

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS
MESTRADO EM ECOLOGIA

FABIO LUIZ CAHN PONCIANO

ADEQUAÇÃO ARQUITETÔNICA DE EDIFÍCIOS COM POTENCIALIDADE DE
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DE SANTOS

SANTOS - SP
2016

FABIO LUIZ CAHN PONCIANO

**ADEQUAÇÃO ARQUITETÔNICA DE EDIFÍCIOS COM POTENCIALIDADE DE
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DE SANTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob orientação do Prof. Dr. Walter Barrella.

**SANTOS - SP
2016**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Ponciano, Fabio Luiz Cahn.

Adequação arquitetônica de edifícios com potencialidade de captação de águas pluviais na cidade de Santos.

N. fls. 77.

Orientador: Prof. Dr. Walter Barrella.

Dissertação de Mestrado - Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2016.

1. Águas pluviais; 2. Coleta e armazenamento de águas pluviais. I - Barrella, Walter - Adequação arquitetônica de edifícios com potencialidade de captação de águas pluviais na cidade de Santos através dos sistemas coletores e de armazenamento para reuso indireto de consumo humano (São Paulo - Brasil)

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

DEDICATÓRIA

Todo o trabalho aqui realizado só foi possível graças a dedicação permanente que recebi da minha família, que mesmo à distância, sempre esteve comigo. Longe, meu padrinho José Carlos sempre presente. Perto, minha mãe sempre foi meu apoio de eterno amor incondicional. Este trabalho é dedicado às pessoas que sempre acreditaram em mim. Família!

Agradecimentos

Agradeço todos os meus professores do mestrado da Universidade Santa Cecília, em especial ao meu Orientador Walter Barrella, na condução à minha formação desejada.

Agradeço a todos os professores que me ajudaram na graduação da minha formação profissional de arquiteto e urbanista.

À amiga, professora e mestre Daniela Teresa Rossignoli Uebele por toda a ajuda e apoio.

Agradeço também as funcionárias da Universidade Santa Cecília, Sandra Helena Aparecida de Araújo e Imaculada Scorza, do setor de pós-graduação, que sempre estão servindo e atendendo a todos gentilmente com muita prestação e atenção, transformando cada momento de eficiência profissional em respeito e credibilidade da instituição de ensino Santa Cecília.

RESUMO

O estudo foi realizado na cidade de Santos, localizada no litoral do estado de São Paulo, região metropolitana da baixada santista, que engloba outras cidades. Com potencialidade econômica bem definida pelo maior porto da América Latina, a cidade de Santos cresceu e seu desenvolvimento urbano não acompanhou um desenvolvimento sustentável que favoreça a biodiversidade da sua cidade, implicado negativamente pelo alto índice pluviométrico. Este fator traz muitos prejuízos à cidade, pois nas épocas de maior intensidade de chuvas, suas águas acabam por inundar ruas e casas, disseminando materiais poluentes tanto em ruas como nas praias da cidade em estudo. Determinadas as áreas de estudo por transectos cruzando a cidade por três áreas definidas, a relação entre área quadrada das quadras e dos telhados é o fator de medição da potencialidade da quantidade de água pluvial que se pode utilizar. Foi definido, portanto, a adequação arquitetônica das edificações públicas ou privadas, quanto ao potencial de captação e armazenamento das águas pluviais como meio de uso, não de consumo humano, redução e economia no consumo de água servida e a melhoria da salubridade da cidade e de suas praias, para uma melhora da biodiversidade da cidade e região.

Palavras-chave: Águas pluviais. Coleta e armazenamento de águas pluviais. Aproveitamento de água pluvial. Adequação arquitetônica para reuso da água pluvial.

ABSTRACT

The study was carried out in the city of Santos, located on the coast of the state of São Paulo, metropolitan region of the. Which includes other cities. With a well defined economic potential in the largest port in Latin America, the city of Santos grew and its urban development did not accompany a sustainable development that favors the biodiversity of its city, negatively implicated by the high rainfall index. This factor causes many damages to the city, because in times of greater intensity of rains, its waters end up flooding streets and houses, disseminating polluting materials in both the streets and the beaches of the city under study. Given the study areas of transects crossing the city through three defined areas, the relationship between the square area of the blocks and the roofs is the factor of measurement of the potentiality of the amount of rainwater that can be used. Therefore, the architectural adequacy of public or private buildings was defined as the potential for capitation and storage of rainwater as a means of use, not for human consumption, reduction and saving of water consumption and improvement of the health of the city and Of its beaches, for an improvement of the biodiversity of the city and region.

Keywords: Rainwater. Collection and storage of rainwater. Rainwater harvesting. Architectural suitability for reuse of rainwater.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Planta baixa arquitetônica da Terma Caracala.	22
Figura 2:	Planta arquitetônica clássica de uma antiga casa romana.	23
Figura 3:	Planta arquitetônica clássica de uma antiga casa romana.	23
Figura 4:	Planta arquitetônica clássica de uma antiga casa romana.	24
Figura 5:	Vistas em perspectiva de uma antiga casa romana.	24
Figura 6:	Canais de Santos.	27
Figura 7:	Fotos do alagamento de 2014 em Santos.	29
Figura 8:	Mapa de Santos.	38
Figura 9:	Mapa de Santos – Bairros.	39
Figura 10:	Mapa de Santos setorização de transectos.	39
Figura 11:	Mapa de Santos - Quadras selecionadas.	40
Figura 12:	Mapa de Santos – Quadras selecionadas.	40
Figura 13:	Mapa de Santos – Detalhe catalogação dos telhados de uma quadra.	41
Figura 14:	Índice pluviométrico médio da cidade de Santos entre 08/2011 e 08/2016. ..	43
Figura 15:	Área 01 Total.	44
Figura 16:	Área 01 - setor 01.	45
Figura 17:	Área 01 - setor 02.	46
Figura 18:	Área 01 – setor 03.	46
Figura 19:	Área 02 Total.	47
Figura 20:	Área 02 – setor 01.	48
Figura 21:	Área 02 – setor 02.	48
Figura 22:	Área 02 – setor 03.	49
Figura 23:	Área 03 Total.	50
Figura 24:	Sistema de armazenagem ao nível do solo.	51
Figura 25:	Sistema de armazenagem abaixo do solo.	52
Figura 26:	Filtro artesanal.	53
Figura 27:	Filtro comercial.	53
Figura 28:	Sistema de captação de água pluvial. Separador da “primeira chuva”.	54
Figura 29:	Sistema de captação de água pluvial.	55
Figura 30:	Sistema de abastecimento por água de chuva.	56
Figura 31:	Sistema de armazenagem e reuso.	60
Figura 32:	Telhado verde do Edifício Rockefeller Center, New York.	64
Figura 33:	Composição do Telhado verde.	65

Figura 34: Telhado verde na cidade de Santos na Avenida Ana Costa.	66
Figura 35: Balanço hídrico climatológico na cidade de Santos.	67
Figura 36: Áreas propensas às inundações na cidade de Santos. Azul claro baixa propensão às inundações. Azul escuro, alta propensão às inundações.	68
Figura 37: Heidelberg Village, Alemanha.	72
Figura 38: Prédio conceito Rio de Janeiro.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagem de ocorrência em cada categoria e qualificação anual das praias da cidade de Santos, SP, em 2015.....	28
Tabela 2: Dados pluviométricos da cidade de Santos em cinco anos de 11/11/1966 a 11/11/2016.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Na Sódio

K Potássio

Mg Magnésio

Cl Cloro

Ca Cálcio

SO₂ Dióxido de enxofre

NO_x Óxidos de nitrogênio

Pb Chumbo

Zn Zinco

CO₂ Dióxido de carbono

SO₂ Dióxido de enxofre

NBR 15.527 – Água de chuva – aproveitamento de chuvas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos

NBR 10844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às micro e pequenas empresas

SABESP – CIA de Saneamento básico do Estado de São Paulo.

SICON – Sindicato dos condomínios prediais do litoral paulista.

CIAGRO – Centro integrado de informações agro meteorológicas

ONU – Organização das nações unidas

CONDEPHAAT - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Captação de água de chuva na história mundial	21
1.2	Captação de água pluvial nos dias de hoje	25
1.3	Santos, chuva faz a sua história	26
1.4	Qualidade e composição da água da chuva	29
1.5	Sistema básico de abastecimento através de água servida	31
1.6	Sistema básico de captação de água de chuva	33
1.7	O propósito da captação da água pluvial.....	35
2	OBJETIVO	37
2.1	Objetivo Geral.....	37
2.2	Objetivo Específico	37
3	METODOLOGIA	38
3.1	Setorização da cidade, os transectos	38
3.2	Estudo das áreas e das quadras	40
3.3	Índice pluviométrico de Santos	42
3.4	Dados coletados totais	43
4	RESULTADOS.....	44
4.1	ÁREA 01 (A01)	44
4.2	ÁREA 02 (A02)	47
4.3	ÁREA 03 (A03)	49
5	DISCUSSÃO	58
5.1.1	Aspectos gerais.....	58
5.1.2	As áreas de estudo	58
5.1.3	Gestão do projeto.....	61
5.1.4	Sistema dual de água fria.....	63
5.1.5	Telhados verdes.....	63
5.1.6	Balanço Hídrico, evapotranspiração e as inundações na cidade de Santos ..	66
5.1.7	O tamanho dos reservatórios de águas pluviais	70
5.1.8	As águas da chuva e os esgotos sanitários da cidade.....	70
5.1.9	Projeto, gestão e comunidade.....	71
6	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1 INTRODUÇÃO

O recurso natural mais importante da vida neste planeta, a água é o meio condutor da história do homem através dos tempos e da sua história de sobrevivência e desenvolvimento. A vida do homem sempre esteve ligada a este recurso, como meio de subsistência básica e é assim até hoje. A história antiga nos conta muito sobre esta preocupação, da preservação, da conscientização e do aproveitamento e uso adequado deste recurso natural.

1.1 Captação de água de chuva na história mundial

No oriente médio há uma inscrição feita em uma pedra, conhecida como a “Pedra Moabita”, datada em 850 a.C., onde o rei Mesha dos Moabitas sugere que cada casa faça um reservatório para o aproveitamento da água pluvial. Em 2.000 a.C. o palácio de Knossos na ilha de Creta usava a água pluvial coletada, para descarga em vasos sanitários. Nesta mesma região, há inúmeros reservatórios datadas em 3.000 a.C., que serviam como depósitos da captação da água da chuva. Em Israel, na fortaleza de Massada, há dez reservatórios cavados em rochas para a mesma finalidade, com capacidade de 40 milhões de litros de água coletada. No México, na península de Iucatã, existem reservatórios que datam antes da chegada de Cristóvão Colombo à América e que ainda estão em uso. Incas, Maias, Astecas e até a Mesopotâmia, utilizavam a água de chuva como meio natural de captação para o uso humano (TOMAZ, 2003).

A história nos conta como muitos povos da antiguidade, de diferentes regiões do planeta e de diferentes culturas, se beneficiavam da precipitação natural da água da chuva para uso comum. Não mais importante que outros povos, neste assunto em estudo, os antigos romanos detinham o conhecimento e a técnica para a coleta e armazenamento da água pluvial.

Na Roma antiga a preocupação com o acesso a água era de interesse do estado e do governante (CHING, 1999). Muitos imperadores construía fontes e termas para a população ter acesso aos banhos, que eram muito apreciados por todos. Cabe aqui lembrar, que nesta época em discussão, não havia a distribuição da água para a população em geral, através de condutores ou outros sistemas. Somente os mais abastados e políticos tinham água encanada em suas casas. A população comum fazia o acesso a este recurso através das fontes públicas e das casas de banho. Citando como exemplo, o imperador

Caracala, governante romano construiu entre os anos de 212 d.C. e 217 d.C., as termas que lhe tornaram famoso entrando para a história.

A grande terma, era dividida em setores fornecendo água para banho em temperaturas ambiente, morna e quente (**Figura 1**).

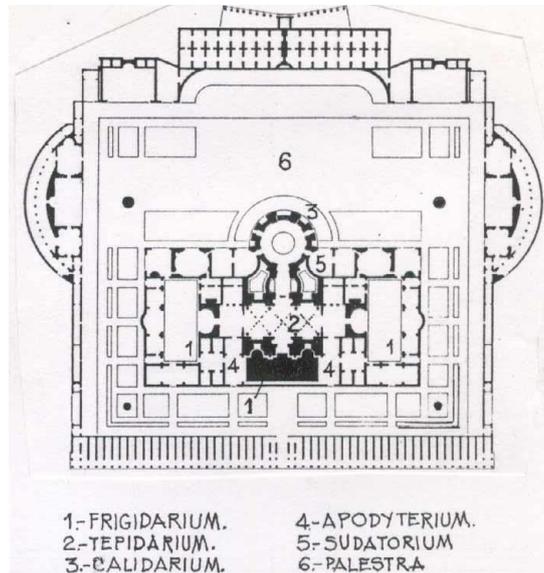


Figura 1: Planta baixa arquitetônica da Terma Caracala.
 Fonte: HISTORICODIGITAL, 2016

Como a população antiga romana em geral não tinha acesso à água servida através de tubulações, uma fonte de obtenção deste recurso de maneira natural era a coleta por precipitação da água de chuva. Sistema natural e simples de captação de água.

Muitas casas da antiga Roma dispunham de um sistema arquitetônico simples e engenhoso, que faziam parte da tipologia construtiva, conhecida pelos cidadãos romanos (CHING, 1999). Os telhados das casas romanas antigas seguiam as disposições dos ambientes internos da edificação. O partido arquitetônico adotado pelos antigos construtores, seguiam as necessidades dos cidadãos, bem como hoje em dia é feita. Desta forma, havia a necessidade de se fazer no centro da edificação uma área interna descoberta que através da abertura do telhado, possibilitava a entrada de luz natural e colhia a água da chuva. Abertura essa denominada de *compluvium* (**Figura 2**).

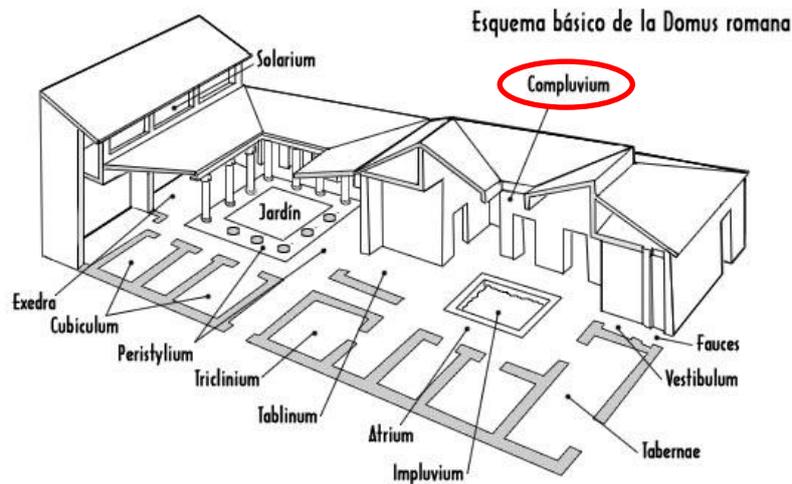


Figura 2: Planta arquitetônica clássica de uma antiga casa romana.
Fonte: NOPUEDONODEBO, 2011

Por esta mesma abertura, o *compluvium*, a água pluvial precipitava para dentro da edificação em uma área interna da casa denominada *impluvium* (**Figura 3**).

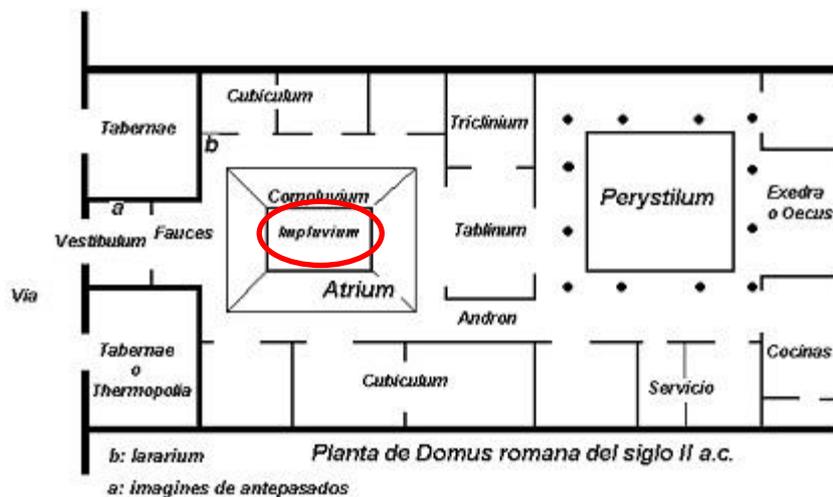


Figura 3: Planta arquitetônica clássica de uma antiga casa romana.
Fonte: TIMERIME, 2016

Pelo *impluvium* era levada e armazenada em uma cisterna construída aos arredores da edificação e usada da forma que melhor conviesse aos seus usuários. Esta área interna descoberta servia, como já dito, a captar as águas da chuva e a promover a entrada de luz natural para dentro da edificação e bem como, servir de distribuição e circulação para as demais áreas da casa e também como área de lazer (**Figura 4**).

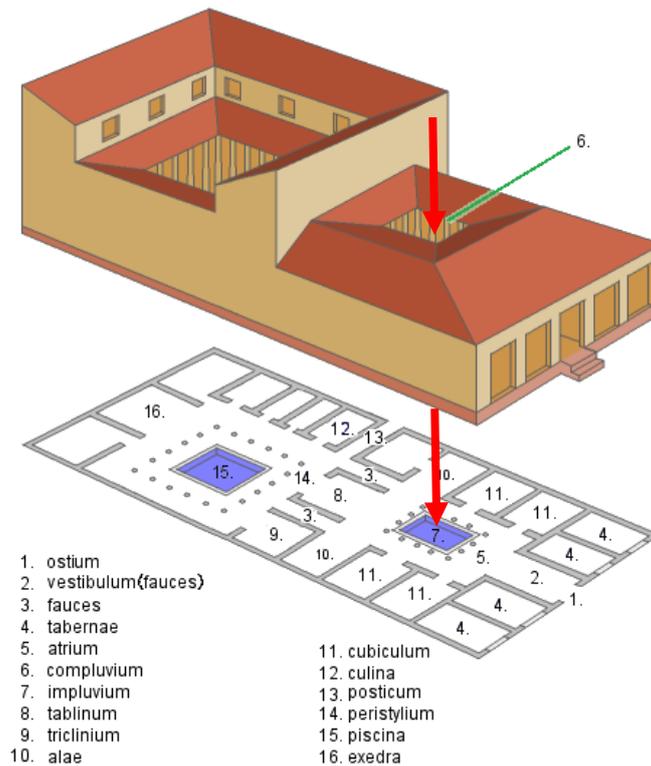


Figura 4: Planta arquitetônica clássica de uma antiga casa romana.
 Fonte: TIMERIME, 2016

Evidente que a necessidade de se obter água natural através da captação destas pela chuva, era uma das premissas dos arquitetos antigos romanos (**Figura 5**).

