

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

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SISTEMAS DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM  
CONDOMÍNIO HORIZONTAL**

**MARCUS DANILO RODRIGUES PERFEITO  
VINÍCIUS SILVA MARQUES**

**ORIENTADORA: CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL**

**BRASÍLIA / DF: JULHO / 2015**

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

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SISTEMAS DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM  
CONDOMÍNIO HORIZONTAL**

**MARCUS DANILO RODRIGUES PERFEITO  
VINÍCIUS SILVA MARQUES**

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 AMBIENTAL.

**APROVADA POR:**

---

**CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE, PhD (UnB)  
(ORIENTADORA)**

---

**FELIPE EUGÊNIO DE OLIVEIRA VAZ SAMPAIO, Mestre. (UnB)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

---

**OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO, Doutor (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 09 de julho de 2015.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

PERFEITO, MARCUS DANILO RODRIGUES; MARQUES, VINÍCIUS SILVA  
Análise de Viabilidade de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em  
Condomínio Horizontal. Monografia de Projeto Final [Distrito Federal] 2015.

x, 72, 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2015)  
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Conservação da água
  2. Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais
  3. Análise de Sensibilidade
- I. ENC/FT/UnB

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

PERFEITO, M.D.R.; MARQUES, V.S.; (2015). Análise de Viabilidade de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Condomínio Horizontal. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 72p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DOS AUTORES: Marcus Danilo Rodrigues Perfeito; Vinícius Silva Marques.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise de Viabilidade de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Condomínio Horizontal.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2015

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. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Marcus Danilo Rodrigues Perfeito

SQS 102 Bloco E Ap 402

70.330.050 - Brasília/DF – Brasil

---

Vinícius Silva Marques

QE 34 Conjunto C Casa 17 – Guará 2

71.065.032 - Brasília/DF – Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Expressamos nosso agradecimento a Deus por todas habilidades e oportunidades proporcionadas por Ele. Quem nos capacitou e esteve sempre ao nosso lado para chegarmos até aqui. Obrigado, Pai.

Aos pais pelo apoio e amor incondicional, os quais tornaram a oportunidade de aprendizado possível, que investiram desde pequenos em nossos estudos. Aos irmãos pela torcida por nosso sucesso e por sonharem junto conosco.

Em especial, pela noiva do graduando Marcus Danilo e amiga do graduando Vinícius Marques, pelo apoio, pela dedicação e pelo tempo disponível em ajudar com o projeto final, seja nos encontros no escritório, seja corrigindo um português aqui ou ali, seja dando ideias para somar ao trabalho.

A nossa professora e orientadora Conceição Maria de Albuquerque pelo tempo que dedicou em nos ajudar, pela disposição em marcar reuniões, pela paciência, pelo apoio e incentivo e por dividir conosco o seu conhecimento. Agradecemos pelo contato com o Condomínio e por todos os e-mails enviados.

Aos demais professores do curso de Engenharia Ambiental que se dedicaram para nos ensinar, por cada aula ministrada, por cada trabalho e provas que nos desafiaram e inspiraram aos estudos.

Ao Condomínio AMOBB, pela disponibilidade e atenção dispensados, a cada colaborador que nos atendeu com empenho para aplicação dos questionários e, claro, aos moradores que nos forneceram todas as informações necessárias para a viabilidades deste estudo.

Aos colegas que fizemos ao longo do curso de Engenharia Ambiental pela parceria e aprendizado mútuo, com certeza, o convívio (entre aulas, trabalhos, provas e risadas) colaborou significativamente para nosso crescimento. Desejamos sucesso a todos.

