

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO EM CASAS DO
BAIRRO JARDINS MANGUEIRAL/DF**

MATHEUS ASSIS ROCHA DOS SANTOS

ORIENTADOR: PROF^a. CLÁUDIA MARCIA C. GURJÃO

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL**

BRASÍLIA / DF: JULHO / 2016

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO EM CASAS DO
BAIRRO JARDINS MANGUEIRAL/DF**

MATHEUS ASSIS ROCHA DOS SANTOS

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

APROVADA POR:

**CLÁUDIA MÁRCIA COUTINHO GURJÃO, DSc. (UnB)
(ORIENTADOR)**

**CLAUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA PEREIRA, DSc. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**JOSÉ ADAILTON CARNEIRO FILHO, Engº Civil (C2 Mais Engenharia)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 27 do JULHO de 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

DOS SANTOS, MATHEUS ASSIS ROCHA

Viabilidade de sistemas de aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso em casas do bairro Jardins Mangueiral/DF

[Distrito Federal] 2016.

xiii, 52 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2016)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. Águas Pluviais | 2. Sustentabilidade |
| 3. Análise de viabilidade | 4. Habitação social |
| I. ENC/FT/UnB | |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DOS SANTOS, M.A.R. (2016). Viabilidade de sistemas de aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso em casas do bairro Jardins Mangueiral/DF. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 52 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Matheus Assis Rocha dos Santos

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Viabilidade de sistemas de aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso em casas do bairro Jardins Mangueiral/DF.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2016

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Matheus Assis Rocha dos Santos

Quadra 02 Conjunto H casa 314, Setor Norte

72430208 - Gama/DF - Brasil

RESUMO

O aproveitamento da água de chuva é usado há muito tempo em vários países como forma alternativa de captação e consumo da água. Os crescentes problemas relacionados a escassez de recursos hídricos fazem com que, cada vez mais, a sociedade procure tecnologias e soluções de conservação e reuso desse bem natural tão importante. Consciente dessa demanda, o presente trabalho tem o objetivo de agregar conhecimento relacionado ao tema, difundir a ideia de sustentabilidade na construção civil e, mais especificamente, apresentar uma análise de viabilidade para um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP). O trabalho inicia fazendo um balanço das condições atuais de disponibilidade hídrica e os problemas relacionados a escassez da água enfrentados no mundo, no Brasil e no Distrito Federal. Além disso, foi feita uma pesquisa acerca da história e evolução do aproveitamento de águas no mundo e do seu funcionamento como sistema. Observou-se que tecnologias e componentes mais modernos têm deixado os SAAP cada vez mais eficientes e viáveis técnica e economicamente. Foi desenvolvido um estudo de caso, que trata da possível implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em casas do Jardins Mangueiral, bairro que faz parte de programa habitacional governamental voltado para população do Distrito Federal. No estudo de caso, foi feito um pré-dimensionamento e orçamento do sistema para módulos de casas de 3 quartos de uma das quadras do bairro. Apesar das dificuldades encontradas devido ao regime de chuvas inconsistente e das pequenas áreas de telhado, chegou-se a resultados interessantes no que tange às economias de água e ao custo total do sistema, com economias de água que chegaram a 41.000 litros e redução de R\$ 562,74 nas contas de água por ano. O tempo de retorno do investimento foi estimado em 7,3 anos, já considerados os custos de manutenção e operação do sistema. Além dos benefícios financeiros, também são discutidos no trabalho os benefícios diretos e indiretos que a implementação do sistema traria para a população residente do bairro.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Hipóteses	3
1.4. Objetivos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A problemática da água	4
2.1.1. Disponibilidade da água no mundo.....	4
2.1.2. Situação da água no Brasil.....	6
2.1.3. Situação da água no DF	7
2.2. Aproveitamento de águas pluviais.....	10
2.2.1. Histórico do aproveitamento de águas pluviais	11
2.2.2. Legislação e normas.....	13
2.2.3. O sistema de aproveitamento de água pluviais (SAAP).....	14
2.2.3.1. Área de captação	15
2.2.3.2. Transporte e descarte <i>first flush</i>	16
2.2.3.3. Gradeamento e filtragem.....	17
2.2.3.4. Armazenamento	19
2.2.3.5. Bombeamento.....	20
2.2.4. A qualidade das águas das chuvas para uso não-potáveis	20
2.3. Parâmetros necessários ao dimensionamento do SAAP.....	22
2.3.1. Regime pluviométrico.....	22
2.3.2. Coeficiente de escoamento superficial.....	23
2.3.3. Volume aproveitável de chuva.....	23
2.3.4. Volume do reservatório.....	24
2.3.5. Demanda de água para fins não potáveis	25

3. METODOLOGIA	28
4. ESTUDO DE CASO	30
4.1. Abrangência do estudo	30
4.2. O projeto do bairro Jardins Mangueiral.....	30
4.3. Tipologia da habitação.....	33
4.4. Volume aproveitável e consumo de água não-potável	35
4.5. Dimensionamento dos reservatórios.....	36
4.5.1. Método de Rippl e Método prático de Azevedo Netto	36
4.5.2. Método da simulação do balanço hídrico diário	38
4.5.3. Comentários acerca do dimensionamento dos reservatórios	40
4.6. Dimensionamento de calhas e condutores verticais	40
4.7. Orçamento	42
4.8. Viabilidade do SAAP	44
5. CONCLUSÃO	48
5.1. Conclusões gerais	48
5.2. Sugestões para trabalhos futuros	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estados com piores situações de disponibilidade hídrica.....	9
Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos não potáveis.....	21
Tabela 3. Tratamento requerido conforme uso	22
Tabela 4. Regime Pluviométrico - Estação Brasília/DF (1967-96)	22
Tabela 5. Faixas para coeficiente de escoamento	23
Tabela 6. Modelo para método da simulação.....	25
Tabela 7. Indicadores de consumo segundo diversos autores.....	26
Tabela 8. Consumo para fins não potáveis segundo diversos autores	27
Tabela 9. Volume aproveitável de água da chuva.....	35
Tabela 10. Consumo de água para fins não potáveis	36
Tabela 11. Método de Rippl.....	37
Tabela 12. Método da simulação - Reservatório de 2 m ³	39
Tabela 13. Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade n=0,011 (l/min).....	41
Tabela 14. Orçamento estimado do SAAP.....	43
Tabela 15. Tarifas de abastecimento de água.....	44
Tabela 16. Consumo e valor mensal da conta de água sem o SAAP.....	45
Tabela 17. Consumo e valor mensal da conta de água com o SAAP	45
Tabela 18. Comparativo do abastecimento com e sem a implementação do SAAP.....	46
Tabela 19. Tempo de retorno do investimento.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidade de água no mundo (Fonte: Shiklomanov, 2003 - modificado).....	4
Figura 2. Disponibilidade de água doce no mundo (Fonte: Shiklomanov, 2003 – modificado)5	
Figura 3. Escassez de água no mundo (Fonte: World Water Development Report 4, 2012)	5
Figura 4. Disponibilidade hídrica no Brasil (Fonte: Conjuntura ANA, 2013).....	6
Figura 5. Situação da relação demanda/disponibilidade de água no Brasil (Fonte: Conjuntura ANA, 2013).....	7

Figura 6. Mapa hidrográfico do DF (Fonte: Adasa, 2016).....	8
Figura 7. Normais climatológicas do DF (Fonte: INMET).....	10
Figura 8. Aproveitamento de água da chuva na Índia (Fonte: Rainwaterharvesting.org)	12
Figura 9. Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) (Fonte: Articulação do Semiário Brasileiro-ASA)	12
Figura 10. Esquematisação do SAAP (Fonte: May, 2004)	14
Figura 11. Componentes típicos de um SAAP (Fonte: Tomaz, 1998).....	15
Figura 12. Área de captação (Dornelles, 2012).....	15
Figura 13. Tipos usuais de calhas (Fonte: Ghisi, 2015).....	16
Figura 14. Dispositivo para descarte PVC (Fonte: Lamberts et al, 2010)	17
Figura 15. Caixa de descarte (Fonte: Alice, 2014).....	17
Figura 16. Gradeamento sobre calha (Fonte: May, 2004).....	18
Figura 17. Dispositivo de descarte de sólidos, VF-1.....	18
Figura 18. Caixa de areia para filtragem (Fonte: Dornelles, 2012).....	19
Figura 19. Dispositivos do reservatório	20
Figura 20. Projeção 3D do projeto arquitetônico e urbanístico do Bairro (Fonte: Site do Jardins Mangueiral).....	30
Figura 21. Vista aérea do Jardins Mangueiral (Fonte: CODHAB).....	31
Figura 22. Localização do bairro em relação ao centro de Brasília (Fonte: GoogleMaps).....	31
Figura 23. Disposição das Quadras Condominiais (Fonte: CODHAB).....	32
Figura 24. Planta de Implantação da QC 14 - Jardim das Acácias (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral)	32
Figura 25. Módulo com casas de 3 quartos (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral).....	33
Figura 26. Layout do pavimento térreo (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral).....	33
Figura 27. Layout do pavimento superior (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral).....	34
Figura 28. Planta da cobertura - Casa 3 quartos (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral).....	34
Figura 29. Corte C - Casa 3 quartos (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral).....	35
Figura 30. Precipitação diária em Brasília - 2006 a 2015 (Fonte: INMET).....	38
Figura 31. Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais (ABNT, 1989)....	41
Figura 32. Componentes relacionados ao reservatório (Fonte: ACQUALIMP).....	42

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O aproveitamento de água não é algo novo na nossa civilização. A escassez de água levou vários povos da antiguidade a procurarem alternativas diversas, dentre elas a coleta da água da chuva e o seu armazenamento. Os tempos passaram e problemas seríssimos relacionados ao abastecimento de água só se agravaram em várias regiões do mundo. A água não se encontra em qualidade e quantidades suficientes em muitas áreas devido, entre outros aspectos, à distribuição espacial irregular dos recursos hídricos, ao crescimento populacional descontrolado e ao descaso quanto ao uso racional desse recurso.

Soluções sustentáveis como o sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) são cada vez mais comuns mundo afora devido a crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável e o uso racional de recursos naturais. Essas questões estão sempre presentes em discussões internacionais sobre meio ambiente e água, que tiveram seu início na Conferência de Mar Del Plata em 1977 (BRITO, 2007). De lá para cá foram muitas as conferências acerca do tema, destacando-se a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, com a presença de 178 países, e que resultou na Agenda 21. Dentre diversas demandas, a Agenda 21 propôs a melhoria da gestão dos recursos hídricos e seu monitoramento. Além disso, relacionou a água ao desenvolvimento urbano sustentável.

A partir daí e de conferências, congressos e debates subsequentes, a ideia sustentabilidade e, conseqüentemente, de gestão dos recursos naturais foi amadurecendo em vários países, influenciando a criação de mecanismos de gestão da água e legislações acerca do tema. No Brasil, por exemplo, o cenário mudou bastante com a aprovação da Lei 9.433/1997 (Lei das Águas), sendo criadas a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Lei das Águas definiu, entre outras coisas, que a água é um bem público e recurso limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

Na construção civil, o aproveitamento de águas pluviais ganhou força com o conceito de *green building*, ou construção sustentável. Influenciado pela preocupação com o desenvolvimento sustentável, esse conceito visa melhorar a eficiência energética e o consumo de recursos nas construções, que sempre foram consideradas grandes poluidoras e consumidoras de recursos naturais, principalmente água. Conseqüentemente, foram surgindo soluções para o aproveitamento de águas pluviais em edifícios. Essas soluções têm se tornado

cada vez mais baratas e acessíveis, e vários países têm incentivado essas práticas através de subsídios técnico e financeiro.

Os SAAP podem variar de complexidade, havendo diversos tipos desenvolvidos. Porém, sistema mais comum é constituído, basicamente, pela coleta da água nas partes impermeáveis da cobertura ou de pavimentos e pelo seu armazenamento em tanques dedicados a água para uso não potável, como rega de plantas e descarga de vasos sanitários. Os principais benefícios gerados pelos SAAP são a diminuição do consumo de água potável e o alívio do sistema de drenagem urbana.

Apesar dos SAAP serem conhecidos no Brasil, acredita-se que há muito a se avançar. É preciso a criação de mais regulamentações e normas técnicas, visto que hoje temos apenas uma norma relacionada diretamente ao tema e as legislações atuais ainda são muito pontuais, não havendo leis federais sobre o tema. Além disso, a condição da disponibilidade hídrica não é favorável na maioria dos centros urbanos brasileiros e sistemas como esse ajudariam a mitigar os problemas relacionados à escassez de água e drenagem urbana. Há a necessidade de incentivo governamental para a instalação desses sistemas e de mais estudos sobre o tema, que ajudarão a desenvolver tecnologias e facilitar o acesso da população à sistemas dessa natureza.

1.2. Justificativa

O consumo muito acima dos padrões considerados razoáveis, o crescimento populacional entre os maiores do Brasil, a ocupação irregular do solo, o longo período de estiagem e a baixa disponibilidade hídrica fazem a população do DF se preocupar com o futuro próximo em relação ao abastecimento de água da capital federal (MAIA, 2015). Estudos mostram que a disponibilidade hídrica por habitante no DF está em níveis considerados críticos, abaixo inclusive de Estados do semiárido nordestino, que há muito tempo sofrem com a seca e com a escassez de água (REBOUÇAS *et al*, 2006).

A solução encontrada pelos órgãos gestores de recursos hídricos tem sido a procura de mais pontos de captação, procurando aumentar a produção hídrica. Não há dúvidas sobre a necessidade de mais água, porém Sant'ana *et al* (2011) alertam que não se pode focar somente na oferta de água, uma vez que a tendência da demanda é sempre crescer. Essa política é desfavorável ao meio ambiente, uma vez que se aumentam os níveis de extração de água, causando diversos impactos. O correto, então, seria focar também na diminuição da demanda, incentivando a conservação e o uso racional da água e aplicando tecnologias sustentáveis, como os SAAP.

Estudos como esse se justificam à medida que se faz necessário o desenvolvimento de metodologias que avaliem os custos e os benefícios de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. A literatura sobre o tema ainda não é muito abrangente e o aumento do número de pesquisas e estudos poderão dar embasamento técnico e teórico para futuras políticas públicas, que viabilizariam e tornariam tecnologias como essa mais acessíveis.

1.3. Hipóteses

Sistemas de conservação da água como o SAAP podem ser alternativas viáveis técnica e economicamente para a diminuição do consumo de água potável. A implementação desses sistemas utiliza a água da chuva para usos que não requerem um tratamento complexo desta água, como a rega de plantas, a lavagem de calçadas e descarga de vasos sanitários, sem que ocorra prejuízo a saúde dos usuários.

