7. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....55
REFERÊNCIAS.....56

1. Introdução

A construção civil é uma indústria importante para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, entretanto é considerada como grande geradora de impactos ambientais (BRASILEIRO; MATOS, 2015). A construção civil consome 34% do fornecimento mundial de água, gera de 35% a 40% de todo resíduo produzido na atividade humana, além do consumo elevado energia e madeira (BELTRAME, 2013; CHUEKE, 2016; CBCS, 2014).

Assim, medidas de redução de impactos ao meio ambiente são almejadas pelas edificações, fortalecendo o emprego de ações preventivas focadas em gestão ambiental alinhadas as variáveis econômicas, sociais e tecnologias (MARINOSKI; GHISI, 2018).

Segundo os autores Baptista Junior e Romanel (2013) é na concepção e na elaboração do projeto que devem ser criteriosamente estudados as técnicas de sustentabilidade de forma a minimizar o impacto ambiental da construção e assegurar níveis adequados de sustentabilidade, de modo que, as construções devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas norteadas pelo aumento da eficiência na utilização dos recursos naturais.

As ações sustentáveis em obras vão desde a aquisição de insumo extraídos ou fabricados de forma a reduzir os impactos ambientais à utilização de tecnologias ambientais visando à racionalização de energia e água com ambientes confortável termicamente e acusticamente (BRASIL, 2010). Ocorrendo a incorporação nos processos construtivos de tecnologias como a automação da iluminação (redução de consumo de energia), uso de usina fotovoltaica (alternativa de energia limpa e renovável), sistema de reúso de água (redução de consumo de água) e de tratamento de efluentes gerados e aproveitamento da água da chuva (SILVA, 2013).

A aplicação dos critérios de sustentabilidade em obras pública, como no caso da construção da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) é uma exigência legal por meio da lei Federal n. 12.462 de 4 de agosto de 2011, proporcionando a aplicação de ações ambientais por meio de políticas públicas (BRASIL, 2011).

Um dos critérios de sustentabilidade bastante discutido é o reúso da água, seja por captação de água da chuva ou por reutilização dos efluentes de estação de tratamento, o emprego dessas águas pode ser suficiente em determinados tipos de obras, garantindo a eficiência hídrica do empreendimento (OLIVEIRA F., 2017). O município do Cabo de Santo Agostinho é localizado em área de precipitações pluviais abrangentes ao longo do ano, o que torna a UACSA com capacidade de alcançar em parte a sua eficiência hídrica pelo reúso da água da chuva (ASSIS, 1999).

Nesse contexto, tem-se como objetivo avaliar a eficiência hídrica pela captação de águas pluviais e pelo reúso do efluente na Unidade Acadêmica da Universidade Federal Rural de Pernambuco no Cabo de Santo Agostinho.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Avaliar a eficiência hídrica pela captação da água de chuva e do reúso do efluente na obra da Unidade acadêmica no Cabo de Santo Agostinho em Pernambuco da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

2.2. Objetivos específicos

Calcular o consumo dos recursos água potável e não potável para a operação da unidade acadêmica;

Realizar levantamento das precipitações pluviométricas na área estudada;

Calcular a capacidade de coleta de águas pluviais nas cobertas existentes da unidade acadêmica;

Calcular a capacidade de reúso de efluentes da estação de tratamento da unidade acadêmica;

Calcular a eficiência hídrica das águas para fins não potáveis da unidade acadêmica.

3. Revisão de literatura

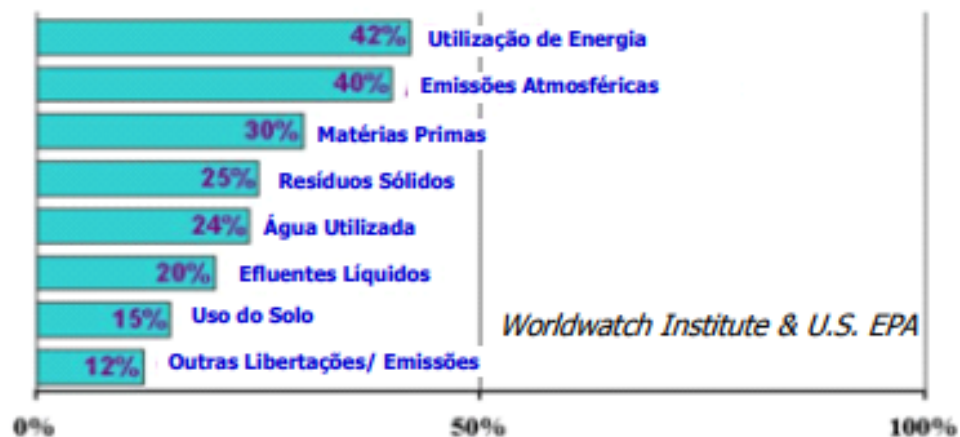
3.1. Impactos no consumo de água pelas edificações

As agressões ao meio ambiente comprometem a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, apesar de ser considerada um recurso renovável, a água de qualidade se tornou escassa em muitos locais do planeta (MARINOSKI; GHISI, 2018). Conforme Pacheco (2011), a disponibilidade de água potável é um problema para construção em diversas áreas do planeta.

Os impactos ambientais quanto ao consumo de recursos naturais pelas edificações ocorrem desde a fase de projeto, construção, ao longo do uso, manutenção e na etapa de demolição, considerando características técnicas, éticas, sociais e ambientais (DEGANI; CARDOSO, 2002).

Segundo Pinheiro (2003) encontram-se associados ao ciclo de vida das edificações elevados consumos de água, energia, matérias primas e produção de resíduos (Figura 1).

Figura 1. Consumos ao longo do ciclo de vida



Fonte: Pinheiro (2003)

Nas capitais brasileiras, o consumo médio da água é da ordem de 300 a 450 litros por dia *per capita*, usando-se a água para todos os serviços (SANTOS, 2008). Conforme Martins e Memelli (2011), cerca de 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis.

Kammers e Ghisi (2006) ao estudar o consumo per capita para os dez edifícios públicos em Florianópolis (SC) encontram uma média de 36,7 litros/pessoa por dia.

O consumo de água para o uso de vaso sanitário pode chegar a 40% do consumo total das residências nos Estados Unidos, Suíça, Colômbia e Reino Unido. No Brasil, o consumo para as descargas fica na ordem de 30% (SABESP, 2003). Complementando, Lima (2010), comenta que os principais consumos de água em uma residência são os chuveiros e bacias sanitárias, os quais juntos representam 59%.

3.2. Construções sustentáveis

Segundo Corrêa (2009), o uso dos recursos naturais nessa geração foi abordado no Relatório Brundland em 1987, levando em consideração a importância da construção civil no alcance do desenvolvimento sustentável, buscando a redução do consumo dos recursos naturais.

É desde a concepção do projeto que devem ser estabelecidos os critérios de sustentabilidade, por meio de ações preventivas, partindo das especificações dos materiais e dos cálculos dos espaços com o envolvimento de fornecedores, clientes, projetistas e usuários (DEGANI; CARDOSO, 2002) (Figura 2).

Figura 2. Fases das construções sustentáveis



Fonte: Pinheiro (2003)

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017) em suas diretrizes das obras sustentáveis recomenda que ocorra a prevenção do uso da água, por meio de coleta e utilização de águas pluviais, utilização de dispositivos economizadores de água,

reúso de águas, tratamento adequado de esgoto no local e, quando possível, o uso de banheiro seco (MMA, 2017).

Assim, os sistemas de certificação e rotulagem promovem a qualidade e eficiência nas instalações prediais, por meio de incentivos a população ao investimento em novos dispositivos cujo desempenho contribua para o aumento da eficiência hídrica nas suas habitações (ALVES, 2015) (Figura 3).

Figura 3. Selo de eficiência hídrica para equipamentos em Portugal



Fonte: Alves (2015)

Segundo Thomaz (2009) as certificações de sustentabilidade acrescentam um novo valor à água de reúso e ao aproveitamento da água de chuva em usos não potáveis, economizando a água potável em usos menos nobres e na irrigação.

Também conforme Pacheco (2011), as certificações prezam por economia no consumo da água com a utilização de dispositivos com finalidade de reduzir o consumo, como as descargas dupla que pode alcançar cerca de 70% de economia.

3.3. Leis de obras sustentáveis

Um dos amparos legais das construções sustentáveis se dá pela Constituição Federal, uma vez que um dos princípios que informa a ordem econômica é o da defesa meio ambiente (BRASIL, 1988).

Em 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos na qual determina a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1997).

No Brasil, em 2012, foi implementada a regularização ao art. 3º da lei de licitações públicas, Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, na qual institui a necessidade de maior eficiência na utilização de recursos naturais como água e energia (BRASIL, 2012).

No tocante a contratações de obras federais por Regime Diferenciado de Contratação (RDC) foi instituída a Lei Federal nº12.462 de 4 de agosto de 2011, pela busca da maior vantagem para a administração pública, considerando custos e benefícios, diretos e indiretos, de natureza econômica, social ou ambiental, inclusive os relativos à manutenção, ao desfazimento de bens e resíduos, ao índice de depreciação econômica e outros fatores de igual relevância (BRASIL, 2011).

Como diretrizes propostas pela Instrução Normativa nº 1 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, quanto ao uso da água para as edificações, tem-se o emprego do sistema de medição de consumo de água, a aplicação de sistema de reúso de água e de Estação de Tratamento de Efluente (ETE) e o aproveitamento da água da chuva, com redes de captação, transporte e armazenamento (MPOG, 2010).

3.4. Capacidade de água de chuva

A captação de água de chuva é uma técnica milenar, usada em diversos países, podendo ser uma importante estratégia para promover a economia de água e contornar problemas de escassez (OLIVEIRA F., 2008; THOMAZ, 2009).

O emprego da captação da água das chuvas como água não potável é praticado nos países: Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Japão, ainda não muito utilizado no Brasil, no qual se observa essa prática em alguns municípios do Nordeste como suprimento de água (MAY, 2004).

A captação e o aproveitamento de água de chuva podem ser feitos visando dois objetivos diferentes, sendo eles: contenção de excesso de água e escoamento superficial e suprimento da demanda de água para diferentes fins (OLIVEIRA F., 2008). Na Holanda, a água da chuva é coletada para evitar transbordamentos dos canais que rodeiam o país (MAY, 2004).

Segundo Hagemann (2009), a qualidade da água da chuva é influenciada pelas condições atmosféricas e pelo local de captação da água, muitas vezes essa água tem qualidade superior que os corpos hídricos. Porém, May (2004) recomenda o uso da captação da água da chuva, apenas para fins não potável (GONÇALVES; SILVA; WANKE, 2007).

Conforme Pacheco (2011) a água pluvial deve ser captada, filtrada e armazenada. Estudos demonstram que análises da qualidade da água de chuva se enquadra na classe de uso nº 1, definida pela Resolução Conama nº 357 para fins de irrigação, uso de descargas sanitárias e lavagem de pátio (OLIVEIRA F., 2008; OLIVEIRA J., 2017).

Os sistemas tradicionais de captação e aproveitamento de água de chuva são compostos, basicamente, por uma área de captação da água de chuva, que é dirigida a um reservatório por meio de calhas e tubos condutores para então ser direcionada a sistemas de distribuição (OLIVEIRA F., 2008).

Também, é importante verificar o regime de chuvas e sua periodicidade na região, considerando as ocorrências de falta de água ou enchentes, problemas de erosão decorrentes de chuvas, carência de saneamento ou abastecimento de água potável (SISEMA, 2008).