## RESUMO

O crescimento da população ao longo dos anos tem feito com que a demanda por água aumente cada vez mais, especialmente em centros urbanos. Diante disso, para se evitar um problema de escassez de água, o uso de fontes alternativas de suprimento de água vem se tornando cada vez mais atrativo carecendo ainda da realização de avaliações de viabilidades para tornarem-se soluções possíveis. Dentre as fontes alternativas que se apresentam, merece destaque o aproveitamento da água da chuva. Este trabalho fez uma análise de viabilidade de sistemas de aproveitamento da água de chuva (SAAP) para fins não potáveis como o da irrigação de jardins e o uso em vasos sanitários em moradias unifamiliares de condomínios horizontais. Foi implementada uma análise de viabilidade econômica no condomínio Morada de Deus (AMOB), situado na Região Administrativa de São Sebastião, no Distrito Federal. Será analisada a série histórica de chuva diária da cidade de Brasília entre os anos de 1965 a 2014. O reservatório é um item importante no sistema de água de chuva, devendo ser dimensionado corretamente para não inviabilizar economicamente o sistema. O método utilizado para realizar este dimensionamento foi o de simulação do balanço de massa do reservatório de acumulação. A análise de viabilidade econômica será feita através da comparação de técnicas de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL) e *Payback* Descontado (PBD). O levantamento de parâmetros técnicos que influenciam no dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais, tais como demanda e área de telhado, foi realizado a partir da aplicação de questionário e com o uso de geoprocessamento. A análise de viabilidade econômica do SAAP mostrou que: 10% de casas não poderiam ser atendidas por nenhum tipo de cisterna; 24% das casas poderiam ser atendidas somente pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>; 22% atendidas tanto pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup> como pela de 5,0m<sup>3</sup>; 44% de casas atendidas pelos três tipos de cisternas. Para realização das análises de sensibilidade, utilizaram-se os parâmetros de Taxa de Mínima Atratividade (TMA), taxa de desconto adotada para aplicação do Valor Presente Líquido, e consumo de água médio per capita de duas regiões administrativas específicas do Distrito Federal, ambos comparados ao VPL. Notou-se que quanto maior a TMA adotada, menor são os valores de VPL do projeto e, diferentemente, quanto menor o consumo médio per capita de uma residência, menor o VPL.

# SUMÁRIO

Capítulo	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO .....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1. PADRÃO DE EXPANSÃO URBANA NO DF .....	4
3.2. USO RACIONAL DA ÁGUA EM HABITAÇÕES .....	9
3.3. QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA.....	11
3.4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO DF .....	13
3.5. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS(SAAP) .....	15
3.5.1. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO SAAP .....	18
3.6. DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO .....	19
3.7. VIABILIDADE ECONÔMICA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA .....	20
3.7.1. TAXA DE MÍNIMA ATRATIVIADE.....	20
3.7.2. MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	21
3.7.3. TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO ( <i>PAYBACK</i> ).....	21
3.8. NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES PARA APROVEITAMENTO E COLETA DA ÁGUA DE CHUVA .....	22
4. METODOLOGIA .....	25
4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO E OBTENÇÃO DE ÁREAS DE CAPTAÇÃO PARA O SAAP .....	26
4.2. DETERMINAÇÃO DO PERFIL DA DEMANDA POR ÁGUA NÃO POTÁVEL NAS UNIDADES UNIFAMILIARES DO CONDOMÍNIO AMOBB .....	30
4.3. DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO DE SAAP .....	31
4.4. DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SAAP .....	36
5. ANÁLISES E REULTADOS .....	41
5.1. PERFIL DOS MORADORES DO CONDOMÍNIO.....	41
5.2. CASAS ATENDIDAS PELAS CISTERNAS.....	42
5.2.1. CISTERNA DE 2,8m <sup>3</sup> .....	44
5.2.2. CISTERNA DE 2,8m <sup>3</sup> e 5,0m <sup>3</sup> .....	46
5.2.3. CISTERNA DE 2,8m <sup>3</sup> ,5,0m <sup>3</sup> e 10m <sup>3</sup> .....	47
5.3. CASAS NÃO ATENDIDAS POR NENHUM TIPO DE CISTERNA .....	49
5.4. MAPEAMENTO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS.....	51

5.5. ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO SAAP PARA UM VALOR MÉDIO DOS PARÂMETROS DE PROJETO .....	53
5.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO SAAP.....	54
5.6.1. TAXA DE MÍNIMA ATRATIVIDADE (TMA) X VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL).....	55
5.6.2. CONSUMO MÉDIO PER CAPITA (m <sup>3</sup> /hab.dia) X VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL).....	56
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....	59
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	61
ANEXO A – PLANILHA DE DETALHAMENTO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS PARA AS CASAS QUE RESPONDERAM AO QUESTIONÁRIO .....	65