O desenvolvimento de técnicas e tecnologias simples e baratas fará com que mais pessoas tenham acesso e consigam implementar a coleta de água das chuvas em suas residências, ajudando também ao desenvolvimento de uma cultura de sustentabilidade e uso racional de recursos naturais.

Economicamente, espera-se que seja possível a implementação do SAAP com um investimento inicial relativamente baixo e que tenha um tempo de retorno do investimento razoável, e gerando economia substancial no valor das contas de água das famílias.

1.4. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é dimensionar e avaliar a viabilidade técnica e econômica da implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais em habitações do programa habitacional Jardins Mangueiral, construído no DF.

Os objetivos específicos são:

- Determinar parâmetros para o dimensionamento do SAAP, levando em consideração o consumo desejado, o regime pluviométrico da região e os requerimentos normativos;
- Dimensionar os componentes do sistema e realizar um orçamento para a sua implementação no estudo de caso;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica do sistema, levando em conta os custos e benefícios diretos e indiretos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A problemática da água

Apesar da impressão de que a Terra é o “Planeta Água”, pela quantidade enorme do recurso existente no planeta, na realidade, com uma análise mais profunda, percebe-se que uma parte mínima dessa imensidão está disponível em condições de ser consumida pela população. Além disso, há uma distribuição irregular da água doce pelo mundo e um crescimento populacional descontrolado, que contribuem negativamente para o quadro atual da situação da água. Nesta seção foram abordadas a disponibilidade da água no mundo e sua situação no Brasil e no DF, baseados em relatórios de agência mundiais e órgãos nacionais que são responsáveis pelos estudos e relatórios mais aprofundados sobre o tema.

2.1.1. Disponibilidade da água no mundo

A quantidade de água presente no Planeta Terra em todas as suas formas é estimada por Shiklomanov e Rodda (2003) em 1.386.000.000 km³. Isso pode parecer um volume imenso quando se olha para um número de tamanha grandeza, porém essa quantidade tem sua maior parte (97,48%) composta de água imprópria ao consumo humano, advinda de oceanos, mares e outras águas salgadas (subterrâneas e de rios).

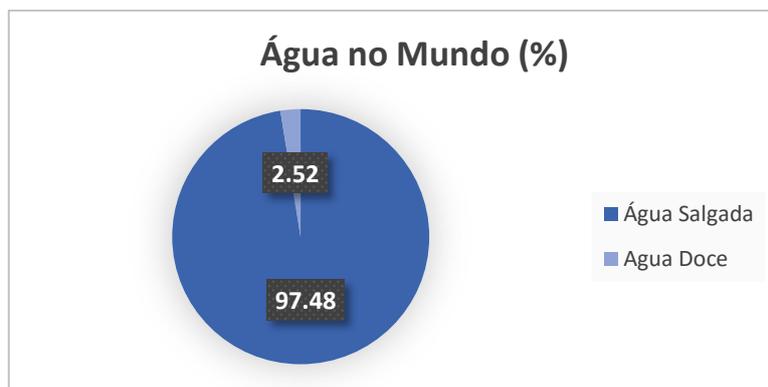


Figura 1. Disponibilidade de água no mundo (Fonte: Shiklomanov, 2003 - modificado)

No final das contas, o estoque de água doce é de apenas 34.844.040 Km³, aproximadamente 2,52% do total. Entretanto, esse volume não está todo disponível facilmente para consumo humano. Do total de água doce, representado na Figura 2, a maior parte está agregada nas calotas polares e geleiras (69,50%), em águas subterrâneas (30,10%). Sobram-se então 0,4%, que estão dispostos em lagos e rios e na atmosfera, solo, animais e plantas.



Figura 2. Disponibilidade de água doce no mundo (Fonte: Shiklomanov, 2003 – modificado)

Considerando que nossa maior fonte de água doce vem de recursos hídricos superficiais (rios e lagos), chegamos ao percentual de aproximadamente 0,27% de água doce realmente disponível, seja ela para indústria, agricultura ou consumo humano. Isso é apenas 0,0068 % do total inicial de água e sequer está distribuída igualmente por todos os países, como se vê na Figura 3, que mostra o nível de escassez de água pelo mundo.

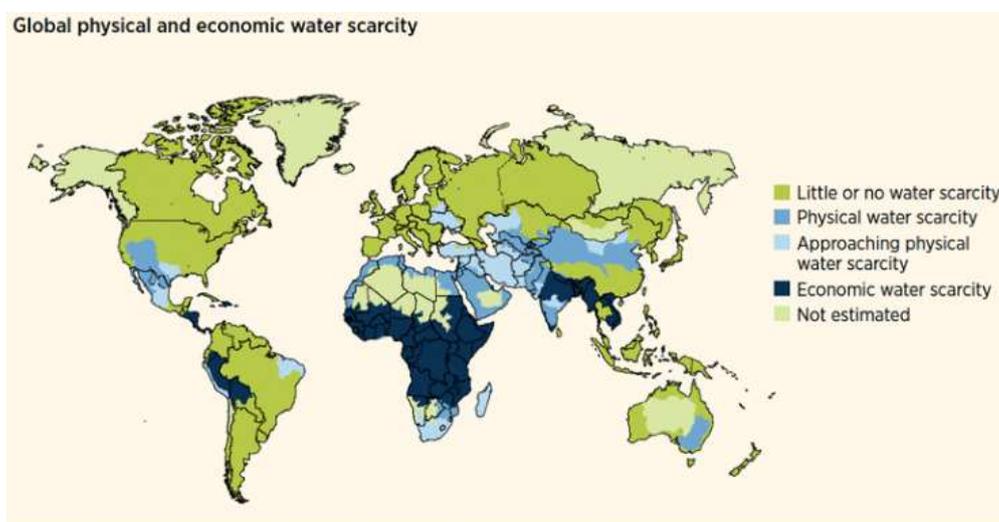


Figura 3. Escassez de água no mundo (Fonte: World Water Development Report 4, 2012)

Começa-se, então, a perceber que morar no “Planeta Azul” ou “Planeta Água” não significa disponibilidade infinita de água e que é urgente o uso racional desse recurso de importância vital para o Planeta.

2.1.2. Situação da água no Brasil

O Brasil destaca-se mundialmente pela disponibilidade de recursos hídricos no seu território. Segundo Rebouças *et al* (2006), a produção hídrica brasileira chega a 177.900 m³/s, o que representa 56% da produção da América do Sul e 12% do total mundial. Essa abundância muitas vezes cria a falsa sensação de que a água é um recurso infinito, reforçando uma cultura do desperdício e da falta de comprometimento com o uso racional da água.

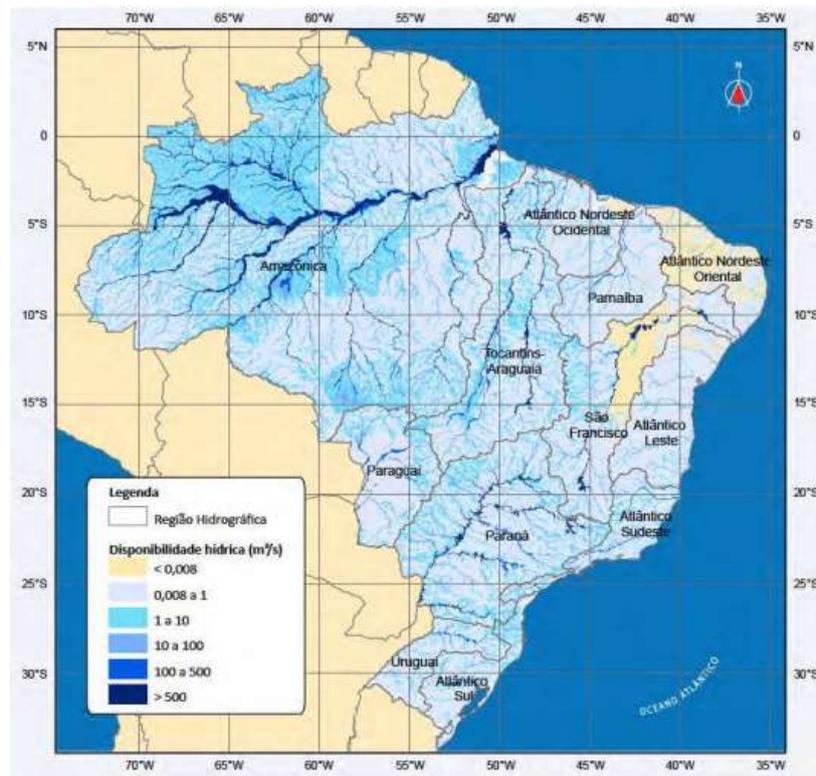


Figura 4. Disponibilidade hídrica no Brasil (Fonte: Conjuntura ANA, 2013)

O que se nota, entretanto, é que os recursos hídricos brasileiros não são uniformemente distribuídos pelo seu território e população. Cerca de 80% da água se encontra na bacia Amazônica, onde se encontra 5% da população e há uma menor demanda pelo uso (ANA, 2013). O relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil (ANA, 2013) ainda cita que, se tratando de regiões, a Norte tem 68% das águas brasileiras, ocupa uma vasta área e tem densidade demográfica baixa. Por outro lado, a Região Nordeste detém apenas 3%, sendo a região menos favorecida e com maiores índices de pobreza. As regiões Sul e Sudeste detém 13%, mas são consideradas críticas quanto a razão demanda/disponibilidade, resultado do grande consumo de água e alta densidade populacional. A Figura 5 mostra a relação demanda/disponibilidade hídrica no Brasil, com regiões com balanço hídrico excelente, em

azul, até regiões onde há um balanço muito crítico, em marrom, segundo critérios estabelecidos pela Agência Nacional de Águas.

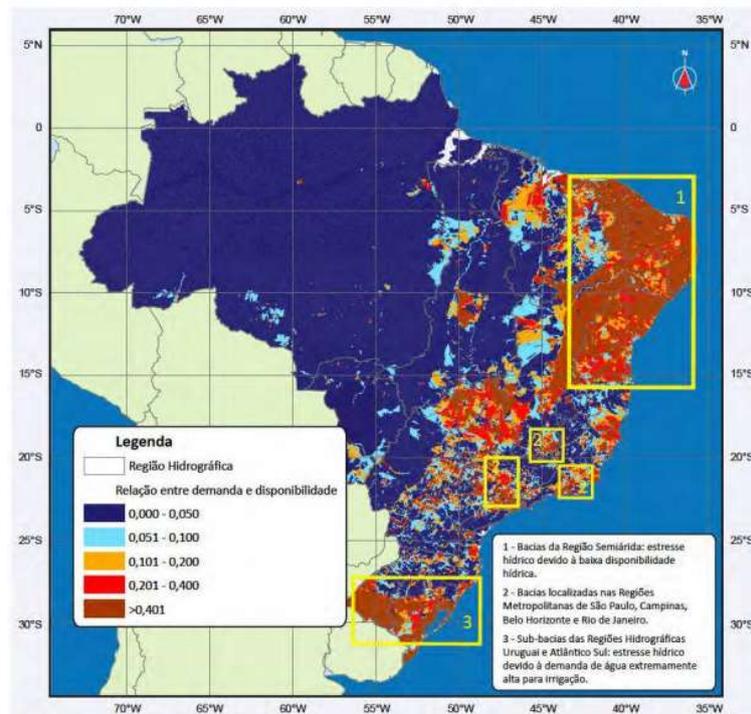


Figura 5. Situação da relação demanda/disponibilidade de água no Brasil (Fonte: Conjuntura ANA, 2013)

Os problemas hídricos de abastecimento no Brasil não são decorrentes, majoritariamente, da falta de água, mas sim do crescimento populacional descontrolado e da degradação da qualidade das águas. Portanto, há a necessidade de um “determinado padrão cultural que agregue a necessidade de combate ao desperdício e à degradação da sua qualidade, que tenha em conta o seu caráter finito e de grande valor econômico” (REBOUÇAS *et al*, 2006).

2.1.3. Situação da água no DF

Localizado no Planalto Central brasileiro, na região Centro-Oeste, o Distrito Federal tem uma área de 5.779,999 Km² e uma população de 2.562.963 habitantes, segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010). Seus limites políticos são dados pelos Rios Descoberto, a oeste, e Preto, a leste, além de linhas paralelas ao sul e ao norte, definindo o quadrilátero. Quanto a sua situação hidrográfica, o Distrito Federal está inserido em três regiões hidrográficas: a Bacia do Paraná, a Bacia do Tocantins Araguaia e a Bacia do São Francisco. Dentro dessas regiões englobam-se sete bacias: Maranhão, São Bartolomeu, Descoberto, Lago Paranoá, Preto, São Marcos e Corumbá (Figura 6).

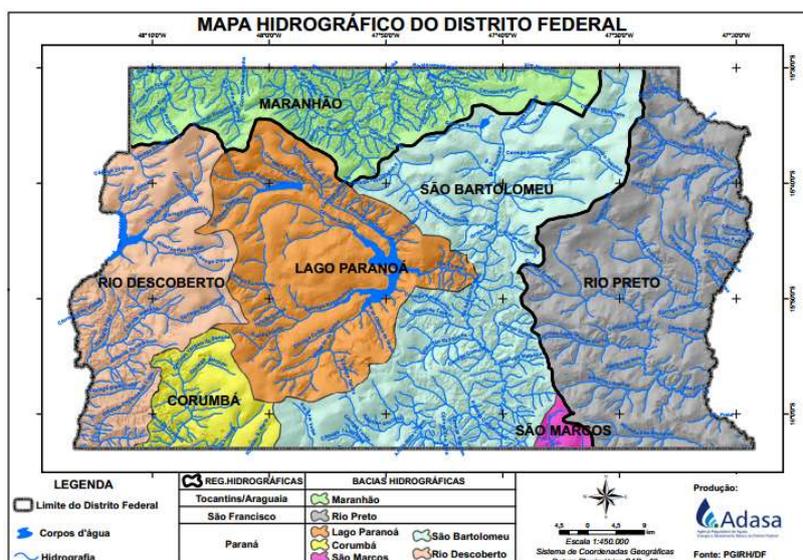


Figura 6. Mapa hidrográfico do DF (Fonte: Adasa, 2016)

Barbosa (2010) *apud* Azevedo e Barbosa (2011) cita que os recursos hídricos superficiais do DF possuem baixas vazões e sofrem uma pressão enorme devido a uma expansão desordenada da população, comprometendo a quantidade e qualidade do abastecimento de água. Uma reportagem da Agência Brasil aponta que Brasília cresceu duas vezes mais do que a média das cidades brasileiras e já é, entre as capitais, o quarto município mais populoso, considerando todas suas regiões administrativas (TOKARNIA, 2015). Isso faz com que se comprometa a disponibilidade hídrica na região. De acordo com Setti *et al* (2010), pode-se observar que o problema de escassez da água já não estava presente apenas nas regiões do semiárido nordestino ou em áreas de pouca chuva. Percebe-se uma influência grande na demanda de água devido a altas concentrações populacionais, como é o caso do DF e Rio de Janeiro, por exemplo.