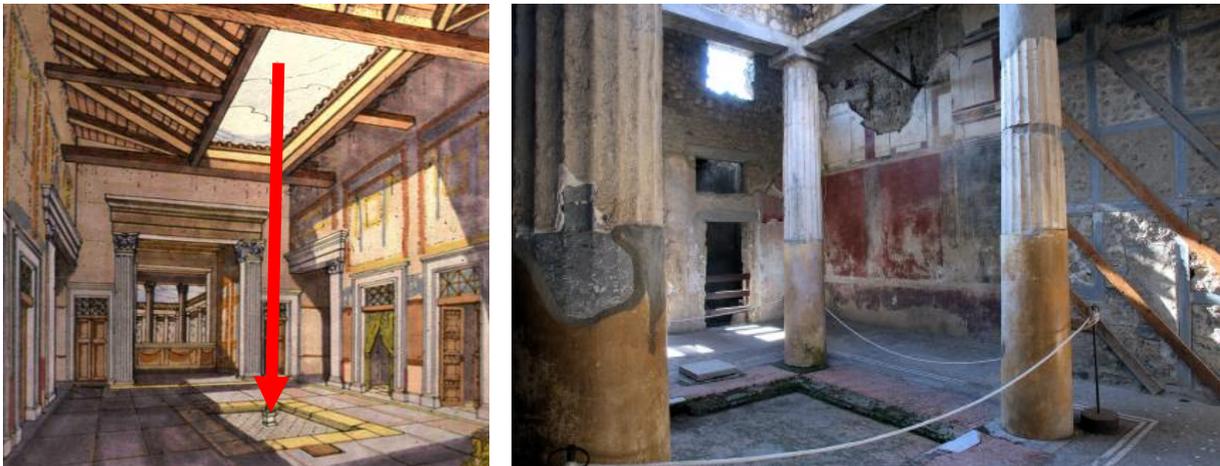


Figura 5: Vistas em perspectiva de uma antiga casa romana.
 Fonte: THEARCHEOLOGY, 2010

Assim como os antigos romanos, outras civilizações também se apropriavam da ideia da captação das águas das chuvas pela sua simples precipitação para abastecimento e uso, como já descrito cada qual seguindo sua cultura arquitetônica, ou partido arquitetônico (CARVALHO, 1964).

1.2 Captação de água pluvial nos dias de hoje

Passados séculos, de desenvolvimento e aprimoramento cultural e social, assim como o desenvolvimento de muitas áreas como a arquitetura e engenharia civil, o homem moderno melhorou a sua vida e o seu bem-estar, elevando inclusive a expectativa de vida graças também à revolução industrial que fez por aprimorar a medicina. Hoje, a expectativa de vida é mais elevada do que no mundo antigo e desta forma a população mundial cresceu exponencialmente, atingindo mais de 7 bilhões de habitantes no mundo, segundo informações da ONU (ONU, 2016).

Desta forma, é previsível que a água, não seja suficiente para todos, sendo cada vez mais escassa e difícil de se ter acesso a água limpa para consumo humano.

Países industrializados como Alemanha e o Japão estão levando este assunto muito a sério, através de pesquisas para o melhor meio de se captar e armazenar a água pluvial, pois segundo estudos, é previsto já para o nosso século, XXI, a falta de água para mais de um terço da população mundial (TOMAZ, 2003).

Muitas cidades já sofrem com a falta de abastecimento de água limpa e tratada que acarreta em mortes, doenças e outras circunstâncias negativas à sobrevivência humana. Estudos revelam que mais de 40 % da população mundial sofre pela falta de água. E além da sede causada, esse fator tem implicações negativas nos setores econômicos e sociais (SEGALA, 2012).

Sendo matéria de estudo em várias partes do mundo, a melhoria da qualidade da água e sua melhor forma de captação já é discutida em todos os setores da sociedade, por volta de todo o planeta.

Em 2015, o Brasil sofreu grave crise hídrica. A falta de chuva não causou somente a baixa dos reservatórios das hidroelétricas, gerando uma crise elétrica no país. Mas ocasionou graves problemas sociais e econômicos nos mais diversos setores da sociedade e fomentou a necessidade da discussão de diversas melhorias no tratamento deste recurso natural (DESIDÉRIO, 2015).

Não sendo suficiente o problema hídrico, de caráter mundial, temos um grave problema já mencionado que é o desperdício deste recurso natural, ou o seu mau uso e descaso.

De toda a água existente no planeta, 97,5 % é salgada e somente 2,5% é água doce, própria para o consumo humano. Desta porção, 68,9% estão congeladas nas calotas polares e em regiões montanhosas. A água subterrânea compreende 29,9% do volume

total da água doce do planeta e a representatividade da água doce de rios, lagos e reservatórios naturais, é de 0,26% (TOMAZ, 2003).

Cada cidade do país tem clima e característica pertinentes à sua região apresentando diferentes formas de lidar e gerenciar seus recursos, como a água.

1.3 Santos, chuva faz a sua história

A cidade de Santos, localizada na região sudeste brasileira, é abastecida por água tratada através da concessionária SABESP, empresa brasileira de economia mista, pública e privada, que coleta e trata a água servida a população do estado de São Paulo, bem como coleta e trata o esgoto do município do estado (SABESP, 2014). Característica climática da região da baixada santista, são as chuvas intensas, mesmo no período mais seco do ano, de abril a outubro.

A cidade está dividida em área insular e área continental. Ambas com diferenças geográficas, demográficas e econômicas distintas. A área insular de Santos está na ilha de São Vicente. Santos, desde o descobrimento do Brasil, se mostrou como um importante polo econômico para a região e para o país. A inclusão na economia nacional foi no século XVIII com a cana de açúcar e posteriormente com o ciclo do café (RAMOS, 2006).

Com crescimento desordenado e sem planejamento logo a cidade de Santos foi afetada por um longo período de epidemias que mataram muitas pessoas. A epidemia de febre amarela matou em 1873, 150 pessoas e 1876 mais de 200 pessoas (FRIGIEIRO et al., 1992).

Saturnino de Brito foi o engenheiro responsável pelo projeto que visou restabelecer o nível adequado de salubridade à região, principalmente dos canais, trazendo de volta o crescimento econômico para região e conseqüentemente para o país (**Figura 6**).

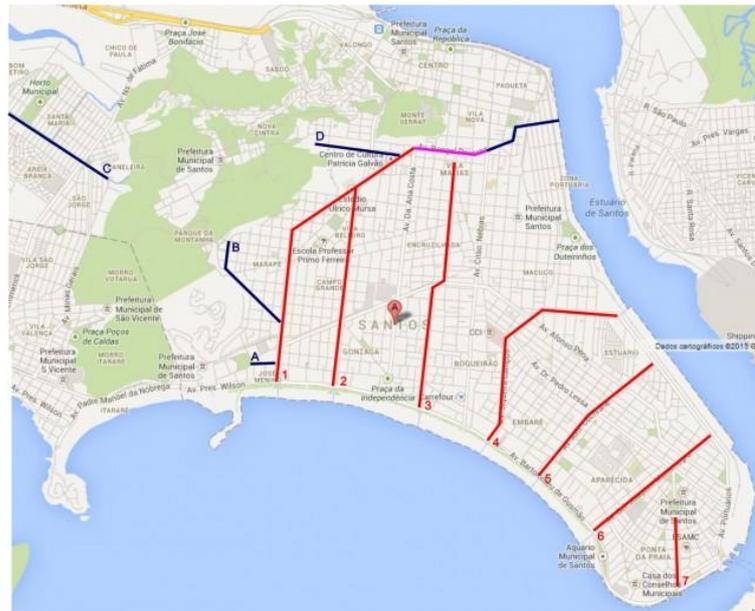


Figura 6: Canais de Santos.
Fonte: XAVEL, 2013

De 1905 a 1912, Saturnino de Brito desenvolveu o programa de saneamento, baseado no princípio de separar as águas de rios e córregos das do esgoto. O Canal 1 foi o primeiro a ser inaugurado em 1907, tendo apenas um pequeno trecho no bairro do Paquetá. Em 1910, ele foi completado e foi aberto também o 2. O 6 veio em 1919, o 3 e o 4 em 1923 e o 5 em 1927

Na verdade, o projeto de Saturnino de Brito inclui a construção de um total de nove canais superficiais (os seis da orla, aquele próximo ao Orquidário, o da Rua Moura Ribeiro, no Marapé, e outro da Rua Francisco Manoel, no Jabaquara). Ainda tem os subterrâneos, entre eles, um na Rua Brás Cubas, no Centro. A Prefeitura completou o sistema de drenagem com os canais 7 (1968), o do final da Avenida Afonso Pena e o da Jovino de Melo, na Zona Noroeste.

Tais problemas relatados de saneamento, foram também oriundos decorrentes do alto índice pluviométrico da região metropolitana da baixada santista, onde está a cidade em estudo. Estas chuvas em grande quantidade e em grande volume, causam influências negativas econômicas e ambientais.

O sistema desenvolvido por Saturnino de Brito já não acontece como idealizado pelo engenheiro. Em períodos de intensa chuva as águas pluviais afetam diretamente a qualidade das praias da cidade (SILVIA et al., 2012).

Ligações clandestinas de esgoto na rede de água pluvial, levaram as autoridades competentes a instalarem comportas nas saídas dos canais, para evitar que as águas contaminadas chegassem às praias da cidade. Mas em períodos de chuva, as comportas

são abertas para evitar as inundações nas ruas da cidade, o que ocasiona a chegada destas águas nas praias, afetando a balneabilidade (SILVA et al., 2012).

A avaliação da balneabilidade das praias é feita pela CETESB, companhia ambiental do Estado de São Paulo, que analisa aspectos como o crescimento da população fixa, da população flutuante e dos índices pluviométricos da região (SILVA et al., 2012). No relatório anual de 2015, a CETESB divulga alguns dados relevantes para a justificativa deste trabalho, que classificam a qualidade da balneabilidade das praias da cidade de Santos, como péssima (**Tabela 1**).

PRAIA - LOCAL DE AMOSTRAGEM	EXCELENTE (%)	MUITO BOA (%)	SATISFATÓRIA (%)	IMPRÓPRIA (%)	QUALIFICAÇÃO ANUAL
PONTA DA PRAIA	6	13	23	58	PÉSSIMA
APARECIDA	12	15	33	40	RUIM
EMBARÉ	10	13	21	56	PÉSSIMA
BOQUEIRÃO	15	12	23	50	PÉSSIMA
GONZAGA	10	12	23	56	PÉSSIMA
JOSÉ MENINO (R. OLAVO BILAC)	8	10	27	56	PÉSSIMA
JOSÉ MENINO (R.FREDERICO OZANAN)	2	13	19	65	PÉSSIMA

Tabela 1: Porcentagem de ocorrência em cada categoria e qualificação anual das praias da cidade de Santos, SP, em 2015.

Fonte: CETESB, 2015 modificado pelo autor.

O problema apresentado é ainda mais agravado devido ao processo de troca do piso dos leitos carroçáveis da maioria das ruas da cidade, de blocos de pedra por pavimentação asfáltica. As ruas com blocos de pedra, facilitavam o escoamento das águas pluviais para o subsolo de forma mais rápida e eficiente evitando o alagamento das ruas da cidade. Com a pavimentação, material betuminoso, este processo praticamente impermeabilizou a cidade evitando ou dificultando a penetração da água da chuva para o subsolo, ocasionando as muitas enchentes, problema este observado todos os anos. A cidade histórica de São Luís do Paraitinga, no interior paulista, tombada como patrimônio histórico pelo órgão do CONDEPHAAT, está trocando o piso asfáltico de sua cidade pelos antigos blocos de pedra, os paralelepípedos. Decisão esta que vai além da recuperação histórica visual da cidade, mas também para facilitar a drenagem das águas pluviais (TERRA, 2007).

Em 2014 o índice pluviométrico na cidade de Santos atingiu a marca de 274,6 mm, superando a média mensal dos últimos 30 anos na cidade. O trânsito na cidade ficou prejudicado por conta de muitas ruas e avenidas alagadas com a intensa chuva que caiu. (G1 GLOBO, 2014) (**Figura 7**).



Figura 7: Fotos do alagamento de 2014 em Santos.
 Fonte: G1GLOBO, 2014

Se não bastassem os problemas econômicos e ambientais ocasionados pelas águas pluviais, há ainda uma crise de abastecimento de água, que segundo alguns autores ocasiona problemas que vão além de dificuldades climáticas, mas também de gerencia (TUNDISI, 2008).

Salientamos que toda a região da cidade de Santos, construída a beira mar, tem seu solo já saturado por água pela proximidade do mar, o que de certa forma já vêm a dificultar o escoamento das águas precipitadas pelas chuvas.

1.4 Qualidade e composição da água da chuva

A água da chuva não pode servir, diretamente, ao consumo humano por não estar própria ao uso, visto que é contaminada em áreas com poluição atmosférica e também ao atingirem os telhados das edificações, pela sujeira que estes contêm. A água da chuva em contato direto com ruas e calçadas, já é considerada “água cinza”, imprópria para consumo, mas pode ser utilizada para abastecimento e usos diversos, como aguar plantas, lavagem de áreas, descarga de vasos sanitários entre outros.

Portanto o reuso da água pluvial é viável, econômica e ambientalmente. No primeiro caso, estaremos utilizando e nos servindo de um estado natural muito abundante em nossa região, o índice pluviométrico que nos mostra a possibilidade de uso deste recurso gratuito e abundante. Ambientalmente, a água pluvial gera contaminação pela sua ação propagadora de detritos variados, como microrgânicos e outros poluentes.

A água da chuva, antes de atingir o solo, tem sua composição definida pela sua localização geográfica, podendo ou não apresentar outras substancias, como poluidoras, dependendo do local registrado e analisado. Próximo a oceanos, apresenta elementos como sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), cloro (Cl) e cálcio (Ca) em concentrações

proporcionais às encontradas na água do mar. No interior, distante da costa marítima, os elementos encontrados nas águas pluviais podem conter sílica (SiO₂), alumínio (Al) e ferro (Fe). Perto de centros urbanos e industrializados, as águas das chuvas passam a conter elementos alterados da sua composição natural ou original, pelos poluentes do ar, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), chumbo (Pb), zinco (Zn) e outros elementos. Certas reações de gases na atmosfera como o dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), com a chuva, formam ácidos que diminuem o pH da água da chuva. A conhecida chuva ácida é aquela que seu pH é menor que 5,6. A concentração de íons de hidrogênio na água, indica se ela atua como um ácido ou como uma solução alcalina. Alta concentração de íons de hidrogênio indica a ação desta água como ácida, que acaba por atacar determinados metais. E esta concentração de íons de hidrogênio é expressa pelo seu pH. Um pH igual a 7, indica uma solução neutra. Menos que 7, a solução é ácida. (CARVALHO et al., 2005). Portanto, a água da chuva só deve ser utilizada para fins de consumo não humano.

Conhecida a composição da água da chuva, ainda poderá ser contaminada de acordo com o tipo material que o telhado foi construído, como por exemplo telhas de fibrocimento ou telhas pintadas. Outros contaminadores em potencial das águas das chuvas quando escoem pela superfície captadora, são fezes de animais, poeiras, folhas de árvores e outros. Como já mencionado anteriormente, esta é uma das razões de se desprezar os primeiros minutos de captação das águas da chuva. Uma vez coletadas e transportadas a um reservatório apropriado para o seu armazenamento, as águas pluviais podem ter sua qualidade, para consumo humano, questionada pelo desenvolvimento de microrganismos que vieram carreados pela chuva dos telhados e que encontram nestes ambientes, locais perfeitos para o seu desenvolvimento. Para tanto, a manutenção do reservatório deve ser feita pelo menos uma vez ao ano, ou de acordo com a orientação do fabricante. É comum o aparecimento de uma fina camada de lama no fundo do reservatório, ocasionada pela sedimentação de partículas sólidas (TOMAZ, 2003).

No Brasil, a NBR 15.527 – Água de chuva – aproveitamento de chuvas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos, determina todas as formas de como se coletar, armazenar e usar a água da chuva, para fins de consumo não humano.

O código sanitário do Estado de São Paulo, decreto 12.342, de 27 de setembro de 1978, diz o seguinte:

Artigo 12 – Não será permitida:

III – a interconexão de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que contenham água proveniente de outras fontes de abastecimento.

Artigo 19 – É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgoto.

Esta determinação expressa no código sanitário citado acima, demonstra a preocupação de se fazer a ligação das tubulações de captação de água pluvial aos sistemas de tubulações de esgoto sanitário das edificações, pois além de se evitar a sobrecarga do sistema de esgoto no caso de uma chuva forte, evidencia o descaso no desperdício de um bem natural.

Em grandes centros urbanos como Tokyo, para se evitar o transtorno de enchentes em áreas urbanas, há uma lei que obriga a instalação de reservatórios de retenção (piscinão) para abrigar as águas das chuvas, diminuindo os contratempos causados pela natureza (TOMAZ, 2003). Na cidade de São Paulo, este sistema já é utilizado a muitos anos. (SANTOS, Moises, Prefeitura São Paulo, 2015)

Uma cidade organizada e plena em garantir aos seus habitantes as condições mínimas de vida, deve levar em conta a captação da água pluvial por todas as edificações existentes, sejam públicas ou privadas. As novas construções podem e devem contemplar um projeto próprio para a coleta da água de chuva e não há empecilho de se fazer a instalação coletora de águas pluviais em edificações já executadas, independentemente de suas idades construtivas ou da tipologia construtiva adotada. Neste caso, haverá um custo maior para a adequação do sistema devido a nova tubulação de água que alimentará a bacia sanitária.

1.5 Sistema básico de abastecimento através de água servida

Para entendermos o propósito da adequação ao reuso da água pluvial, precisamos esclarecer o funcionamento básico do sistema de abastecimento de água servida às edificações da cidade através da concessionária local. Basicamente, um reservatório na parte superior da edificação difunde a água para os locais onde a água será necessária ao uso, como banheiros e cozinha, através de tubulações previamente dimensionadas para que o serviço seja feito de forma eficiente conforme a norma regulamentadora, (NBR 5626).

A instalação de água fria pode ser alimentada por duas vias: rede pública ou rede privada (YAZIGI, 2011). A rede privada é quando o proprietário do imóvel capta a água do seu lote para abastecer a sua residencial. Como o estudo é feito na área urbana da cidade de Santos, na área insular, o trabalho será descrito utilizando somente o abastecimento através da rede pública.

Após captação de uma fonte natural, a água é levada a reservatório para ser tratada, denominada de ETA, estação de tratamento de água. De acordo com a topografia da região a água preparada a servir a população pode ser enviada a um reservatório superior para que sua queda e força (pressão), possam chegar a todas as edificações da cidade através de tubulações denominadas adutoras, ou então, através de bombas, atingindo todos os pontos necessários da cidade. A água distribuída através de tubulações, chega às ruas da cidade que por sua vez entram nas edificações que passam por cavaletes, hidrômetros, para se medir o consumo individual de cada lote de água servida (GUIMARÃES, 2010).