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 3.1 – População e Distribuição Relativa (%) para o Brasil e Grandes Regiões – 2000/2010.....	5
Figura 3.2 – Consumo de Água Per Capita em Diferentes Regiões .....	12
Figura 3.3 – Mapa Hidrográfico do Distrito Federal.....	14
Figura 3.4 – Esquema do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva .....	17
Figura 4.1 – Diagrama das etapas de análise de viabilidade no condomínio AMOBB .....	26
Figura 4.2 – Localização da área de estudo .....	27
Figura 4.3 – Fachada da entrada do condomínio AMOBB.....	28
Figura 4.4 – Condomínio Fechado Horizontal AMOBB – Mapa de Situação .....	29
Figura 4.5 – Planialtimetria do terreno do condomínio AMOBB.....	30
Figura 4.6 – Folder explicativo do SAAP e Questionário Simplificado de aplicação realizado no condomínio.....	31
Figura 4.7 – Modelo de cisterna para armazenamento de água da chuva .....	32
Figura 4.8 – Kit de acessórios inclusos para o funcionamento adequado.....	32
Figura 4.9 – Dimensões das cisternas utilizadas para os diferentes cenários de simulação ....	33
Figura 4.10 – Caixa d’ água 500L.....	34
Figura 4.11 – Bomba de água periférica .....	34
Figura 5.1 – Porcentagens relativas ao número de pessoas por habitação.....	41
Figura 5.2 – Periodicidade de irrigação do jardim por residência. ....	42
Figura 5.3 – Porcentagens de casas não atendidas e atendidas para os diferentes tipos de cisternas.....	44
Figura 5.4 – Resultados encontrados para o condomínio AMOBB .....	53
Figura 5.5 – Análise de Sensibilidade: TMA x VPL .....	56
Figura 5.6 – Análise de Sensibilidade: Consumo médio per capita x VPL .....	58

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela 3.1 – Crescimento da população brasileira entre 1872 – 2010.....	4
Tabela 3.2 – População prevista no Distrito Federal, entre 2000 e 2040 .....	7
Tabela 3.3 – Tipos de condomínios fechados .....	8
Tabela 3.4 – Projeção de consumo per capita de água prevista nas Regiões Administrativas do DF em 2015 .....	13
Tabela 3.5 – Dados de produção de água potável. ....	14
Tabela 3.6 – Frequência de manutenção no Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva	17
Tabela 3.7 – Vida útil de componentes hidráulicos .....	18
Tabela 3.8 – Coeficiente de Runoff médios .....	19
Tabela 3.9 – Indicadores de consumo .....	19
Tabela 4.1 – Altura, diâmetro e peso dos diferentes tipos de cisternas utilizadas. ....	33
Tabela 4.2 – Planilha de simulação para diferentes tipos de cisternas .....	34
Tabela 4.3 – Valor da alíquota para residência normal .....	37
Tabela 4.4 – Modelo de planilha elaborada para a análise financeira do SAAP e cálculo do Valor Presente Líquido .....	39
Tabela 4.5 – Modelo de planilha utilizada para o cálculo do PBD.. ....	40
Tabela 5.1 – Modelo de planilha utilizada para reunir os resultados encontrados necessários para análise de viabilidade do SAAP .....	43
Tabela 5.2 – Resultados encontrados para as casas atendidas pela cisterna de 2,8m <sup>3</sup> . ....	44
Tabela 5.3 – Porcentagens médias de dias que são atendidos totalmente, parcialmente ou não atendidos durante o ano pela cisterna de 2,8m <sup>3</sup> . ....	45
Tabela 5.4 – Resultados encontrados para as casas que poderiam ser atendidas pela cisterna de 2,8m <sup>3</sup> ou de 5,0m <sup>3</sup> . ....	46
Tabela 5.5 – Porcentagens médias de dias que são atendidos totalmente, parcialmente ou não atendidos durante o ano pelas cisternas de 2,8m <sup>3</sup> ou 5,0m <sup>3</sup> .....	47
Tabela 5.6 – Resultados encontrados para as casas que poderiam ser atendidas pela cisterna de 2,8m <sup>3</sup> , 5,0m <sup>3</sup> ou 10m <sup>3</sup> . ....	48
Tabela 5.7 – Porcentagens Médias de dias que são atendidos totalmente, parcialmente ou não atendidos durante o ano pelas cisternas de 2,8m <sup>3</sup> , 5,0m <sup>3</sup> ou 10m <sup>3</sup> .....	49
Tabela 5.8 – Casas não atendidas por nenhum tipo de cisterna. ....	50
Tabela 5.9 – Residências que não foram atendidas devido aos baixos valores de benefícios líquidos (R\$) encontrados no período de 30 anos. ....	51
Tabela 5.10 – Residências que não foram atendidas devido aos baixos valores de área de telhado encontrados. ....	51
Tabela 5.11 – Análise de viabilidade do SAAP para casa referência. ....	54
Tabela 5.12 – Análise de Sensibilidade: TMA x VPL .....	55
Tabela 5.13 – Análise de Sensibilidade: Consumo per capita x VPL .....	57