Na Tabela 1, mostram-se os dez Estados brasileiros com menores disponibilidades hídricas e a sua situação, seguindo o padrão adotado por Beekman (1999) *apud* Setti *et al* (2000), onde consideram-se situações de estresse hídrico periódico e regular em locais com disponibilidade hídrica entre 1000 e 1700 (m³/pessoa/ano) e de problemas ocasionais de escassez de água quando esse valor é maior que 1700. É preocupante observar que o DF tem situação pior que a de Estados como Alagoas, Sergipe, Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, que tem boa parte dos seus territórios localizados no semiárido brasileiro, com regimes de chuva baixos e irregulares.

Tabela 1. Estados com piores situações de disponibilidade hídrica

Estado	Disponibilidade hídrica per capita (m³/pessoa/ano)	Situação
Pernambuco	1270	Estresse hídrico periódico e regular
Paraíba	1392	
Distrito Federal	1537	
Sergipe	1601	
Alagoas	1671	
R.G. do Norte	1681	
Rio de Janeiro	2208	Problemas ocasionais de escassez de água
Ceará	2276	
São Paulo	2694	
Bahia	2862	

Fonte: Águas doces do Brasil (1999)

O consumo excessivo de água no DF contribui bastante para a situação vivida atualmente. De acordo com reportagem do Correio Braziliense, um habitante da capital federal consome, em média, cerca de 72% a mais de água do recomendado pela OMS (MAIA, 2015). A questão é, também, socioeconômica. Sant'ana *et al* (2011) chegaram a resultados interessantes sobre a relação entre renda e consumo de água no DF, concluindo que as famílias de alta renda consomem 321 litros/pessoa/dia, mais do que o dobro dos 150 recomendados pela ADASA. Em entrevista cedida ao Correio Braziliense em 2015, o presidente da CAESB Maurício Ludovice afirmou que a alta renda per capita do DF, aliada ao longo período de seca pelo qual passa a população, seria um dos motivos para o grande consumo de água (MAIA, 2015).

O regime de chuvas também é algo que deve ser levado em conta. Apesar de ter uma média anual em torno de 1500 mm, o regime é irregular, visto que o DF tem um longo período chuvoso, de outubro a março, e um período de seca, com volumes médios de precipitação bem baixos entre os meses de maio e setembro, como mostra a Figura 7.

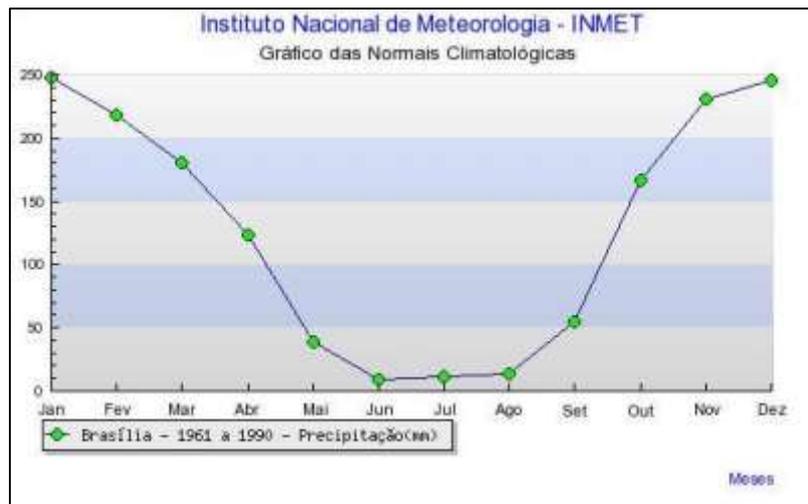


Figura 7. Normais climatológicas do DF (Fonte: INMET)

Ao analisar a bibliografia, fica claro que a gestão dos recursos hídricos no DF, apesar de já implantada, precisa de melhoramentos contínuos. Sant'ana *et al* (2011) alertam que, atualmente, a gestão da água no DF é exclusivamente focada na oferta de água, procurando sempre novos pontos de captação à medida que a demanda cresce. Essa política é desfavorável ao meio ambiente, uma vez que se aumentam os níveis de extração de água, causando diversos impactos. O mais correto seria focar, também, na diminuição da demanda, aplicando tecnologias e estratégias sustentáveis. O sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) aparece nesse cenário como uma das ferramentas para a diminuição do consumo de água em residências.

2.2. Aproveitamento de águas pluviais

Esta seção apresenta diversos aspectos acerca do aproveitamento de águas pluviais no Brasil e no mundo. Primeiramente será apresentado um breve histórico do aproveitamento de águas pluviais desde as primeiras civilizações até os dias atuais, mostrando exemplos de sucesso em alguns países como Alemanha, Índia e Tailândia. Posteriormente, se discorrerá acerca das normas e legislações vigentes sobre o tema, assim como a evolução do gerenciamento de águas no Brasil. Foi explorado também o funcionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais e na apresentação e descrição dos componentes, equipamentos e dispositivos que compõem o SAAP. Finalmente, foram mostrados os parâmetros importantes ao dimensionamento do sistema e ao estudo de viabilidade do projeto com um todo.

2.2.1. Histórico do aproveitamento de águas pluviais

Sistemas diversos de coleta e utilização de água da chuva são usados há muito tempo. De acordo com relatório do Programa das Nações Unidas para assentamentos humanos (UN-HABITAT, 2005), há evidências de sistemas de captação de água da chuva por meio de telhados nos tempos da civilização Romana. Já em 2000 a.C. haviam vilas e cidades inteiras em Roma projetadas de forma a aproveitar água da chuva, tanto para o consumo humano como para o uso doméstico. No deserto de Neguev, em Israel, sistemas de aproveitamento de água da chuva possibilitaram a agricultura em locais com média pluviométrica anual menores do que 100 mm. Os primeiros usos desses sistemas na África datam de mais de 2000 anos e aconteceram no Egito, que tinha tanques de coleta de água que variavam de 200 a 2000 m³, alguns em funcionamento até hoje. Provavelmente, o maior tanque de água da chuva já construído se encontra em Istambul, Turquia. Suas dimensões são de 140 m por 70 m e têm capacidade para 80.000 m³.

Nas últimas décadas a instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva vem aumentando consideravelmente em diversos países. Na Alemanha, por exemplo, há subsídios do governo para famílias que queiram instalar esses sistemas em suas residências. O governo visa diminuir o escoamento superficial nas ruas, evitando enchentes e diminuindo a demanda do sistema de drenagem urbana. Na Tailândia, através de um programa governamental iniciado em 1985, foram instalados mais de 6 milhões de cisternas com o intuito de suprir a demanda de água para o consumo humano. No nordeste da Índia, em Mizoram, o crescimento populacional desordenado tornou o sistema de abastecimento de água insustentável e instável. O aproveitamento de águas da chuva foi a alternativa mais viável e barata para solucionar o problema. Com média de chuvas de 2500 mm anuais, sua população atual de 150.000 habitantes dispõe de mais de 10.000 tanques de coleta de água da chuva. Várias outras iniciativas são encontradas em diversos países do mundo, principalmente Austrália, Estados Unidos, Japão e alguns países africanos (UN-HABITAT, 2005).



Figura 8. Aproveitamento de água da chuva na Índia (Fonte: Rainwaterharvesting.org)

No Brasil, devido a relativamente alta disponibilidade de recursos hídricos quando comparada com outros países, ainda falta consciência aos governantes e à população quanto a importância do uso racional da água. As principais iniciativas, quando se trata de aproveitamento de águas pluviais, estão na região semiárida do Nordeste, que sofre com a escassez de água regularmente. Nessa região lançou-se o maior programa brasileiro ligado a captação de água da chuva, o “Programa Um Milhão de Cisternas”, reconhecido mundialmente por sua eficiência e por ter beneficiado mais de 5 milhões de famílias de área rural do semiárido brasileiro, área em que o média anual de chuva varia de 200 a 1000 mm (UN-HABITAT, 2005).



Figura 9. Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) (Fonte: Articulação do Semiárido Brasileiro-ASA)

Ademais, o que se tem no Brasil nos últimos anos são atuações pontuais, onde empresas preocupadas com certificações de sustentabilidade como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e outros selos, implementam os SAAP em seus empreendimentos como

forma de agregar valor ao produto e ser vista por consumidores como uma empresa ambientalmente correta. Outros exemplos pontuais são o uso desses sistemas em obras públicas grandes como estádios de futebol, como é o caso do João Havelange, no Rio de Janeiro, e do Estádio Nacional, em Brasília.

2.2.2. Legislação e normas

No que tange à legislação, o Brasil evoluiu bastante na questão de regulação dos recursos hídricos com a criação da Lei 9.433/1997 (Lei das Águas), pela Agência Nacional de Águas, sendo criadas também a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Lei das Águas definiu, entre outras coisas, que a água é um bem público e recurso limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997). Como instrumento de gestão, foi criado o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que tem como objetivo geral a definição de políticas públicas para a melhoria da qualidade e quantidade da oferta de água, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento indispensável para políticas setoriais de desenvolvimento sustentável e inclusão social. Entretanto, ainda se carece muito de legislação federal voltada diretamente para a captação de água das chuvas.

Em alguns estados e municípios já há leis próprias sobre o tema, destacando-se a Lei Estadual nº 4.393/2004 do Estado do Rio de Janeiro e a Lei nº 12.526/2007 do Estado de São Paulo. A primeira obriga os SAAP em empreendimentos com mais de 50 famílias e em prédios comerciais com mais de 50 m² e a segunda em empreendimento com área impermeabilizada maior que 500 m². No Distrito Federal, a principal lei sobre o tema é a Lei nº 4.181 de julho de 2008, que cria o Programa de Captação de Água da Chuva, cujos objetivos são a captação, o armazenamento e a utilização das águas pluviais pelas edificações urbanas com mais de 200 m² de área construída. A lei prevê instalações de caixas coletoras exclusivas para água da chuva, que poderá ser usada para fins não-potáveis.

Quanto a normas, o que há de mais específico acerca do aproveitamento de água de chuvas em residências no Brasil é a norma “ABNT NBR 15527/2007: Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”, que estabelece critérios para a concepção do sistema, desde a definição de materiais (calhas, condutores, bombas, reservatórios) até o padrão de qualidade da água requerido. Além disso, ela fornece diferentes métodos para o cálculo das dimensões dos reservatórios (ABNT, 2007). A norma faz referências a outras normas, que são complementares e indispensáveis ao projeto, são elas:

- ABNT NBR 5626:1998, Instalação predial de água fria
- ABNT NBR 10844: 1989, Instalações prediais de águas pluviais

- ABNT NBR 12213: 1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público
- ABNT NBR 12214:1992, Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público
- ABNT NBR 12217:1994, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público

2.2.3. O sistema de aproveitamento de água pluviais (SAAP)

Resumidamente, o SAAP é um sistema que capta água da chuva através de uma área impermeável, geralmente o telhado, conduzindo-a a um tratamento por filtragem e posteriormente a um reservatório de armazenamento, de onde esta será bombeada para o reservatório elevado de distribuição e, por fim, usada para fins não-potáveis. A norma NBR 15.527 (ABNT, 2007) prevê que estas águas sejam usadas, após tratamento adequado, para a lavagem de carros, rega de jardins, limpeza de calçadas, descargas de bacias sanitárias, entre outros usos que não requeiram uma água de qualidade alta. Vyas (2001) *apud* May (2004) considera que os principais parâmetros a serem considerados no projeto de um SAAP são a área de coleta, o coeficiente de escoamento superficial e o volume do reservatório (Figura 10).



Figura 10. Esquematização do SAAP (Fonte: May, 2004)

Os principais componentes da instalação de um SAAP são a área de captação, transporte, descarte, armazenamento, bombeamento e distribuição. Há também o processo de gradeamento ou filtragem que pode ser feita junto à calha, aos condutores ou ao reservatório de armazenamento, quando necessário. Nesta seção são explorados os temas referentes aos subsistemas que compõem o SAAP e feitos alguns comentários acerca da qualidade da água da chuva para usos não potáveis (Figura 11).

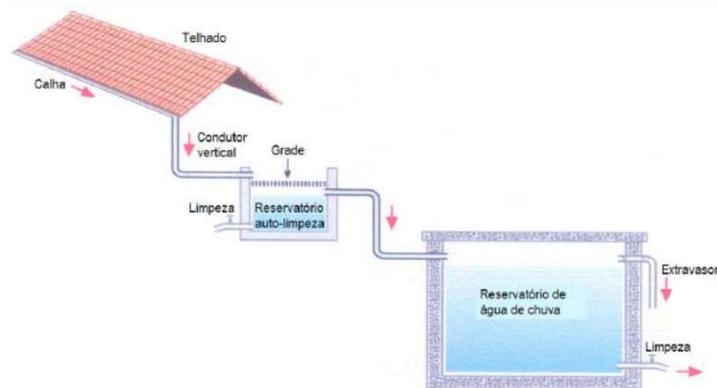


Figura 11. Componentes típicos de um SAAP (Fonte: Tomaz, 1998)

2.2.3.1. Área de captação

É a parte do sistema que intercepta a precipitação (Figura 12). A NBR 15527 (ABNT, 2007) descreve a área de captação como sendo a área em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. Na maioria dos casos essa área corresponde ao telhado ou cobertura impermeabilizada. Mas há casos de projetos que utilizam pavimentos permeáveis ou áreas gramadas, que permitem a passagem da água para os reservatórios.

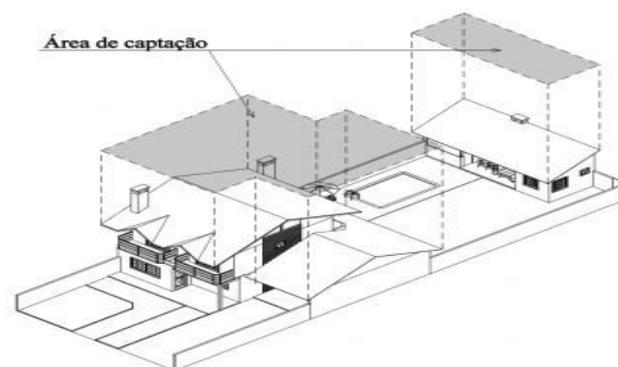


Figura 12. Área de captação (Dornelles, 2012)

Há telhados de diversos materiais, porém, segundo Lamberts *et al* (2010), não podem ser usados materiais que tenham toxicidade e substâncias que comprometam a qualidade da água como, por exemplo, telhas pintadas ou mesmo telhas de materiais como amianto, chumbo, zinco e cromo. Resíduos desses materiais podem contaminar a água e causar efeitos nocivos à saúde e ao meio ambiente, mesmo que não ingeridos.