Por pressão da própria tubulação ou por bombeamento, a água servida é levada a um reservatório superior na edificação, para que a força da própria gravidade, faça a pressão necessária para atender a todos os dispositivos hidráulicos, torneiras, chuveiros, bacias sanitárias, e outros. O reservatório que armazenara a água servida, será dimensionado conforme o número de usuários local, ou será estimado levando-se em conta o número de quartos que a edificação terá, caso não se saiba o número de habitantes. Segundo a norma brasileira que regulamenta as instalações de água fria, para edificações residenciais o dimensionamento do reservatório deve ser multiplicado por dois, duplicando, portanto, a capacidade do reservatório para que caso haja falta no abastecimento da concessionária local, a edificação esteja abastecida por água servida durante dois dias. Para edificações com um número maior de pavimentos, prédios, deve-se dividir o reservatório em superior e inferior, fazendo um na parte inferior da edificação, abaixo do solo, com capacidade de 60% do volume total dimensionado e outro na parte superior da edificação com capacidade de 40% do volume estimado. Esta divisão deve ser feita pois o volume de água dimensionado, exerce grande peso à estrutura na edificação, lembrando que aproximadamente um metro cúbico de água, pesa uma tonelada (GUIMARÃES, 2010).

Atendendo as exigências das leis municipais, devemos ainda prever um aumento na capacidade do reservatório estimado, para atender ao corpo de bombeiros local, denominado reserva de incêndio. Esta reserva pode variar de 10% a 20%, seguindo as orientações legislativas municipais.

Uma vez estabelecido o dimensionamento e o armazenamento no reservatório, a água servida está pronta para uso direto humano para as mais diversas funções

necessárias a vida. Daqui a diante, um sistema importante será descrito para que a água chegue a todos os pontos necessários, ou aos dispositivos hidráulicos: as tubulações.

O sistema de distribuição de água servida é descrito abaixo, conforme Yazigi (2011):

- a. Reservatório: armazena a quantidade de água dimensionada, necessária para atender a demanda local, a edificação.
- b. Barrilete: conjunto de tubulações que se origina do reservatório para derivar nas colunas de distribuição.
- c. Coluna de distribuição: derivada do barrilete, desce em posição vertical na edificação para alimentar os ramais nos pavimentos. Seguindo a prescrição da norma regulamentadora, NBR 5626, colunas de distribuição individualizadas para atender às bacias sanitárias, devem ser feitas em separado das demais colunas de distribuição que irão atender a outros dispositivos hidráulicos, para que não haja interferência no fornecimento de água servida a estes aparelhos.
- d. Ramais: derivados das colunas de distribuição, essa tubulação percorre a extensão das paredes onde haverá dispositivos hidráulicos, para derivar nos sub-ramais.
- e. Sub-ramais: tubulação derivada dos ramais, que chegam aos aparelhos sanitários, ou dispositivos sanitários, chuveiros, torneiras, tanques, pias e outros.

1.6 Sistema básico de captação de água de chuva

O sistema de coleta e armazenamento de água pluvial deve ter seus principais componentes assegurados, para que haja a sua eficiência. Segundo Tomaz (2003) são:

- a. Área de Captação: telhados ou lajes das edificações que podem ser dos mais diversos materiais, como telhas cerâmicas, de fibrocimento, de zinco, de ferro, de concreto, telhas plásticas e outras. A área de captação pode estar inclinada ou plana.
- b. Calhas e condutores: podem ser de metal ou plástico, tipo PVC, conforme a norma regulamentadora. Fazem a condução da água pluvial captada pelas áreas de captação, até o destino final, o sistema de armazenagem. Calha é um elemento tubular entrecortado instalado no beiral dos telhados, horizontalmente, que captam as águas das chuvas diretamente dos telhados. Conductor é um elemento tubular

que recebe as águas das chuvas das calhas e leva estas, verticalmente, para caixas de distribuição nos pisos.

- c. By Pass: os primeiros minutos de chuva devem ser desprezados, pois a água pluvial ao cair sobre as áreas de captação, acabam carreando muitos sedimentos, detritos, sujeiras, o que são considerados como impurezas ou de perigo para o entupimento do sistema coletor. Portanto, o “By Pass” é um sistema manual ou automático que impede a chegada destes primeiros minutos de chuva ao reservatório de água pluvial. Este sistema pode ser confeccionado artesanalmente por um processo simples ou, comprado junto com o sistema de coleta de água pluvial.
- d. Peneira: para a remoção de materiais em suspensão que venham através do sistema coletor até o armazenamento, usam-se peneiras com telas de 0,20 mm a 1,0 mm.
- e. Reservatório: O reservatório pode ser construído ou comprado pronto para uso. Podem estar apoiados, enterrados ou mesmo elevados. Alguns modelos de reservatórios contam com o sistema de “Freio” ou “Redutor” da turbulência da água, para evitar que os resíduos sólidos que ficam depositados no fundo do reservatório sejam revolvidos a cada lançamento de água pela tubulação.
- f. Extravasor: também conhecido como ladrão, o extravasor é um dispositivo que impede o transbordamento do reservatório caso este atinja sua capacidade máxima de armazenamento.

Os componentes aqui descritos, garantem uma coleta e armazenamento eficiente das águas pluviais, sendo de fácil instalação e baixo custo, demonstrado como meio eficiente de se utilizar a água das chuvas para fins de consumo não humano. Importante salientar que os componentes do sistema de coleta de água pluvial podem variar de acordo com a locação da cisterna, ou reservatório. Se o reservatório for instalado, na altura do solo, os coletores de água pluvial levarão por gravidade a água coletada até o reservatório. Caso seja instalado na parte superior da edificação, na altura dos telhados e lajes coletoras, a água pluvial para chegar ao reservatório necessitará de um motor bomba, para pressurizar o sistema e vencer a gravidade.

1.7 O propósito da captação da água pluvial

O propósito deste sistema está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento sustentável da cidade e ligado de forma direta à melhoria da biodiversidade da região atendida. O “American Society of Civil Engineer” cita sobre o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos em 1998 ser “aqueles recursos projetados e gerenciados para contribuir com os objetivos totais da sociedade, agora e no futuro, devendo manter o meio ambiente e a integridade ecológica e hidrológica” (TOMAZ, 2003).

Portanto, o sistema de captação das águas pluviais é um trabalho que promove a sustentabilidade do sistema moderno urbano de drenagem e claramente define quatro objetivos para a eficácia de sua utilização (TOMAZ, 2003):

- a. Manter a saúde pública e proteção contra enchentes;
- b. Evitar a poluição local e distante;
- c. Minimizar o uso de recursos hídricos, e
- d. Ser operável e adaptável a longo prazo.

Passados estes conhecimentos preliminares, a captação da água pluvial é passível de ser executada tanto em edificações novas quanto em edificações já construídas. O sistema que abastece uma casa ou um prédio, com água potável é denominada pela norma brasileira NBR 5626, como “água fria” (HAMMER, 1979). Esta água será servida à cidade pela concessionária local através das tubulações (BOTELHO, 2010) e será depositada em reservatórios, localizados na parte superior das edificações para que a gravidade faça o trabalho de fornecer vazão suficiente aos dispositivos hidráulicos, tais como torneiras, chuveiros e outros, de uso dos seus habitantes. Tendo esta edificação o sistema de captação de água pluvial instalada, poderemos chamar este sistema hidráulico, de “sistema dual de água fria”. Uma edificação que esteja contemplada com este sistema pode chegar a economizar 30% de água potável, pois a utilização da água coletada da chuva pode ser usada na bacia sanitária, na máquina de lavar roupa, em torneiras para aguar jardins e plantas, na lavagem de automóveis e na lavagem de pisos e outras áreas (TOMAZ, 2003).

Tardiamente, mas ainda a tempo, a prefeitura de Santos está implementando uma lei para a obrigatoriedade que todos os edifícios públicos tenham um sistema de captação e reuso das águas pluviais (SICON, 2015). Tal processo se levado a todas as edificações da cidade, residenciais, comerciais e outros, poderia ser um benefício tanto econômica quanto ambientalmente. Outra ação da prefeitura que visa beneficiar a qualidade da cidade

captando-se as águas pluviais, são os telhados verdes. A prefeitura de Santos está dando desconto no IPTU para as edificações que se utilizem deste recurso (ROSSI, 2016).

O potencial de captação das áreas cobertas com drenagem deve ser mensurado e estimado para que a lei seja ampliada em face da sua importância.

Voltando no tempo, lembrando das antigas construções romanas como exemplo, as nossas edificações poderão recolher através dos telhados as águas precipitadas das nuvens, as águas pluviais, para benefício econômico e ambiental como já demonstrado no texto introdutório, favorecido pelos sistemas modernos de captação dessas águas como telhas, telhados, calhas, condutores e outros sistemas e levados a cisternas previamente projetadas ou inseridas nas construções já existentes, através de um projeto arquitetônico próprio e individual para cada caso, sempre com a supervisão de um profissional da área, engenheiro ou arquiteto.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como por objetivo geral propor a adequação arquitetônica de edifícios públicos e privados com potencialidade de captação de águas pluviais na cidade de Santos através dos sistemas coletores e de armazenamento para reuso indireto de consumo humano.

2.2 Objetivo Específico

- a. Analisar a área de estudo quanto à capacidade de coleta de água pluvial, dividindo-a em setores de pesquisa;
- b. Quantificar a metragem quadrada passível de captação das águas pluviais, a partir das áreas classificadas quanto a sua área coberta por telhados e lajes;
- c. Mensurar o potencial de captação das águas pluviais das áreas selecionadas;
- d. Indicar o método de recolhimento e armazenagem das águas pluviais para reuso adequado, ou seja, não humano, mais eficiente para cada área de estudo.

3 METODOLOGIA

A cidade de Santos está em processo de verticalização decorrente ao crescimento econômico do porto e do petróleo, da bacia de Santos. Este processo tem ao longo dos anos favorecido algumas construtoras da região e fora dela, para a compra de lotes com edificações de pequeno porte, vislumbrando a potencialidade construtiva deste terreno. Assim, muitos lotes acabaram sendo unidos para formar um só, dando origem a novos prédios residenciais ou comerciais. Este processo é visível e atual. Notoriamente, observa-se que alguns lotes são unidos dando origem a um só para acomodar novos prédios, de usos residenciais e comerciais (MARTIN, 2016). Por consequência, novos telhados e áreas de coberturas são definidas. No estudo da potencialidade de captação de água pluvial para a cidade de Santos, telhados e lajes são definidas como áreas e objetos de estudo, responsáveis pela captação das águas pluviais. A metodologia para escolha dos telhados e lajes que serão analisados, foi aplicada em apenas alguns lotes, definidos pela passagem do transecto e de forma aleatória, intercalando os lotes, sem definições previamente escolhidas.

3.1 Setorização da cidade, os transectos

A escolha das áreas, a serem analisadas, foi realizada com o software “Google Earth” (Figura 8).

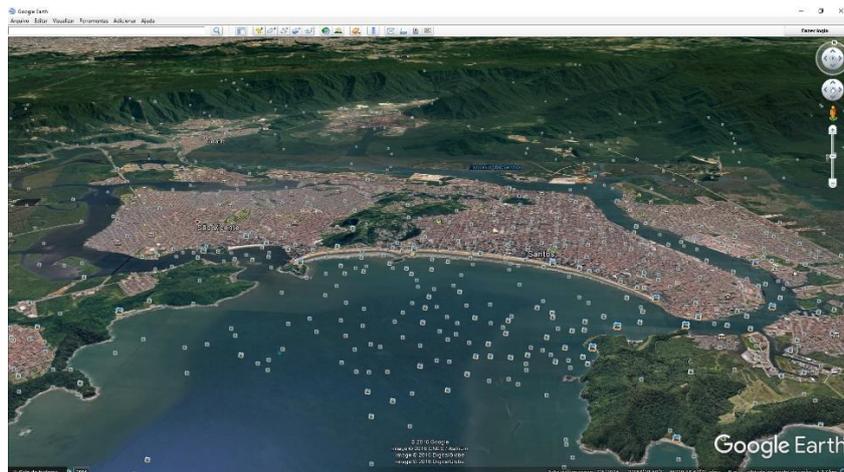


Figura 8: Mapa de Santos.

Fonte: Google Earth

Escala 1:10.000 / Norte indicado em planta / Latitude: 23° 57' 39" S / Longitude: 46° 20' 01" W
Altitude: 2m

Claramente visível, a especulação imobiliária desta cidade fez crescer um paredão frente à praia, que se estende por toda a orla da cidade. Esta área é definida como uma

área turística, denominada no estudo em questão de A01. As áreas atrás desta linha, divididas em bairros e diferentes formas de ocupação de solo, foram definidas como A02. A terceira é a zona portuária, A03. Foi determinado um transecto cortando estas três áreas, para a escolha das quadras, no sentido oeste para leste. Os transectos definem quais quadras foram objeto de estudo, e estas definem o número de lotes e suas áreas cobertas pelos telhados e lajes das edificações existentes (**Figuras 09 e 10**). Dentro de cada quadra foram medidos todos os telhados ou sistemas de captação de água pluvial, como por exemplo lajes, para a determinação da potencialidade da captação destas águas.



Figura 9: Mapa de Santos – Bairros.

Fonte: Prefeitura Municipal de Santos - Modificado dessa fonte

Escala 1:10.000 / Norte indicado em planta / Latitude: 23° 57' 39" S / Longitude: 46° 20' 01" W
Altitude: 2m

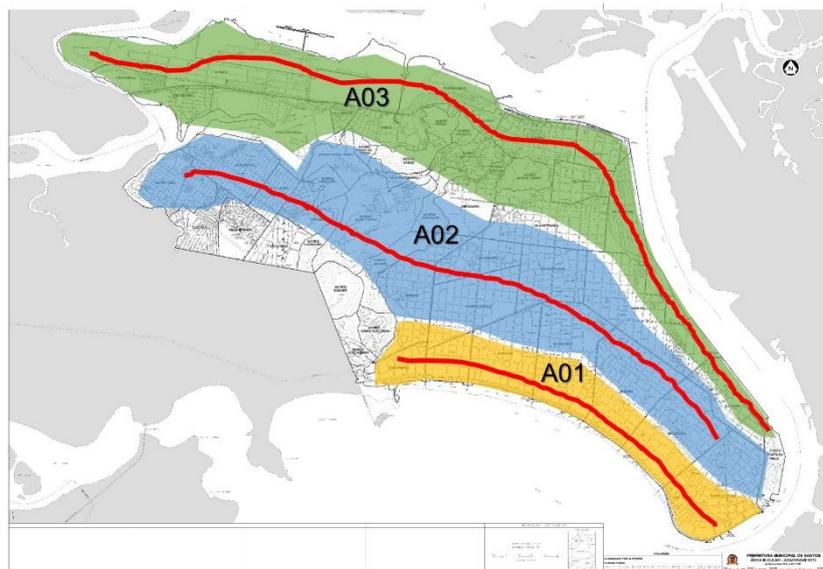


Figura 10: Mapa de Santos setorização de transectos.

Fonte: Prefeitura Municipal de Santos - Modificado dessa fonte

Escala 1:10.000 / Norte indicado em planta / Latitude: 23° 57' 39" S / Longitude: 46° 20' 01" W
Altitude: 2m

3.2 Estudo das áreas e das quadras

Cada quadra recebe uma identificação, apontando que esta foi analisada. A quadra recebe o número da área localizada e o número da quadra, por exemplo “A01Q01”. Portanto, a quadra se refere ao transecto da orla da praia, zona turística, A01 (área do transecto), Q01 (quadra número um). Desta forma, cada telhado ou laje é catalogada recebendo a inscrição T01, por exemplo, e avaliada a sua metragem quadrada. Todos os telhados da quadra foram catalogados e medidos (**Figuras 11 e 12**).

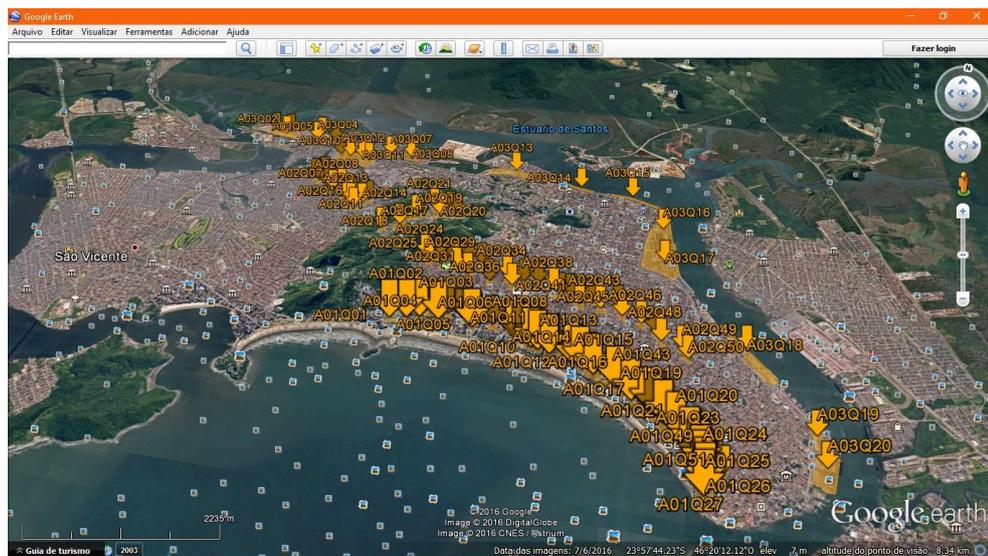


Figura 11: Mapa de Santos - Quadras selecionadas.

Fonte: Google Earth editada pelo Autor

Escala 1:10.000 / Norte indicado em planta / Latitude: 23° 57' 39" S / Longitude: 46° 20' 01" W
Altitude: 2m

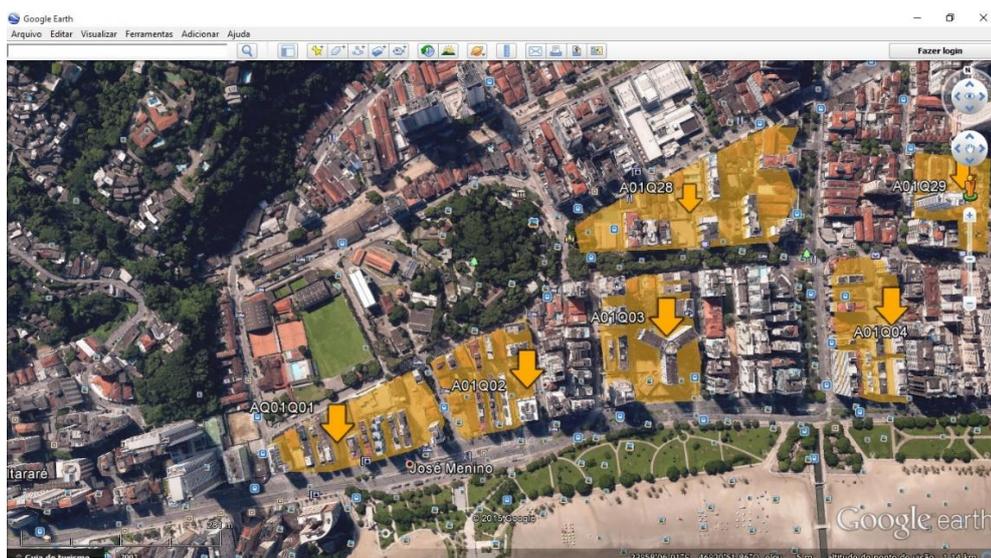


Figura 12: Mapa de Santos – Quadras selecionadas.

Fonte: Google Earth editada pelo Autor

Escala 1:10.000 / Norte indicado em planta / Latitude: 23° 57' 39" S / Longitude: 46° 20' 01" W
Altitude: 2m

A área A02, é o interior da cidade, está no meio da ilha, desde a zona noroeste até o bairro da Ponta da Praia. Com gabarito bem mais inferior se comparado a área A01, este setor de estudo engloba muitos bairros de uso preferencialmente residencial e comercial. Ainda vemos nestes bairros muitas casas baixas e de construção antiga, algumas datadas do início do século passado.