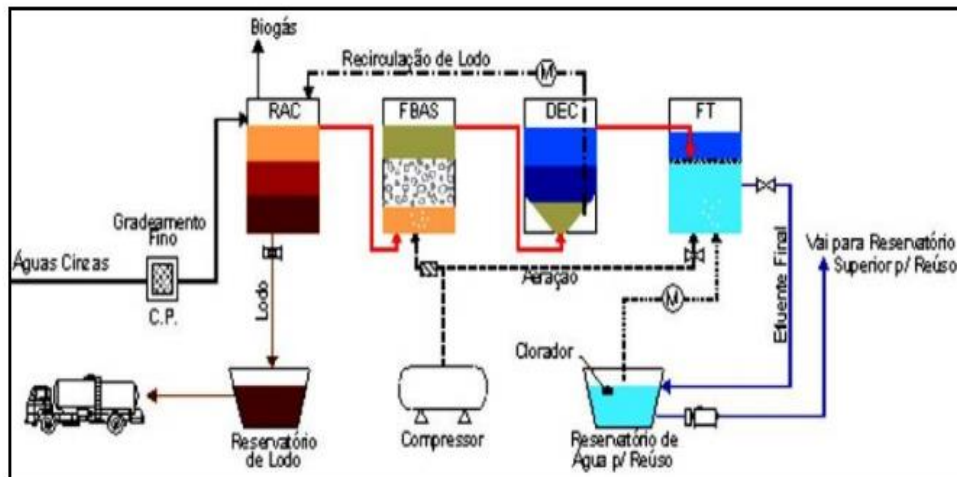
Conforme Thomaz (2009), o aproveitamento de água de chuva não pode receber o termo uso de água de chuva e nem chamado de reaproveitamento, visto que o termo (re-) dar-se quanto a água já foi utilizada pelo homem, como no caso da água de reúso de efluente que já foi descartada após consumo humano.

3.5. Capacidade de reúso de efluente

Reúso da água é a reutilização que após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006).

A reciclagem de águas cinzas é o reaproveitamento da água, após o tratamento em ETE, essa água passa por um processo parecido com o da água pluvial, é armazenada e filtrada, para posteriormente ser redistribuída em torneiras de jardins e vasos sanitários (PACHECO, 2011) (Figura 4).

Figura 4. Esquema de reaproveitamento das águas cinzas e pluviais



Fonte: GONÇALVES; SILVA; WANKE (2007)

3.6. Eficiência hídrica

A eficiência hídrica em uma obra inicia no planejamento e na concepção do projeto, por meio da avaliação da disponibilidade hídrica da área de implantação, em função das exigências de consumo inerentes às atividades a serem desenvolvidas, buscando benefícios ao longo da vida útil da edificação (SISEMA, 2008).

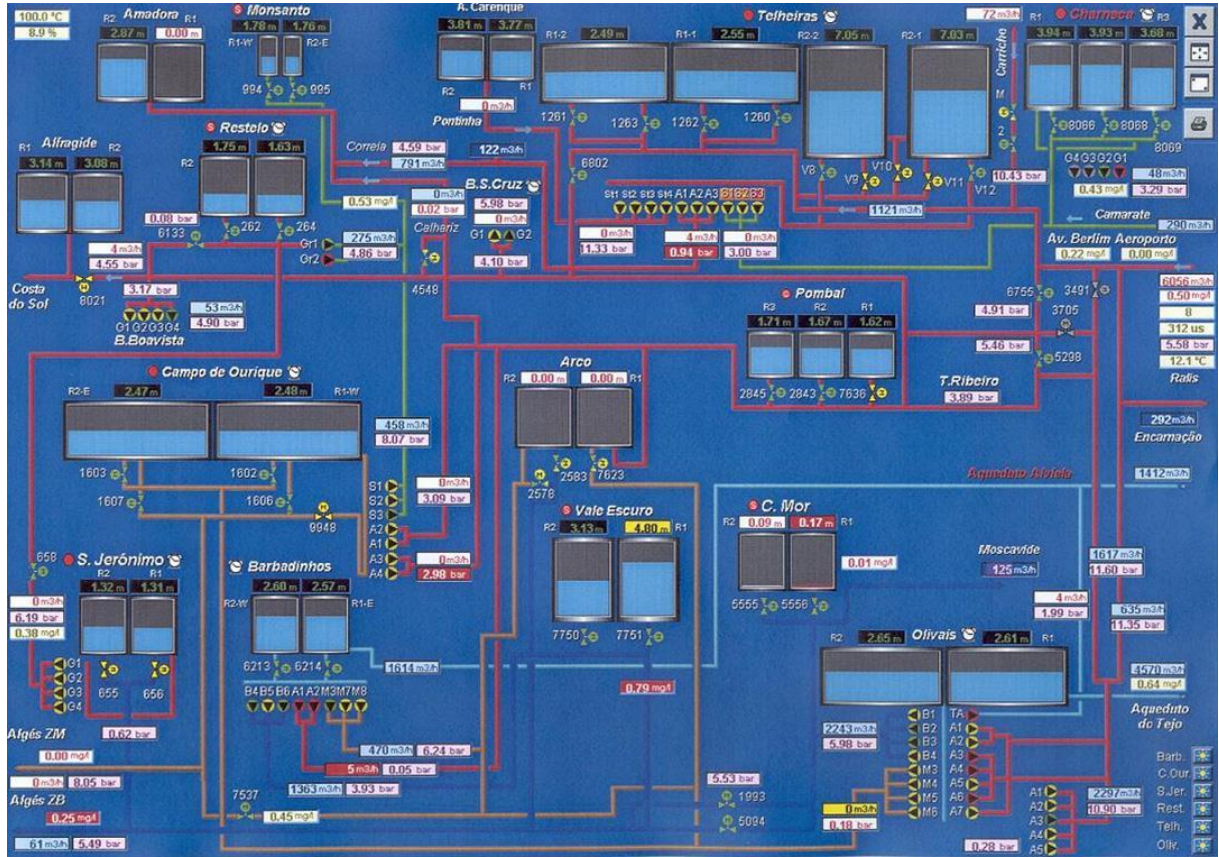
Alves (2015) define o conceito de eficácia hídrica na utilização da água como a medição do modo otimizado da utilização da água, se traduzindo nos objetivos definidos que são realmente cumpridos, buscando soluções que permitam aumentar a economia de água nos edifícios. Descreve-se como eficiência hídrica a otimização do consumo de água assegurando o uso do volume mínimo (LIMA, 2010).

A eficiência hídrica deve orientar-se em, reduzir os consumos, reduzir os desperdícios e reaproveitar a água usada (ALVES, 2015). Lima (2010) comenta que uma das formas de aumentar a eficiência é prever na concepção dos projetos medidores individuais, dispositivos economizadores, e projetar a captação de águas pluviais e de sistema de reúso, provocando a redução de 3% a 29% no consumo. Os novos aparelhos de descargas podem funcionar com 3 ou 6 litros por descarga diferente dos dispositivos ativos que atuavam com 20 litros (DECA, 2017).

Alves (2015) afirma que como forma de auxiliar no controle para eficiência hídrica a utilização de automação que podem ser utilizadas em ETE (Figura 5). A

utilização de contadores com um dispositivo integrado que permite a leitura frequente dos consumos e da qualidade da água (ALVES, 2015).

Figura 5. Sistema de automação do uso da água



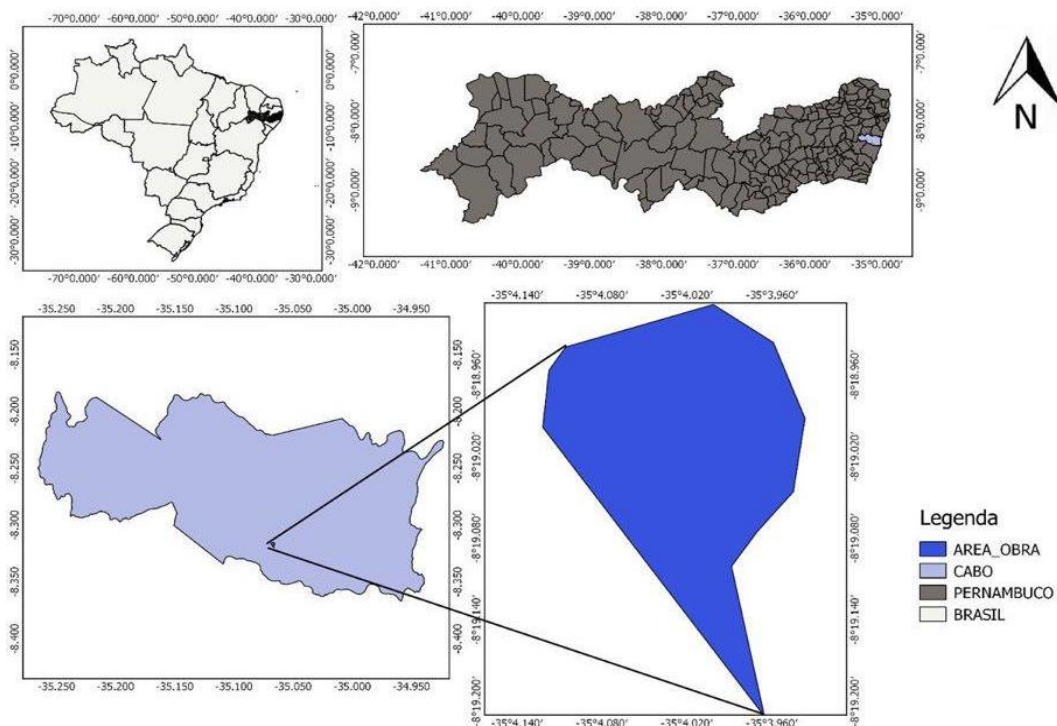
Fonte: Alves (2015)

4. Métodos

4.1. Área de estudo

Cabo de Santo Agostinho localiza-se na mesorregião Metropolitana e na Microrregião Suape do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Moreno e Jaboatão dos Guararapes, a sul com Ipojuca e Escada, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com Vitória de Santo Antão. A sede do município tem uma altitude de 29 metros e coordenadas geográficas: 08°17' de latitude sul e 35°02' de longitude oeste. De acordo com Medeiros et al. (2006) (Figura 6).

Figura 6. Localização da obra da unidade acadêmica do Cabo de Santo Agostinho



Fonte: Autor (2018)

O relevo do Cabo de Santo Agostinho faz parte da unidade das Superfícies Retrabalhadas que é formada por áreas que têm sofrido retrabalhamento intenso, com relevo bastante dissecado e vales profundos. Na região litorânea de Pernambuco e Alagoas, é formada pelo “mar de morros” que antecedem a Chapada da Borborema, com solos pobres e vegetação de floresta hipoxerófila.

A vegetação é predominantemente do tipo Floresta Subperenifólia, com partes de Floresta Hipoxerófila.

Os solos dessa unidade geoambiental são representados pelos Latossolos nos topos planos, sendo profundos e bem drenados; pelos Podzólicos nas vertentes íngremes, sendo pouco a medianamente profundos e bem drenados e pelos Gleissolos de Várzea nos fundos de vales estreitos, com solos orgânicos e encharcados.

Cabo de Santo Agostinho encontra-se inserido nos domínios do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos. Seus principais tributários são os Rios: Gurjaú, Jaboatão, Araribá, Pirapora, Cajabuçu, Jasmim e Arrombados, além dos riachos: das Moças, Contra Açude, do Cafófo, Noruega, Santa Amélia, Utinga de Cima e de Baixo, Algodois e o Arroio Dois Rios. Os principais corpos de acumulação são os açudes Pirapama, Sicupema, Represa Gurjaú, Cotovelo e Água Fria, e a Lagoa do Zumbi. O município é banhado a leste pelo Oceano Atlântico. Todos os cursos d'água na área de estudo têm regime de escoamento perene e o padrão de drenagem é o dendrítico.

Os sistemas atmosféricos, que influencia e/ou inibem a precipitação na UACSA, são os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) e as Brisas Marítimas/Terrestres (BMT), as Ondas de Leste (OL), Ventos Alísios de Sudeste (VAS), Zona da Convergência Intertropical (ZCIT), Linhas de Instabilidade (LI). A ZCIT abrange a área de estudo, principalmente no outono, e ocasiona chuvas de intensidades moderadas a fortes.

As formações dos sistemas de Vórtices Ciclones de Altos Níveis (VCAN) quando de suas formações nos meses de fevereiro a abril e com suas bordas sobre o Nordeste Brasileiro (NEB) em especial acima do estado do Pernambuco aumenta a cobertura de nuvem e provocam chuvas em curto intervalo de tempo, causando prejuízo às comunidades como alagamento, enchentes, inundações e ao setor socioeconômico, no período seco a precipitação registrada é causada pelas contribuições regional e local com precipitações isoladas de acordo com Medeiros (2017).

Segundo a classificação climática de Köppen (1928), o clima é do tipo As, tropical chuvoso, com verão seco. Esta classificação está de acordo com Alvares et al (2014).