Tomaz (2009) reitera que a quantidade de água aproveitável não é igual à quantidade precipitada. Isso se deve a perda do volume devido ao material da telha utilizada. Dependendo do tipo de material, a evaporação e saturação terão valores diferentes. Telhas de materiais mais porosos tendem a ter um aproveitamento menor. Essa diferença se reflete no coeficiente de escoamento superficial, que é explicado na seção de parâmetros.

2.2.3.2. Transporte e descarte *first flush*

Fazem parte dos componentes de transporte os materiais ligados à condução da água coletada ao reservatório, ou seja, condutores verticais e horizontais e calhas. Estes devem ser dimensionados segundo a vazão de projeto, período de retorno e intensidade pluviométrica previstos, segundo a norma NBR 10844 (ABNT, 1989). Esses componentes podem ser de diversas formas e materiais como pvc, alumínio, chapas galvanizadas ou geomembranas. Algumas calhas tipicamente usadas em projetos são apresentadas na Figura 13.



Figura 13. Tipos usuais de calhas (Fonte: Ghisi, 2015)

Um ponto bastante importante a se considerar é o descarte da água de chuva inicial, o chamado *first flush*, devido ao carreamento de diversas impurezas que se encontram na atmosfera e no telhado após um período sem chuvas. No seu item 4.2.5, a NBR 15527 (ABNT, 2007) prevê instalações de dispositivos de descarte calculados pelo projetista. Segundo Tomaz (2009), pesquisas feitas sugerem que o *first flush* varia de 0,4 l/m² até 8 l/m², conforme o local, podendo-se adotar o valor de 2 l/m² na falta de dados.

Lamberts *et al* (2010) cita dois dispositivos muito comuns para o descarte desta primeira água, o dispositivo com “torneira-boia” e o de “boia que flutua” (Figura 14). O funcionamento de ambos segue a mesma lógica: um reservatório de desvio se encontra vazio no início da chuva e recebe as primeiras águas até que a boia chegue ao topo, interrompendo a passagem da água, e escoando-a, a partir daí, em direção ao reservatório principal. Após a chuva, a água do

reservatório de desvio é descartada por meio de um orifício ou registro. Outro dispositivo, exposto no estudo de Alice (2014), é a caixa de descarte acoplada exatamente antes do reservatório, mostrada na Figura 15.

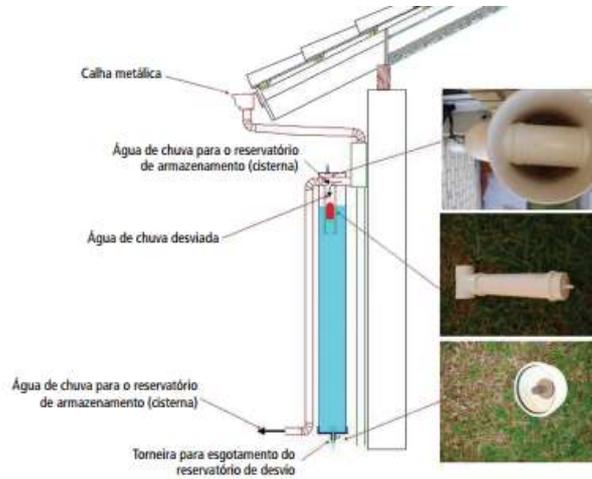
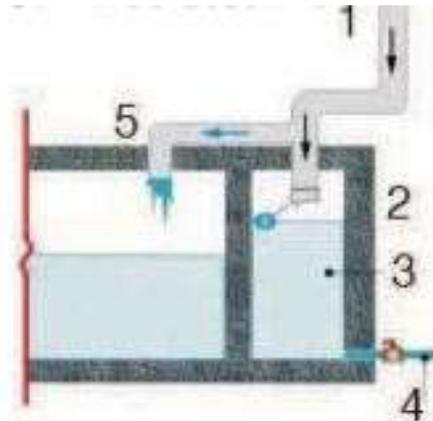


Figura 14. Dispositivo para descarte PVC (Fonte: Lamberts et al, 2010)



(1: Entrada da água, 2: Torneira de bóia, 3: Reservatório *First Flush*, 4: Saída de água, 5: reservatório principal)

Figura 15. Caixa de descarte (Fonte: Alice, 2014)

2.2.3.3. Gradeamento e filtragem

Há diversas formas e mecanismos de se fazer a filtragem ou gradeamento de detritos, de forma a evitar a contaminação da água do reservatório. O processo de retiradas desses materiais de tamanhos maiores pode ser feito junto à calha, aos condutores ou ao reservatório de armazenamento, quando necessário, a depender do projetista e dos requisitos quanto à

qualidade da água. Na literatura e no mercado há diversos dispositivos que podem ser usados nessa fase.

May (2004) considera que são necessárias grades ou telas instaladas sobre a calha de forma a evitar a entrada de folhas e galhos nos componentes de transporte e reservatório, como se pode ver na Figura 16. É uma solução barata e simples que serve para evitar a entrada de detritos grandes no sistema.

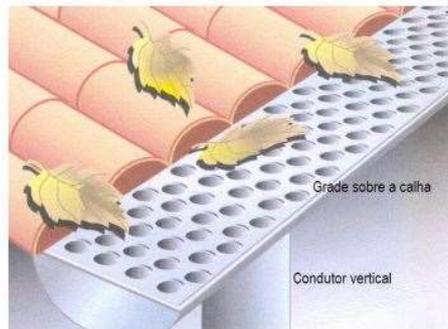


Figura 16. Gradeamento sobre calha (Fonte: May, 2004)

Oliveira *et al* (2007) apresenta o dispositivo de descarte de sólidos da AQUASAVE, modelo VF-1 (Figura 17), que pode ser utilizado em áreas de até 200 m², removendo detritos, folhas e gravetos de forma simples e eficiente, porém requerendo um investimento maior, cerca de R\$ 1.700,00. Porém, há opções mais simples e que funcionam muito bem, como as caixas de gradeamento com telas removíveis, que podem ser construídas no local.



Figura 17. Dispositivo de descarte de sólidos, VF-1

Dornelles (2012) cita o uso de caixa de areia para filtragem da água da chuva, quando não usados os sistemas de descarte ou gradeamento. Esse tipo de filtro, mostrado na Figura 18,

funciona com diversas camadas de materiais de diferente granulometria, fazendo uma filtragem bem eficiente da água.



Figura 18. Caixa de areia para filtragem (Fonte: Dornelles, 2012)

2.2.3.4. Armazenamento

O componente de armazenamento do sistema é o reservatório, que tem função de armazenar a água da chuva que será usada para fins não-potáveis, posteriormente. Quanto à sua disposição, eles podem ser enterrados, semienterrados ou sobre o solo.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) cita vários pontos que devem ser atendidos quanto ao projeto do reservatório, dentre eles, a limpeza, a manutenção, a proteção contra calor, luz e animais, o cálculo do volume de chuva aproveitável e do volume do próprio reservatório. É importante ressaltar que o reservatório de águas pluviais deve atender aos mesmos parâmetros de reservatórios para abastecimento, descritos na NBR 12217 (ABNT, 2004), porém o sistema de abastecimento deve ser, obrigatoriamente, separado do sistema de águas pluviais.

Quanto aos materiais, Oliveira *et al* (2007) recomendam que os reservatórios sejam feitos de fibra de vidro, plástico, poliéster, polipropileno ou material similar, que sofra pouca ou nenhuma agressão de possível matéria orgânica que estará presente e da própria água, que pode ter características físicas e químicas diferentes ao longo do tempo de uso.

Outro ponto de destaque, segundo Lamberts *et al* (2010), é a instalação de dispositivos que devem ser usados no reservatório, com o objetivo da proteção sanitária e da conservação da qualidade da água, são eles o freio de água, conjunto flutuante de sucção e o sifão extravasor. O freio de água fica no fundo do reservatório, com o intuito de amortecer o fluxo da água e contribuir, assim, para a sedimentação de resíduos; o conjunto flutuante de sucção faz com que a água a ser retirada esteja sempre próxima à superfície e, portanto, com menos sedimentos e

maior nível de oxigênio; por fim, o sifão extravasor, impede a entrada de gases advindos do sistema de drenagem urbana e a entrada de animais no reservatório.



Figura 19. Dispositivos do reservatório

Lamberts *et al* (2010) destaca a importância do projeto do reservatório. Segundo ele, esse é o componente mais oneroso e, portanto, é crucial seu correto dimensionamento para se atingir a viabilidade econômica do sistema. Para o dimensionamento é necessário o conhecimento de alguns parâmetros. São eles: área de captação (m^2), regime pluviométrico local, coeficiente de escoamento superficial e do volume de água potável a ser substituída por água de chuva na edificação em que se executará o sistema.

2.2.3.5. Bombeamento

O sistema de bombeamento é o que fará o recalque das águas do reservatório inferior para o reservatório superior, que deve ser exclusivo para uso não-potável, da onde será distribuído para os pontos estipulados pelo projeto. No caso desse estudo, a água será direcionada apenas à rega de jardins e às descargas sanitárias.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), o projeto deve estar de acordo com a norma NBR 12214 (ABNT, 1992) no que se diz respeito às tubulações de sucção, velocidades mínimas e seleção do conjunto motor-bomba.

2.2.4. A qualidade das águas das chuvas para uso não-potáveis

Lamberts *et al* (2010) cita que antes de chegar no ponto de utilização a qualidade da água pode ser diferente em diversas etapas do SAAP, dependendo do local onde se encontra.

Antes de atingir a área de captação, a água pode carrear os sólidos e poeiras em suspensão na atmosfera; após o escoamento pela área de captação, a água tem contato com impurezas que se encontram no telhado; no interior do reservatório pode haver a proliferação de micro-organismos e o contato de animais de pequeno porte.

Com os componentes de descarte do *first flush*, gradeamento e filtragem, consegue-se chegar a uma qualidade razoável para fins não potáveis mais restritivos, ou seja, lavagem de calçadas, descarga de bacias sanitárias e rega de jardins. Entretanto, uma análise mais minuciosa deve ser feita pelo projetista, atentando também para os padrões exigidos em norma.

De acordo com a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), a definição do padrão de qualidade a ser adotado deve ser feita pelo projetista, de acordo com a previsão do uso, lembrando que a norma trata do aproveitamento de águas pluviais exclusivamente para usos não potáveis. A norma traz uma tabela de parâmetros para usos mais restritivos não potáveis (Tabela 2). Outras considerações importantes são que os pontos de consumo devem ser devidamente identificados como sendo não potáveis, evitando assim o consumo humano.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água da chuva para usos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT (para usos menos restritivos)
		<5,0 uT
Cor Aparente	Mensal	<15 uH

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15527/2007

Outros aspectos que influenciam a qualidade da água são expostos pelo Group Raindrops (2002). Devem ser analisadas as condições do local da área de coleta da água, ou seja, se há acesso à pessoas e animais, condições de limpeza e de uso. Além disso, o nível de tratamento a ser escolhido pelo projetista vai depender do uso requerido, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Tratamento requerido conforme uso

Uso da água da chuva	Tratamento da água
Irrigação de jardins	Não é necessário tratamento
Irrigadores, combate ao incêndio, condicionamento de ar	São necessários cuidados para manter os equipamentos em boas condições
Sistemas decorativos aquáticos como lagoas/fontes, chafarizes, espelhos e queda d'água, descarga sanitária em banheiros, lavagens de roupas e lavagens de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato com as pessoas
Banho/piscina, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Group Raindrops (2002)

2.3. Parâmetros necessários ao dimensionamento do SAAP

Para a realização do estudo de viabilidade é necessário o conhecimento de parâmetros importantes ao SAAP e de demandas e usos da água da chuva, que vão influenciar diretamente no custo-benefício do projeto como um todo. Nessa seção são explorados alguns dos parâmetros mais importantes quando se trata de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, são eles: regime pluviométrico, coeficiente de escoamento superficial, volume de água da chuva aproveitável, volume do reservatório e usos e demandas de água em residências.

2.3.1. Regime pluviométrico

Almeida e Oliveira (2013), em estudo sobre o regime pluviométrico de Brasília, produziram a Tabela 4, com base em dados de 30 anos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), de 1967 e 1996. O regime pluviométrico do DF, portanto, é caracterizado por um período chuvoso, entre outubro e abril, com chuvas médias entre 132 e 243, e outro seco, onde as chuvas não ultrapassam 50 mm, que ocorre de maio a setembro. A precipitação média anual é, portanto, 1539 mm.

Tabela 4. Regime Pluviométrico - Estação Brasília/DF (1967-96)

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
235	211	197	132	38	8	10	13	50	162	240	243

Fonte: Almeida e Oliveira (2013)

2.3.2. Coeficiente de escoamento superficial

Para levar em conta a perda oriunda do tipo de superfície do telhado têm-se o coeficiente de escoamento, que indica o percentual de aproveitamento da água que é precipitada. Tucci (1993) *apud* Dornelles (2012) explica que a estimativa desse coeficiente tem critérios subjetivos, não existindo muito consenso na literatura.

O estudo de Dornelles (2012) mostra faixas possíveis para o coeficiente de escoamento em telhados, segundo diversos autores (Tabela 5). Deve-se escolher então, quando se trata de projeto para captação de água, os valores mais baixos, pois estes representam a situação mais desfavorável.

Tabela 5. Faixas para coeficiente de escoamento

Literatura	Coeficiente de escoamento para telhados
Urbonas e Stahre, 1993	Entre 0,85 e 0,95
Hari, 2005	entre 0,75 e 0,90
Tomaz, 2004	0,80
Waterfall, 1998	entre 0,90 e 0,95

Fonte: Dornelles (2012)

2.3.3. Volume aproveitável de chuva

O volume aproveitável de água da chuva depende da área de captação, da precipitação média do local, do coeficiente de escoamento superficial e do fator de captação, sendo o último relacionado com a eficiência dos diversos dispositivos que são usados no sistema, tais como filtros e dispositivos de descarte *first flush*. A NBR 15527 (ABNT, 2007) traz a equação para o cálculo do volume aproveitável:

$$V_a = P \cdot A \cdot C \cdot n_{\text{fator de captação}} \quad (1)$$

Onde:

V_a é o volume anual, mensal ou diário de água da chuva aproveitável, em litros

P é a precipitação anual, mensal ou diária, em mm

A é a área de captação, em m²

$n_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação

2.3.4. Volume do reservatório

Como já explicado anteriormente, para o dimensionamento são necessários alguns parâmetros, dentre eles, área de captação (m^2), regime pluviométrico local, coeficiente de escoamento superficial e do volume de água potável a ser substituída por água de chuva na edificação em que se executará o sistema.