A área A03 compreende a zona portuária. Com uso comercial e industrial, este setor tem o gabarito da cidade mais baixo se comparado às áreas A01 e A02. Tem baixa aglomeração populacional pela alta demanda comercial da área. Muitos lotes encontrados comportam áreas destinadas à armazenagem de produtos diversos, gerando grandes pátios descobertos. Por consequência, as áreas cobertas passíveis de captação de água de chuva, são inferiores se comparadas às anteriores.

Após a definição e a catalogação das quadras e telhados a serem estudados o próximo passo foi mensurar as metragens quadradas das áreas de coleta de água pluvial. Para isto, as imagens das áreas selecionadas foram transferidas para o “AutoCad”, *software* para desenho em engenharia e arquitetura, tomando-se o cuidado de trazer com elas a guia de escala indicada no próprio programa, o “Google Earth”. Esta guia permitiu colocar as imagens em escala através do comando “align”. Cada quadra registrada tem apontado o número de áreas cobertas por telhados e lajes, recebendo uma identificação numérica, tipo “T01” (**Figura 13**). Desta forma obtemos o número total de áreas cobertas da quadra em questão. Usando o comando “area” do AutoCad, cada área coberta foi medida descobrindo-se a sua área quadrada. Esta medida foi então inserida na planilha do Excel para análise de todos os dados posteriormente.

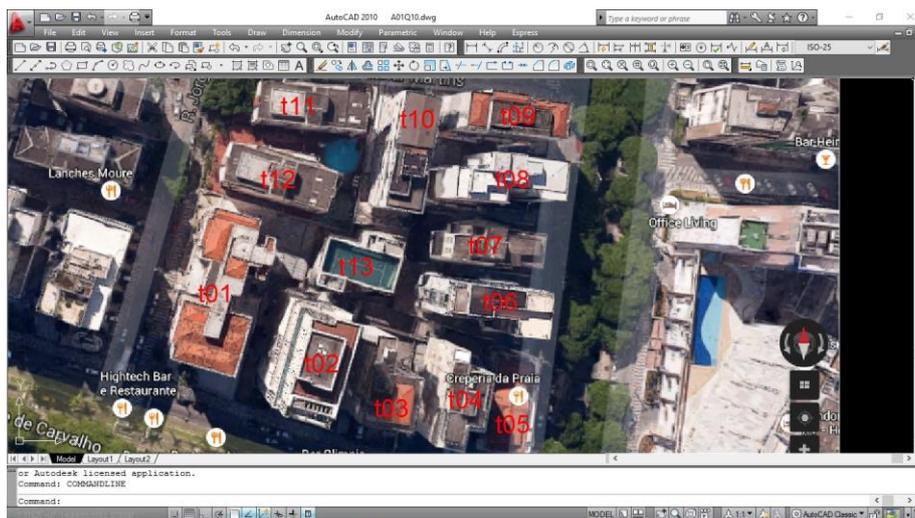


Figura 13: Mapa de Santos – Detalhe catalogação dos telhados de uma quadra.

Fonte: Google Earth editada pelo Autor

Escala 1:10.000 / Norte indicado em planta / Latitude: 23° 57' 39" S / Longitude: 46° 20' 01" W
Altitude: 2m

Cada transecto nos forneceu uma amostra da potencialidade de captação das águas pluviais para uso nas próprias edificações coletoras.

3.3 Índice pluviométrico de Santos

Com a metragem quadrada das áreas cobertas passíveis de coleta das águas pluviais, através dos telhados e lajes, devemos observar o índice pluviométrico de região em estudo para estimar a capacidade de vazão total a ser captada. Para isto, temos de ter uma média do índice pluviométrico da cidade de Santos nos últimos cinquenta anos. Esta avaliação é necessária pela irregularidade da precipitação da chuva que segue diversos fatores, diretamente alternantes, sobre esta medição como temperatura, clima e outros.

Abaixo segue tabela com a média feita entre o período de 11 de novembro de 1966 e 11 de novembro de 2016 do índice pluviométrico da cidade de Santos (CIIAGRO - Centro integrado de informações agro meteorológicas, 2016) (**Tabela 02**).

CIIAGRO						
Chuva Mensal no período de 10/11/1966 até 10/11/2016						
CIIAGRO - Dados Mensais no período de 10/11/1966 até 10/11/2016						
Local: Santos						
Mês	Dias	Dias de Chuva	Chuva Total	Média Mensal da Chuva Total	Chuva Máxima	Chuva Mínima
janeiro	589	367	5.531,10	291,1	175,8	0,1
fevereiro	537	285	4.310,40	226,8	158,5	0,1
março	589	313	4.323,20	227,5	201,8	0,1
abril	570	264	3.485,10	183,4	142,7	0,1
maio	585	260	2.522,10	133,6	69	0,1
junho	571	214	1.726,60	90,7	51	0,2
julho	617	220	2.143,10	107,7	68,9	0,1
agosto	610	224	1.451,90	73,8	56,1	0,1
setembro	600	290	2.815,50	140,8	81,9	0,1
outubro	611	340	3.434,20	174,2	122,9	0,1
novembro	538	296	3.475,10	193,8	92,2	0,1
dezembro	589	336	4.765,10	250,8	167,4	0,1

Tabela 2: Dados pluviométricos da cidade de Santos em cinco anos de 11/11/1966 a 11/11/2016.
Fonte: CIIAGRO, 2016

Com os dados obtidos, calcula-se a média mês a mês visando demonstrar a influência do índice pluviométrico sobre a cidade (**Figura 14**):



Figura 14: Índice pluviométrico médio da cidade de Santos entre 08/2011 e 08/2016.

Fonte: CIIAGRO, 2016 modificado pelo autor

A média do índice pluviométrico da cidade de Santos nos últimos cinquenta anos foi de 174,51 mm, apresentando um desvio padrão no valor de 67,31 mm.

3.4 Dados coletados totais

Segundo os dados coletados pelos transectos nas áreas A01, A02 e A03, a área quadrada total com potencialidade de coletar de água pluvial foi de 1.357.901,88 metros quadrados (m²). Portanto, se temos a média de 174,51 mm de água pluvial, captada em um metro quadrado, multiplicaremos esse valor por 1.357.901,88 metros quadrados (m²) das áreas em estudo o que resultará na potencialidade de captação pelos sistemas coletores já existentes em 236.967.457,07 litros de água pluvial, ou 236.967,45 metros cúbicos (m³) de água de chuva.

A área insular da cidade de Santos é de 39,4 km². Retirando-se as áreas verdes dos morros e a área já estudada (1.357.901,88 m²), termos uma área total insular da cidade passível de atender ao projeto proposto, de 32,6 km² (32.610.358,83 m²) aproximadamente. Multiplicando a média pluviométrica obtida de 174,51 mm pela área insular passível de atender ao projeto, obteremos o resultado de 5.690.833.719,42 litros de água pluvial, ou 5.690.833,71 metros cúbicos (m³), captada.

Isso demonstra o potencial aproximado de captação de água pluvial, para consumo não direto ou não humano, refletindo diretamente na economia de água servida que poderá ser feita e a diminuição da vazão de escoamento das águas pluviais para as ruas, bueiros e canais, evitando os transtornos que a região sofre com o seu índice pluviométrico.

4 RESULTADOS

As áreas em estudo demonstram diferenças de uso e ocupação do solo. Não está sendo analisado no estudo quanto ao seu funcionamento, uso, seja residencial, comercial, institucional ou industrial. Mas sim como a metragem quadrada de cada lote da cidade está sendo ocupada. Cada prefeitura rege esta ocupação, definindo um percentual de construção que poderá ocupar o terreno. Esta lei é para garantir que haja os recuos (frontal, laterais e posterior) da construção com o lote em que está edificada. Desta forma a edificação poderá receber luz e ventilação natural, prevenindo o aparecimento de patologias na construção e nos seus habitantes.

Os resultados foram apresentados pelas áreas de estudos, A01, A02 e A03, divididas em setores quanto à sua aplicabilidade ao sistema de adequação arquitetônica de captação e armazenamento de água pluvial.

4.1 ÁREA 01 (A01)

Em 911.032,82 m² temos uma área potencial de captação de água pluvial de 459.804,11 m², feita por telhados e lajes. (**Figura 15**)

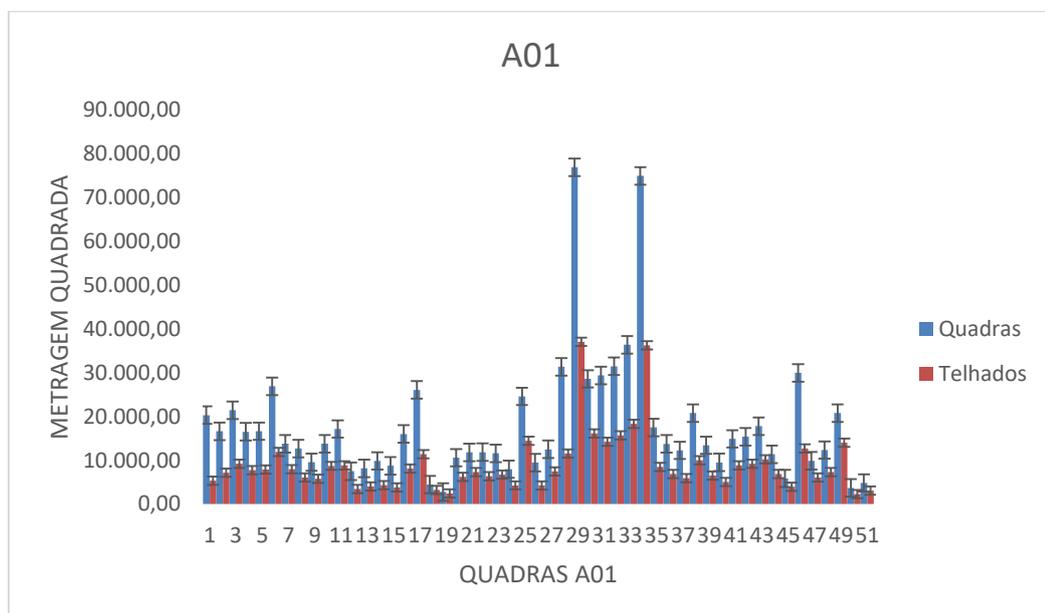


Figura 15: Área 01 Total

Esta área é a que mais contém construções verticalizadas de toda a área insular da cidade de Santos, por motivos culturais e principalmente pela especulação imobiliária, onde os lotes a beira mar têm um valor maior que os demais.

O sistema coletor de água pluvial deve ser previsto em projeto, ou seja, uma área do percentual construtivo deve ser prevista para esta finalidade. Assim, novos projetos arquitetônicos serão beneficiados com a coleta individual de água pluvial que será destinada a consumo indireto, não humano.

Apesar da homogeneidade construtiva observada, há diferenças quanto a ocupação do solo e o seu poder de captação de água pluvial, pois algumas regiões apresentam diferenças entre área ocupada construída e área de telhados e lajes. Desta forma, seguindo os dados coletados e observados, há três setores que merecem atenção nesta área. O setor da área 01, compreende a parte à beira mar dos bairros do José Menino e Pompéia, das quadras selecionadas para o estudo. (**Figura 16**)

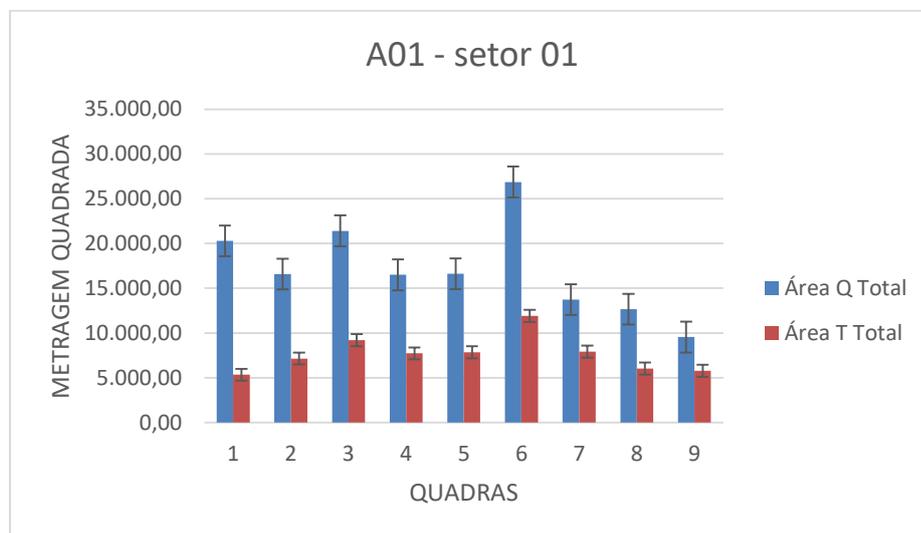


Figura 16: Área 01 - setor 01

Apresentando edificações mais antigas, com padrão da tipologia construtiva da época da construção, estes edifícios podem apresentar um grau maior de dificuldade para instalação do sistema de abastecimento de água pluvial para as bacias sanitárias. O grau de investimento é relativamente alto, porém esta não é a principal preocupação para a adequação do sistema. Sistemas construtivos antigos podem dificultar as instalações das novas tubulações, devido aos materiais utilizados e ao estado de conservação dos mesmos.

O setor 02 compreende a parte à beira mar do bairro do Gonzaga, das quadras selecionadas para o estudo. (**Figura 17**)

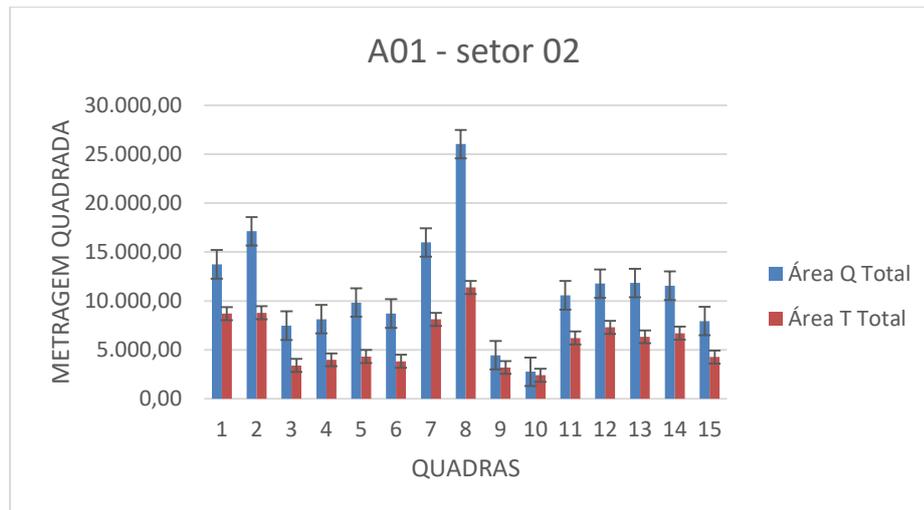


Figura 17: Área 01 - setor 02

De grande interesse comercial, este setor tem apresentado alterações através dos tempos quanto ao uso e ocupação do solo. A verticalização nesta área é observada assim como no setor anterior, porém a especulação imobiliária fez o surgimento de novos empreendimentos, alguns com mais de 20 pavimentos. A adequação ao sistema de fornecimento de água pluvial a estas edificações, reuso, terá que transpor os problemas com as edificações mais antigas e com os novos edifícios.

O setor 03 compreende a parte à beira mar dos bairros do Boqueirão, Embaré, Aparecida e Ponta da Praia, das quadras selecionadas para o estudo. **(Figura 18)**

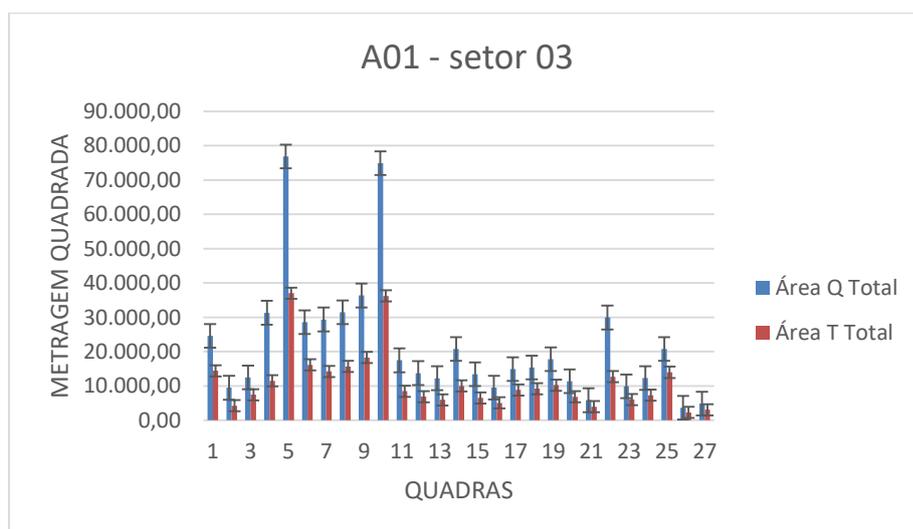


Figura 18: Área 01 - setor 03

Este setor, principalmente a região do bairro da Ponta da Praia, é o novo alvo do interesse imobiliário da cidade de Santos. Novos empreendimentos têm surgido, elevando o gabarito dos bairros, e conseqüentemente elevando o adensamento populacional.

4.2 ÁREA 02 (A02)

Foram analisados 458.806,32 m² com uma área potencial de captação de água pluvial de 281.145,60 m². (**Figura 19**).

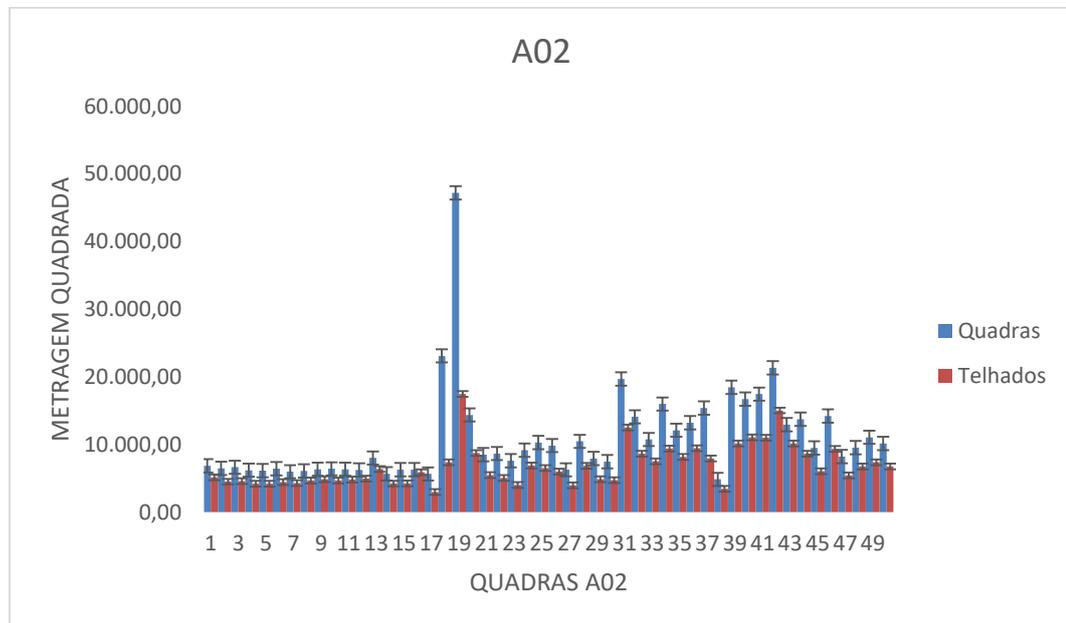


Figura 19: Área 02 Total

Esta área é de interesse especial quanto à solução praticada na coleta da água pluvial pela sua natureza tipológica construtiva. Apesar de ter um gabarito mais baixo e estável em relação a área A01, as quadras A02Q01 até a A02Q16 (Zona Noroeste) apresentam algumas soluções construtivas adaptativas quanto a ocupação do solo. Alguns lotes se apropriam dos recuos frontais, laterais e posteriores para aumentar o tamanho da sua construção de acordo com a sua finalidade, mesmo não estando em conformidade com a legislação vigente de uso e ocupação do solo definida pela prefeitura municipal. Esse desacordo legal não altera a captação de água pluvial, mas por outros motivos como o problema de drenagem urbana eficiente, acabam por serem mais prejudicados em épocas de chuvas por alagamentos. Portanto a solução adequada para captação e armazenagem das águas pluviais deve ser vista separadamente em relação as demais quadras deste setor, A02Q17 a A02Q23 e A02Q24 a A02Q50.