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;  
Ac – Área de captação  
ADASA – Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal;  
AMOB – Associação Pró-Moradia dos Funcionários do Banco do Brasil;  
BA – Bahia;  
CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal;  
CHF's – Condomínios Horizontais Fechados;  
CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal;  
C – Coeficiente de escoamento superficial;  
D – Demanda de água;  
DF – Distrito Federal;  
EUA – Estados Unidos da América;  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;  
ID – Identificado de residência;  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;  
K – Capacidade volumétrica do reservatório;  
MG – Minas Gerais;  
Np – Número de pessoas que residem na casa;  
ONU – Organização das Nações Unidas;  
P – Volume água de chuva captada no reservatório;  
PBD - *Payback* Descontado;  
PBS - *Payback* Simples;  
PURAE – Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações;  
PVC – Policloreto de Vinila;  
R – Volume retirado;  
RA's – Regiões Administrativas;  
RIDE – Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno;  
RN – Rio Grande do Norte;  
SAAP – Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial;  
SC – Santa Catarina;  
SP – São Paulo;  
TMA - Taxa de Mínima Atratividade;  
ÚNICA – União dos Condomínios Horizontais e Associações de Moradores no Distrito Federal;  
V – Volume de água;  
VPL – Valor Presente Líquido;

# 1. INTRODUÇÃO

A água que utilizamos no nosso dia a dia está se tornando cada vez mais escassa devido ao aumento permanente da demanda, à deterioração da qualidade dos mananciais urbanos e há problemas de gestão ainda não solucionados. De toda parcela existente de água doce (2,5%), apenas, 0,3% está concentrada em mananciais, lagos e reservatórios. Já os 2,2% restantes se encontram em: calotas polares (68,9%) e águas subterrâneas (29,9%) conforme (WERNECK, 2005 *apud* OLIVEIRA, 2007).

No Brasil, a Lei nº 9.433 de janeiro de 1997, conhecida como “Lei das Águas”, define a água como um recurso natural que pertence a todos, porém vulnerável e esgotável. Em situações de escassez, essa deve ser prioritariamente utilizada para abastecimento humano e dessedentação animal.

A água é essencial à vida no nosso planeta, ao desenvolvimento da economia e à preservação ambiental. Muitos são os fatores que agravam a disponibilidade de água e, conseqüentemente, levam a sua possível escassez. Pode-se mencionar, por exemplo: crescimento da população, consumos individuais cada vez maiores, mau uso, poluição dos corpos d’água.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o censo 2010 mostrou que a distribuição da localização da população no Brasil está cada vez mais urbanizada. A população no ano de 2010 era cerca de 190.732.694 habitantes contra 169. 799.170 habitantes no ano de 2000. Houve, portanto, um crescimento de 12,33% entre os anos de 2000-2010. Em 2000, 81% dos brasileiros viviam em áreas urbanas enquanto que, em 2010, éramos 84,35%. O Distrito Federal, em 2000, contava com uma população de 2.051.146 habitantes. Em 2010, a população do DF por volta de 2.562.963 habitantes, ou seja, um crescimento de 24,95% em 10 anos. Aumentos populacionais como esses vêm sobrecarregando os sistemas de abastecimento de água.