No apêndice A da NBR 15527 (ABNT, 2007) há seis métodos para o dimensionamento dos reservatórios, Método de Rippl, de simulação, Azevedo Neto, prático alemão, prático inglês e prático australiano. Nesse trabalho foram feitas análise com os métodos de Rippl, Azevedo Neto e da simulação.

Segundo estudos de Sampaio (2013), os métodos existentes ainda são muito vagos e não são confiáveis para todas as situações, visto que usam diferentes parâmetros e diferentes considerações, além de terem sido criados embasados em regimes pluviométricos diversos. Por isso, há uma grande diferença entre os volumes encontrados em cada método, sendo que o método de Rippl é o mais conservador, gerando resultados bem altos, o que comprometeria muitas vezes a viabilidade do sistema.

Conhecido também como diagrama de massa, o método de Rippl é um procedimento originalmente gráfico, mas que também pode ser calculado através de simulações (DORNELLES, 2012). Tomaz (2009) alerta que o método “geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas”.

Para os cálculos, a NBR 15527 (ABNT, 2007) descreve as seguintes equação:

$$S_{(t)} = D_t - Q_t \quad (2)$$

$$Q_t = C \times \text{precipitação}_t \times \text{área de captação} \quad (3)$$

$$V = \sum S_t, \text{ somente pra } S_t > 0 \quad (4)$$

Onde:

S_t é o volume de água no reservatório no tempo

Q_t é o volume de chuva aproveitável no tempo

D_t é a demanda de água da chuva no tempo

V é volume do reservatório

C é o coeficiente de escoamento superficial

O método de Azevedo Neto é um método prático bem simples que permite obter o volume do reservatório diretamente, a partir de três parâmetros, precipitação média anual, área de coleta e número de meses de estiagem.

$$V = 0,042 P.A.T \quad (5)$$

Onde:

V é o volume do reservatório, em litros

P é a precipitação média anual, em mm

A é a área de coleta, em m²

T é o número de meses de estiagem

Dornelles *et al* (2010) fazem uma recomendação interessante na aplicação do método de Azevedo Neto. Eles sugerem que a contagem do número de meses de estiagem considere os meses com precipitação inferior a 100 mm e que, para lugares onde a precipitação média mensal for maior que este valor, considerar no mínimo $T=1$.

No método da simulação utilizam-se dados da precipitação, demanda, área de captação, volume aproveitável, capacidade do reservatório estimada para se fazer a verificação (TOMAZ, 2000). A partir desses dados de entrada se consegue calcular o volume inicial no tempo $t-1$, o volume final do reservatório no tempo t , volume extravasado e o volume necessário de outra fonte que não o reservatório, conforme o modelo da Tabela 6.

Tabela 6. Modelo para método da simulação

Dia ou Mês	Precipit. (mm)	Vol. Aproveit. (m ³)	Consumo Diário (m ³)	Capac. Reserv. (m ³)	Vol. Reserv t0 (m ³)	Vol. Reserv t1 (m ³)	Vol. Extrav. (m ³)	Outra fonte (m ³)
------------	----------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

2.3.5. Demanda de água para fins não potáveis

A demanda de água em uma residência é um dos parâmetros mais importantes para qualquer projeto relacionado a parte hidráulica. Há diversas estimativas de consumo e demanda de água em residências. Ywashima *et al* (2006) pesquisou diversos autores e suas estimativas para o consumo per capita em diferentes locais e tipologias de residências. A Tabela 7 mostra alguns desses indicadores de consumo.

Tabela 7. Indicadores de consumo segundo diversos autores

Descrição	Fonte	Indicador de consumo
Edifício residencial em Goiânia/GO	Oliveira; Cardoso (2002)	218 a 277 litros/habitante/dia
Residência	Melo; Neto (1998) <i>apud</i> Tomaz	200 a 400 litros/dormitório/dia
Apartamentos e residência	DMAE (1998) <i>apud</i> Tomaz (2000)	200 litros/habitante/dia
Apartamentos	Macintyre (1996)	200 litros/habitante/dia
Residência de médio padrão	Macintyre (1996)	150 litros/habitante/dia
Residências populares	Macintyre (1996)	120 a 150 litros/habitante/dia
Edifícios residenciais baixa renda em São paulo	Rocha <i>et al.</i> (19998)	109 litros/habitante/dia
Apartamento, EUA	Quasim (1994) <i>apud</i> Tomaz (2000)	230 litros/habitante/dia
Apartamento, Pequim/China	Zhang, Brown (2005)	145 litros/habitante/dia

Fonte: Ywashima *et al.* (2006) - adaptado

Uma parte do consumo de água de uma habitação é feita para fins não potáveis, aqueles onde não há a necessidade de um tratamento muito complexo da água, como a rega de jardins, lavagem de calçadas e descargas sanitárias, que são o foco desse trabalho. O volume consumido varia para cada tipologia de residência, nível econômico da família, local, dentre outros fatores. Diversos autores tentaram estimar esse consumo em seus estudos. Na Tabela 8 são mostrados os valores indicados pela literatura consultada.

Tabela 8. Consumo para fins não potáveis segundo diversos autores

Descrição	Fonte	Indicador de consumo
Descarga sanitária em residência, reino Unido	Fewkes (1999) <i>apud</i> Alice (2014)	30% do consumo
Descarga sanitária em bloco residencial, SC	Ghisi e Ferreira (2007) <i>apud</i> Alice (2014)	33,2% do consumo
Descarga sanitária em casa, SC	Ghisi e Ferreira (2007) <i>apud</i> Alice (2014)	28 % do consumo
Descarga em residência unifamiliar, Florianópolis	Proença <i>et al</i> (2011) <i>apud</i> Alice (2014)	28% do consumo
Descarga em residência nos EUA	Brow e Cadwell (1986) <i>apud</i> Tomaz (2000)	35% do consumo
Descarga em residência, Holanda	Qasim (1994) <i>apud</i> Tomaz (2000)	41% do consumo
Rega de jardim, Holanda	Qasim (1994) <i>apud</i> Tomaz (2000)	3% do consumo
Lavagem de carro, EUA	Tomaz (1998) <i>apud</i> May (2004)	150 l/lavagem
Gramado ou limpeza de calçadas, EUA	Tomaz (1998) <i>apud</i> May (2004)	2 l/dia/m ²
Descarga em residência, EUA	Tomaz (2000)	4 a 6 descarga/dia/pessoa
Volume descarga em residência	Tomaz (2000)	6,8 a 18 l/descarga

3. METODOLOGIA

A análise da viabilidade de um sistema de aproveitamento de águas pluviais se deu através de um estudo de caso no Jardins Mangueiral, bairro com habitações de interesse social, onde foram construídas 8.000 unidades entre casa e apartamentos. Esse projeto é fruto de uma parceria público-privada e tinha como um dos objetivos a construção de um bairro com conceitos de sustentabilidade.

Primeiramente, foi investigado como o projeto do Jardins Mangueiral foi concebido e quais são as suas características no que tange ao escopo, conceitos utilizados, métodos construtivos, objetivos, localização, quantidade de unidades construídas e quantidade de famílias abrangidas pelo programa de moradia. Essa fase foi feita através de pesquisas, visitas ao local e análise de projetos disponibilizados pelo consórcio responsável pela construção do bairro.

Na segunda parte, foi feita a delimitação do estudo às casas de 3 quartos de uma das 15 quadras condominiais (QC) que compõe o Jardins Mangueiral. Nessa fase foi feito o levantamento da quantidade de unidades habitacionais na quadra e a caracterização da população quanto ao consumo de água, de acordo com índices expostos encontrados na revisão bibliográfica. A quadra condominial utilizada como base para o levantamento foi a QC-14, Jardim das Acácias. As quadras não são idênticas entre si, mas seguem o mesmo conceito de projeto e se assemelham na quantidade de unidades, sendo possível a replicabilidade e analogia dos resultados desse estudo às demais quadras do bairro.

A partir dos dados pluviométricos de Brasília, dados obtidos acerca do consumo de água e análise das possíveis áreas de captação, foram feitos os cálculos referentes ao dimensionamento dos reservatórios, que é parte mais importante dos projetos de aproveitamento de águas de chuva, devido ao seu alto custo e a sua relação direta com a futura disponibilidade de água para consumo. Esse dimensionamento foi feito usando os métodos que se encontram na norma NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Definidos os tamanhos dos reservatórios para cada tipo de habitação e a localização dos mesmos, foi feito o pré-dimensionamento dos SAAP com um todo, com previsão de calhas, condutores, bombas, filtros e outros componentes necessários ao sistema, de acordo com as normas já citadas. Além disso, foi feito um orçamento do material e mão-de-obra necessários à execução do projeto, com base nas informações do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), divulgadas no mês de abril.

Finalmente, com os resultados obtidos, a viabilidade do sistema foi avaliada levando em consideração a economia de água ao longo do tempo, o investimento inicial para a implementação do projeto e o tempo de retorno do investimento. A redução do consumo de água leva a uma economia financeira, que foi avaliada considerando os custos tarifários praticados pela Companhia de Saneamento Ambiental de Brasília (CAESB).

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Abrangência do estudo

O estudo de caso foi feito para a implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais em unidades habitacionais compostas por casas de 3 quartos do bairro Jardins Mangueiral. Existem 15 quadras condominiais e três tipologias de habitação no bairro, mas esse estudo se restringiu a análise apenas das unidades compostas por casas de 3 quartos que compõe a Quadra Condominial 14 – Jardim das Acácias. Os resultados, porém, podem ser facilmente replicados para outros condomínios do bairro.

4.2. O projeto do bairro Jardins Mangueiral

O projeto Jardins Mangueiral é resultado da primeira parceria público-privada para habitação no Brasil, com contrato assinado em 2009 pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal (CODHAB) e o consórcio Jardins Mangueiral Empreendimento Imobiliários S.A, constituído pelas empresas: Emplavi, Odebrecht Bairro Novo, Villela&Carvalho, Geológica, Soltec e Silco.



Figura 20. Projeção 3D do projeto arquitetônico e urbanístico do Bairro (Fonte: Site do Jardins Mangueiral)

O projeto se justifica por causa dos problemas habitacionais que o Distrito Federal enfrenta, com grande déficit habitacional, estimando-se que 25% da população do DF vivem em empreendimentos irregulares (VIANA, 2014). Até mesmo a população de média renda tem dificuldade na compra de imóveis, devido a seu elevado custo. Sendo assim, a CODHAB

contemplou famílias com renda de até 12 salários mínimos e que preenchiam outros requisitos que constavam no edital como, por exemplo, ser morador do Distrito Federal há mais de 5 anos.



Figura 21. Vista aérea do Jardins Mangueiral (Fonte: CODHAB)

O bairro tem uma localização privilegiada, a cerca de 15 quilômetros do centro de Brasília, e é situado ao longo da DF-463, em São Sebastião-DF. Conta com uma área de 192 hectares onde foram construídas oito mil unidades habitacionais distribuídas em quinze quadras condominiais fechadas, com uma estimativa de atender 30.000 habitantes quando totalmente ocupado (VIANA, 2014).



Figura 22. Localização do bairro em relação ao centro de Brasília (Fonte: GoogleMaps)

O bairro Jardins Mangueiral é dividido em 15 quadras condominiais (QC), sendo elas: Jacarandás, Muricis, Pequis, Tinguís, Paineiras, Salácias, Tapiriris, Quaresmeiras, Jatobás, Caviúnas, Angelins, Mangabeiras, Buritis, Acácias e Ipês. Cada quadra tem três tipologias de

habitação, são elas: casas de 2 e 3 quartos e apartamentos de 2 quartos em torres de 4 andares. O projeto inicial conta, ainda, com diversas áreas reservadas para equipamentos de atendimento ao público como, escolas, postos de saúde e delegacias, e comércios, parques, praças e áreas verdes.



Figura 23. Disposição das Quadras Condominiais (Fonte: CODHAB)

A quadra condominial QC 14 – Jardim das Acácias foi a escolhida como exemplo para que o levantamento da quantidade de unidades fosse feito, visto que as plantas de implementação dessa quadra estavam disponibilizadas *online*. Ela conta com 440 unidades habitacionais além de áreas comuns, como jardins, praças e quadras esportivas. Dentre as unidades, há 256 casas de 3 quartos, 120 de 2 quartos e 240 apartamentos. A disposição das unidades pode ser ver na planta de implantação, mostrada na Figura 24.



Figura 24. Planta de Implantação da QC 14 - Jardim das Acácias (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral)

4.3. Tipologia da habitação

Há, no bairro, 3 tipos diferentes de habitação, casas de 2 e 3 quartos e apartamentos de 2 quartos. Nesse estudo, restringiu-se a análise da implementação do SAAP nas casas de 3 quartos. As casas de 3 quartos são construídas em módulos compostos por 2 casas, como se vê na Figura 25.



Figura 25. Módulo com casas de 3 quartos (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral)

Com 68 m² de área construída, as casas de 3 quartos são as maiores unidades do bairro, sendo compostas por dois pavimentos: um térreo, com salas cozinha, área de serviço e um banheiro, e um superior, com os quartos e mais 2 banheiros. As Figuras 26 e 27 mostram o layout da planta baixa para os pavimentos térreo e superior.



Figura 26. Layout do pavimento térreo (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral)



Figura 27. Layout do pavimento superior (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral)

Os módulos são compostos por duas casas, com cobertura total de 75 m² em apenas uma água com inclinação de 9%. No projeto, não há calhas ou direcionamento das águas de chuva a partir do teto, conforme se observa nas plantas da cobertura e de corte, Figuras 28 e 29.