Os dados pluviométricos foram agrupados caracterizando um período de normal climatológica para o período de 1987-2017 onde, empregaram-se do software em planilhas eletrônicas, para extrair os valores das médias mensais, anuais, plotando os seus respectivos gráficos e tendências.

Os referidos dados foram fornecidos pela Agencia de Água e Clima do Estado de Pernambuco (APAC, 2017). Os dados trabalhados foram da sede municipal e dos seus entornos, visto que não se tinha uma série de 30 anos completa para a realização do estudo, para tanto se gerou a respectiva série utilizando do método do preenchimento de falhas pelo método da Média Ponderada pelo o Inverso da Distância ao Quadrado seguidamente da homogeneização e suas consistências.

A UACSA, destinada aos cursos da área de engenharia e tecnologia, composta de 25 edificações (Figura 4), dispostas em uma área de cerca de 20 hectares, totalizando uma área construída de 153.910,13 m². Sua execução está dividida em etapas, na qual a primeira teve início no ano de 2014 e tem previsão de término para o segundo semestre de 2018 (Figura 7).

Figura 7. Maquete física da unidade acadêmica de estudo



Fonte: Autor (2018)

O estudo ocorreu na UACSA na fase de projeto e de execução no período de março de 2016 a dezembro de 2017 (Figura 8). A obra contempla uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) com eficiência de tratamento em 80%, com duas torres de reservatório com compartimentos inferiores e superiores com 50 metros de altura, com 21 prédios e demais infraestrutura, com 40.000 m² de área vegetada com irrigação.

Nesse estudo não foram consideradas as águas para reserva de incêndio.

Figura 8. Desenvolvimento da obra em setembro de 2017



Fonte: Autor (2018)

4.2. Aquisição, diagnóstico e análise dos dados pluviométricos do município do Cabo de Santo Agostinho

Foi realizado um levantamento e análise de dados pluviométricos a partir de estações 06 estações localizadas no município do Cabo de Santo Agostinho no período de 1987 a 2017, com a base histórica do monitoramento pluviométrico da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Para análise das séries de dados de precipitação foi utilizado o software ClimAp 3.0 (SALVADOR, 2017). Dessa forma, verificou-se a média histórica mensal de chuva, além das médias trimestrais, precipitação total anual e análise de tendência.

4.3. Cálculo do consumo de água

Para o dimensionamento do consumo da UACSA, se fez necessária a estimativa de usuários e o consumo per capita (CREDER, 2006) (Quadro 1). A estimativa de usuários foi coletada pelo projeto básico constante do processo licitatório do Regime Diferenciado de Contratação nº 01/2013 (UFRPE, 2013).

Quadro 1. Consumo de água per capita

Prédio	Consumo (litros)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (sem cozinha e lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas - internatos	150 per capita
Escolas – externatos	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 lugar
Templos	2 lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóveis
Lavanderias	30 por Kg de roupa seca
Mercados	5 por m ³ de área
Matadouros – animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Posto de serviços para automóvel	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ²

Fonte: Creder (2006)

Kammers e Ghisi (2006) ao estudarem o consumo per capita para os 10 (dez) edifícios públicos em Florianópolis (SC) encontram uma média de 36,7 litros/pessoa por dia.

4.4. Cálculo de estimativa de consumo de água de reúso

Para a estimativa do consumo de água de reúso foi necessário identificar as características dos aparelhos sanitários, a frequência e o tempo com que os mesmos são utilizados, com base em catálogos dos equipamentos utilizados. Esses dados são necessários neste estudo para que seja feita a estimativa do consumo médio de água para cada tipo de aparelho sanitário, e desta forma seja verificada a demanda de água em usos com fins não potáveis, determinando o potencial de economia que pode ser gerado através do uso de água pluvial.

4.5. Área de cobertura para captação de águas pluviais

As áreas de coberta das edificações foram calculadas por meio de cálculo das projeções do prédio em planta. Ainda, para o dimensionamento da capacidade de reserva considera-se o tipo e inclinação do telhado (OLIVEIRA J., 2017).

4.6. Cálculo da estimativa de captação de águas pluviais

A área de captação de água pluvial é dada, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), pela soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação representada pela projeção horizontal da cobertura da edificação.

O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Uma parte da água de chuva que cai sobre a superfície de captação perde-se por evaporação, retenção, limpeza do telhado, etc. (OLIVEIRA, J.; 2017). Portanto, no cálculo do volume de água que pode ser aproveitado, usa-se o coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de *Runoff* (C), que representa o quociente entre a água que esco superficialmente pela área de captação do total de água precipitada (Quadro 2).

Quadro 2. Coeficiente de *Runoff* utilizado por Tucson e Phoenix

MATERIAL	MÁXIMO	MÍNIMO
Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0,95	0,90
Pavimentação: concreto, asfalto	1,00	0,90
Solo: com vegetação	0,75	0,20
sem vegetação	0,60	0,10
Gramado: com solo arenoso	0,10	0,05
com solo barrento	0,17	0,13

Fonte: May (2004)

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) o cálculo da capacidade de captação é realizado através da seguinte equação.

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad \text{Equação 1}$$

No qual, o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (V) em litros; a precipitação média anual, mensal ou diária (P) em mm; e a área de captação (A) em m²; sendo C o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*Runoff*); $\eta_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso seja utilizado, considerado como 100% nesse estudo.

4.7. Cálculo da eficiência hídrica

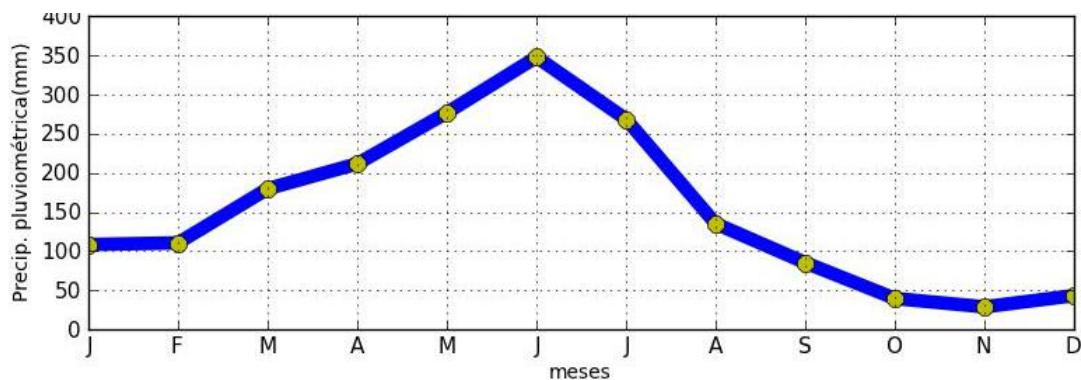
Segundo Lima (2010) a eficiência hídrica deve ser calculada por meio da razão entre a estimativa de consumo e a capacidade de utilização. Será realizado o cálculo da eficiência da unidade acadêmica pela quantidade de água não potável necessária versus a disponibilidade de água de reúso de estação de tratamento de efluente e de aproveitamento de captação de água de chuvas.

5. Resultados e discussões

5.1. Análise pluviométrica do município do Cabo de Santo Agostinho

A análise dos resultados das precipitações pela base histórica de 1987 a 2017 (30 anos) para a área de estudo possibilitou destaca-se as oscilações mensais conforme (Gráfico 1).

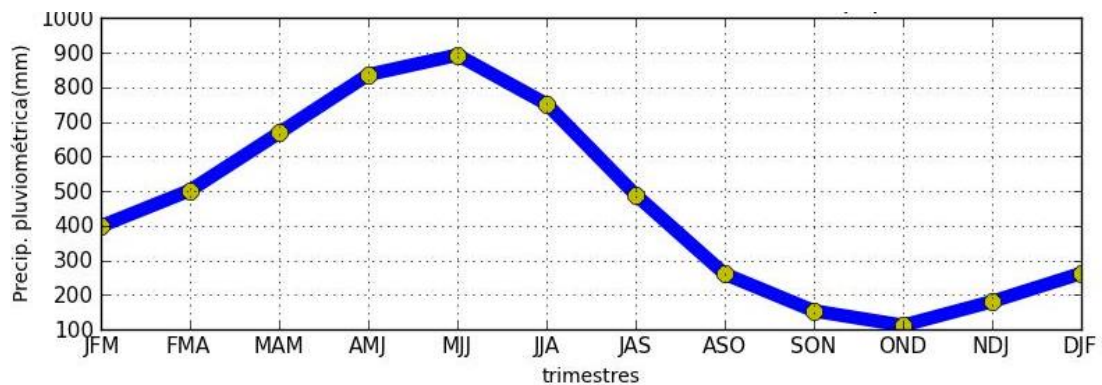
Gráfico 1. Precipitações médias mensais no período de 1987-2017 para a UACSA



Fonte: Autor (2018)

A precipitação média anual é de 1.863,3 mm, com trimestre chuvoso ocorrendo nos meses de maio, junho e julho com precipitações médias de 276,93 mm, 347,89 mm, e 268,52 mm respectivamente (Gráfico 2). Que representa 49,1% do total anual. No trimestre seco (setembro, outubro e novembro) os índices pluviométricos não ultrapassam os 110 mm, totalizando 9% do valor anual precipitável. Nos meses de fevereiro, março e abril registram-se chuvas fluindo entre 110 mm a 210 mm. Os meses de dezembro e janeiro ocorrem chuvas de moderado a fortes intensidades e com curto intervalo de tempo. Chuva de pré-estação (chuvas que antecedem as do período chuvoso).

Gráfico 2. Médias trimestres no período de 1987-2017 para a UACSA



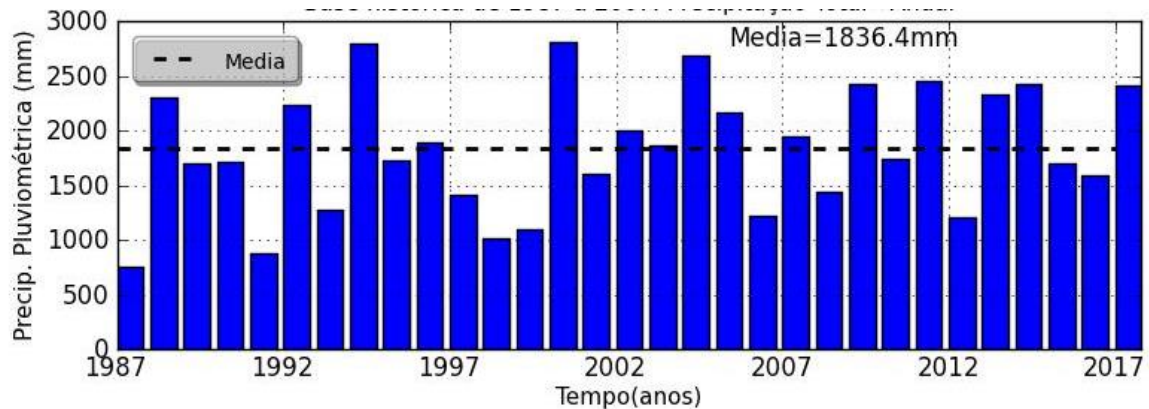
Fonte: Autor (2018)

Segundo Assis (1999) a precipitação pluviométrica média anual do município é da ordem de 2.160 mm e as chuvas ocorrem no período de fevereiro a agosto confirmando os resultados obtidos. Ao longo dos 30 anos de observação, 11 desses superaram a média (Gráfico 3).

A média pluvial no estudo difere do autor Assis (1999), pois se trabalhou com dados de melhor significância onde se realizou preenchimento de falhas, homogeneização e consistência, salienta-se ainda que os fenômenos de larga escala possam ter corroborados para a diferenciação das médias mensais e anuais.

No gráfico 3 têm-se 04 (quatro) anos com chuva próximo à média, 16 (dezesesseis) anos com precipitação abaixo da média, e 11 anos com chuvas superiores a média. Destaca-se os anos de 1994, 2000, 2004 com índices pluviais superiores a média. Os anos de 1987, 1991, 1998 e 1999 registrou-se índices pluviais inferiores aos 1000 mm. Estas flutuações de reduções poderão estar relacionados as variabilidades dos fenômenos de larga escala e regional atuantes nos respectivos anos.