O setor 01 da área 02, compreende os bairros do Bom Retiro, Santa Maria e Caneleira, das quadras selecionadas para o estudo na zona Noroeste de Santos. (**Figura 20**)

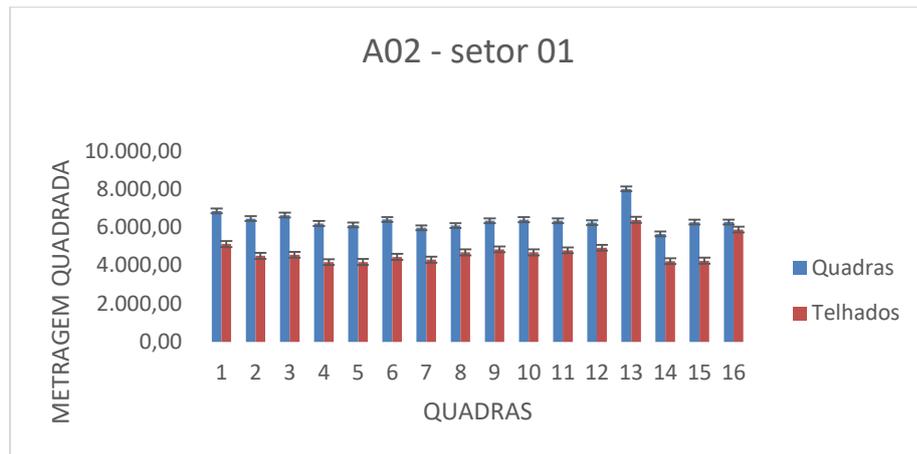


Figura 20: Área 02 – setor 01

Neste setor há uma tendência de a ocupação do solo ser bem maior do que as demais áreas estudadas. Diretamente proporcional, verificamos também uma maior porcentagem da área de cobertura, telhados e lajes. Como já mencionado, essa característica é devido ao descumprimento da lei quanto a ocupação do solo de seus habitantes. Áreas de recuos, frontal, lateral e posterior, não são respeitadas e estas acabam se tornando áreas construídas.

Este setor compreende as quadras A02Q01 até a A02Q016 na região da Zona Noroeste localizada na ilha de São Vicente do lado oposto do morro da Nova Cintra e do morro da Cachoeira, separando fisicamente a cidade em duas áreas.

O setor 02 da área 02, compreende os bairros do Morro Cachoeira e do Morro Nova Cintra. **(Figura 21)**

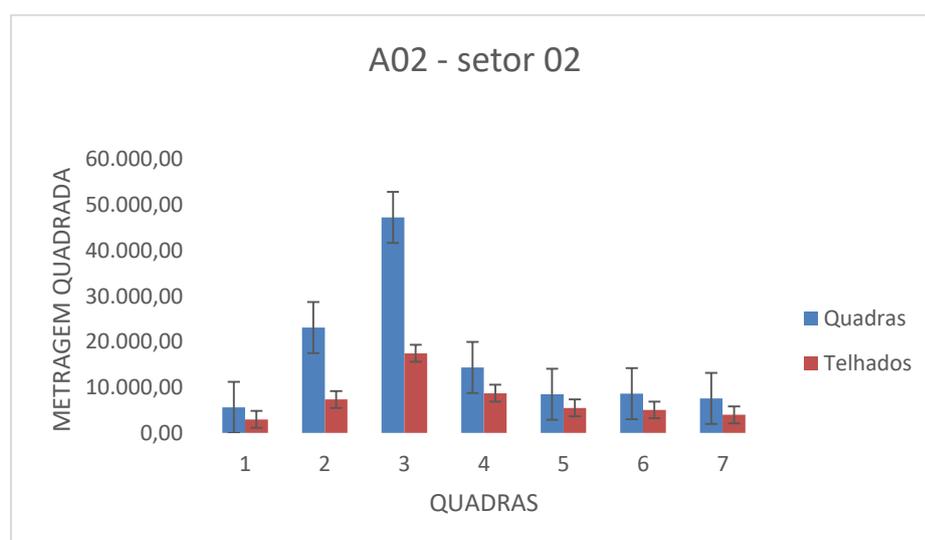


Figura 21: Área 02 – setor 02

As quadras estudadas A02Q17 a A02Q23, têm uma ocupação do solo diferente das anteriores. Apresentam uma área de ocupação do solo inferior e com maiores espaços em aberto, ou sem uso.

O setor 03 da área 02, compreende os bairros do Marapé, Campo Grande, Boqueirão e Embaré. (**Figura 22**).

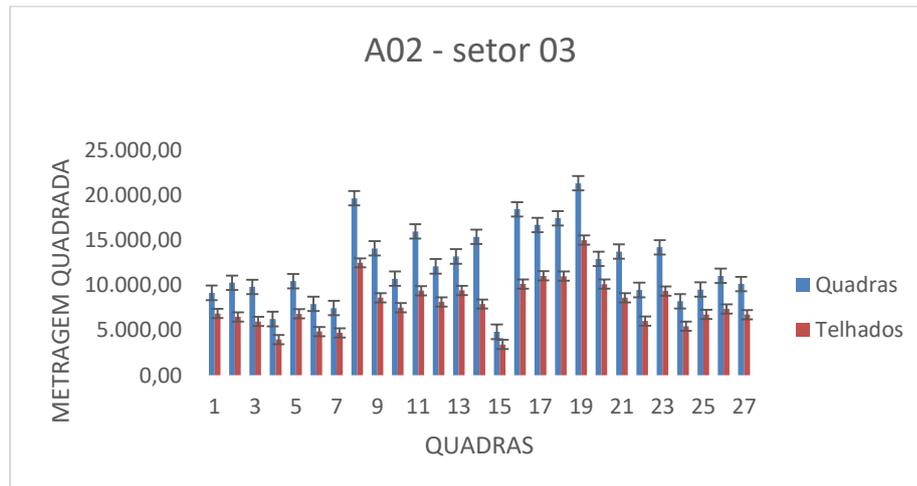


Figura 22: Área 02 – setor 03

As quadras A02Q24 à A02Q50, assemelham-se as quadras da área A01, no trato da ocupação do solo, com a diferença de terem os seus gabaritos mais baixos em relação a primeira.

4.3 ÁREA 03 (A03)

O estudo da área A03, revelou que em 1.631.367,62 m² temos uma área potencial de captação de água pluvial de 616.952,17 m², feita por telhados e lajes. (**Figura 23**)

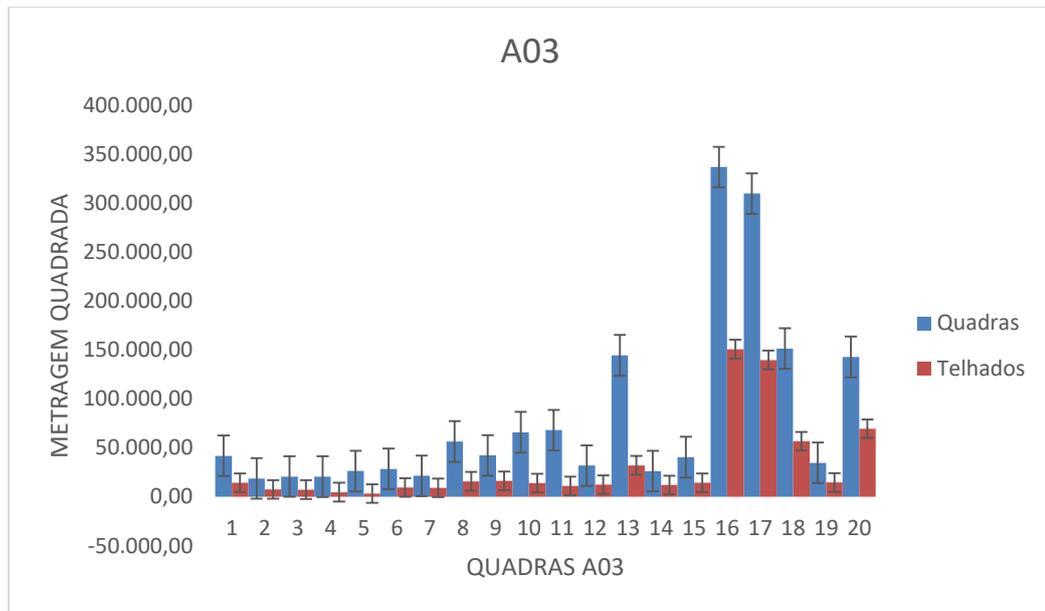


Figura 23: Área 03 Total

Historicamente reconhecida como área de interesse comercial, abriga lojas comerciais e industriais. A área estudada concentrou-se na região costeira que abrange o porto da cidade, compreendendo os bairros de Piratininga, São Manoel, Porto Alemoa, Chico de Paula, Valongo, Paquetá, Vila Nova e Macuco.

A precipitação da chuva não ocorre de forma homogênea durante os meses, mas também durante os anos. Difere de região para região, influenciada pelos fatores climáticos e geográficos. Assim, a região de Santos sob o clima tropical, apresenta diferenças quanto a precipitação da chuva para efeito deste estudo. Seguindo os dados coletados da CIIAGRO, observamos que o índice pluviométrico está dividido em duas fases, com maior e menor precipitação. Os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro apresentam um índice maior de precipitação. Já os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, apresentam um índice de precipitação de chuva menor.

Nos meses com maior precipitação registrou-se o valor de 228,90 mm de média de chuva. Portanto para os 1.357.901,88 metros quadrados, teremos um total de 310.823.740,33 litros de água pluvial captada.

Nos meses com menor precipitação o valor médio de chuva foi de 120,13 mm. Portanto com os dados obtidos no levantamento das áreas quadradas de telhados e lajes das áreas em estudo, 1.357.901,88 metros quadrados, teremos um total de 163.124.752,84 litros de água pluvial captada.

A captação de água pluvial destinada à coleta e armazenagem para fins de consumo indireto, não humano, não tem uma característica sazonal perante aos meses do ano. Tal observação não altera o projeto de adequação de coleta e armazenagem de água da chuva, mas sim a eficácia quanto à economia de água garantida para a edificação, adequada ao projeto.

O estudo da área que acomodará este reservatório não se limita somente a área, mas sobretudo à carga que este novo elemento incide sobre a construção, lembrando que 1 metro cúbico, pesa aproximadamente 1 tonelada. Portanto, quando o reservatório for instalado na parte superior da edificação, um estudo estrutural deverá ser feito e há no mercado produtos para tais finalidades que atendem muito bem seus usuários, inclusive na economia do espaço da adaptação do sistema (**Figuras 24 e 25**).



Figura 24: Sistema de armazenagem ao nível do solo.

Fonte: AECWEB, 2010

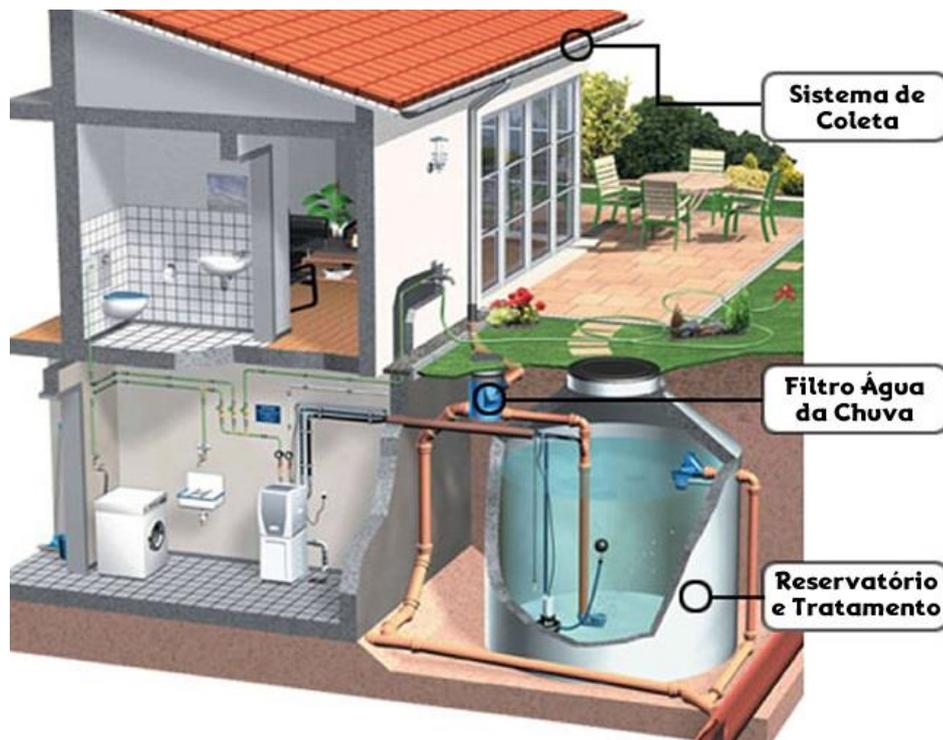


Figura 25: Sistema de armazenagem abaixo do solo.
 Fonte: SEBRAEMERCADOS, 2016

Para ser feita a adequação ao sistema de coleta de água pluvial para reúso de consumo não humano, sistema dual (água fria e água pluvial), há dois estudos a serem feitos.

O primeiro refere-se a uma nova construção. Neste caso, o processo é mais simples quanto a parte construtiva, pois os elementos hidráulicos que abastecerão os dispositivos de utilização com água de reúso de chuva, como bacia sanitária e outros, já farão parte do projeto e serão instalados durante a obra. O sistema de água fria que é abastecido pela concessionária local, proverá água para as partes úmidas da casa (cozinha, banheiros, áreas de serviço, torneiras, por exemplo), supridos pelo reservatório de água fria, conforme a rege a norma NBR 15.527. A água da chuva será recolhida pelo telhado ou por lajes, que através de condutores levarão estas a um reservatório próprio e em separado do outro reservatório de água fria. Não é permitida a armazenagem de água fria e de água pluvial no mesmo reservatório. Há um sistema de condutores que já impedem a chegada ao reservatório dos elementos mais grosseiros, como folhas e pequenos detritos, simplificando e facilitando a manutenção do novo sistema, são os filtros. Estes filtros podem ser comprados prontos, comercial, ou feitos artesanalmente (**Figura 26**).



Figura 26: Filtro artesanal.
Fonte: PNEUMOTRONIC, 2015

Outra opção de filtro são os fabricados, comerciais, e prontos para uso (**Figura 27**).



Figura 27: Filtro comercial.
Fonte: ECOHOSPEDAGEM, 2016

Após a água pluvial passar pelo filtro e serem separados os detritos maiores, devem ser desprezados os primeiros 10 minutos desta água por conterem ainda muitas impurezas. Esta separação, também chamada de “primeira chuva”, pode ser feita com a própria tubulação utilizada e de fácil manufatura conforme pode ser visto na **Figura 28**:

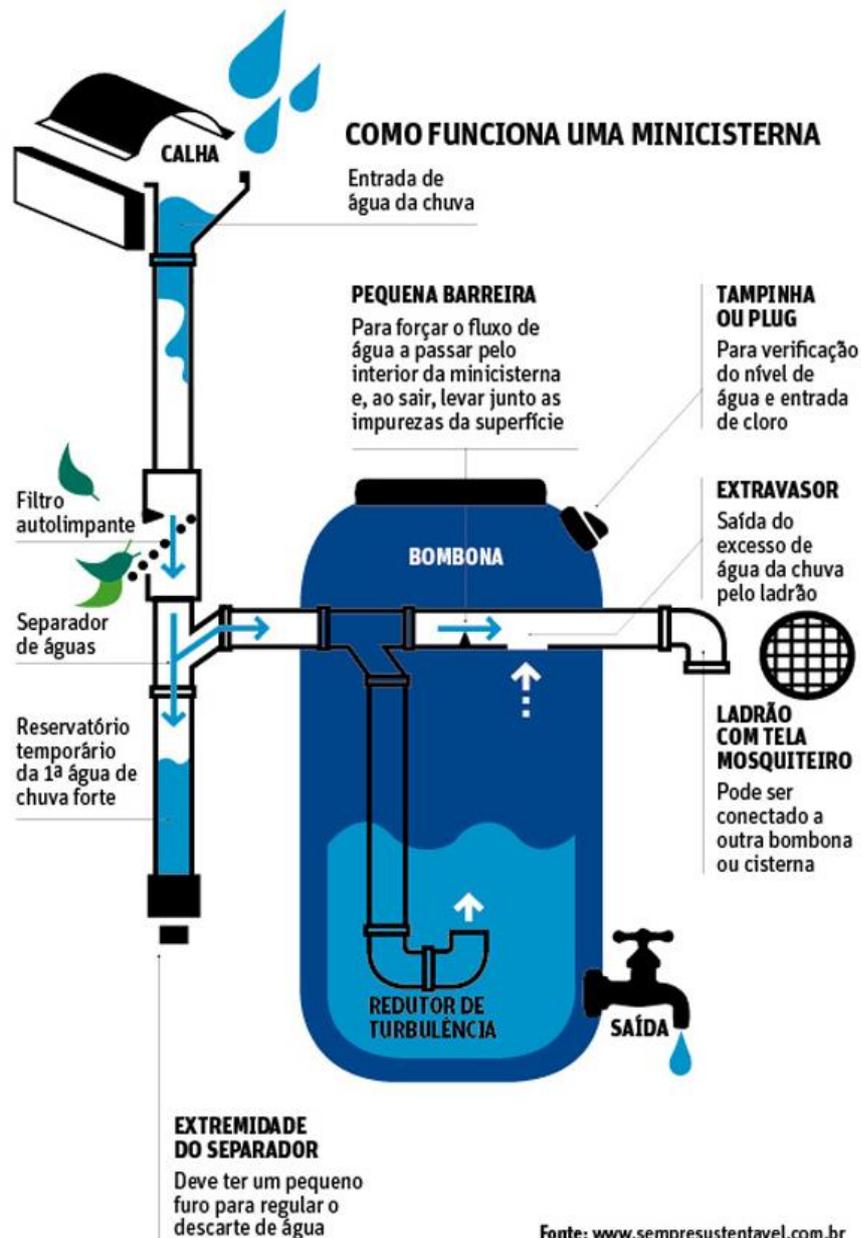


Figura 28: Sistema de captação de água pluvial. Separador da “primeira chuva”.
Fonte: PERI PANE, Folha de São Paulo, 2015.