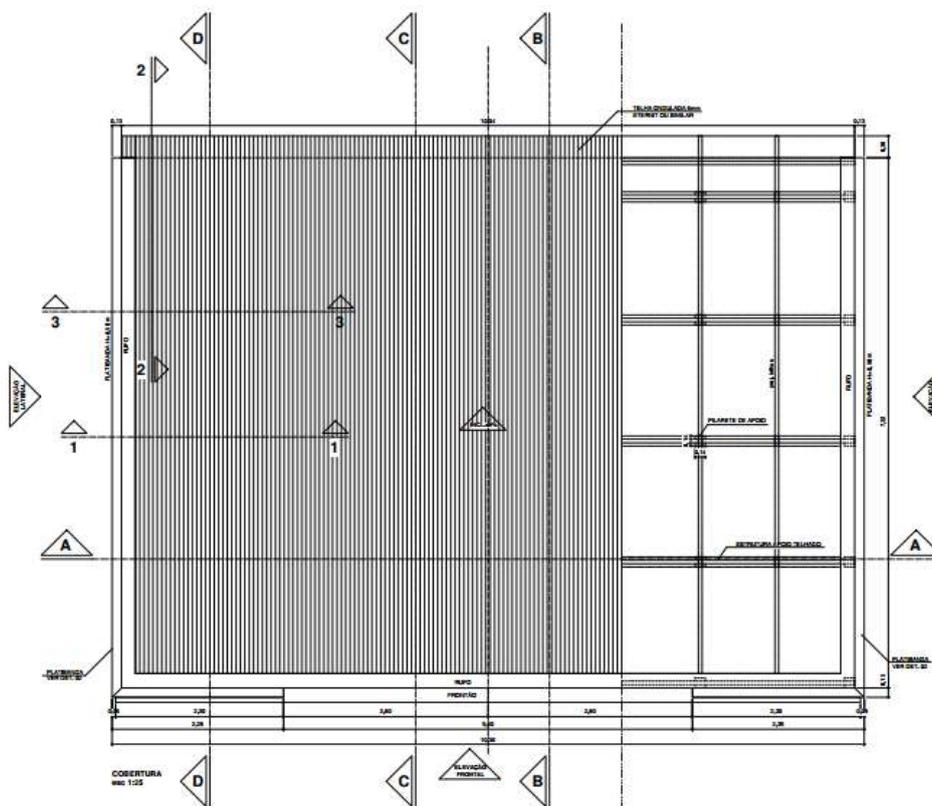


Figura 28. Planta da cobertura - Casa 3 quartos (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral)

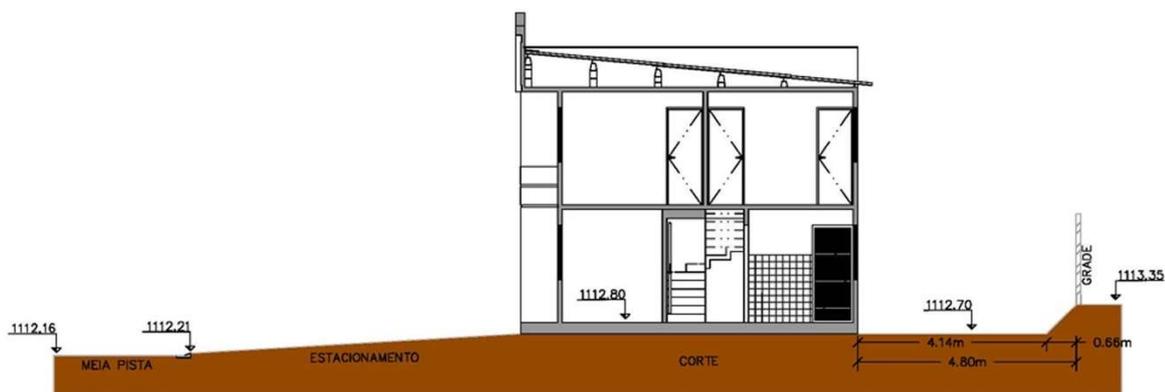


Figura 29. Corte C - Casa 3 quartos (Fonte: Consórcio Jardins Mangueiral)

4.4. Volume aproveitável e consumo de água não-potável

O volume aproveitável de chuva depende, de acordo com a Equação 1, da precipitação média anual, da área de captação, do coeficiente de escoamento e da eficiência do sistema. A precipitação média anual foi obtida pelas normais pluviométricas dos últimos 30 anos, segundo medições do INMET na estação de Brasília. A eficiência depende dos componentes do sistema e do descarte *first flush*, e foi considerada como sendo 90%, visto que se trata de um sistema pequeno e com poucos componentes, não havendo perdas significativas de água da chuva durante a captação. O coeficiente de escoamento da cobertura, uma telha de fibrocimento, foi considerado como 80%.

Tabela 9. Volume aproveitável de água da chuva

Tipologia	Precipitação média anual (mm)	Eficiência	Coef. de escoamento	Área Captação (m ²)	Volume aproveitável anual (m ³)
Casa 3Q	1539	90%	80%	75	83,1

No estudo do consumo, foram feitas algumas considerações acerca do número de habitantes em cada tipo de habitação do bairro. Avaliou-se então, considerando o número de quartos e a área da unidade, que seria razoável a consideração de que, na média, 5 pessoas habitariam as casas de 3 quartos. Para o consumo total de água na residência, foi considerado o valor de 150 l/habitante/dia, valor que está dentro das faixas de consumo estimadas pelos autores na literatura e largamente aceito no Brasil.

Para a estimativa do consumo de água não potável não há um consenso exato entre os autores pesquisados, visto que é um valor que tem uma variabilidade grande, dependendo de vários fatores, inclusive e principalmente, sociais e econômicos. Ou seja, para cada tipo de

família, renda ou até mesmo dependendo da região estudada, encontra-se um valor diferente para esse consumo. Entretanto, há uma faixa de valores aceitáveis quando se trata do consumo de água para fins não potáveis em residências, utilizada em descargas sanitárias, regas de jardim e lavagem de calçadas. Esses valores figuram entre 28% e 33% do consumo total em uma residência. Sendo assim, foi considerado para esse estudo o valor de 30% do consumo total.

A Tabela 10 resume os valores considerados e os resultados encontrados acerca do consumo de água para fins não potáveis para cada unidade e para o bloco habitacional.

Tabela 10. Consumo de água para fins não potáveis

Tipologia	Nº de habitantes	Consumo total (l/dia)	Unidades por bloco	Consumo para fins não potáveis (l/dia)	
				Unidade	Bloco
Casa 3Q	5	750	2	225	450

4.5. Dimensionamento dos reservatórios

O sistema sugerido consiste em um reservatório inferior ligado a um reservatório superior, sendo que o inferior será abastecido apenas com água da chuva e superior pode ser abastecido também com água advinda do sistema de abastecimento público quando não houver água suficiente no reservatório inferior. A água para fins não potáveis é distribuída a partir do reservatório superior para os pontos especificados.

O estudo de dimensionamento do reservatório inferior, iniciou-se com o uso dos métodos de Rippl e de Azevedo Neto, citados na norma NBR 15527 (ABNT, 2007). Posteriormente, devido ao fato de que não foram encontrados resultados satisfatórios com a utilização dos métodos citados, foi feita uma análise do balanço hídrico diário do reservatório, pelo método da simulação. O objetivo foi encontrar um resultado mais realista possível e escolher de um volume ideal para os reservatórios, tentando aproveitar ao máximo a água da chuva com o menor reservatório possível.

4.5.1. Método de Rippl e Método prático de Azevedo Netto

Para o dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl e de Azevedo Netto, foram feitas as seguintes considerações:

- Precipitação média, de acordo com o regime pluviométrico histórico de Brasília.
- Volume aproveitável mensal, calculado utilizando um coeficiente de escoamento superficial de 80% e eficiência de 90% e área de captação.

- Demanda mensal de água não potável do bloco, considerando que esse valor é 30% do consumo total de água.
- Para o consumo total: 2 unidades por bloco, 5 habitantes por unidade e consumo de 150 litros/dia/habitante.
- 5 meses de estiagem (precipitação < 100 mm), maio a setembro.

A Tabela 11 mostra os resultados do método de Rippl, indicando um valor teórico de 78,9 m³ para o volume do reservatório. Percebe-se que o balanço é positivo em todos os meses e em todos tipos de habitação, significando uma demanda maior que o volume aproveitável. Ou seja, não é possível atender a demanda apenas com a água da chuva, sendo necessária uma contribuição do sistema principal de distribuição de água.

Tabela 11. Método de Rippl

Mês	Precipit. (mm)	Área de captacao (m ²)	Demanda mensal do bloco (m ³)	Volume aproveitável de chuva (m ³)	Balanço D-V (m ³)	Acum. dos números positivos
Jan	235	75	13,5	12,7	0,8	0,8
Fev	211			11,4	2,1	2,9
Mar	197			10,6	2,9	5,8
Abr	132			7,1	6,4	12,2
Mai	38			2,1	11,4	23,6
Jun	8			0,4	13,1	36,7
Jul	10			0,5	13,0	49,6
Ago	13			0,7	12,8	62,4
Set	50			2,7	10,8	73,2
Out	162			8,7	4,8	78,0
Nov	240			13,0	0,5	78,5
Dez	243			13,1	0,4	78,9

Esse método se mostrou inadequado para o dimensionamento do reservatório, visto que sugere valores muito elevados, que impossibilitariam a execução do sistema. Isso se deve pelo fato de que o método considera que o reservatório tem confiabilidade de 100% e que o SAAP seria alimentado somente pelo reservatório de águas pluviais, o que não ocorrerá na realidade. Quando a oferta de água da chuva não for suficiente, o sistema será alimentado pelo sistema normal de abastecimento de água. Entretanto, foi importante a análise do balanço para se perceber que apenas a água da chuva não seria suficiente para atender as demandas de água

para fins não-potáveis, devido à área de captação ser relativamente pequena e aos vários meses de estiagem.

Utilizando a método prático de Azevedo Netto, através da equação 5, e considerando o volume de precipitação total anual de 1539 mm, chegou-se ao volume do reservatório de 24,3 m³. Ainda que tenha sido um valor bem menor do que o encontrado pelo método de Rippl, o valor ainda foi considerado grande para o tamanho da habitação. Por isso, decidiu-se fazer uma simulação do balanço hídrico diário do reservatório.

4.5.2. Método da simulação do balanço hídrico diário

Como os métodos utilizados não resultaram em valores satisfatórios para o projeto, foi feita uma análise do balanço hídrico utilizando uma série de dados de precipitação diária de 10 anos (2006-2015) de Brasília. Foram feitas as mesmas considerações de antes acerca do consumo e volume aproveitável, porém desta vez analisou-se o valor diário de cada uma das variáveis. Sendo assim o consumo diário para fins não-potáveis é de 0,45 m³ e o volume aproveitável é calculado a partir da precipitação diária. Para se entender melhor o balanço hídrico do reservatório, foi feito o gráfico da Figura 30.

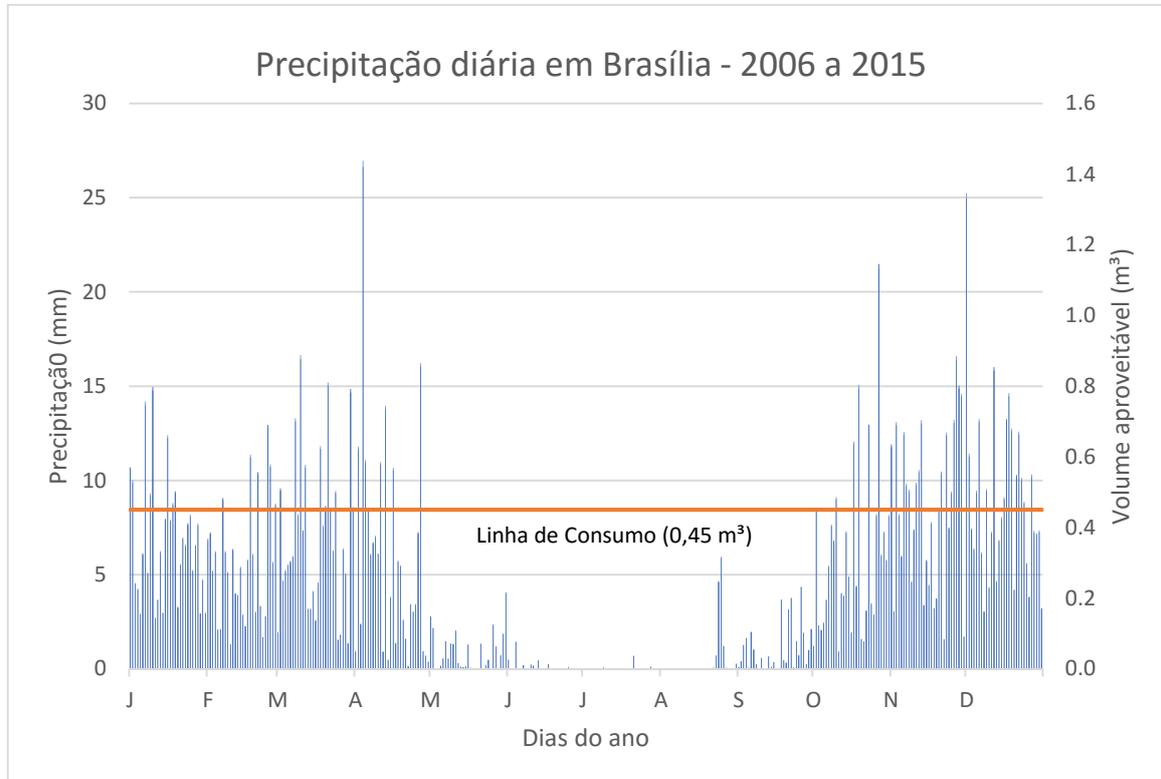


Figura 30. Precipitação diária em Brasília - 2006 a 2015 (Fonte: INMET)

O gráfico mostra a precipitação e o volume aproveitável para cada dia do ano, de acordo com dados do INMET, além da linha de consumo diário. Analisando esse gráfico, se percebe que em poucos dias o volume de chuvas irá suprir a demanda, assim como foi visualizado nos outros métodos. Porém, aqui pode-se ver que volume de chuva aproveitável não passa de 1,5 m³ por dia e que na maior parte do ano, o volume diário vai ser consumido no próprio dia, não requerendo um volume de estoque no reservatório.

Para se chegar a um volume de reservatório ideal, deve-se considerar, além do volume para consumo, um volume de estoque, para que seja estocada a água nos dias mais chuvosos, quando o volume supera o consumo. Dessa forma, aumenta-se a eficiência do sistema, evitando extravasamentos e consumindo-se a maior quantidade possível da água de chuva aproveitável. Sendo assim, foi construída uma planilha de cálculo de acordo com a Tabela 12, baseada no método da simulação proposto por Tomaz (2000), para verificar qual seria o volume ideal para o reservatório, visando menos extravasamentos e o total consumo da água aproveitável.