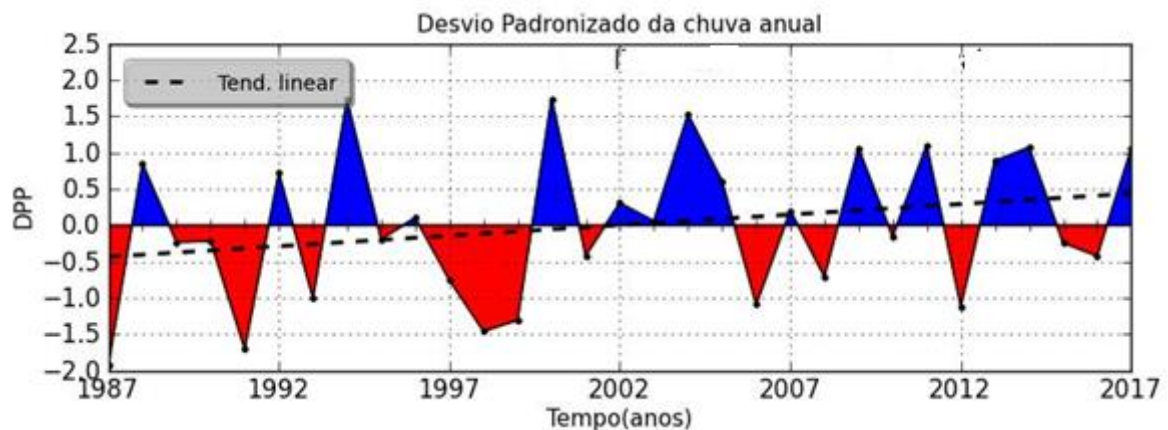
Gráfico 3. Precipitação total anual no período de 1987-2017 para a UACSA



Fonte: Autor (2018)

O gráfico 4 tem-se a variabilidade do desvio padronizado da chuva anual. Observa-se uma tendência crescente da reta e nas flutuações anuais do desvio. Destacam-se os anos de 1990 e 1991, de 1996 a 1999, 2006, e 2012 como os de maiores desvios negativos com oscilações de -0,4 mm a -1,8 mm. Os anos de 1994, 2000, 2004, 2009, 2011, 2012, 2014, e 2017 com maiores desvios padronizados contribuindo para um aumento no seu volume pluvial.

Gráfico 4. Desvio padronizado da chuva anual no período de 1987-2017 para a UACSA



Fonte: Autor (2018)

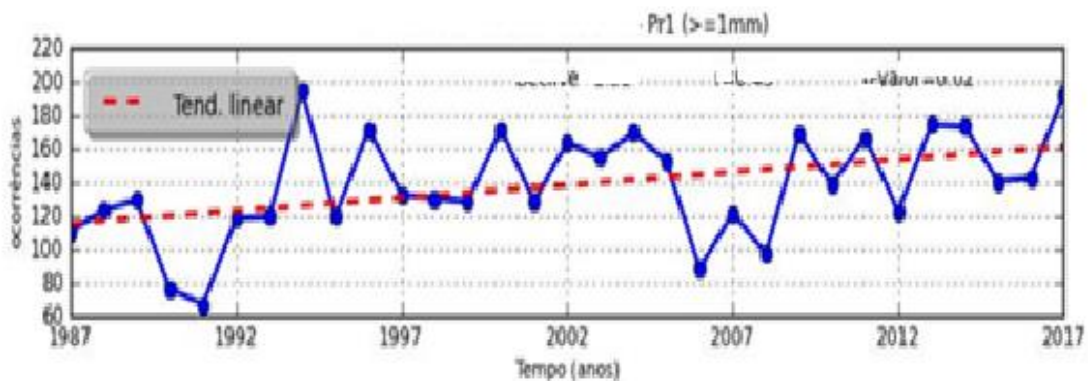
Nos gráficos 5 (a, b, c) têm-se as variabilidades das distribuições das precipitações para 1 mm (a), 10 mm (b) e 20 mm (c) da área de estudo.

No gráfico 5a vê-se o demonstrativo da variabilidade da precipitação com índice pluvial superior a 1 mm. Observa-se flutuações interanuais oscilando entre 60 mm e 190 mm, salientando-se que a variabilidade de 1 mm demonstra uma tendência

ascendente e com tendência positivas a ocorrências de chuvas futuras. Estes incrementos interanuais estão ligados aos efeitos locais e regionais de acordo com Marengo (2014).

Destaca-se que no armazenamento de água é necessário que todos os seus sistemas estejam limpos e operantes.

Gráfico 6a. Análise e tendência das precipitações maiores de 1mm (a) no período de 1987-2017 para a UACSA

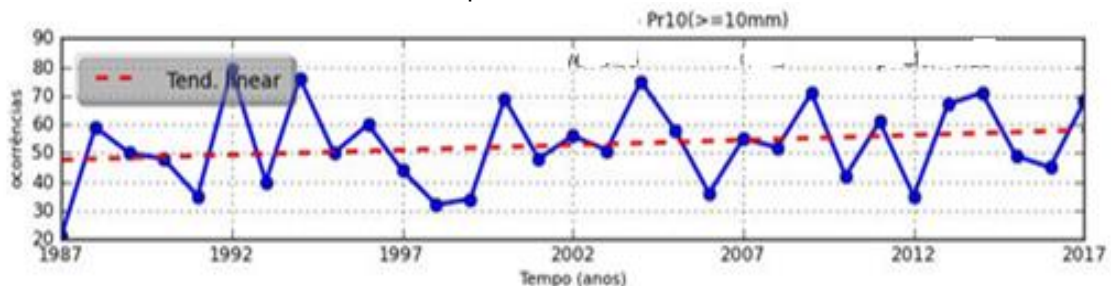


Fonte: Autor (2018)

No gráfico 5b observa-se a variabilidade da precipitação com índice pluviométrico superior a 10 mm. Observa-se uma tendência crescente nos incrementos pluviométricos. As oscilações fluem entre 20 mm a 80 mm. Estes incrementos interanuais podem estar interligados aos efeitos locais e regionais de acordo com Marengo (2014).

Na UACSA as contribuições pluviométricas iguais ou acima dos 10 mm traz boa perspectiva de armazenamento de água, para tanto se tem que ter todos os seus sistemas limpos e operantes.

Gráfico 7b. Análise e tendência das precipitações maiores de 10 mm (a) no período de 1987-2017 para a UACSA

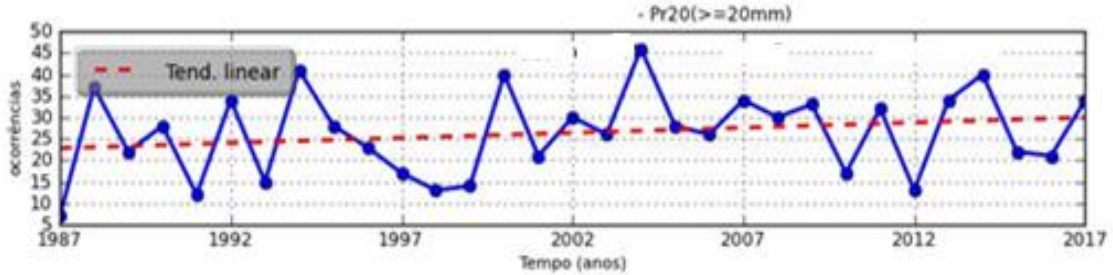


Fonte: Autor (2018)

O gráfico 5c tem-se a tendência das precipitações maiores de 20 mm (a) no período de 1987-2017 para a UACSA. Com flutuações interanuais de 5 mm a 45 mm e com tendência de reta positiva registram-se oscilações irregulares e estreitas

indicando possibilidade de não ocorrências deste evento continuamente. Sabe-se que as perspectiva de armazenamento de água, para tanto se tem que ter todos os seus sistemas limpos e operantes.

Gráfico 8c. Análise e tendência das precipitações maiores de 20 mm (a) no período de 1987-2017 para a UACSA

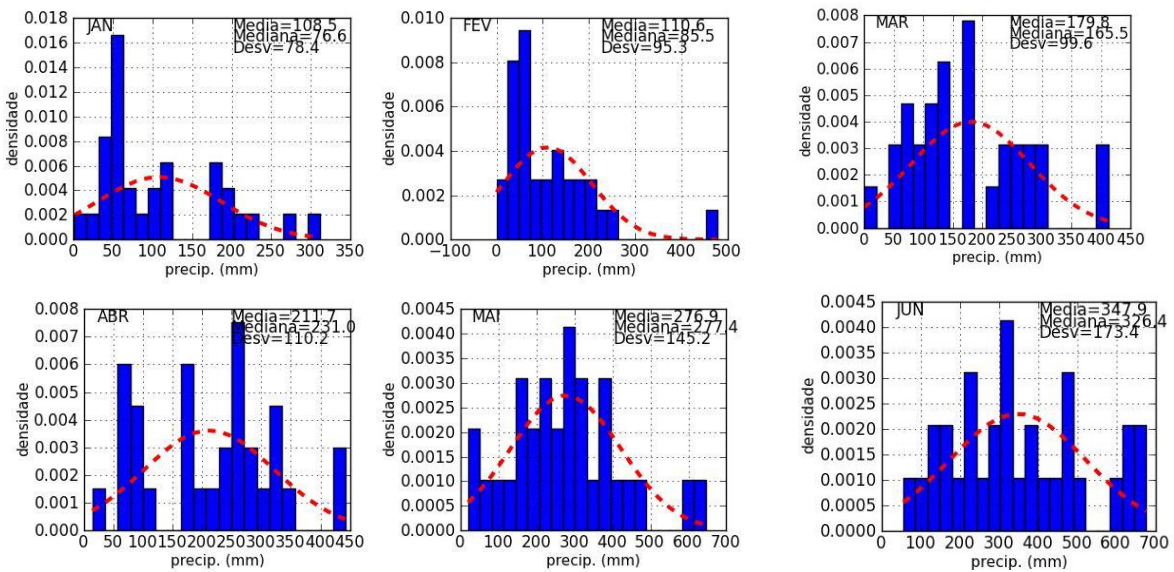


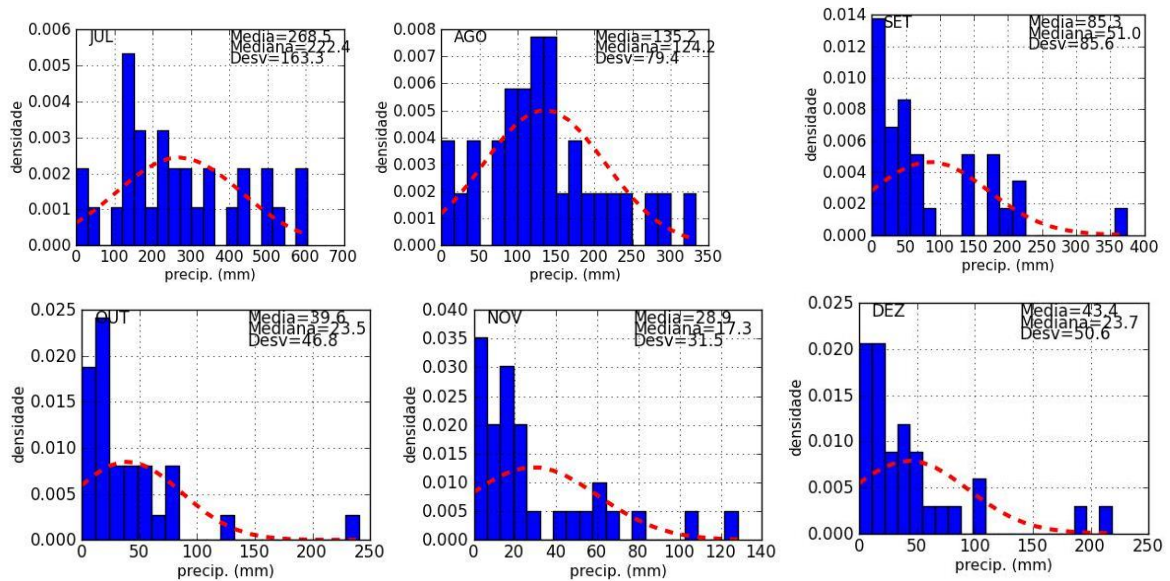
Fonte: Autor (2018)

Nos histogramas mensais (figura 6), verificam-se os valores médios, a mediana e o desvio padrão para cada mês da sua série estudada. Destaca-se que o trimestre Maio, Junho e Julho considerado chuvoso apresentou cerca de 49,1% (893,34 mm) das precipitações anuais e no trimestre seco (outubro, novembro e dezembro) 9% do valor da precipitação anual.