Ao chegar no reservatório, a água passa ainda por uma tubulação chamada de redutor de turbulência, para que os sedimentos que ficam depositados no fundo não se dispersem na água já acumulada. Para se construir este redutor basta usar o próprio material, tubulação, e fazer uma curva em 180 graus para cima do reservatório.

Desta forma, teremos água reservada para uso, não humano, captada pela precipitação da chuva, para os fins já descritos.

Se o reservatório for colocado na parte superior da edificação, temos de instalar um motor bomba, para dar pressão para a elevação desta água até o reservatório.

Se o reservatório for instalado ao nível do solo ou abaixo deste, a gravidade fará o trabalho de levar a água pluvial captada até o seu reservatório. Contudo, não haverá

pressão para alimentar o sistema de peças de utilização. Portanto, o sistema deverá ter uma bomba pressurizadora, para dar vazão eficiente na instalação hidráulica.

O reservatório deverá ter uma saída para eliminar o possível excesso de água pluvial coletada, conhecida como “ladrão”, para que não haja vazamento do sistema. Sendo liberada a água em excesso, a água da chuva deverá ser conduzida ao sistema de captação de água pluvial da edificação que a levará a rede coletora pública.

O mercado oferece diversos meios e processos para a utilização do sistema. Cada qual proporciona um meio eficiente de captação, armazenamento e distribuição da água de chuva. Cabe ao arquiteto responsável pelo projeto, escolher qual é o melhor que se adeque ao seu projeto (**Figura 29**).

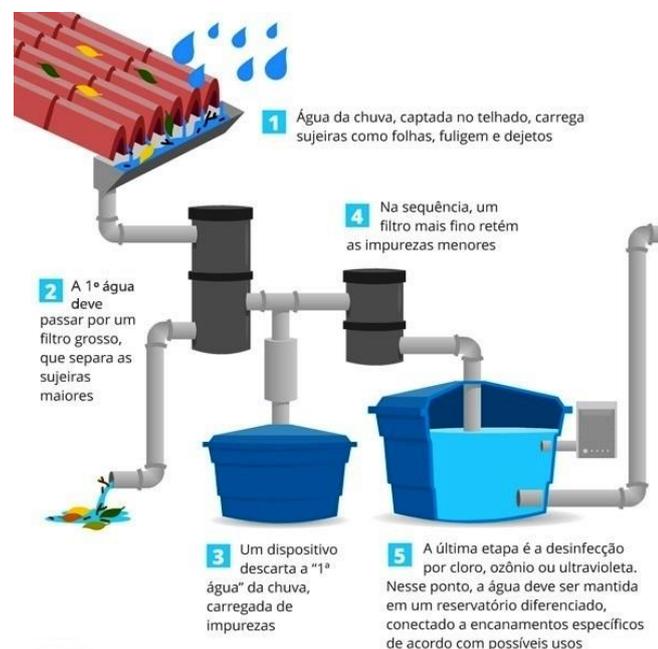


Figura 29: Sistema de captação de água pluvial.
Fonte: TEMSUSTENTAVEL, 2016

A capacidade de vazão de água pluvial que atenderá aos dispositivos hidráulicos da residência beneficiada com a água de chuva para reuso, será determinada em razão do número dos mesmos ligados ao sistema. Quanto mais dispositivos requerendo a água de reuso, menor será o tempo de utilização em relação ao tempo de chuva da região que foi armazenada. Portanto, se houver a possibilidade de se fazer um reservatório maior, melhor será a capacidade deste de atender plenamente ao sistema. Assim, se houver um período de chuva maior, com um índice pluviométrico acima da média, este reservatório abrigará mais água para reuso, beneficiando os usuários.

Para os casos aqui mencionados, seja para reservatório de água pluvial superior ou inferior em relação ao solo, profissionais da área da construção civil deverão ser os responsáveis pelos projetos. O arquiteto ficará responsável pelo projeto, desde a captação até o suprimento de água de reuso nos pontos necessários. O engenheiro civil será o responsável pelo projeto estrutural, quando houver (**Figura 30**).

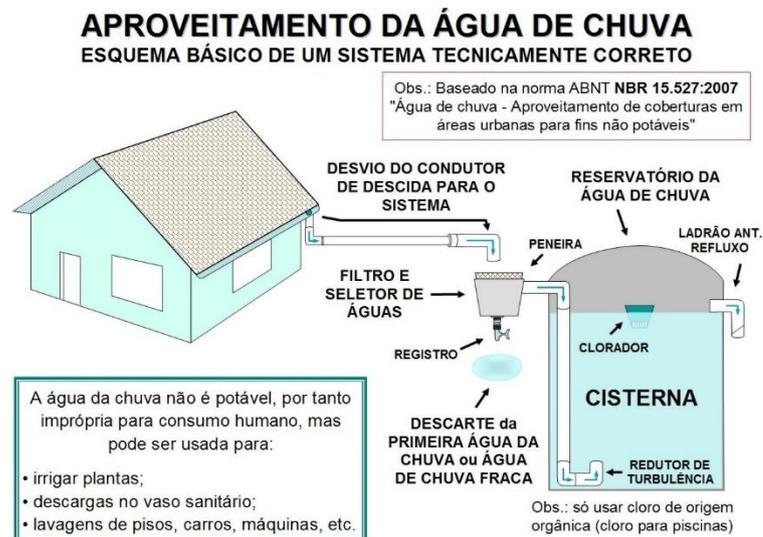


Figura 30: Sistema de abastecimento por água de chuva.

Fonte: SEMPRESUSTENTAVEL, 2016

O segundo estudo são as edificações já construídas. Neste caso, a solução de adequação ao sistema dual, água fria e água pluvial para reuso, é mais complexa. A adequação ao sistema é perfeitamente viável, desde que haja um projeto de viabilidade técnica.

Primeiramente, o arquiteto deverá conceber o melhor projeto para viabilizar a implantação do sistema. Isto quer dizer que o profissional deverá estudar o local e conhecer todas as suas características, sejam arquitetônicas, estruturais e das instalações já existentes na edificação (elétrica, hidráulicas, tubulações de gás, tubulações de ar condicionado, tubulações de televisão e outras mais). Após ser feito este levantamento, que deverá acompanhar um levantamento métrico total da edificação, o arquiteto deverá conceber o melhor projeto que atenda às necessidades para a instalação do sistema de captação de água pluvial. Este projeto deverá atender melhor as condições econômicas e técnicas. Portanto, poderá haver mais de um projeto viável e caberá a este profissional, qual projeto será melhor para executar.

Após esta primeira fase, a execução do novo sistema deverá ser feita por pedreiros e encanadores capacitados, supervisionados pelo arquiteto ou por um engenheiro civil,

garantindo assim, a execução do que foi planejado no projeto. A fase de implementação mais custosa e trabalhosa do sistema, é a instalação da tubulação da bacia sanitária, pois esta deverá ser suprida também pelo sistema de catação de água de chuva, o que tornará o trabalho mais exaustivo para a sua execução. Cabe lembrar novamente, que é sugerida a utilização de bacia sanitária com caixa acoplada, para evitar desperdícios, economizando-se água na utilização deste aparelho sanitário.

5 DISCUSSÃO

5.1.1 Aspectos gerais

Importante salientar que o aproveitamento desta água, um sistema primário de obtenção e gratuito, contribui com a redução da emissão destas águas nos sistemas urbanos coletores que no caso da cidade de Santos, acabam por inundar canais e ruas e por consequência acabam indo parar nas praias da região. A água pluvial escoada pelos sistemas coletores prediais não representa grande dano à salubridade das praias diretamente. O problema, no caso da cidade em estudo, está no fato que estas águas inundando as ruas, acabam por invadir diretamente os canais da cidade levando as águas destes diretamente às praias, carreando os poluentes. Esta afirmação pode ser comprovada através do estudo feito sobre a qualidade das águas urbanas da cidade de Santos (GANDRA, 2016).

O índice pluviométrico da região é relativamente alto, inclusive no período de estiagem que vai de abril a outubro. Fator que também pode e deve fomentar a iniciativa de se coletar as águas pluviais.

Um estudo realizado sobre a qualidade das águas das praias de Santos, sobre seus aspectos demográficos e climáticos, não foi observado uma relação direta sobre os dois aspectos mencionados, que resultariam em uma degradação da qualidade das praias. Contudo é evidenciado no estudo, que o lançamento de esgoto *in natura* às redes pluviais, é um dos fatores determinantes da degradação da qualidade das praias. Portanto, a água da chuva é um meio indireto da contaminação das praias, evidenciando o problema (SILVA et al., 2012; FREITAS et al., 2012).

5.1.2 As áreas de estudo

Na área 01, apesar de serem respeitados os recuos definidos pela lei municipal (Lei complementar Nº 730, 11 de julho de 2011, Prefeitura Municipal de Santos) de uso e ocupação do solo, que definem além destes os gabaritos ou alturas das construções, fica evidente que o adensamento construtivo e populacional na área é alto. A altura das edificações impossibilita a entrada de luz natural, sol, e de uma perfeita ventilação às habitações. Pontos de alagamento são registrados em diferentes bairros da região (A Tribuna *On Line*, 02/01 e 15/02/2016), inclusive nesta área estudada, por quase toda a sua extensão. Contudo a área analisada demonstra uma homogeneidade construtiva, por todo

o setor avaliado. A grande maioria dos lotes, dos setores aqui analisados, estão ocupados com construções e, portanto, o projeto de captação de água pluvial passa a ser um projeto de adequação arquitetônica também. Esta adequação deve ser feita por um arquiteto, profissional capacitado a realizar projetos arquitetônicos como neste caso. Áreas úteis ou de circulação, poderão ser usadas para acomodar os novos equipamentos, desde que não haja prejuízo da circulação comum ou violações às leis construtivas municipais. Como o gabarito das edificações da área estudada é o mais alto da região, é proposta a instalação do sistema de coleta de água pluvial ao nível do solo, ou abaixo deste se possível. A construção do reservatório que abrigará a água da chuva pode ser feita *in loco*, ou comprado pronto. Se for construída no local, é sugerido planejar o reservatório de água pluvial com capacidade mínima de 30% em relação ao reservatório de água fria da edificação. Esta porcentagem poderá ser maior, caso haja espaço físico para acomodar as novas instalações hidráulicas. Se o reservatório for comprado pronto para esta finalidade, adequar a capacidade deste com a porcentagem sugerida. Com relação a bacia sanitária, quando for feita a adequação, este componente deverá ser do tipo bacia com caixa acoplada, para evitar desperdícios de água.

Um motor bomba deve ser instalado ao sistema para pressurização da água até os pontos de utilização, previsto e dimensionado previamente.

O setor 01 da área 02, abrange o setor da cidade mais prejudicado pelas chuvas, a zona noroeste de Santos. Este setor tem um valor imobiliário menor, caracterizada com uma população de menor poder aquisitivo. A taxa de ocupação do solo é alta, isto quer dizer que as áreas construídas ocupam quase que a totalidade do espaço do lote, sobrando poucas áreas livres o que acaba por prejudicar também a entrada de luz natural e a circulação de ar nas edificações. Pelos fatos observados, a solução mais adequada a estas quadras analisadas para adaptação à captação de água pluvial, seria a instalação de reservatórios nas lajes, na parte superior das edificações. Cabe salientar que tal adequação, antes de tudo, deve ser analisada tecnicamente por um engenheiro civil capacitado em análise estrutural, para avaliação da carga adicional que seria posta na estrutura existente da edificação. A cargo deste profissional, estaria esta avaliação técnica bem como o local mais apropriado para a instalação deste novo reservatório, que seria 30% da capacidade do reservatório de água fria.

O setor 02 da área 02, localizada nos morros da cidade de Santos, apresenta baixo índice da taxa de ocupação do solo e desta forma, a adequação à instalação dos novos reservatórios de água pluvial, pode ser feita no nível do solo ou abaixo deste, desde que observadas as orientações do fabricante quando compradas. Poderá ser feita também *in*

loco, construídas no local com material comprado. As dimensões do reservatório devem levar em conta a capacidade de 30% em relação aos seus reservatórios de água fria existentes. Um motor bomba deve ser instalado ao sistema para pressurização da água até os pontos de utilização, previsto e dimensionado previamente.

No setor 03 da área 02, a solução mais adequada à instalação dos reservatórios de água pluvial seriam as mesmas adotadas na área A01. Estes podem ser instalados ao nível do solo ou enterrados, de acordo com a possibilidade arquitetônica mais eficiente, para reuso adequado. Um motor bomba deve ser instalado ao sistema para pressurização da água até os pontos de utilização, previsto e dimensionado previamente (**Figura 31**).

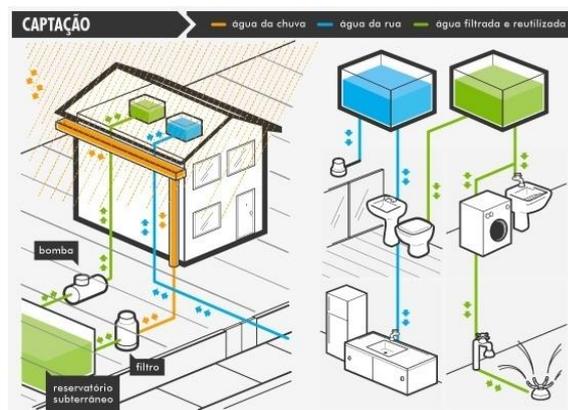


Figura 31: Sistema de armazenagem e reuso.
Fonte: SEBRAEMERCADOS, 2016

Esta área por ser a mais diferente das demais, requereu propostas diferentes para cada uma. Portanto, as soluções foram apresentadas nas análises de cada setor estudado.

A área 03, zona portuária da cidade de Santos, apresentou a maior diferença entre área ocupada e a área do lote. Isto se deve ao fato que o setor analisado é a região portuária da cidade, com muitos lotes destinados à armazenagem de produtos nem sempre cobertos por telhas, telhados ou lajes. A região é caracterizada assim, com baixa capacidade de captação pluvial, mas sem perder o interesse e o propósito do estudo. Pelas características aqui expostas, a captação de água pluvial para esta área analisada, seria o método de armazenagem ao nível do solo ou enterrados, feitos *in loco* ou comprados. Como a área apresentou uma baixa ocupação do solo, evidenciando terem mais espaço, o tamanho estimado do reservatório pode ser maior que os 30% estipulado como ideal. Reservatórios maiores ocupam maior espaço físico, e este fator não é um problema para este setor analisado. Adequação do espaço pode ser feita sem prejuízo comercial. Novas instalações hidráulicas devem contemplar as bacias com caixa acoplada, por reduzirem o desperdício de água no seu uso.

O propósito, quanto à captação das águas pluviais para reuso não humano, é possível. Tanto a forma de captação, armazenagem e adequação ao novo sistema de distribuição de água, sistema dual, é perfeitamente aplicável. Porém para a perfeita eficiência do sistema, não são somente dados pluviométricos, dados de metragem quadrada e projetos, farão o sistema ser aceito e bem-sucedido.

5.1.3 Gestão do projeto

A gestão do projeto é fator decisivo na abrangência e na adequação ao novo sistema. Essa gestão, não está encerrada entre quatro paredes, na decisão de moradores, síndicos e outros. Mas também está, principalmente, no governo municipal da cidade, que terá como meta implantar lei regulamentar que viabilize o projeto e estimule a população, através de descontos das taxas municipais e outras medidas, para a nova ideia ser aceita e aplicada. Em outras palavras, deve haver um estímulo.

A gestão para reuso da água pluvial é parte essencial para o sucesso da implantação do sistema na captação, armazenagem e reuso da água de chuva. O governo local, pode desenvolver programas que beneficiem e estimulem os habitantes da cidade, através de taxas dedutíveis como exemplo, para a implantação do sistema (CHE ANI et al., 2009).

No artigo citado acima, "Rainwater Harvesting as an Alternative Water Supply in the Future", o governo Malásio após uma crise de seca em seu país em 1998, desenvolveu através do ministério da habitação local, o plano de recolhimento de água pluvial como uma fase inicial do novo sistema para reduzir a dependência à água tratada. Houve também a proposta para a instalação de tanques municipais na cidade para armazenar as águas da chuva. Este plano tinha como meta difundir um manual ideal que servisse de referência para a implantação do sistema. Em 2004, o ministério de habitação estimula, através do conselho nacional de recursos hídricos, prédios públicos a instalar o sistema de recolhimento de água pluvial, como um incentivo e não de modo obrigatório. De início poucas agências governamentais aderem ao novo sistema, como projetos pilotos, mas em 2005, a constituição federal da Malásia assume todos os assuntos relativos aos serviços de abastecimento de água o que dá poder suficiente ao governo do país de legislar sobre o assunto. Desta forma o país está desenvolvendo programas de incentivo a poupança de água, para incentivar cada vez mais a implementação do novo sistema de aproveitamento das águas pluviais (CHE ANI et al., 2009).

A cidade de Santos deu um pequeno passo para a implantação do sistema dual de água fria, quando por decreto a prefeitura institui que todo prédio público devesse coletar a

sua água pluvial para aproveitamento, a ser estudado (SICON, 2015). Pequeno passo, mas importante para a construção de uma cidade inteligente, sustentável, que esteja preocupada com a biodiversidade da região e com a salubridade das suas praias.

Fazendo um paralelo com o artigo acima citado com a cidade de Santos, estamos caminhando para uma eficiência ecológica na redução dos recursos naturais de água através do recolhimento das águas de chuva para reuso não humano, estimulado através dos exemplos dos prédios públicos que devem recolher essas águas. Assim como na Malásia, que em 7 anos implantou o novo sistema em nível nacional, o governo local da cidade de Santos está trabalhando rumo à eficiência e à consciência ecológica que alcance toda a população. No exemplo da Malásia, precisamos também do apoio federal para que tais medidas sejam, aprovadas e integradas nas edificações do município.

O congresso nacional do Brasil instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997), criando o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. O artigo terceiro, capítulo III, prevê a articulação da gestão de recursos hídricos de forma integrada com a gestão do uso e ocupação do solo (BALDESSAR et al., 2012). Essa gestão demonstra o quanto a participação dos governos local e federal é importante para a adesão do novo sistema. Não somente utilizar uma fonte natural de obtenção de água, mas difundir a consciência da preocupação das nossas reservas hídricas de água doce, para que a população entenda que é chegada a hora desse passo importante. A população Sueca de “Ringdansen” sente o prestígio e os benefícios educacionais alcançados pelo sistema de captação de água pluvial, que fornece água para bacias sanitárias, lavanderias, lavagem de carros e irrigação de jardins (VILLARREAL et al., 2000).

Esse ganho “emocional” da população advém da boa administração pública, de uma boa gestão focada nos princípios da ecologia, como base de uma cidade inteligente que respeite o meio ambiente e que esteja preocupada com a qualidade de vida de seus habitantes.