Nesse método consegue-se enxergar o balanço diário com os volumes no início e final de cada dia e verificar a quantidade de água aproveitável que seria desperdiçada/extravasada para cada tamanho estimado de reservatório.

Tabela 12. Método da simulação - Reservatório de 2 m³

Dia	Precip. (mm)	Vol aproveit. (m ³)	Consumo Diário (m ³)	Capac. Reservat. (m ³)	Vol. Reserv t0 (m ³)	Vol. Reserv t1 (m ³)	Extrav. (m ³)	Outra fonte (m ³)
1-Jan	10,56	0,57	0,45	2,00	0,00	0,12	0,00	0,00
2-Jan	9,89	0,53	0,45	2,00	0,12	0,20	0,00	0,00
3-Jan	4,50	0,24	0,45	2,00	0,20	0,00	0,00	0,00
4-Jan	4,20	0,23	0,45	2,00	0,00	-0,22	0,00	0,22
5-Jan	2,90	0,16	0,45	2,00	0,00	-0,29	0,00	0,29
6-Jan	6,05	0,33	0,45	2,00	0,00	-0,12	0,00	0,12
7-Jan	14,00	0,76	0,45	2,00	0,00	0,31	0,00	0,00
8-Jan	5,05	0,27	0,45	2,00	0,31	0,13	0,00	0,00
9-Jan	9,20	0,50	0,45	2,00	0,13	0,18	0,00	0,00
31-Dez	3,18	0,17	0,45	2,00	1,52	1,24	0,00	0,00
Total	1554,76	83,96	164,25	-	-	-	0,97	82,51

Foram feitas tentativas a partir de 0,5 m³ para o volume do reservatório, incrementando 0,5 m³ e fazendo uma análise dos volumes no reservatório e, principalmente, das colunas de volume extravasado e volume necessário de outra fonte. A cada incremento na capacidade do reservatório, o volume extravasado diminuía, assim como o volume necessário de outra fonte.

Ao chegar no valor de 2 m³, o volume fornecido por outra fonte já não diminuía mais, pois o volume aproveitável estava quase todo consumido.

O valor de 2 m³ seria, então, o valor ideal para o volume do reservatório. Decidiu-se escolher um reservatório entre 2 m³ e 3 m³, a depender dos tipos de reservatórios disponíveis no mercado. Valores acima disso gerariam custos elevados e deixariam ociosa grande parte da capacidade do reservatório.

Para o reservatório superior, considerou-se que a capacidade ideal seria o volume para atender o consumo para fins não potáveis de um dia, que já foi calculado como sendo 450 litros. Então, a capacidade do reservatório superior foi escolhida como 500 litros, valor encontrado comercialmente.

4.5.3. Comentários acerca do dimensionamento dos reservatórios

O dimensionamento do reservatório inferior é parte muito importante para o projeto de uma SAAP e não é simples de ser feito. Apesar de existirem diversas metodologias citadas na literatura, é difícil que elas se encaixem perfeitamente no caso estudado, pois trazem diversas preceitos e considerações diferentes devido as locais e culturas em que foram estudados e implementados.

Para esse estudo, o método da simulação se mostrou mais eficiente, pois se tratava de um sistema com área de captação pequena em uma localidade com vários meses de pouca ou nenhuma chuva. Os métodos de Rippl e de Azevedo Neto, por tentarem suprir os meses de estiagem com água advinda do reservatório, acabaram resultando valores excessivamente altos, que inviabilizariam a implementação do SAAP.

Portanto, para esse projeto o importante não é suprir toda a demanda com água da chuva e sim conseguir o maior consumo de água de chuva possível, diminuindo assim a demanda pela água potável vinda do sistema de abastecimento público. Do total de volume aproveitável, houve extravasamento total de menos de 1 m³, perfazendo um volume de água aproveitada de 83 m³ anuais, pouco mais da metade do volume de 164 m³ que é consumido para fins não potáveis anualmente.

4.6. Dimensionamento de calhas e condutores verticais

O dimensionamento das calhas e condutores foi feito conforme a norma NBR 10844 (ABNT, 1989). O material escolhido foi o PVC e a calha tem formato semicircular. Primeiramente foi calculada a vazão de projeto segundo a Equação 6, que resultou em Q=187,5 l/min.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (6)$$

Onde:

Q é a vazão de projeto, em l/min

I é a intensidade pluviométrica, considerada como 150 mm/h

A é área de contribuição, no caso, 75 m²

Para o dimensionamento da calha se usou a Tabela 13, que usa a equação de Manning-Strickler com rugosidade igual a 0,011 (para calhas de plástico, metais não ferrosos, fibrocimento e aço) e considerando a lâmina d'água na metade da seção. Assim, definiu-se o diâmetro da calha como 125 mm, com declividade de 0,5%.

Tabela 13. Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n=0,011$ (l/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividade		
	0,5%	1 %	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT NBR 10844/1989

Os condutores verticais de aresta com funil, mais eficientes para o escoamento que os de aresta viva, foram dimensionados pelo ábaco da Figura 31, com base nos dados de vazão de projeto (187,5 l/min), altura da lâmina e comprimento, que é de 10,04 m. Após análise do ábaco, constatou-se que o diâmetro ficaria menor que o mínimo de 70 mm especificado pela norma. Portanto, adotou-se o valor mínimo, 70 mm.

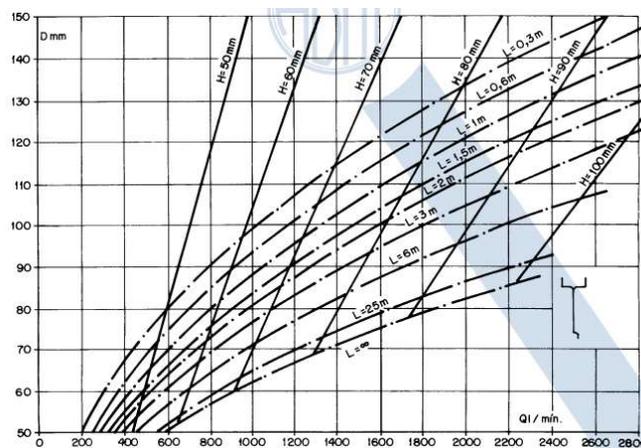


Figura 31. Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais (ABNT, 1989)

4.7. Orçamento

Para se fazer o orçamento, primeiramente se fez um levantamento dos componentes e materiais necessários ao SAAP. Além dos reservatórios superiores e inferiores, calha, condutores verticais, há a necessidade dos componentes que ajudam na filtragem da água, monitoramento do reservatório, elevação da água e tubos e conexões necessários à distribuição da água aos pontos necessários de cada residência. Para cada uma das 2 casas foi previsto um ponto de água externo, na área do quintal, e mais 3 pontos que abastecem as descargas sanitárias.

O tipo de sistema escolhido foi o sistema de aproveitamento com um reservatório inferior enterrado, com sistemas de filtragem e bombeamento, acessórios do reservatório e um reservatório superior também de polietileno. Esse sistema foi escolhido por ser bastante difundido e tem facilidades quanto à instalação e à manutenção. Além disso, há um gama grande de acessórios e componentes desse sistema disponível comercialmente.

Os principais componentes previstos no orçamento seguiram as indicações da Figura 32, que mostra o esquema de instalação sugerido pela empresa ACQUALIMP em seu manual de instalações. Também foram previstas a calha, condutores e conexões, um dispositivo de descarte *first flush* e um reservatório superior de 500 litros. Além disso, foi prevista a instalação de acessórios que melhoram o funcionamento do sistema, sendo eles o sifão ladrão, o freio d'água, e conjunto de sucção, desenvolvidos pela empresa ACQUASAVE.

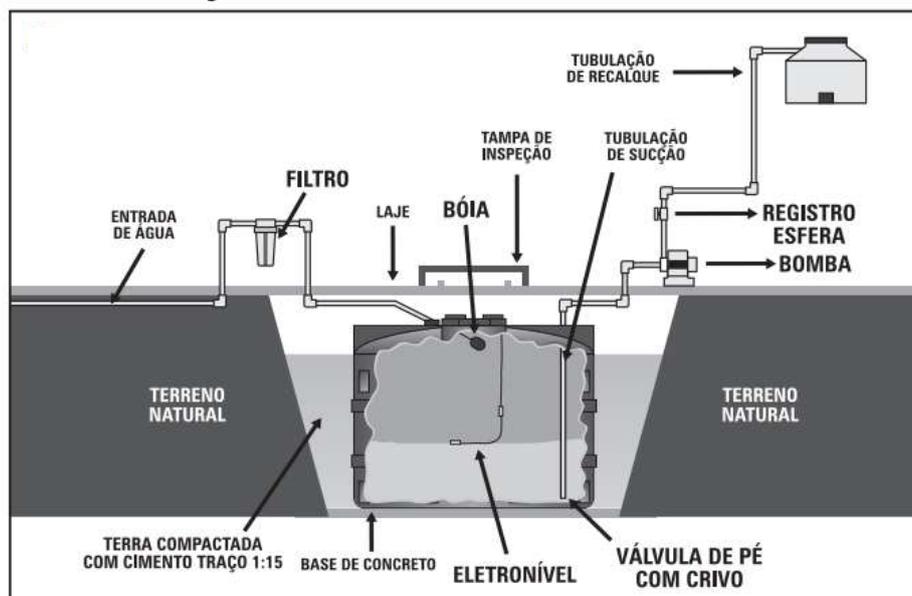


Figura 32. Componentes relacionados ao reservatório (Fonte: ACQUALIMP)

O orçamento também levou em consideração os serviços necessários à instalação, como escavação do terreno, concretagem da base, reaterro, instalação dos dispositivos e serviços hidráulicos relacionados ao sistema. Para esses serviços, foram feitos cálculos estimados de quantitativo e seguiu-se as orientações do manual da empresa ACQUALIMP no cálculo dos materiais e serviços relacionados à escavação, compactação e concretagem.

A Tabela 14 mostra o orçamento estimado do SAAP, de acordo com as fontes consultadas. O custo de cada um dos itens foi baseado no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com base no mês de abril, e em pesquisas feitas em lojas *online* de materiais de construção civil. Houve a tentativa, em cada item, da obtenção dos menores valores de mercado e benefícios de compras conjuntas, como é o caso do kit de acessórios para cisterna. Comparou-se a compra separada dos itens e concluiu-se que a compra do kit era mais vantajosa financeiramente.

Tabela 14. Orçamento estimado do SAAP

Item	Unid.	Qtd	Custo	Total	Fonte
Escavação manual de vala 1,5 m a 3 m	m ³	7,2	R\$ 65,98	R\$ 475,06	Sinapi
Execução de lastro em concreto (1:2,5:6), preparo manual	m ³	0,3	R\$ 332,39	R\$ 113,01	Sinapi
Tampa de concreto armado 60x60x5cm para caixa	und	1,0	R\$ 20,40	R\$ 20,40	Sinapi
Reaterro de vala com compactação manual	m ³	6,9	R\$ 35,35	R\$ 243,92	Sinapi
Calha de beiral, semicircular de pvc, diametro 125 mm, incluindo materiais e colocação	m	10,0	R\$ 52,16	R\$ 521,60	Sinapi
Caixa d'Água de Polietileno 500L Brasilit	und	1,0	R\$ 169,90	R\$ 169,90	Telhanorte
Cisterna de polietileno 2800 l Acqualimp	und	1,0	R\$ 2.560,90	R\$ 2.560,90	Leroy Merlin
Encanador com encargos	h	24,0	R\$ 15,85	R\$ 380,40	Sinapi
Separador de fluxo first flush	und	1,0	R\$ 43,30	R\$ 43,30	Sempre Sustentável
Kit de acessórios Acqualimp (Filtro de Água, 02 Eletrônicos, 01 Bomba 1/2 HP, 01 Registro de Esfera 3/4", 01 Válvula Bóia 3/4" e 01 Válvula de Pé com Crivo	und	1,0	R\$ 882,55	R\$ 882,55	Mais construção
Freio d'água 100 ml Acquasave	und	1,0	R\$ 110,00	R\$ 110,00	Ecocasa
Sifão ladrão Acquasave	und	1,0	R\$ 245,00	R\$ 245,00	Ecocasa
Conjunto flutuante de sucção de 1" com 2.5m	und	1,0	R\$ 583,00	R\$ 583,00	Ecocasa
Tubos e conexões	vb	1,0	R\$ 350,00	R\$ 350,00	Estimado (~5%)
TOTAL				R\$ 6.699,03	-

Portanto, o custo total estimado da implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para um módulo de duas casas de 3 quartos, com 5 habitantes cada, localizada no bairro Jardins Mangueiral, foi de R\$ 6.699,03. Além do custo inicial, há de se levar em conta os custos anuais de manutenção do sistema, que foram considerados como 3% custo de implementação do SAAP, já que valores encontrados na literatura indicam valores entre 1% (ALICE, 2014) e 6% (SAMPAIO, 2013). O investimento inicial e os custos de operação e manutenção serão divididos entre as duas casas atendidas pelo sistema. Logo, para cada casa, o investimento inicial é de R\$ 3.349,50 e os custos anuais de manutenção e operação são de R\$ 100,49.

4.8. Viabilidade do SAAP

A análise econômica foi feita baseada nas tarifas praticadas pela CAESB no Distrito Federal, mostradas na Tabela 15. Com esses valores foi possível calcular os gastos antes e depois do sistema e, conseqüentemente, saber a economia financeira promovida pela implementação do sistema.

Tabela 15. Tarifas de abastecimento de água

Faixa m ³		Vol. Faixa (m ³)	Alíquota (R\$) Preço p/ m ³
1)	0 a 10	10	2,86
2)	11 a 15	5	5,31
3)	16 a 25	10	6,78
4)	26 a 35	10	10,96
5)	36 a 50	15	12,09
6)	> 50		13,25

Fonte: CAESB

O valor do consumo é cobrado por faixa e valor da tarifa de esgotos corresponde a 100% do valor da tarifa de água. Assim sendo, os preços mostrados na Tabela 15 são multiplicados por 2 para que seja feita a cobrança final. O cálculo do valor mensal cobrado pelo consumo para uma residência está na Tabela 16, considerando que consumo total de uma residência é de 750 litros/dia, totalizando 22,5 m³ mensais.

Tabela 16. Consumo e valor mensal da conta de água sem o SAAP

Faixa m ³		Vol. Faixa (m ³)	Preço p/m ³	Total
1)	0 a 10	10	R\$ 5,72	R\$ 57,20
2)	11 a 15	5	R\$ 10,62	R\$ 53,10
3)	16 a 25	7,5	R\$ 13,56	R\$ 101,70
Total		22,5	-	R\$ 212,00

O valor médio de cobrança para essa habitação seria de R\$ 212,00 por mês. Com a implementação do SAAP este valor seria reduzido em função do volume de água de chuva aproveitada. Foi feita uma análise, mostrada na Tabela 17, para verificar essa redução no consumo e a conseqüente economia no valor da cobrança. O volume aproveitado de água da chuva é a metade dos volumes considerados anteriormente, visto que cada bloco é constituído por duas casas, dividindo, assim, a água aproveitada.