As chuvas ocorrem em média acima de 100 mm em janeiro a agosto, o que demonstram constância nas precipitações em boa parte do ano.

Gráfico 9. Histograma mensal das precipitações no período de 1987-2017 para a UACSA





Fonte: Autor (2018)

A tabela 1 observa-se a distribuição da precipitação histórica mensal do período de 1987-2017 para a UACSA. Com total anual de 1.863,3 mm, o quadrimestre chuvoso ocorre entre os meses de abril a julho. O quadrimestre seco ocorre entre os meses de setembro a dezembro.

Tabela 1. Precipitações (mm) médias mensais no período de 1987-2017 para a UACSA

Meses	Precipitações (mm)
Janeiro	108,5
Fevereiro	110,6
Março	179,8
Abril	211,7
Mai	276,9
Junho	374,9
Julho	268,5
Agosto	135,2
Setembro	85,3
Outubro	39,6
Novembro	28,9
Dezembro	43,4
Total	1.863,3

Fonte: Autor (2018)

O ano de 2017 foi considerado extremamente chuvoso e apresentaram-se com intensidade forte a intensa. No dia 05/04/2017 precipitou 35 mm na UACSA, onde se vê as águas acumulando no solo, provocando transtornos, conforme registros nas Figuras 9 e 10 respectivamente.

Figura 9. Precipitação registrada na fase de obra no mês de abril de 2017



Fonte: Autor (2018)

Como desvantagem está o fato do sistema de aproveitamento de água de chuva depender da variabilidade temporal das precipitações (OLIVEIRA F., 2008).

Figura 10. escoamento de água de chuva pela escadaria no mês de abril de 2017



Fonte: Autor (2018)

A Figura 10 mostra o escoamento de água de chuva pela escadaria ocorrido no dia 05/04/2017 que precipitou 35 mm na UACSA. Verifica-se que o volume de escoamento ultrapassa as laterais da escada hidráulica, e vê-se também uma certa quantidade de solo carreando com a água.

Entre os benefícios que a escada hidráulica produz estão a redução da erosão em taludes, e o direcionamento do escoamento em uma única direção, seguindo o curso das correntezas.

5.2. Cálculo do consumo de água

Por tomada de decisão da UFRPE, a unidade será construída em etapas, a etapa 1, contemplará 25% da população estimada. Porém o prédio de residência poderá ser ocupado em sua integridade logo na primeira etapa, como também a população de funcionários e prestadores de serviços estimados para etapa 1 (Tabela 2). A quantidade de alunos total é de 3.600, sendo 700 desses com opção de dormitórios.

Tabela 2. Contribuição para a primeira etapa de operação da UACSA

Tipo de contribuição	Quantidade	Contribuição (L/dia)	Total (L/dia)
Alunos externatos	3.600	50,00	180.000,00
Alunos internatos	700	100,00	70.000,00
Funcionários e prestadores de serviço	700	50,00	35.000,00
Vazão Total (L/dia)			285.000,00

Fonte: Autor (2018)

Para os meses de férias, considerou-se atividade em 25% (janeiro e julho), e para os meses que antecedem as férias, foi considerado atividade em 50% (dezembro e junho). Para o cálculo do consumo de água limpa, considerou-se 22 dias úteis e 8 dias de fim de semana (50% do público), e assim foi reconhecido o consumo de 71.250,00 m³ anuais (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo estimado mensal de água total

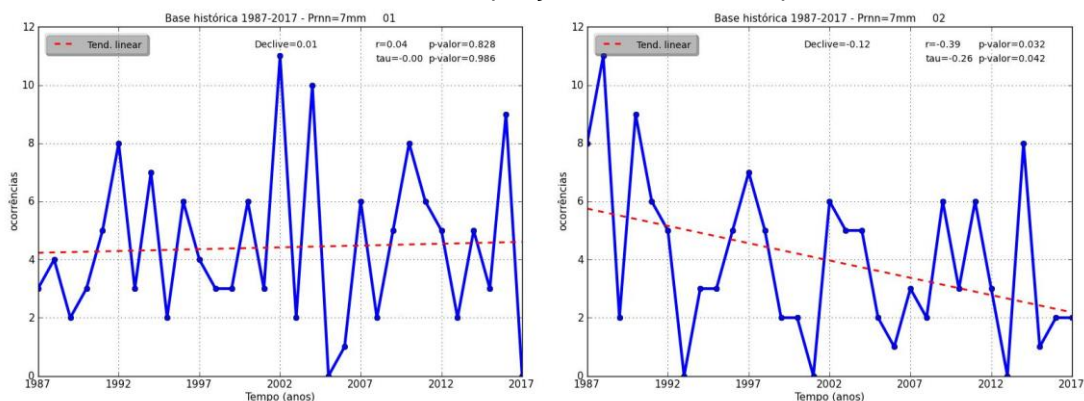
Meses	Atividade do mês	Dias úteis	Dias de fim de semana (50%)	Consumo mensal útil (m ³)	Consumo mensal considerado (m ³)
Janeiro	25%	23	8	7.695	1.923,75
Fevereiro	100%	20	8	6.840	6.840,00
Março	100%	23	8	7.695	7.695,00
Abril	100%	22	8	7.410	7.410,00
Mai	100%	23	8	7.695	7.695,00
Junho	50%	22	8	7.410	3.705,00
Julho	25%	23	8	7.695	1.923,75
Agosto	100%	23	8	7.695	7.695,00
Setembro	100%	22	8	7.410	7.410,00
Outubro	100%	23	8	7.695	7.695,00
Novembro	100%	22	8	7.410	7.410,00
Dezembro	50%	23	8	7.695	3.847,50
Total					71.250,00

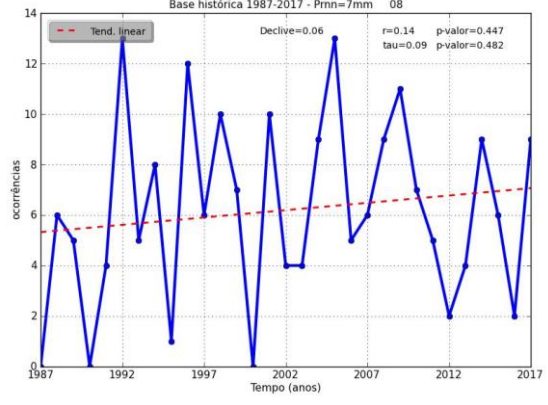
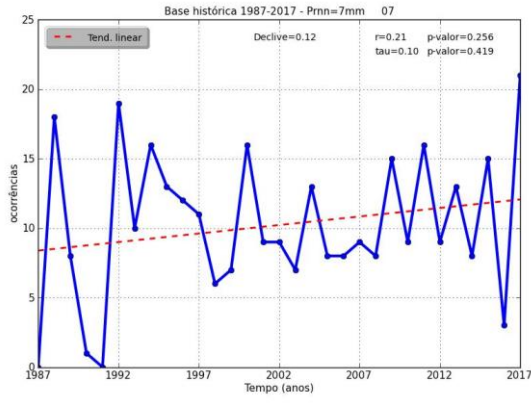
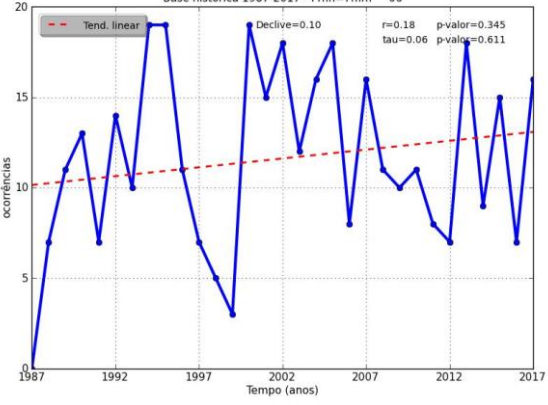
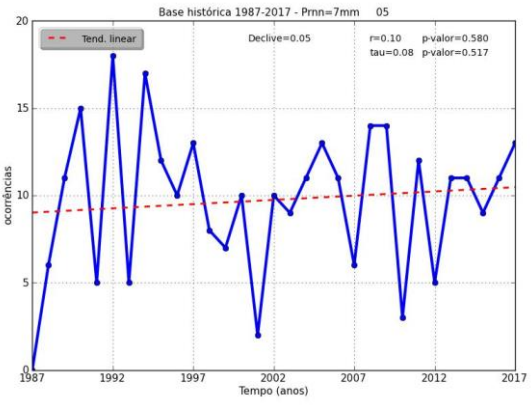
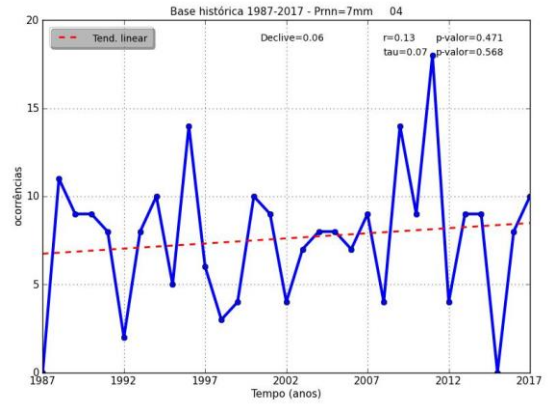
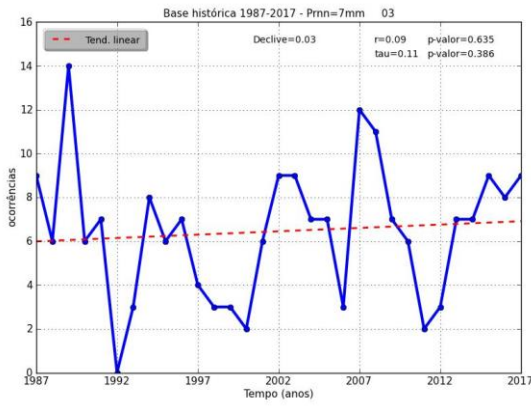
Fonte: Autor (2018)

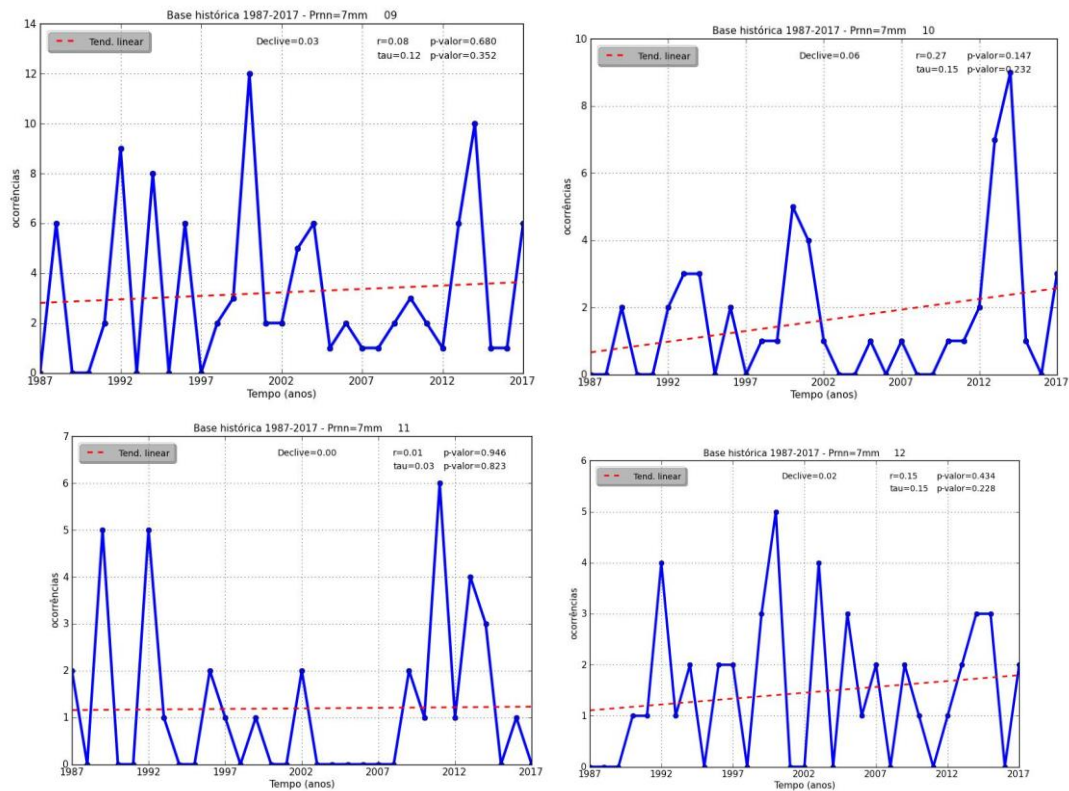
5.3. Uso para irrigação da cobertura vegetal

Para o uso de irrigação da cobertura vegetal de paisagismo com área de cobertura vegetal em 40.000 m², é necessário de 1,5 litros para cada m² (CREDER, 2006), alcançando um consumo de 60 m³ por dia. Considerando uma evapotranspiração de 1.184,6 mm anual (MEDEIROS, 2018), foi considerado que dias de 7 mm não se faz necessário o acionamento do sistema de irrigação, eliminando os dias com 7 mm de precipitação (Gráfico7).