Existem duas categorias de usos da água destinada ao consumo humano. Classifica-se como uso potável aquele proposto para higiene pessoal, para beber e para cozinhar alimentos e como uso não potável aquele proposto para lavagem de roupas, carros e calçadas, para irrigação de jardins e para descargas de vasos sanitários (TOMAZ, 2011 *apud* ANNECCHINI, 2005).

Segundo Dixon *et al.*, (1999) o aproveitamento da água da chuva pode ser uma das simples soluções para conservar a água e tem como vantagens: diminuir a dependência dos sistemas convencionais de abastecimento de água e reduzir a pressão sobre sistemas de drenagem.

Assim, o aproveitamento de água de chuva em residências pode colaborar com a preservação de mananciais, com a diminuição de enchentes nas cidades e com a diminuição da utilização de energia e matéria-prima na captação, abastecimento, tratamento e distribuição de água potável. Nas zonas rurais e em regiões onde há insuficiência de água, geralmente, são utilizados reservatórios (cisternas) para armazenar água da chuva durante os períodos de baixas precipitações pluviométricas.

O presente trabalho busca avaliar a viabilidade de SAAP como alternativa para reduzir o consumo de água potável em usos não nobres no condomínio horizontal Morada de Deus da Região Administrativa de São Sebastião, no Distrito Federal. O SAAP concebido para cada unidade unifamiliar do condomínio deve ser aplicado para finalidades não potáveis, principalmente, para irrigação de jardins e áreas verdes, limpeza de calçadas, de pisos e vasos sanitários.

Dessa forma, este presente trabalho está estruturado em 3 capítulos. No primeiro capítulo, a revisão bibliográfica é apresentada com enfoque nas discussões teóricas sobre a população do DF, disponibilidade hídrica, perfis de consumo da população, sistemas de aproveitamento de águas pluviais, alguns aspectos econômicos, normas técnicas e legislações.

O segundo capítulo discorre sobre as etapas necessárias para atingir os objetivos traçados neste estudo, com a finalidade de proporcionar uma visão apropriada do cenário para discussão do tema.

Já no terceiro capítulo, analisam-se aspectos que abrangem perfil dos moradores do condomínio AMOBB, capacidade de atendimento das cisternas com o comparativo dos tipos existentes, além da análise de sensibilidade e econômica dos parâmetros utilizados na simulação. Por fim, as conclusões obtidas por decorrência do presente estudo, além de recomendações para os próximos.

## **2. OBJETIVO**

Analisar a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial como fonte alternativa para atendimento a demanda por água não potável em um condomínio horizontal de base unifamiliar com alto padrão de consumo.

Os objetivos específicos deste trabalho consistem em:

1. Desenvolver ferramenta computacional para automatização de dimensionamento preliminar de SAAP em unidade unifamiliar;
2. Avaliar o uso de valores médios de parâmetros técnicos utilizados em dimensionamento preliminar de SAAP em condomínios horizontais;
3. Avaliar sensibilidade de parâmetros obtidos de dados secundários para o dimensionamento preliminar de SAAP;

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo será abordado de forma simplificada assuntos como: padrão de expansão urbana no DF (surgimento de Brasília e dos condomínios horizontais no DF, crescimento da população do DF), o uso racional da água em habitações (conceito de gestão da demanda e oferta de água, ação conservativa), quantificação do consumo da água, disponibilidade hídrica no DF, sistemas de aproveitamento de águas pluviais (parâmetros a serem considerados, componentes do sistema, vida útil de componentes hidráulicos), dimensionamento de reservatórios de acumulação (balanço de massa do reservatório), viabilidade econômica para o aproveitamento de água de chuva (Taxa de Mínima Atratividade, Valor Presente Líquido, *Payback* Descontado), além das normas técnicas e legislações para o aproveitamento e coleta da água de chuva.