Tabela 17. Consumo e valor mensal da conta de água com o SAAP

Mês	Precipit. (mm)	Volume aproveitável de chuva (m ³)	Consumo mensal com SAAP (m ³)	Cobrança pela água
Jan	235	6,4	16,2	R\$ 125,89
Fev	211	5,7	16,8	R\$ 134,71
Mar	197	5,3	17,2	R\$ 140,13
Abr	132	3,6	19,0	R\$ 163,86
Mai	38	1,1	21,5	R\$ 197,76
Jun	8	0,2	22,3	R\$ 209,29
Jul	10	0,3	22,3	R\$ 208,61
Ago	13	0,4	22,2	R\$ 207,25
Set	50	1,4	21,2	R\$ 193,69
Out	162	4,4	18,2	R\$ 153,01
Nov	240	6,5	16,0	R\$ 123,86
Dez	243	6,6	16,0	R\$ 123,18

Com os dados obtidos para o abastecimento sem a implementação do SAAP e após sua implementação, se fez uma tabela comparativa, Tabela 18, que engloba os valores de consumo e de cobrança mensais e totais para os dois casos. Além disso, a tabela também mostra a redução percentual do consumo e o valor da conta de água com o aproveitamento de água pluviais.

Analisando a parte de consumo da Tabela 18, percebe-se que há uma redução de quase 30 % do consumo total nos meses mais chuvosos e uma redução de até 8,6 % durante ou meses

de estiagem (maio a setembro). Mesmo assim, conseguiu-se uma redução anual do consumo de água potável de 41,5 m³, que corresponde a 15,4 % do consumo total sem o SAAP. Essa redução influenciou significativamente os valores de cobrança.

Há uma relação não linear entre consumo e cobrança devido ao fato de que as tarifas são cobradas por faixas de consumo. Assim sendo, a redução percentual na cobrança é maior do que a redução percentual do consumo, porque ao diminuir o consumo de água, há uma redução do volume cobrado nas faixas mais caras. O que vimos, então, foram economias de quase 42% nas contas dos meses mais chuvosos, com um total de economia anual de R\$562,74, correspondente a 22,1% do custo total anual sem a implementação do sistema.

Tabela 18. Comparativo do abastecimento com e sem a implementação do SAAP

Mês	Consumo (m ³)				Cobrança (R\$)			
	Sem SAAP	Com SAAP	Variação	Redução (%)	Sem SAAP	Com SAAP	Variação	Redução (%)
Jan	22,5	16,2	6,4	28,2%	R\$ 212,00	R\$ 125,89	R\$ 86,11	40,6%
Fev	22,5	16,8	5,7	25,3%	R\$ 212,00	R\$ 134,71	R\$ 77,29	36,5%
Mar	22,5	17,2	5,3	23,6%	R\$ 212,00	R\$ 140,13	R\$ 71,87	33,9%
Abr	22,5	19,0	3,6	15,8%	R\$ 212,00	R\$ 163,86	R\$ 48,14	22,7%
Mai	22,5	21,5	1,1	4,7%	R\$ 212,00	R\$ 197,76	R\$ 14,24	6,7%
Jun	22,5	22,3	0,2	0,9%	R\$ 212,00	R\$ 209,29	R\$ 2,71	1,3%
Jul	22,5	22,3	0,3	1,1%	R\$ 212,00	R\$ 208,61	R\$ 3,39	1,6%
Ago	22,5	22,2	0,4	1,6%	R\$ 212,00	R\$ 207,25	R\$ 4,75	2,2%
Set	22,5	21,2	1,4	6,0%	R\$ 212,00	R\$ 193,69	R\$ 18,31	8,6%
Out	22,5	18,2	4,4	19,3%	R\$ 212,00	R\$ 153,01	R\$ 58,99	27,8%
Nov	22,5	16,0	6,5	28,9%	R\$ 212,00	R\$ 123,86	R\$ 88,14	41,6%
Dez	22,5	16,0	6,6	29,1%	R\$ 212,00	R\$ 123,18	R\$ 88,82	41,9%
TOTAL	270	228,5	41,5	15,4%	R\$ 2.544,00	R\$ 1.981,26	R\$ 562,74	22,1%

As economias anuais geradas com a implementação do sistema irão compensar, ao longo dos anos, o investimento inicial feito para implementação do sistema. Para analisar o tempo de retorno do investimento, foi feita uma análise do *payback time* (Tabela 19), considerando o investimento inicial, custos de operação e manutenção do sistema e os benefícios monetários provenientes da economia de água.

Tabela 19. Tempo de retorno do investimento

Custos e benefícios	Valor
Investimento inicial	R\$ 3.349,50
Operação e manutenção anual	R\$ 100,49
Economia anual	R\$ 562,74
Tempo de Retorno do Investimento (anos)	7,3

Um aspecto importante para avaliar o tempo de retorno do investimento é o tempo de vida útil do projeto. May (2004), Silva (2007) e Sampaio (2013) consideraram em seus estudos um tempo de vida útil de 20 anos. O tempo de retorno encontrado para o caso estudado foi de 7,3 anos, que foi um valor razoável levando em consideração a vida útil do sistema. Porém, Tomaz (2009) indica que, na média, os sistemas de aproveitamento de água das chuvas têm tempo de retorno de no máximo 3 anos.

Para a análise da viabilidade deve-se considerar, além dos fatores já citados, o fato de que o SAAP estudado foi dimensionado para casas de um programa habitacional, em que as áreas de captação são, geralmente, bem inferiores do que a maioria das habitações. Além disso, o local estudado - Distrito Federal - tem um regime pluviométrico peculiar em relação à outras regiões do Brasil, com vários meses de estiagem, que faz com que o SAAP não supra a demanda, necessitando ser alimentado pelo abastecimento público. Mesmo assim, o volume de 41,5 m³ de água da chuva aproveitado é razoável, principalmente se for considerado a implementação do SAAP em todas as casas de 3 quartos da QC-14. Nesse caso, o volume poupado seria de 10.624 m³ ou 10,6 milhões de litros por ano.

Apesar do tempo de retorno poder ser considerado alto por alguns autores, há mecanismos para que parte do investimento inicial seja subsidiado ou financiado pelo governo, em contrapartida aos benefícios que o aproveitamento de água da chuva traz à sociedade. A implementação do SAAP, além de ajudar na conservação e uso racional da água, reduz o uso de água potável para fins menos nobres, diminui a demanda da drenagem urbana, evitando inundações, e cria uma consciência coletiva acerca da importância da sustentabilidade ambiental, social e econômica nas cidades e, mais especificamente, na construção civil.

5. CONCLUSÃO

5.1. Conclusões gerais

A implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais requer o conhecimento de várias variáveis, que dependem do local da implementação, tipologia da habitação e até mesmo nível socioeconômico das famílias abrangidas pelo sistema. No estudo da viabilidade de um SAAP para habitações do bairro Jardins Mangueiral no Distrito Federal percebeu-se dificuldades em relação a pequenas áreas de captação e ao regime de chuvas típico de Brasília. Mesmo assim, chegou-se a resultados muito interessantes quanto o potencial de economia de água e de dinheiro que a implantação do sistema traria a comunidade do bairro.

A demanda por água para fins não potáveis não foi atendida totalmente pelo aproveitamento de água das chuvas, mas o sistema conseguiria atender 50,6 % dessa demanda. Isso traria uma economia de 15,4 % do consumo de água na residência e refletiria em uma economia financeira de 22,1 % ao ano, valor que faz a diferença no orçamento das famílias. Caso implantado em todas as casas de 3 quartos da quadra estudada, geraria uma economia de mais de 10 milhões de litros de água potável por ano, valor que poderia ser ainda mais potencializado com a implementação dos sistemas em todas as 15 quadras do bairro.

Conseguiu-se o dimensionamento de um sistema com componentes relativamente simples e facilmente encontrados no mercado nacional, com um custo de R\$ 3.349,50 por cada casa, sendo que as economias financeiras causadas pelo aproveitamento da água da chuva pagariam o investimento inicial em 7,3 anos. Alguns autores indicam esse tempo como sendo elevado e sugere-se que haja participação governamental no incentivo das práticas de conservação e uso racional da água. Tais incentivos podem ser tanto em subsídios para a instalação do sistema, quanto apoio técnico ou financiamento dos custos do investimento inicial, visto que aproveitamento de água traz vários benefícios para a sociedade como um todo. Os principais benefícios citados no trabalho são conservação e uso racional da água, a redução do uso de água potável para fins menos nobres, diminuição da demanda de drenagem urbana, evitando inundações, e a criação de uma consciência coletiva acerca da importância da sustentabilidade ambiental, social e econômica nas cidades.

Espera-se que este trabalho venha a contribuir de alguma forma para uma difusão maior de ideias sustentáveis e para embasar outros trabalhos acerca do aproveitamento de águas pluviais em ambientes urbanos e, principalmente, em programas governamentais ligados a habitação social.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Há algumas limitações deste trabalho que podem ser exploradas de alguma forma em trabalhos futuros:

- Não houve, nesse trabalho, um estudo para o dimensionamento de SAAP para outras tipologias de habitação do bairro, casas e apartamentos de 2 quartos, o que poderia levar a economias maiores de água. Estudos que abrangessem esses outros tipos de habitação poderiam dar um panorama mais completo do potencial de aproveitamento de água das chuvas no bairro.
- Os volumes considerados de consumo foram baseados em sugestões de diferentes autores e o número de habitantes por casa foi estimado, mas podem não representar a realidade do bairro. Uma investigação mais minuciosa sobre padrões de consumo dessa comunidade permitiria uma análise mais realista e acurada. Uma sugestão para isso seria a aplicação de questionários aos moradores sobre o consumo de água.
- O trabalho não levou em consideração os ajustes futuros de tarifas de águas feitos periodicamente pelas concessionárias e outros fatores econômicos como a inflação e taxa de juros. Uma análise financeira mais aprofundada levando em conta esses fatores poderia chegar a resultados interessantes em relação a viabilidade econômica da implementação dos SAAP.
- Uma pesquisa qualitativa acerca de materiais, componentes e técnicas inovadoras no aproveitamento de águas pluviais seria de grande valia na tentativa de reduzir custos e fazer com que alguns componentes, como filtros, cisternas e desviadores de fluxo pudessem ser fabricados pelos próprios moradores. O resultado poderia ser o desenvolvimento de todo um sistema de aproveitamento de água de chuva de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013. Brasília: ANA, 2013.

ALICE, C. F. Método de avaliação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social. Dissertação de mestrado em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2014. 132 p.

ALMEIDA, R.; OLIVEIRA, N. Estudo preliminar das análises de pluviogramas de Brasília-DF. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AZEVEDO, M. A.; BARBOSA, H. P. Gestão de recursos hídricos no Distrito Federal: Uma análise da gestão dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Ateliê Geográfico, v. 5, n. 1, 2011.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.433, de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e de Coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm >. Acesso em: 15 abr. 2016.

BRITO, L. Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.

DISTRITO FEDERAL. Lei Nº 4.181, de julho de 2008. Cria o Programa de Captação de Água da Chuva e dá outras providências. Disponível em:<http://www.tc.df.gov.br/SINJ/Arquivo.ashx?id_norma_consolidado=58170>. Acesso em: 11 abr. 2016.

DORNELLES, F. Aproveitamento de água da chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2012.

DORNELLES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água da chuva – RBRH (Revista Brasileira de recursos Hídricos), Volume 15 – nº 2 – Abr/Junho, 2012.

GHISI, E. Instalações prediais de águas pluviais. Apostila da disciplina Instalações I. UFSC. Florianópolis: Junho, 2005.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água de Chuva. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. (Editores). Casa Eficiente: Uso racional da Água. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010.

MAIA, F. Série de reportagem do Correio mostra crise no abastecimento de água do DF. Correio Braziliense. Brasília, 22 fev. 2015. Disponível em: <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2015/02/22/interna_cidadesdf,472178/serie-de-reportagem-do-correio-mostra-crise-no-abastecimento-de-agua-do-df.shtml>. Acesso em: 5 abr. 2016.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não-potável em edificações. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G.(Orgs). Águas doces no Brasil. 4. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 732 p.

OLIVEIRA, L. H; ILHA, M. S. O; GONÇALVES, O. M; YWASHIMA, L. REIS, R. P. A. Levantamento de estado de arte: Água. Projeto Tecnologias para construção mais sustentável, FINEP 2386/4. São Paulo: 2007. 107p.

RIO DE JANEIRO. Lei Nº 4.393, de 16 de setembro de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Disponível em: <<http://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/135934/lei-4393-04>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

SAMPAIO, F. V. (2013). Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM 154/2013. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 165p.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água. Paranoá, Brasília, no 10, p. 77-84, 201.

SÃO PAULO. LEI Nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

SETTI, A. A; LIMA, J. E. F.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2. Ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/introducao_gerenciamento.pdf Acesso em: 10 abr. 2016.

SHIKLOMANOV, I.; RODDA, J. World water resources at the beginning of the twenty-first century. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003.

TOKARNIA, M. Morador do DF usa 84 litros de água a mais por dia do que o recomendado pela OMS. Agência Brasil. Brasília, 20 mar. 2015. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-03/morador-do-df-usa-84-litros-de-agua-mais-por-dia-do-que-o-recomendado-pela-oms>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

TOMAZ, P. Previsão do consume de água: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2000. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_previsao_%20de_%20consumo_agua_170114/previsao_de_consumo_de_agua.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. São Paulo: 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2016.

UN-HABITAT. Rainwater Harvesting and Utilisation, United Nations Human Settlements Programme. Nairobi, Kenya: 2005. Disponível em: <http://www.unwac.org/new_unwac/pdf/WATSAN_Normative_Pubs/Blue_Drop_Series_02_-_Capacity_Building.pdf> Acesso em: 10 abr. 2016.

VIANA, C. A. V. Setor habitacional Jardins Mangueiral: Lições aprendidas pela 1ª PPP habitacional do Brasil. Apresentação da CODHAB. 2014.

YWASHIMA, L. A.; CAMPOS, M. A. S.; PIAIA, E.; LUCA, D. M. P.; ILHA, M. S. O. Caracterização do uso de água em residenciais de interesse social em Paulínia. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis, agosto 2006.