Gráfico 10. Precipitações acima de 7mm por mês





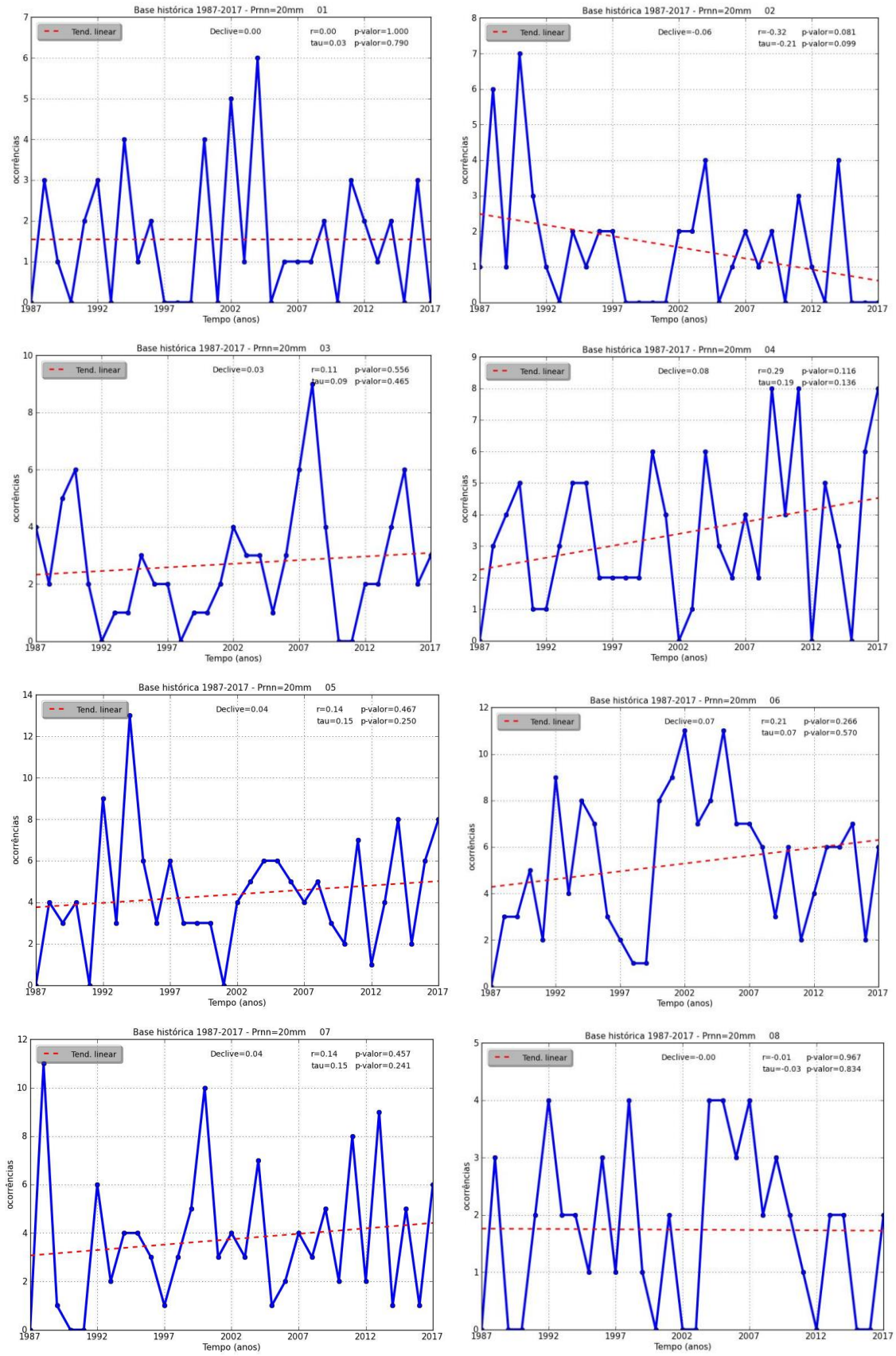


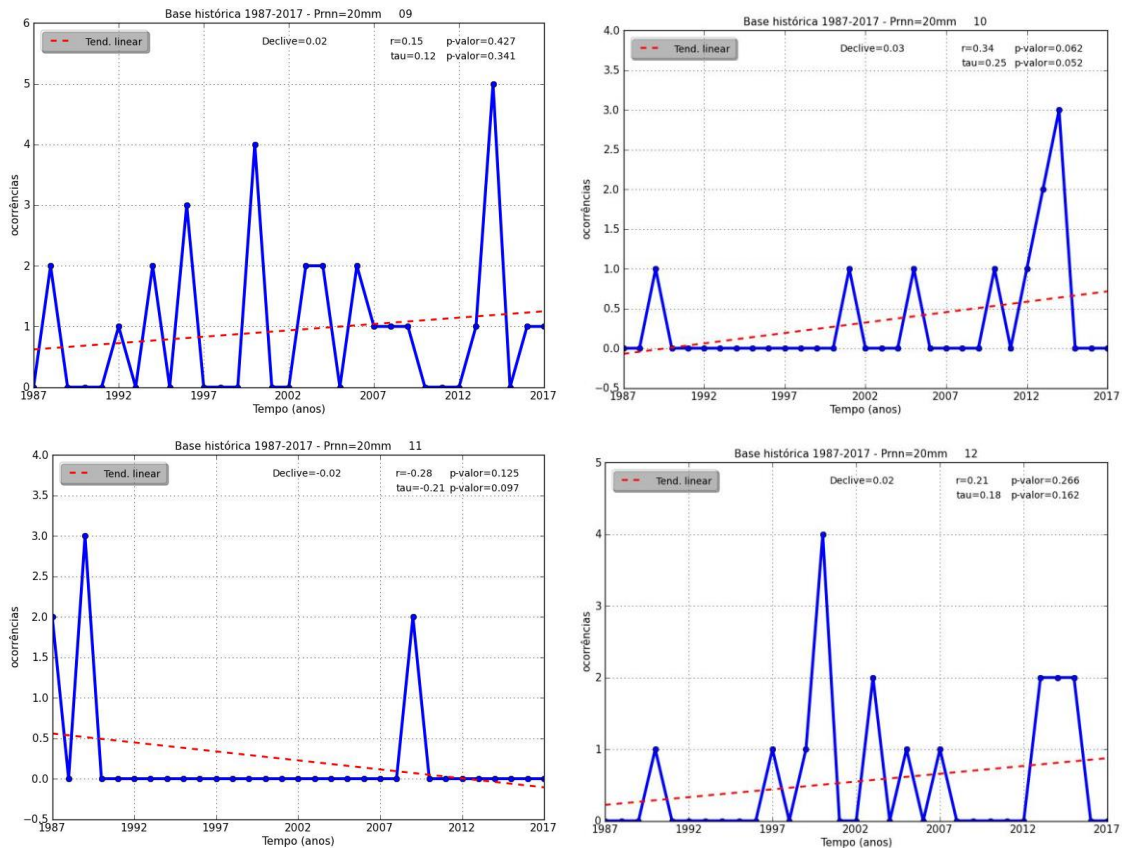
Fonte: Autor (2018)

A partir dos gráficos, foram considerados os dias sem necessidade de armazenamento, através da reta de tendência e pela média de dias ao mês. Dessa forma, em Janeiro, foi considerado 4 dias; em Fevereiro, tem ocorrido tendência de redução das chuvas maiores que 7 mm, assim considerado a ocorrência de 2 dias; em Março, observa-se um pequeno crescimento na tendência, porém foi considerado 6 dias; em Abril, a tendência de crescimento apresenta-se mais forte, considerando-se 7 dias; em Maio, pela média história considerou-se 10 dias; em Junho, considerou-se também o ponto médio de 11 dias, embora apresente picos de mais de 15 dias em 11 dos 30 anos; Em julho, a tendência aumentou ao longo dos anos de 8 para 11 dias, assim considerou-se a média de 9 dias; em Agosto, a média de 6 dias; em Setembro, 3 dias, observando-se um pico de 12 dias em 2000; em Outubro, a média de 2 dias; em Novembro e Dezembro, considerou-se 1 dia, embora apresente picos de até 5 dias.

Também foi considerado na análise que os dias com solo saturado, ou seja, com precipitações acima de 20 mm por mês, não seria necessário a irrigação no dia subsequente (Gráfico 8).

Gráfico 11. Precipitações acima de 20 mm por mês





Fonte: Autor (2018)

Para as precipitações maiores de 20 mm, em Janeiro foi considerado 1 dia; em Fevereiro, sem ocorrência de dias; em Março, observou-se 2 dias; em Abril, 3 dias; em Maio, 4 dias; em Junho, 5 dias; em Julho, 3 dias; em Agosto, 1 dia; em Setembro, 1 dia; em Outubro, Novembro e Dezembro sem ocorrências de dias, e não foi considerada a subsequência. E assim, foi calculada o consumo para a irrigação desconsiderando os dias com precipitações acima de 7mm e 20mm respectivamente, para um consumo de 60 m³/dia (Tabela 4).

Tabela 4. Consumo para irrigação

Meses	Dia acima de 7mm (dia)	Dias acima de 20mm (dia)	Dias considerados para armazenar (dia)	Consumo no mês (m ³)
Janeiro	4	1	26	1.560
Fevereiro	2	0	26	1.560
Março	6	2	23	1.380
Abril	7	3	20	1.200
Mai	10	4	17	1.020
Junho	11	5	14	840
Julho	9	3	19	1.140
Agosto	6	1	24	1.440
Setembro	3	1	26	1.560
Outubro	2	0	29	1.740
Novembro	1	0	29	1.740
Dezembro	1	0	30	1.800
Total	62	20	283	16.980

Fonte: Autor (2018)

Para a irrigação é necessário o consumo de 16.980 m³ ao ano. As reservas necessárias ficam no máximo em 1.800,00 m³ ao mês, tendo maiores necessidades entre Setembro a Fevereiro.

5.4. Cálculo de estimativa de consumo de água de reúso ou de reaproveitamento

5.4.1. Uso descargas sanitárias

Estimativa de emprego água de reúso para a finalidade de descargas de vasos sanitários, com descarga máxima de 6 litros, com 7 descargas *per capita* (ALVES, 2015), considerando que todos os alunos utilizem o maior fluxo, alcançando 180 m³/dia, que representa 63,15% do consumo de água potável (Quadro 3 e Tabela 5).