#### 3.1. PADRÃO DE EXPANSÃO URBANA NO DF

O Brasil de 1872 (primeiro censo) a 2010 (décimo segundo censo), passou de 9.930.478 milhões para pouco mais de 190.755.799 milhões de pessoas, ou seja, um aumento de mais de dezenove vezes em menos de 139 anos (IBGE, 2010).

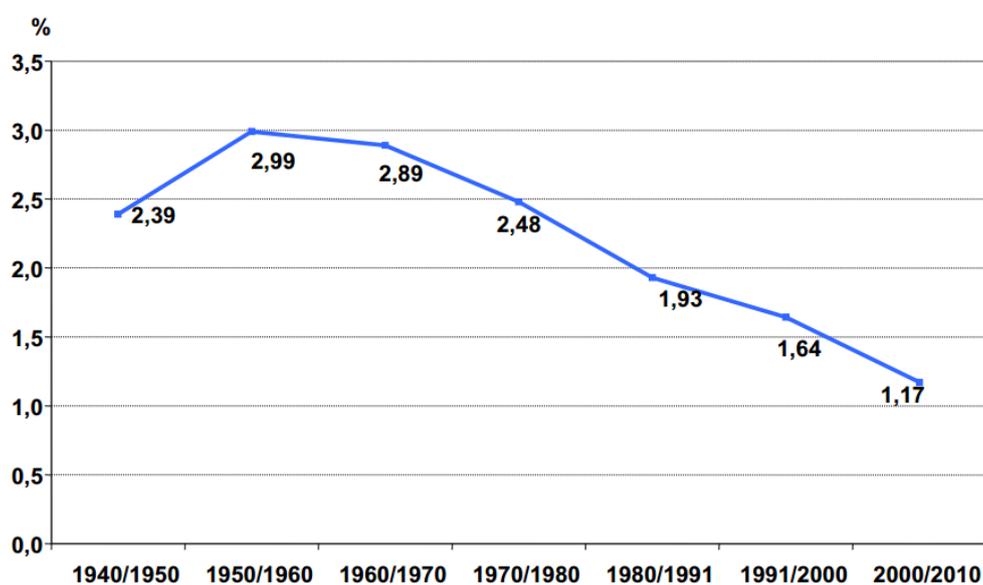
**Tabela 3.1** – Crescimento da população brasileira entre 1872 – 2010.

(Fonte: Recenseamento do Brasil 1872-1920. Rio de Janeiro: Diretoria Geral de Estatística, 1872-1930; IBGE, Censo Demográfico 1940 – 2010.)

<b>Datas</b>	<b>População Residente</b>
01/08/1872	9.930.478
31/12/1890	14.333.915
31/12/1900	17.438.434
01/09/1920	30.635.605
01/09/1940	41.165.289
01/07/1950	51.941.767
01/09/1960	70.070.457
01/09/1970	93.139.037
01/09/1980	119.002.706
01/09/1991	146.825.475
01/08/2000	169.799.170
01/08/2010	190.755.799

O crescimento vegetativo que é a diferença entre a taxa de natalidade e a taxa de mortalidade foi uma das variáveis do aumento populacional no Brasil. Ainda segundo Borges (2006, p. 3) “A explosão populacional ocorrida entre as décadas de 1940 e 1980 foi resultado da combinação de variáveis, tais como a redução muito lenta da natalidade e a redução acentuada da mortalidade”. Saboia (2011) afirma que a redução lenta da natalidade foi associada à difusão dos métodos anticoncepcionais, enquanto a redução acentuada da mortalidade está relacionada aos avanços da medicina, como a descoberta dos antibióticos.

A Figura 3.1 informa a evolução da taxa média geométrica de crescimento anual do Brasil entre 1940 e 2010.



**Figura 3.1** – População e distribuição relativa (%) para o Brasil e as Grandes Regiões – 2000/2010.

(Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000/2010)

De acordo com o gráfico, nota-se que o ritmo do crescimento populacional brasileiro aumentou para quase 3,00% em virtude dos altos níveis de fecundidade vigentes. Já no começo dos anos 1960, inicia-se lentamente o declínio dos níveis de fecundidade fazendo com que as taxas de crescimento populacional subsequentes caíssem (IBGE, 2010).