Portanto a gestão do projeto envolve diferentes setores de um mesmo ambiente. Setores privado e público, trabalhando conjuntamente na eficácia do novo sistema dual de água fria, visando que a população tenha a sua casa alimentada por água tratada da concessionária local e por água captada das chuvas.

A água da chuva não pode ser usada para consumo humano, pois como já demonstrado; há impurezas contidas nas águas pluviais que são determinadas pela sua própria localização. A maioria dos moradores da área urbana da Zâmbia, têm interesse no aproveitamento da água de chuva. Contudo manifestaram a preocupação com a qualidade

da água, por esta conter detritos e um gosto diferente (HANDIA et al., 2003). Portanto, o uso com reservatórios em separado é obrigatório. Um reservatório abrigará a água tratada, ou servida, que vem da concessionária local e o outro reservatório armazenará a água captada das chuvas.

5.1.4 Sistema dual de água fria

A cidade de Santos tem potencial para implantação do sistema dual de água fria em todas as edificações. Primeiro fator que ajuda muito é a sua própria topografia. A cidade é praticamente plana, a não ser as áreas urbanas dos morros, que acabam por ajudar na implantação do projeto quanto aos custos e problemas operacionais. Segundo fator, por ser uma cidade pequena, a implantação do sistema servirá como modelo ou base, para outras cidades da região e do país. Terceiro fator é o índice pluviométrico da região. Fatores como estes, são determinantes para a gestão pública em conjunto com a população, tornarem a cidade um modelo de eficiência ecológica neste ponto.

Além da captação da água pluvial para reuso não humano, como benefício econômico e a preservação das reservas naturais, estamos diminuindo consideravelmente a emissão destas águas às ruas da cidade, evitando enchentes. A redução da emissão das águas pluviais para o ambiente urbano (ruas, avenidas, espaços públicos e outros) é considerável e eficiente. Fazendo uma análise, um comparativo, com os telhados verdes, podemos evidenciar esse benefício (FERREIRA et al., 2007).

5.1.5 Telhados verdes

Telhado verde, é a denominação dada as coberturas que recebem um substrato vegetal acima de uma camada impermeável das coberturas das edificações, para usos diversificados (plantios ou simples áreas verdes) (**Figura 32**). Contudo, os resultados positivos deste sistema são sempre os mesmos: filtragem do ar, evapotranspiração sazonal, melhoria térmica dos ambientes internos, redução de ilhas de calor urbano, retenção de poluentes, entre outros. A evapotranspiração é um processo em que a água da superfície terrestre passa para a atmosfera pelo estado de vapor, participando diretamente do ciclo hidrológico terrestre. A definição da evapotranspiração é a seguinte: Evaporação é um processo físico de mudança de fase do estado líquido para o estado gasoso; a transpiração é um processo biofísico, onde a água que passou pela planta, participando do seu metabolismo, é transferida para a atmosfera; a evapotranspiração,

portanto é um processo simultâneo de transferência de água para atmosfera pela evaporação da água do solo e da transpiração das plantas (SENTELHAS et al., 2009).



Figura 32: Telhado verde do Edifício Rockefeller Center, New York.
Fonte: 2030STUDIO, 2016

Para fazer um telhado verde, além do espaço físico adequado, alguns elementos construtivos devem ser utilizados para que não haja infiltração da água para os pavimentos inferiores e causem desta forma, as indesejadas patologias. Além da oferta do espaço para a construção deste tipo de telhado, outros fatores devem ser observados e alterados para que haja um perfeito funcionamento do sistema. A laje de cobertura da edificação deve estar preparada para que não haja infiltrações. A cobertura verde deve ser posta em cima de uma camada protetora e filtrante para que a água não fique represada no sistema. Estes detalhes e outros mais, devem ser observados para que o telhado verde possa trabalhar de forma eficiente sem prejuízos. Contudo, sua manutenção deve ser feita com uma periodicidade maior do que um telhado convencional (**Figura 33**).

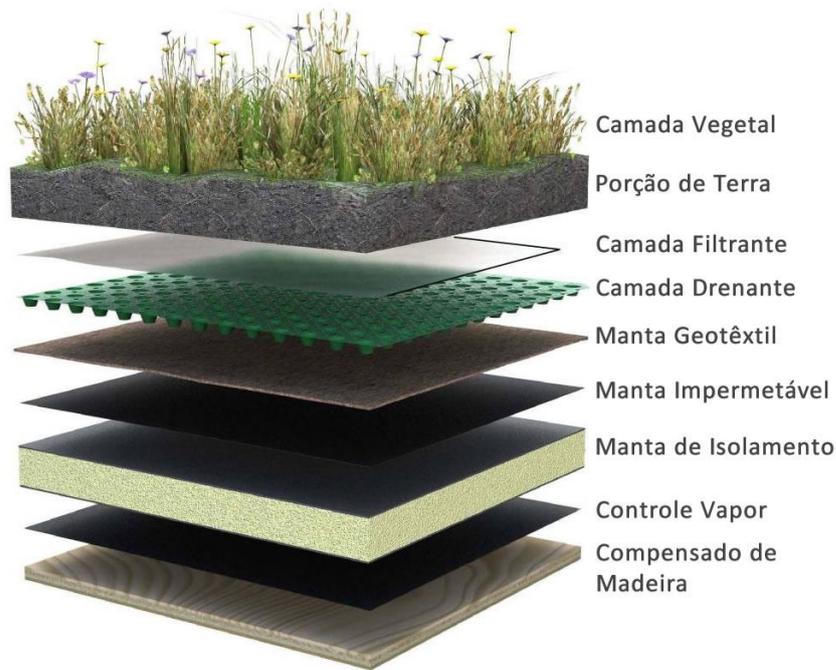


Figura 33: Composição do Telhado verde.

Fonte: Knopik, 2016

Destaca-se como principal contribuição positiva do telhado verde, a redução dos efluentes, água pluvial, para a cidade. Os ecos-telhados, ou telhados verdes, reduzem a quantidade da água de chuva para as ruas da cidade em 56 % (ADAMS et al., 2008).

A construção do telhado verde, pode parecer em um primeiro momento um modelo mais eficaz economicamente para a redução das águas pluviais para a cidade, já que retêm 3 vezes mais água que um telhado comum (BALDESSAR et al., 2012). Porém, o custo de manutenção é elevado e sobretudo, não teremos o armazenamento de água suficiente que atenda ao projeto de reuso da água pluvial, principalmente nos meses onde a chuva é mais escassa na região da cidade de Santos. Observando ainda que, o propósito do trabalho é atender a uma demanda cada vez mais crescente no consumo de água da cidade, contando menos com os recursos habituais da concessionária local, que abastece Santos.

Na cidade de Santos já há projetos de telhados verdes executados, e como forma de incentivar a comunidade, a prefeitura local dá descontos no IPTU, que vão de 1,5% até 10 % do valor (ROSSI, 2016) (**Figura 34**).



Figura 34: Telhado verde na cidade de Santos na Avenida Ana Costa.
 Fonte: ROSSI, M., G1 Santos, 2016

O que pode parecer uma vantagem em um primeiro momento pela adesão aos telhados verdes nas coberturas das edificações do que a adequação ao sistema de captação e armazenamento de água pluvial, é descartada pela eficiência econômica (HERMANN et al., 2000) de um sistema, de baixo custo se comparado, gerando uma manutenção preventiva com despesas menores, reduzindo a emissão dos efluentes para a cidade, além de conservar as reservas naturais de água doce.

5.1.6 Balanço Hídrico, evapotranspiração e as inundações na cidade de Santos

Retomando o assunto anterior sobre os telhados verdes, seu propósito não é descartado, ou minimizado, quanto a ideia de fazerem parte de um sistema que pode diminuir a vazão de escoamento das águas pluviais para as ruas da cidade, que causam as inundações e outros transtornos. Aliás, o uso deste recurso nas edificações pode interferir de modo positivo na evapotranspiração local. Este sistema aplicado e atuante, pode ter implicações diretas no balanço hídrico da região da cidade de Santos.

Balanço hídrico pode ser entendido como a contabilidade de entrada e a saída de água no solo de uma determinada região em estudo (AMORIM NETO, 1989). Estes assuntos, balanço hídrico e evapotranspiração, fazem parte de todo o processo de movimento de água no meio físico, denominado ciclo hidrológico. Segundo a definição do

“U.S. Federal Council of Services and Technology”, hidrologia é a Ciência que trata a água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas (PAZ, 2004). Esta é a melhor definição para o estudo da hidrologia e entender todos os processos de circulação de água no planeta, ou, em uma determinada região. Portanto, o balanço hídrico da região da cidade de Santos deve ser levado em conta para podermos entender algumas das razões das inundações que ocorrem em períodos de chuvas. O balanço hídrico climatológico de Santos, fornece dados quanto às intensidades das chuvas por períodos mensais, conforme **Figura 35**:

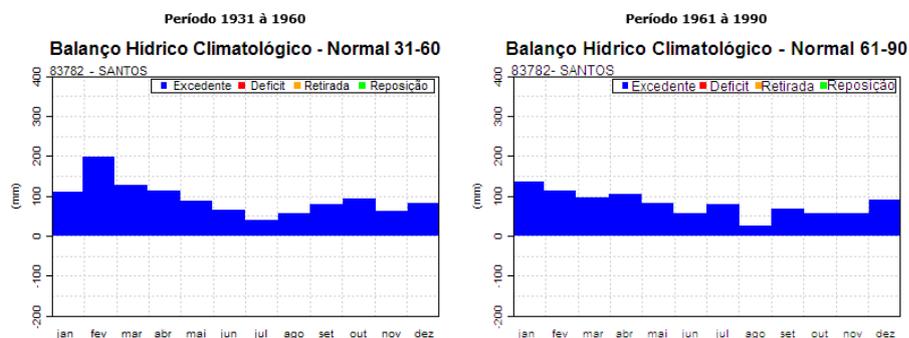


Figura 35: Balanço hídrico climatológico na cidade de Santos.
Fonte: INMET, 2016

Entender o balanço hídrico do subsolo da cidade de Santos, referente o quanto este solo é impactado pelo recebimento das águas das chuvas, dos efluentes naturais e não naturais, como o reservatório Túnel Santa Tereza – Voturuá, é vital para compreendermos a dinâmica hídrica do subsolo da cidade e seu reflexo como agente direto, e participante, nas inundações que ocorrem na cidade. Este reservatório, tido como o maior já construído na América Latina, foi construído entre os anos de 1979 a 1981 no interior dos morros que leva o seu nome, localizado entre Santos e São Vicente. Sua capacidade é de armazenar 110 milhões de litros de água e está dividido em duas câmaras de 55 milhões de litros de água, com aproximadamente 13 metros de altura e 15 metros de largura e com um total de 1.100 metros de extensão (SABESP, 2013).

Este reservatório supriria toda a cidade por 8 horas consecutivas, levando-se em conta a população de 1980 da cidade de Santos que era de 416.677 habitantes. Hoje, a cidade de Santos tem mais de 419.400 habitantes (IBGE, 2016). Refazendo, portanto os cálculos, este reservatório supriria a necessidade de toda a cidade de Santos, por 7,94 horas.

A hipótese que se levanta é que este reservatório, alimentado pelo rio Cubatão e pelo rio Pilões, pode estar influenciando ou contribuindo na capacidade de contenção de água no subsolo da cidade de Santos, por simples vazamento (túnel e tubulações) ou escoamento do seu tanque de armazenamento, e que pode influir diretamente nos processos de inundações que a cidade sofre nas épocas de chuvas. Um solo já encharcado de água no seu subsolo, não absorve as águas das chuvas com tanta facilidade ou rapidez esperada, mas vale lembrar que sendo uma cidade à beira mar este solo já está saturado naturalmente (**Figura 36**).

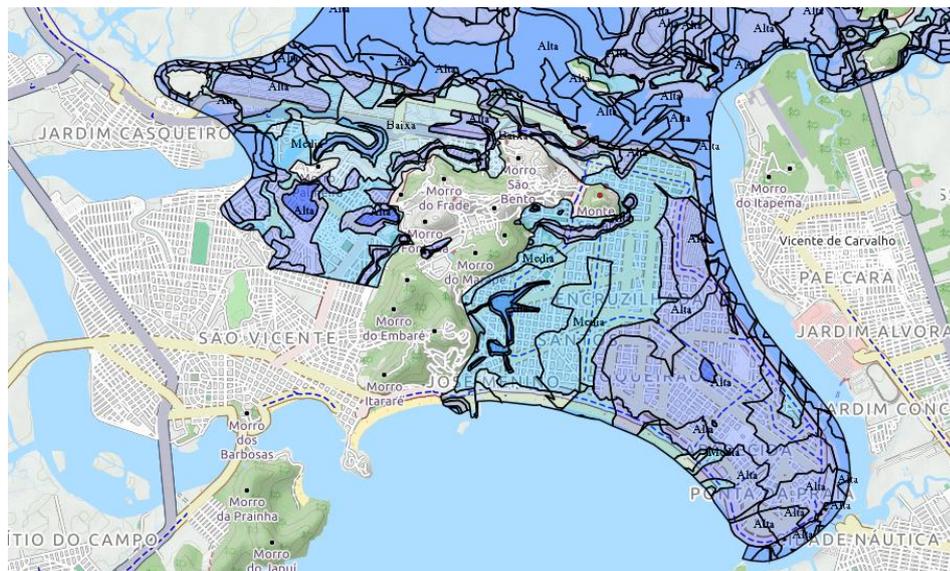


Figura 36: Áreas propensas às inundações na cidade de Santos. Azul claro baixa propensão às inundações. Azul escuro, alta propensão às inundações.

Fonte: SIGSANTOS, 2016

Analisando a Figura 37, podemos observar que as áreas mais predispostas a sofrerem com as chuvas são na totalidade a área da Zona Noroeste, parte do bairro do Marapé, Zona Portuária e toda a extensão que compreende os bairros do Boqueirão, Encruzilhada, Macuco, Embaré, Estuário, Aparecida e Ponta da Praia. Esta análise evidencia a preocupação com a precipitação das chuvas na cidade de Santos, pois os problemas gerados pelas inundações são de grandes ordens relacionados abaixo, segundo Zahed Filho et al. (2012):

- a) Perdas Tangíveis Diretas: primárias (danos às construções, às infraestruturas urbanas e outras); secundárias (incêndios e falta de energia elétrica) e terciárias (depreciação do imóvel, enfraquecimento das estruturas e outras).

- b) Perdas Tangíveis Indiretas: primária (perdas agrícolas, perda industrial e outras); secundárias (congestionamentos, contaminação de mananciais, perdas de receitas, aumento de custo de vida e outras) e terciárias (falência de empresas, perda de exportações e redução do PIB),
- c) Perdas Humanas e outras: primárias (perdas de vidas, danos físicos e perdas de sítios arqueológicos); secundárias (traumas físicos e psíquicos, suicídios, aumento de doenças por veiculação hídrica e aumento de mortalidade) e terciárias (perdas de habitações, perda do ambiente de vizinhança, perda total de bens e outras).

Retomando e discutindo o objetivo do trabalho proposto, adequação arquitetônica de edifícios com potencialidade de captação de águas pluviais, a retirada das águas pluviais precipitadas do ambiente urbano por meio dos coletores já existentes nas edificações, pode ser um agente de redução do impacto demonstrado, pois mais de 5 milhões de metros cúbicos de água pluvial, estariam sendo retirados do meio urbano. Esta quantidade de água captada e armazenada para uso não humano, não somente estaria evitando as inundações e os impactos ambientais como também reduzindo o consumo das fontes naturais de água e de custos diretos à população. Contudo, como demonstrado nos resultados, estas vantagens na adesão ao projeto proposto, ficam condicionadas à grandeza dos reservatórios de água pluvial, uma vez que o tamanho dos reservatórios e suas cargas desviadas à estrutura da edificação, são empecilhos de ordem física.

Uma proposta a ser estudada e viabilizada para minimizar os efeitos das inundações causadas pelas chuvas na cidade de Santos, é a construção de reservatórios municipais, que podemos chamar também de “piscinões”. Essas estruturas poderiam armazenar as águas pluviais captadas pelas edificações, cujos coletores desembocariam em tubulações previamente estabelecidas e dimensionadas para que as águas das chuvas fossem levadas para este reservatório municipal. Este reservatório poderia servir como uma grande cisterna para uso coletivo da população, com a água da chuva sendo tratada por uma ETA (estação de tratamento de água). Esta proposta seria a projeto de maior envergadura de reestruturação urbana para a coleta, armazenamento e distribuição de água pluvial para reuso, porém, seria a mais custosa para os cofres públicos municipais devido ao alto investimento para a implantação da infraestrutura. A área da cidade contemplada com este sistema, seria a Zona Noroeste, pois como demonstra o estudo e publicações sociais e privadas, esta região sofre com as causas das enchentes decorrentes das chuvas

precipitadas, A população da zona Noroeste é uma das mais atingidas negativamente pelos efeitos das constantes inundações na região, causando vários tipos de perdas.

Contudo, a viabilidade deste sistema, do reservatório municipal, não está ligada somente aos gastos e ao investimento feito nesta área urbana, a Zona Noroeste. Além desta região estar abaixo do nível do mar, o problema com a falta de espaço para a instalação do sistema armazenador, seria outro entrave a ser solucionado. A área citada, tem alto grau de ocupação do solo. Para esta área de alto interesse de estudo devido aos problemas decorrentes das chuvas e inundações, o tamanho dos reservatórios, seja o municipal ou os privados, seria adequado o cálculo de dimensionamento dos mesmos, maior do que o previsto no estudo, 30%, para uma eficácia do projeto proposto.

5.1.7 O tamanho dos reservatórios de águas pluviais

Como demonstrado anteriormente a eficácia do projeto de adequação arquitetônica para obtenção de água para reuso, fica restrita a ordem física mencionada e a uma demanda esperada de chuva, que não é sazonal na região, para abastecer os reservatórios de água pluvial das edificações preparadas para esta finalidade pelo projeto proposto. Contudo, a eficácia do projeto pode ser concretizada de fato com a construção de reservatórios maiores do que o indicado no estudo, que é de 30% do tamanho do reservatório de água fria local. Mas para isso, necessitamos de espaços físicos maiores para acomodar a instalações destes novos reservatórios, nas edificações. Tal conclusão, requer maiores recursos financeiros, para obtenção de um reservatório maior, projetos estruturais mais dispendiosos, maiores áreas para acomodar o projeto em detrimento das áreas comuns e outros fatores. Mas o principal fator negativo é a falta de espaço físico, pois a cidade de Santos cresce anualmente verticalmente. Esse aumento do tamanho do reservatório só é indicado quando há espaço físico adequado sem prejudicar os pontos aqui levantados, como no caso da ÁREA 02 - setor 02 e a ÁREA 03, estudadas, a Zona Noroeste e toda a Zona Portuária.

5.1.8 As águas da chuva e os esgotos sanitários da cidade

De acordo com de SILVA (2012), em seu trabalho sobre a influência dos aspectos demográficos e climáticos na qualidade das águas das praias de Santos, não foi demonstrado uma correlação direta que evidenciasse uma relação entre os aspectos mencionados e a balneabilidade das praias de Santos. Contudo, como afirma a autora do

trabalho, lançamentos clandestinos de esgoto *in natura* na rede pluvial, degrada a qualidade das praias.

Portanto não somente qualidade das águas das praias está em questão, mas também as vias públicas e privadas da cidade são objeto de preocupação com a salubridade, pois inundadas pelas águas das chuvas, estes espaços públicos são infectados pelas águas pluviais, pois estas carregam em si, fezes de animais e outras fontes poluidoras.