Quadro 3. Estimativa de necessidade de reúso

Informações	Vaso sanitário (687 unidades)
Quantidade de alunos e funcionários	4.300
Vazão da válvula de descarga	6 litros
Número de descargas por dia	7 descargas/dias
Consumo diário	180 m ³ /dia

Fonte: Autor (2018)

Tabela 5. Volume de descargas

Meses	Atividade do mês	Dias úteis	Dias de fim de semana	Consumo mensal de descargas útil (m ³)	Consumo mensal de descarga considerado (m ³)
Janeiro	25%	23	8	4.860	1.215,00
Fevereiro	100%	20	8	4.320	4.320,00
Março	100%	23	8	4.860	4.860,00
Abril	100%	22	8	4.680	4.680,00
Maio	100%	23	8	4.860	4.860,00
Junho	50%	22	8	4.680	2.340,00
Julho	25%	23	8	4.860	1.215,00
Agosto	100%	23	8	4.860	4.860,00
Setembro	100%	22	8	4.680	4.680,00
Outubro	100%	23	8	4.860	4.860,00
Novembro	100%	22	8	4.680	4.680,00
Dezembro	50%	23	8	4.860	2.430,00
Total					45.000,00

Fonte: Autor (2018)

Kammers e Ghisi (2006) afirmam que os maiores consumos de água ocorrem em vasos sanitários e mictórios, concluindo que, em média, 77% da água utilizada nos edifícios não necessita ser potável. Alves (2015) afirma que as atividades para as quais não é necessária a utilização de água potável, representa 48% dos gastos relativos ao consumo de água em edifícios.

5.5. Cálculo da produção de água de reúso da Estação de Tratamento de Efluente (ETE)

Segundo projeto da WESA (UFRPE, 2017), a ETE tem eficiência para reúso de 80%, sendo possível uma produção de 57.000 m³ de água para fins não potável (Tabela 6).

Tabela 6. Geração de água de reúso pela ETE

Meses	Consumo mensal considerado (m³)	Capacidade da ETE (80%) (m³)
Janeiro	1.923,75	1.539,00
Fevereiro	6.840,00	5.472,00
Março	7.695,00	6.156,00
Abril	7.410,00	5.928,00
Mai	7.695,00	6.156,00
Junho	3.705,00	2.964,00
Julho	1.923,75	1.539,00
Agosto	7.695,00	6.156,00
Setembro	7.410,00	5.928,00
Outubro	7.695,00	6.156,00
Novembro	7.410,00	5.928,00
Dezembro	3.847,50	3.078,00
Total	71.250,00	57.000,00

Fonte: Autor (2018)

5.6. Cálculo da captação de água da chuva

5.6.1. Área de cobertura para captação de águas pluviais

As áreas de cobertura das edificações foram calculadas por meio de cálculo das projeções das mesmas em planta (Tabela 7), de 11 prédios com coberturas com capacidade de captação. Ainda, para o dimensionamento da capacidade de reserva, considera-se o tipo e inclinação do telhado (OLIVEIRA J., 2017).

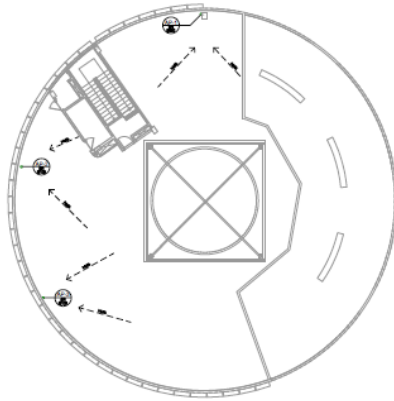
Tabela 7. Áreas de coberta das edificações

Prédio	Tipo de cobertura	Área da coberta %	Escoamento
1. Administrativo	Cimentado	674,00	0,90
2. Espaço vivência	Metálica	905,00	0,90
3. Residência estudantil I	Cimentado	908,00	0,90
4. Residência estudantil II	Cimentado	908,00	0,90
5. Núcleo de Inovação	Cimentado	388,00	0,90
6. Sala dos professores	Cimentado	801,00	0,90
7. Sala de aula	Cimentado	2.805,00	0,90
8. Laboratório sujos	Cimentado	1.949,00	0,90
9. Restaurante	Cimentado	2.371,00	0,90
10. Biblioteca	Cimentado	2.285,00	0,90
11. Oficina e Almoxarifado	Cimentado	3.631,00	0,90
Total (m³)		17.625,00	

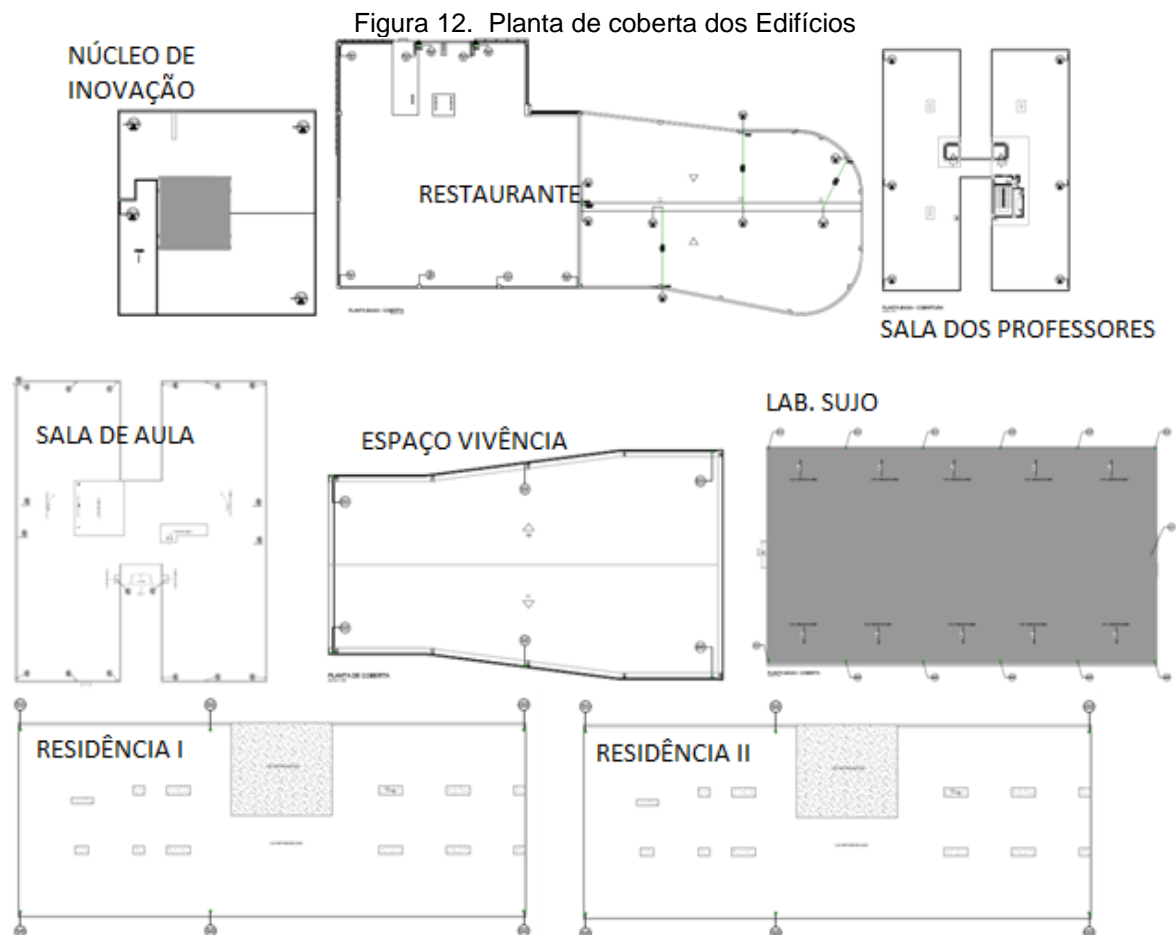
Fonte: Autor (2018)

Foram projetadas 3 descidas de água pluvial para o edifício administrativo, sendo as suas cobertas concebidas para a coleta de águas pluviais (Figuras 11 e 12).

Figura 11. Planta de cobertura e foto do Edifício Administrativo



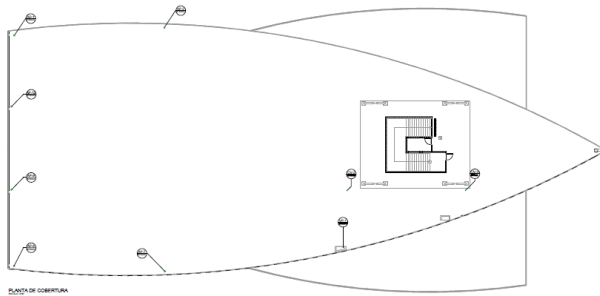
Fonte: Autor (2018)



Fonte: Autor (2018)

O edifício de vivência com área de cobertura de 905,00 m² tem cobertura de telhas metálicas e sistema de calhas com 6 tubulações de descidas sinalizadas. O edifício biblioteca tem 9 descidas de água, com as coberturas impermeabilizadas através de manta asfáltica e com proteção mecânica de argamassa de cimento e areia (Figuras 13 e 14).

Figura 13. Planta de cobertura do edifício biblioteca



Fonte: Autor (2018)

Figura 14. Teste de estanqueidade da cobertura da Biblioteca



Fonte: Autor (2018)

Os coeficientes de escoamento superficiais aplicados são os definidos por Pegoretti, Ouchi, Batista Junior (2009), onde para as áreas de coberturas em telhas corrugadas de metal atribuem o valor de 0,90, e por Cavalvanti (2010) adotando para área de coberturas em cimentado o valor de 0,90 (Tabela 8).

Tabela 8. Água captada

Meses	Precipitações (mm)	Coefficiente de escoamento	Área das cobertas (m ²)	Captação de precipitação (m ³)
Janeiro	108,5	0,90	17.625,00	1.721,08
Fevereiro	110,6	0,90	17.625,00	1.754,39
Março	179,8	0,90	17.625,00	2.852,08
Abril	211,7	0,90	17.625,00	3.358,09
Mai	276,9	0,90	17.625,00	4.392,33
Junho	374,9	0,90	17.625,00	5.946,85
Julho	268,5	0,90	17.625,00	4.259,08
Agosto	135,2	0,90	17.625,00	2.144,61
Setembro	85,3	0,90	17.625,00	1.353,07
Outubro	39,6	0,90	17.625,00	628,16
Novembro	28,9	0,90	17.625,00	458,43
Dezembro	43,4	0,90	17.625,00	688,43
Total	1.863,3	0,90	17.625,00	29.556,60

Fonte: Autor (2018)

5.7. Cálculo da eficiência hídrica

O consumo total de água anual para a UACSA é da ordem de 88.230 m³, considerando o acumulado ao longo dos 12 meses, indicando os períodos de Fevereiro a Maio, e de Agosto a Novembro, como os de maiores consumos, e o mês de Outubro como o maior consumo máximo mensal da séria temporal anual na ordem de 9.435,00 m³ (Tabela 9).

Tabela 9. Consumo de água total

Meses	Consumo mensal considerado (m ³)	Irrigação (m ³)	Consumo total (m ³)
Janeiro	1.923,75	1.560,00	3.483,75
Fevereiro	6.840,00	1.560,00	8.400,00
Março	7.695,00	1.380,00	9.075,00
Abril	7.410,00	1.200,00	8.610,00
Mai	7.695,00	1.020,00	8.715,00
Junho	3.705,00	840,00	4.545,00
Julho	1.923,75	1.140,00	3.063,75
Agosto	7.695,00	1.440,00	9.135,00
Setembro	7.410,00	1.560,00	8.970,00
Outubro	7.695,00	1.740,00	9.435,00
Novembro	7.410,00	1.740,00	9.150,00
Dezembro	3.847,50	1.800,00	5.647,50
Total	71.250,00	16.980,00	88.230,00

Fonte: Autor (2018)

As águas de reúso calculadas nesse estudo, foram da água da estação de tratamento do efluente e da captação de água da chuva. A água de reúso de efluente

para a estação de 80% de eficiência que tem capacidade de suprir a necessidade das descargas em 100%, visto que 86.556,60 m³ proporciona uma estimativa diária de 240 m³/dia maior que 180 m³/dia, o que também se aproxima de 285 m³/dia que é o consumo total estimado sem irrigação, porém, em virtude das definições legais essa água de captação e reúso só podem ser utilizadas para fins não potáveis (Tabela 10).