Queiroz (2006) afirma que o surgimento de Brasília aconteceu quando o Brasil passava por uma transição. Este deixava de ser rural para tornar-se urbano. Durante décadas, a capital federal teve um alto crescimento demográfico culminando com a extrapolação das fronteiras

políticas do Distrito Federal (DF), ou seja, uma expansão física do seu espaço metropolitano. Assim, o entorno do DF se transformou em verdadeira extensão de Brasília.

A respeito da influência que Brasília exerce em vários municípios de Goiás e Minas Gerais, Queiroz relata:

É necessário acrescentar que Brasília influencia uma região maior, que inclui vários municípios dos estados de Goiás e Minas Gerais, sendo conhecida como Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE), uma verdadeira alternativa para a impossibilidade de constituição legal de uma região metropolitana entre um estado e um Distrito Federal. (QUEIROZ, 2006, p.5)

A Região Metropolitana de São Paulo é a mais populosa, com 20,9 milhões de habitantes, seguido da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com 11,9 milhões de habitantes. A Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Distrito Federal e Entorno, ocupa a quinta posição, em relação as 25 maiores regiões metropolitanas do Brasil, com 4.118.154 habitantes. Brasília é o quarto município mais populoso do Brasil, com 2.852.372 habitantes. A cidade teve a segunda maior taxa de crescimento geométrico no período de 2013-2014: 2,25% entre as capitais do Brasil (IBGE, 2014).

Segundo matéria publicada no Correio Brasiliense (2014), o presidente da Companhia de Planejamento do DF (CODEPLAN), Júlio Miragaya, afirma que a taxa de crescimento de Brasília é o dobro da nacional e que se observa uma desaceleração do fluxo migratório, em parte explicada pelas políticas de transferência de renda. No DF, o fluxo migratório continua alto devido às atrações de emprego e atividades econômicas desenvolvidas na região, ocasionando uma concentração de população com alto nível de renda.

No plano Diretor de Águas e Esgotos do Distrito Federal, elaborado em 2000 e atualizado em 2006, foi feita uma projeção do crescimento da população do DF até o ano de 2040 que teve como objetivo o dimensionamento do crescimento da infra-estrutura baseada no número de habitantes. A Tabela 3.2 teve como base a população prevista para cada localidade, no caso para cada região administrativa (RA) do DF (ADASA, 2012).

**Tabela 3.2 - População Prevista no Distrito Federal, entre 2000 e 2040.**  
(Fonte: Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal)

Regiões Administrativas	Ano								
	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Brasília	198.409	204.621	217.392	232.816	245.155	252.260	257.036	260.441	262.821
Gama	128.605	153.820	168.145	182.866	201.269	215.815	224.614	232.930	240.365
Taguatinga	243.575	280.117	343.250	369.730	395.408	417.987	438.076	454.727	463.418
Brazlândia	57.742	63.838	72.949	79.808	85.847	89.187	91.783	93.966	96.218
Sobradinho	127.770	190.751	212.967	234.833	251.965	269.228	284.919	299.149	312.152
Planaltina	148.133	185.873	277.875	313.971	369.877	397.787	423.727	447.585	470.766
Paranoá	52.872	55.379	59.207	63.426	67.236	73.484	77.820	81.830	86.052
Núcleo Bandeirante	36.472	45.701	56.350	69.813	79.899	87.367	94.215	96.944	98.039
Ceilândia	345.122	342.936	344.833	351.704	351.413	355.595	355.917	356.298	356.661
Guará	115.385	123.699	157.179	171.473	196.597	207.262	221.444	225.216	227.114
Cruzeiro	63.883	88.044	96.552	101.556	104.951	107.177	108.335	109.735	109.989
Samambaia	161.668	166.440	171.470	177.685	180.700	185.649	188.856	191.140	193.427
Santa Maria	98.234	109.823	120.732	136.373	151.170	163.946	176.526	186.337	193.707
São Sebastião	67.262	87.074	115.986	130.036	142.809	151.548	160.456	171.135	179.360
Recanto das Emas	91.321	113.502	132.011	137.084	139.730	142.014	142.817	145.111	146.993
Lago Sul	28.150	28.461	30.249	31.938	33.139	33.813	34.147	34.216	34.226
Riacho Fundo	41.404	51.249	58.978	74.509	90.664	104.728	118.918	130.612	139.778
Lago Norte	29.505	33.708	37.704	43.792	49.786	55.155	60.390	64.479	66.806
Candangolândia	15.634	15.931	16.345	16.910	17.167	17.575	17.811	17.979	18.096
<b>Total DF</b>	<b>2.051.146</b>	<b>2.340.966</b>	<b>2.690.173</b>	<b>2.920.322</b>	<b>3.154.782</b>	<b>3.327.576</b>	<b>3.477.807</b>	<b>3.599.829</b>	<b>3.695.987</b>