Conforme demonstrado no trabalho de GANDRA (2016), índices de toxicidade encontrados em canais da cidade de Santos, provenientes de pontos de análises microbianas e outros, mais a ação direta do meio de vida do homem (feiras livres e a lavagem das ruas no final deste processo, lavagem dos pisos das áreas comuns de casas e prédios, fezes de animais domésticos, e outros), influem na qualidade das águas urbanas, com participação direta das águas das chuvas na disseminação destes contaminantes.

Desta forma, conclui-se que a água pluvial é o principal condutor de agentes contaminantes ao meio urbano, seja na cidade ou na praia, contribuindo com a baixa salubridade da urbe.

5.1.9 Projeto, gestão e comunidade

Como conclusão no estudo de Aladenola et al., (2010), o sucesso do sistema depende do espaço dos tanques de armazenamento. Os tamanhos dos reservatórios indicados neste estudo, da adequação arquitetônica das edificações, podem favorecer a população e a cidade na condução à uma cidade inteligente e ecologicamente mais correta, na preocupação com suas reservas naturais de água doce, na salubridade das praias da região da cidade de Santos e na melhoria da biodiversidade, sendo que os resultados aqui apresentados se referem a uma pequena fração da cidade estudada, elevando-se portanto, as possibilidades da captação e armazenamento das águas pluviais. Os telhados oferecem uma considerável possibilidade de recolhimento de água de chuva (VILLARREAL et al., 2000).

Os métodos atuais de captação das águas das chuvas pelos sistemas de drenagem urbano, têm se mostrado insuficientes e inadequados, por várias razões, inclusive pelo descarte irregular do lixo doméstico como por exemplo. O sistema atual se baseia na remoção rápida da água pluvial das áreas urbanas, mas, acaba por excluir as oportunidades de reuso desta água para fins não potáveis e até para a sua incorporação ao sistema básico de abastecimento público. A gestão pública que estabelece as normas e

as diretrizes sobre as águas pluviais, precisa ser reavaliada como é feita em várias partes do mundo (ZAHED FILHO, et al., 2012).

Na cidade Alemã de Heidelberg, como exemplo da citação acima, está sendo construída uma vila com prédios com o conceito de “comunidade viva”. Este conceito emprega nas edificações e no meio urbano, sistemas que visam uma melhoria da qualidade de vida de seus habitantes e uma relação mais harmoniosa com o meio ambiente através de um sistema natural de ventilação, captação de energia solar para aproveitamento da vila, uma manutenção adequada para a melhoria da qualidade do ar e jardins suspensos para ajudar no controle térmico das edificações e proporcionar áreas verdes à comunidade. O projeto será concluído em 2017 (HEIDELBERGVILLAGE, 2016) (**Figura 37**).



Figura 37: Heidelberg Village, Alemanha.
Fonte: HEIDELBERGVILLAGE, 2016.

Outro ponto interessante quanto ao conceito arquitetônico e urbanístico da “Heidelberg Village” é a proposta de ser um local que reunirá habitação e trabalho em um só local. Seus habitantes poderão viver e trabalhar no mesmo local, proporcionado pelo projeto arquitetônico e urbanístico do arquiteto Wolfgang Frey, e pela gestão municipal. Desta forma, também haveria a redução de trânsito de carros no local e conseqüentemente a diminuição da poluição atmosférica.

Este conceito, adotado pelo projeto da “Heidelberg Village”, muito se assemelha ao partido arquitetônico adotado pelo movimento Modernista, que influenciou vários projetos entre as décadas de 10 a 50, do século XX. Este movimento liderou novos conceitos que foram absorvidos por várias correntes artísticas, como a arquitetura, urbanismo, decoração e outras áreas.

Há na cidade do Rio de Janeiro um projeto para a construção de um prédio 100% sustentável, ainda em análise. Esta construção será feita por módulos de containers descartados pelo comércio marítimo e gerará sua própria força elétrica através de células

voltaicas, contando ainda com telhados verdes, jardim vertical, isolamento térmico e acústico com material reciclado, captação de águas pluvial para reuso, entre outras adaptações que o deixam eficiente e sustentável (QUEMINOVA, 2015) (**Figura 38**).



Figura 38: Prédio conceito Rio de Janeiro.

Fonte: QUEMINOVA, 2015.

Estes projetos apresentados para discussão, reiteram a necessidade da parceria da população e do poder público, fazendo da gestão pública e privada, aliados no consórcio para a melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente urbano. A gestão dos projetos ecológicos para a cidade, para a população, é o fator essencial para o sucesso de um novo conceito que em breve será necessidade.

Como já demonstrado, a escassez de água referida neste trabalho é sobre a água tratada. Pois, com o crescimento populacional e falta de políticas públicas, a carência da água fria para todos, servida pela concessionária, é sentida na cidade. A inadequação dos sistemas de escoamento de água pluvial, a má cultura do descarte dos lixos e outros fatores, contribuem para as inundações recorrentes na cidade em estudo.

As inundações recorrentes na região, trazem vários fatores degradantes à toda a sociedade como já demonstrado nos tipos de perdas e suas consequências diretas e indiretas. Este problema é a base de todo o estudo apresentado, para que soluções públicas e privadas possam transformar o que antes era problema, em solução contra as inundações e a falta de abastecimento futuro.

Projeto adequado, gestão eficiente e a participação de toda a comunidade são os fatores principais para a realização e sucesso deste projeto ecológico na cidade de Santos, a adequação arquitetônica dos edifícios com potencialidade de captação de águas pluviais.

6 CONCLUSÃO

O estudo realizado sugere a necessidade de uma nova conscientização da cidade de Santos, tanto por parte dos seus governantes quanto dos seus habitantes, de que a captação das águas pluviais é uma necessidade urgente e viável a ser executada.

A biodiversidade e a salubridade da região são afetadas negativa e diretamente pelos períodos de chuva intensos que a cidade de Santos sofre, característica de seu clima, principalmente nas praias, conforme demonstrado, pela carreação de sedimentos e poluentes das ruas e das águas urbanas, pelas águas das chuvas. Não bastasse isso, a lenta degradação ambiental proporcionada, estamos desperdiçando uma fonte natural e gratuita de obtenção de água. Lembrando, não para consumo humano direto, pois as águas pluviais precipitadas das nuvens, já podem conter elementos não saudáveis para o consumo direto humano. Uma vez caídas nas ruas, telhados ou lajes, essas águas já são consideradas “águas cinzas”, impróprias para o consumo humano. Porém, a captação e o armazenamento adequado, poderão servir a muitas utilidades, como lavagem de pisos, lavagem de roupa, lavagens de carros e outros veículos, aguar jardins e uso nas descargas das bacias sanitárias. Uso esse que pode chegar a uma economia de mais de 30% da água que se utiliza da concessionária pública. Desta forma, conseguiremos uma redução na água servida para fins de consumo direto humano e conseqüentemente, estaremos preservando as fontes naturais de água doce dos nossos mananciais.

A adequação ao sistema dual de água fria (água servida e a água pluvial), deve ser feita tanto nos novos projetos de arquitetura como nas edificações já construídas. Os projetos que darão vida às novas edificações, deverão contemplar espaços destinados ao armazenamento bem como a novas tubulações para envio às cisternas, ou reservatórios, e às tubulações destinadas às bacias sanitárias.

A adequação nas construções já existentes, será mais custosa principalmente nas instalações das tubulações que servirão às bacias sanitárias. Tubulações e condutores das águas pluviais deverão ser realinhados para o envio destas águas a um reservatório próprio.

De uma forma ou de outra, a adequação ao novo sistema é uma realidade a ser enfrentada tanto para a economia e a preservação das fontes naturais de água, como meio de manter a salubridade e a conservação da biodiversidade da cidade de Santos e região.

A viabilidade da adequação arquitetônica às novas instalações de coleta, armazenamento e distribuição de água pluvial nas edificações, novas ou antigas, é determinada como viável, portanto ações que visem a sua implementação devem ser feitas

prioritariamente pelo governo da administração pública municipal através de leis que a caracterizem como obrigatórias. Uma boa gestão pública neste assunto, garante aos habitantes da cidade a confiabilidade no projeto necessária para adesão ao novo sistema.

A balneabilidade das praias, a salubridade e a garantia da biodiversidade da cidade de Santos, servirão como projeto piloto para que outras cidades da região e do país, ingressem na conscientização ecológica que todos os habitantes do século XXI devem ter.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2030STUDIO, 2016

Site: <http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/>

Acessado em 14 de novembro de 2016 às 19:33 horas.

ADAMS, S.; MARRIETT, D. Cost Benefit Evaluation os Ecorrofs – 2008, Environmental Services City of Portland. USA 2008

AECWEB, 2010.

Site: http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/fortlev/cat_tanque_slim.pdf

Acessado em 03 de setembro de 2016 às 16:08 horas

ALADENOLA, O. O.; ADEBOYE, O. Assessing the potential for Rainwater harvesting. Nigéria, 2010.

American Society of Civil Engineer

Site: <http://ascelibrary.org/>

Acessado em 31 de agosto de 2016 às 21:25 horas.

AMORIM NETO, M.S., EMBRAPA, comunicado técnico.1989. 18p.

A Tribuna On Line, 16/02/2016.

Chuva provoca pontos de alagamentos na Baixada Santista, 15/02/2016.

Site:<http://www.atribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/santos/chuva-provoca-pontos-de-alagamentos-em-ruas-de-santos/?cHash=76d2ca286392536bd8806783f579c798>

Acessado em 03 de setembro de 2016 às 15:40 horas

A Tribuna On Line, 02/01/2016.

Chuva provoca alagamento na entrada de Santos e em outras ruas, 02/01/2016.

<http://www.atribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/santos/chuva-provoca-alagamento-na-entrada-de-santos-e-em-outras-ruas/?cHash=a29294eed2ba3b083eb33f4417e57e4a>

Acessado em 03 de setembro de 2016 às 15:33 horas.

BALDESSAR, S. M.; TAVARES, S.F. Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. XIV – Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Juiz de fora / MG. 2012

BOTELHO, M. H. C. Instalações hidráulicas prediais usando tubos de PVC e PPR. 3ª edição. São Paulo: Blucher, 2010. 344p.

CARVALHO, A. R.; OLIVEIRA, M. V. C. Princípios Básicos do Saneamento do Meio. Editora SENAC, São Paulo. 2005. 211 p.

CARVALHO, B. de C. A História da Arquitetura. Editora Tecnoprint LTDA. 1964. 318 p.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Relatório anual - Qualidade das praias litorâneas no Estado de São Paulo 2015

CHE ANI, A.; SHAARI, N.; SAIRI, A.; ZAIN, M.F.M.; TAHIR, M.M. Rainwater Harvesting as an Alternative Water Supply in the Future. Malaysia. 2009.

CHING, F.D.K. Dicionário visual de arquitetura. Editora Martins fontes. São Paulo, 1999. 319 p.

CIIAGRO – Centro integrado de informações agro meteorológicas, 2016.

Site: <http://www.ciiagro.sp.gov.br>

Acessado em 01 de junho de 2016 às 8:40 horas

Código sanitário do Estado de São Paulo, decreto 12.342 de 27 de setembro de 1978.

DESIDÉRIO, M., Exame.com.

Site: <http://exame.abril.com.br/brasil/zoom/o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-crise-da-agua/>

Acessado em 01 de setembro de 2016 às 21:57 horas.

ECOHOSPEDAGEM, 2016

Site: <http://ecohospedagem.com/como-instalar-um-sistema-para-captar-agua-da-chuva/>

Acessado em 10 de setembro de 2016 às 17:39 horas.

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. UNESP, Rio Claro. 2007

FREITAS, A.; MUNIZ, C. Estudo da relação entre índice pluviométrico e abundância da bactéria enterococos nas praias do Município de Santos, SP. – Universidade Santa Cecília, Santos, SP, 2012.

FRIGIEIRO, A. M.G.; ANDRADE, W. T. F; OLIVEIRA, Y.F. Santos, um encontro com a história e a geografia. Santos / SP: Editora Universitária Leopoldianum, 1992. 128 p.

GAIA BRASIL, 2015,

Site: <http://gaiabrasil.com.br/2015/03/paulistanos-usam-cisternas-caseiras-para-agua-da-chuva-saiba-como-fazer/>

Acessado em 10 de setembro de 2016 às 17:46 horas.

GANDRA, C. V. Caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas pluviais do sistema de drenagem urbana de Santos. UNISANTA, 2016

GUIMARÃES, O. S. Manual Técnico Tigre: Orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais. TIGRE S.A. Santa Catarina, 2010. 188 p.

G1 GLOBO, 2014.

Site:<http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2014/12/em-dois-dias-santos-supera-media-mensal-de-chuva-dos-ultimos-30-anos.html>

Santos e Região. 24/12/2014.

Acessado em 01 de setembro de 2016 às 22:30 horas.

HAMMER, M. J. Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1979, 563p.

HANDIA, L.; TEMBO, J. M.; MWIINDWA, C. Potential of Rainwater in urban Zambia. Zâmbia. 2003

HEIDELBERGVILLAGE, 2016.

Site: <http://www.heidelberg-village.de/>

Acessado em 28 de setembro de 2016 às 20:23 horas.

HERMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Germany, 2000.

HISTÓRICO DIGITAL, 2016.

Site: <http://historicodigital.com/las-termas-romanas.html>

Acessado em 03 de setembro de 2016 às 20:15 horas.

INMET, 2016.

Site: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>

Acessado em 25 de setembro de 2016 às 21:12 horas.

KNOPIK F. Telhados Verdes, 2016

Site: <http://www.arquidicas.com.br/telhados-verdes/>

Acessado em 14 de novembro de 2016 às 20:05 horas.

LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.

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.

Lei complementar Nº 730 - 11 julho de 2011, Prefeitura Municipal de Santos.

Disciplina o ordenamento do uso e ocupação do solo na área insular do município de Santos, e dá outras providências.

MARTIN, A. Cidade de Santos: A muralha de concreto e a especulação imobiliária. Santos. 26 de junho de 2016.

http://ontonrtv.blogspot.com.br/2016/06/cidade-de-santos-muralha-de-concreto-e_33.html

Acessado em 09 de setembro de 2016 às 00:51 horas.

NBR 10844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais

NBR 15.527 – Água de chuva – aproveitamento de chuvas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos

NBR 5626 – Instalação predial de água fria

NOPUEDONODEBO, 2011.

Site: <https://nopuedonodebo.wordpress.com/2011/05/12/el-arte-romano/>

Acessado em 30 de agosto de 2016 às 14:32 horas.

ONU – Organização das nações unidas

Site: <https://nacoesunidas.org/>

Acessado em 28 de agosto de 2016 às 21:55 horas

PAZ, A.R. Hidrologia aplicada. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. 2004. 138p.

PERI PANE, Folha de São Paulo, 2015.

Site: <http://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2015/02/1586113-paulistanos-constroem-cisternas-para-armazenar-agua-da-chuva.shtml>

Acessado em 10 de setembro de 2016 às 17:46 horas

PNEUMOTRONIC, 2015.

Site: <http://pneumotronic.blogspot.com.br/>

Acessado em 10 de setembro de 2016 às 17:28 horas.

QUEMINOVA, 2015.

Site: <https://queminova.catracalivre.com.br/ambiente/predio-ecologico-no-rj-une-sustentabilidade-e-transparencia-social/>

Acessado em 28 de setembro de 2016 às 21:29 horas.

RAMOS, D.P. Canais de Santos: trajetória do tombamento de uma identidade urbana. São Carlos / SP: UFSCar, 2006. 217p.

ROSSI, Mariane, G1 Santos – Telhado verde começa a ganhar espaço em Santos e abate o IPTU. 10/03/2016.

Site: <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2016/03/telhado-verde-comeca-ganhar-espaco-em-santos-e-abate-o-iptu.html>

Acessado em 14 de novembro de 2016 às 17:44 horas.

SABESP, 2013.

Site: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaold=65&id=5588>

Notícias: Maior reservatório de água da América Latina passa por manutenção e será aberto para visitas.

Acessado em 26 de setembro de 2016 às 17:35 horas.

SABESP, 2014.

Site: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=505>

Acessado em 03 de setembro de 2016 às 20:30 horas.

SANTOS, Moises, Prefeitura São Paulo, 2015.

Site: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/obras_de_drenagem/piscinoes/index.php?p=185482

Acessado em 14 de novembro de 2016 às 20:32 horas.

SEBRAE MERCADOS, 2016

Site: <http://www.sebraemercados.com.br/sustentabilidade-captando-de-agua-da-chuva/>

Acessado em 07 de setembro de 2016 às 20:04 horas.

SEGALA, Mariana, Planeta Sustentável. Editora Abril: Guia Exame Sustentabilidade. 2012.

SEMPRESUSTENTAVEL, 2016.

Site: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>

Acessado em 17 de junho de 2016 às 22:30 horas.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. Evapotranspiração – definições e conceitos. USP, 2009.

SICON

Site: <http://sicon.org.br/noticias/5897-predios-publicos-de-santos-vao-captar-agua-da-chuva>

Acessado em 30 de agosto de 2016 às 21:42 horas.

SIGSANTOS, 2016, Site:

<https://egov1.santos.sp.gov.br/sigsantosweb20/sigsantoswebsd/>

Acessado em 25 de setembro de 2016 às 21:19 horas.

SILVA, L. C. F.; QUIÑONES, E.M. Influência dos aspectos demográficos e climáticos na qualidade das águas das praias de Santos, SP, Brasil. 2012. Revista Ceciliana Junho 4(1): 60-67, 2012.

TEMSUSTENTAVEL, 2016.

Site:<http://www.temsustentavel.com.br/sistemas-de-captacao-de-agua-em-construcoes-sustentaveis/>

Acessado em 10 de setembro de 2016 às 18:47 horas.

TERRA AMBIENTAL, 2007

Site:<http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/325436/gua-de-chuva-n-o-deve-ser-direcionada-a-rede-de-esgoto>

Acessado em 07 de setembro de 2016 às 20:11 horas.

TERRA 2007.

Site:<http://noticias.terra.com.br/brasil/noticias/0,,OI1837375-EI8139,00-Cidade+historica+troca+asfalto+por+paralelepipedos.html>

Acessado em 09 de setembro de 2016 às 02:28 horas.

THEARCHEOLOGY, 2010.

Site: <https://thearcheology.wordpress.com/2010/06/14/326/>

Acessado em 30 de agosto de 2016 às 14:39 horas.

TIMERIME, 2016.

Site: <http://timerime.com/es/periodos/2213001/IMPERIO+ROMANO/>

Acessado em 30 de agosto de 2016 às 14:46 horas.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva – aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Editora Navegar, São Paulo, 2003, 2ª edição, 180p.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados 22 (63), São Carlos, 2008.

VILLARREAL, E; DIXON, A. Analysis of a Rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrkoping, Sweden. UK. 2000)

XAVEL, 2013.

Site: www.xavel.com.br/noticias/os-canais-de-santos

Acessado em 17 de setembro de 2016 às 18:25 horas.

ZAHED FILHO, K.; MARTINS, J. R. S.; PORTO, M. F. A. Inundações Urbanas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. 2012.

YAZIGI, W. A técnica de edificar. Editora PINI. São Paulo, 2011. 807 p.