Tabela 10. Volume de água de reúso e aproveitamento captada

Meses	Reúso da ETE (m ³)	Captação precipitação (m ³)	Total (m ³)
Janeiro	1.539,00	1.721,08	3.260,08
Fevereiro	5.472,00	1.754,39	7.226,39
Março	6.156,00	2.852,08	9.008,08
Abril	5.928,00	3.358,09	9.286,09
Mai	6.156,00	4.392,33	10.548,33
Junho	2.964,00	5.946,85	8.910,85
Julho	1.539,00	4.259,08	5.798,08
Agosto	6.156,00	2.144,61	8.300,61
Setembro	5.928,00	1.353,07	7.281,07
Outubro	6.156,00	628,16	6.784,16
Novembro	5.928,00	458,43	6.386,43
Dezembro	3.078,00	688,43	3.766,43
Total	57.000,00	29.556,60	86.556,60

Fonte: Autor (2018)

Para o cálculo do balanço entre as águas de reúso e aproveitamento produzidas (reúso pela ETE e pela captação da água da chuva), realizou-se um comparativo com a quantidade de água necessária para os fins não potáveis (descargas e irrigação) (Tabela 11). Considerando que a capacidade de captação e de reúso da ETE foi de 88.230 m³ e a necessidade para fins não potáveis é de 61.980,00 m³, pode-se perceber uma possível eficiência hídrica.

Tabela 11. Volume de águas não potáveis

Meses	Parcela das descargas (m ³)	Irrigação (m ³)	Total (m ³)
Janeiro	1.215,00	1.560,00	2.775,00
Fevereiro	4.320,00	1.560,00	5.880,00
Março	4.860,00	1.380,00	6.240,00
Abril	4.680,00	1.200,00	5.880,00
Maio	4.860,00	1.020,00	5.880,00
Junho	2.340,00	840,00	3.180,00
Julho	1.215,00	1.140,00	2.355,00
Agosto	4.860,00	1.440,00	6.300,00
Setembro	4.680,00	1.560,00	6.240,00
Outubro	4.860,00	1.740,00	6.600,00
Novembro	4.680,00	1.740,00	6.420,00
Dezembro	2.430,00	1.800,00	4.230,00
Total	45.000,00	16.980,00	61.980,00

Fonte: Autor (2018)

Para o reservatório da obra foram realizadas duas torres, um para água potável e outra para a água de reúso, com células separadas para evitar contaminação, com capacidade de armazenamento de 1.515,00 m³ em cada uma das torres (Figura 15).

Figura 15. Execução dos reservatórios



Fonte: Autor (2018)

Considerando que o estudo foi realizado de saldos mensais, estimou-se que a capacidade de armazenamento anual é de 18.180,00 m³, partindo da capacidade de armazenamento do reservatório de águas em 100%, visto o déficit nos meses de Novembro e Dezembro, porém, observou-se uma eficiência hídrica de 100% para fins não potáveis (Tabela 12).

Tabela 12. Comparativo de eficiência mensal

Meses	Produção (ETE+Capt) (m ³)	Necessidade de não potável (m ³)	Programação dinâmica (m ³)	Condição	Eficiência
Janeiro	3.260,08	2.775,00	485,08	Armazena	100%
Fevereiro	7.226,39	5.880,00	1.346,39	Extravasa	100%
Março	9.008,08	6.240,00	2.768,08	Extravasa	100%
Abril	9.286,09	5.880,00	3.406,09	Extravasa	100%
Maior	10.548,33	5.880,00	4.668,33	Extravasa	100%
Junho	8.910,85	3.180,00	5.730,85	Extravasa	100%
Julho	5.798,08	2.355,00	3.443,08	Extravasa	100%
Agosto	8.300,61	6.300,00	2.000,61	Extravasa	100%
Setembro	7.281,07	6.240,00	1.041,07	Extravasa	100%
Outubro	6.784,16	6.600,00	184,16	Extravasa	100%
Novembro	6.386,43	6.420,00	-33,57	Usa estoque	100%
Dezembro	3.766,43	4.230,00	-463,57	Usa estoque	100%
TOTAL	86.556,60	61.980,00			

Fonte: Autor (2018)

Nos primeiros meses do ano ocorre sobra de água que passa a ser armazenada no reservatório de águas cinzas (não potável) que tem capacidade de 1.515,00 m³, nos meses de março a agosto ocorre a liberação de água, extravasada devido a capacidade de armazenamento. Em novembro, começa a ser utilizada a água armazenada dos outros meses, chegando a reduzir o estoque para em torno de 1.000 m³ em dezembro, alcançando o armazenamento total em janeiro, e demais meses extravasando. Teixeira (2015) afirma que pode ocorrer uma redução no consumo de água de 60% com a utilização racional por meio do consumo consciente e pela instalação de dispositivos economizadores.

6. Conclusão

As precipitações no município do Cabo de Santo Agostinho foram consideradas elevadas, com média ao longo de 1987 a 2017 de 1.836,40 mm, com meses mais chuvosos em maio, junho e julho e mês com chuvas escassas de setembro a dezembro.

Os cálculos das precipitações foram de suma importância para a estimativa de consumo na irrigação, visto que os dias com precipitações reduzem o consumo de saída dos reservatórios.

O consumo das descargas é de 63,15% do consumo total da unidade, e para essa finalidade a água da estação de tratamento pode supri-la, visto que a eficiência da estação de tratamento de efluente é de 80%. A quantidade de área verde da unidade faz o consumo de águas não potáveis alcançar valores que necessita o consumo de água potável.

A eficiência hídrica para fins não potável é de 100% para as águas de reúso e suas aplicações legais. Observou-se que a eficiência hídrica foi alcançada todos os meses, embora que novembro e dezembro só foram eficientes devido aos armazenamentos dos meses anteriores, uma vez que esses são os meses chuvosos, confirmando que a captação das águas da chuva é fundamental para a eficiência hídrica em edificações. Outro fator observado como fundamental é a capacidade de armazenamento dos reservatórios.

Observa-se a importância de equipamentos de controle e de dispositivos redutores de consumo como forma do alcance da eficiência hídrica. Os índices de eficiência hídrica podem ser utilizados como monitoramento do desempenho da unidade acadêmica na gestão e controle dos recursos hídricos, uma vez que a maior economia da água do reúso é a redução do consumo de água potável.

7. Recomendações para estudos futuros

Estudar a qualidade das águas captadas para fins de comprovação do uso para descargas;

Estudar a eficiência hídrica em outras unidades acadêmicas, inclusive que já tenham o consumo das concessionárias para verificação da viabilidade técnica;

Estudar a sustentabilidade ao longo do ciclo de vida da edificação, tendo como próxima etapa a implementação da unidade;

Calcular os consumos por atividades nas unidades acadêmicas.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.844:1989. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.527:2007. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

ALVES, M.E.P. Eficiência Hídrica em Edifícios. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2015.191p.

ASSIS, H.M.B. Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE. Recife: CPRM/FIDEM, 1999. (Série Cartas Temáticas, v.4). 32p.

BAPTISTA JUNIOR, J.V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. *Urbe- Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)*, v. 5, n. 2, p. 27-37, 2013.

BELTRAME, E.S. Meio Ambiente na Construção Civil. 2013. Disponível em: http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf Acesso em 08 de janeiro de 2018.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 11 nov. 2017.

BRASIL. Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012. Disponível em: http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/viw_identificacao/dec%207.746-2012?opendocument Acesso em: 02 jul. 2017.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636> Acesso em: 02 ago. 2010.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 de jan. 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>> Acesso em: 12 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa No 01, de 19 de janeiro de 2010 da Secretaria de Logística e Tecnologia da informação. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública

Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Disponível em: <https://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalhe.asp?ctdCod=295>
Acesso: 20 de maio de 2017.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12462.htm Acesso em: 04 maio 2017.

BRASILEIRO, L.L.; MATOS, J.M.E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica, n.61, 2015.

CAVALCANTI, N.B. Efeito do escoamento da água de chuva em diferentes coberturas. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 4, p. 201-210, out./dez. 2010.

CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas. CBCS. Versão 1. Nov, 2014.

CHUEKE, D.A. Estudo dos impactos em edificações gerados por ações de sustentabilidade implantadas por ocasião da construção. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016. 80p.

CORRÊA, L.R. Sustentabilidade na construção civil. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2009. 70p.

CREDER, H. Instalações hidráulicas e sanitárias. Rio de Janeiro: Editora LTD. 2006. 386p.

DECA. Válvula de descarga. 2017. Disponível em: <https://www.deca.com.br/produto/valvula-de-descarga-cromado-2545c112/> Acesso em: 05 mar. 2017.

DEGANI, C.M.; CARDOSO, F.F. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico. In: NUTAU 2002 – Sustentabilidade, arquitetura e desenho urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, out. 2002.

FIORI, S.; FERNANDES, V.M.C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

GONÇALVES, R.F.; SILVA, G.M.; WANKE, R. Uma nova geração de edifícios “verdes” com reúso de águas cinza em Vitória (ES). In: Seminário Estadual Sobre Saneamento e Meio Ambiente – SESMA, Vitória, SC, 2007.

HAGEMANN, S.E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2009. 141p.

KAMMERS, P.C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, jan./mar. 2006.

LIMA, R.M.A. Gestão da água em edificações: utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2010. 71p.

MARINOSKI, A.K.; GHISI, E. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. *Ambiente construído*, v. 8, n. 1, Porto Alegre, Jan./Mar. 2018.

MARTINS, J.L.; MEMELLI, M.S. Balanço hídrico e indicadores de consumo de água potável e não potável em uma edificação dotada de sistema de reúso de águas cinza. Projeto de pesquisa. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES. 2011.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2004. 159p.

MEDEIROS, R.M. Relatório de precipitação e evapotranspiração da Cabo de Santo Agostinho. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2018. 6p.

MEDEIROS, R.M. Fatores causadores e/ou inibidores de precipitação no Estado de Pernambuco. 2017.

MEDEIROS, Z.; ALVES, A.; BRITO, J.A.; BORBAL, L.; SANTOS, Z.; COSTA, J.P. ESPÍRITO SANTO, M. E. The present situation regarding lymphatic filariasis in Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Northeast Brazil. *Rev. Inst. Med. trop. São Paulo*, v.48, n.5, São Paulo, Sept./Oct. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-46652006000500005>

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Construções Sustentáveis. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel> Acesso em: 11 nov. 2017.

MPOG. Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão. Instrução normativa 1, de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Disponível em: <http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalhe.asp?ctdCod=295> Acesso em: 4 maio 2017.

OLIVEIRA, F.M.B. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no campus da Universidade Federal de Ouro Preto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2008. 114p.

OLIVEIRA, J.T. Diretrizes para implantação de sistema de captação de águas pluviais pelas indústrias cerâmicas no Agreste pernambucano. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017. 97p.

PACHECO, R.A. Água: consumo sustentável em edificações multifamiliares no Rio de Janeiro. Departamento de Artes e Design. 2011. Disponível em: http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2011/Relatorios/CTCH/DAD/DAD-Roberta%20Pacheco.pdf. Acesso em: 05 nov. 2017.

PEGORETTI, F., OUCHI, N.T; BATISTA JUNIOR, P.R. Estudo sobre a utilização de um sistema de captação de água da chuva no restaurante universitário da UNICAMP. Revista Ciências do Ambiente On-Line Julho, 2009, v. 5, n. 1, jul, 2009.

PINHEIRO, M.D. Construção sustentável - mito ou realidade? VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente y Lisboa, nov. 2003.

SABESP. Estudo de casos em São Paulo. 2003. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/uploads/File/asabesp_doctos/apresentacao_copasa.pdf Acesso em: 10 nov. 2017.

SALVADOR, M.A. Nota de pesquisa. Climap. Aplicativo para análise de dados climáticos – versão 3. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 13, v. 20, 2237-8642, 2017.

SANTOS, W.P. Avaliação da viabilidade econômica do reúso de águas cinzas em edificações domiciliares. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, BA. 2008. 72p.

SILVA, W. P. Critérios de sustentabilidade para contratações de obras na administração pública. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Ponta Grossa, Paraná. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013. 77p.

SISEMA. Sistema Estadual de Meio Ambiente. Manual de Obras Públicas Sustentáveis. Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: http://www.semad.mg.gov.br/images/stories/manuais/manual_obras_sustentaveis.pdf Acesso em: 05 ago. 2017.

TEIXEIRA, R.M.M. Uso Sustentável da água: avaliação de benefícios adotando eficiência hídrica em edifícios. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Universidade de Coimbra, Portugal, 2015. 98p.

THOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. 2009. 13p.

UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Edital de licitação do Regime Diferencial de Contratação nº 01/2013.

UFRPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Projeto de Estação de Tratamento de Efluente (ETE), Prancha 1/1. Projetista: WESA Consultores Associados. 2017.