De acordo com Martins (2013), a disponibilidade de água para os habitantes do DF se tornará cada vez menor em razão de um aumento médio de 80% (3.695.987 habitantes em 2040 em relação a 2.051.146 habitantes em 2000) da população sendo, assim, necessário adotar medidas alternativas, como a captação de água da chuva, para a possível minimização desse efeito.

O crescimento populacional do DF tem impulsionado mudanças de uso no solo. Observa-se a expansão de manchas urbanas caracterizadas pelos condomínios horizontais.

Com relação ao surgimento dos condomínios fechados no Brasil, Andrade ressalta que:

Não se pode afirmar com certeza a data de surgimento exato dos condomínios fechados no Brasil, até porque estes condomínios não possuíam as mesmas formas dos modelos atuais. No Brasil, este tipo de organização passa a ser expressivo a partir da década de 70, como a implementação de bairros previamente organizados e planejados bem como a forma de ocupação previamente traçada. Assim, surgem os apartamentos em série, considerados os condomínios verticais, comportando, nos bairros mais centrais, uma população composta na sua grande maioria formada por pessoas pertencentes à classe média e média alta. Logo após a popularização dos apartamentos surgem os condomínios horizontais fechados. Estes estavam localizados nas zonas periféricas da cidade (ANDRADE, 2000 *apud* BARROS, 2012, p.27).

Com o crescimento desordenado e de maneira desenfreada das cidades uma série de problemas começou a aparecer. Dentre eles, destacam-se: aumento da criminalidade, problema de tráfego urbano e problemas de segurança pública. Diante disso, um novo conceito de moradia vem sendo consolidado: a dos condomínios horizontais fechados. Este une a função de abrigo,

segurança, privacidade, liberdade para os filhos, infra-estrutura básica e lazer as pessoas que estão à procura disso (BRANDSTETTER, 2001).

Os condomínios horizontais fechados (CHF's) são caracterizados por amplas extensões de área, são urbanizados privadamente, ou seja, para uso particular, privativo e demarcados por barreiras físicas (muros e grades) e espaços vazios, além de se voltarem para o interior e não em direção à rua (CALDEIRA, 1997; DACANAL, 2004 *apud* BARROS, 2012).

Quanto aos vários estudos tipológicos na arquitetura, classifica-os como:

(i) horizontais – quando há apenas habitações unifamiliares; (ii) verticais – quando há edifícios de apartamentos; (iii) mistos – com habitações unifamiliares e edifícios de apartamentos. Quanto à extensão do solo que ocupam, classificou os condomínios fechados em: (i) pequeno – ocupando um lote ou pedaço de quarteirão, com poucas habitações – por volta de 5 a 15; (ii) médio (ocupando um pedaço ou um quarteirão inteiro; e (iv) grande porte (ocupando mais de dois quarteirões – com mais de 100 habitações). (BERCK, 2005 *apud* BARROS, 2012, p.20).

**Tabela 3.3** – Tipos de Condomínios Fechados. (Fonte: BERCK, 2005 *apud* BARROS, 2012).

TIPOS DE CONDOMÍNIOS	TIPO DE USOS	TIPOLOGIA HABITACIONAL	PORTE	LOCALIZAÇÃO NA MALHA URBANA	CLASSES
Horizontal de uso misto	Residência, comércio e serviços	Casas	Pequeno, médio ou grande	Malha urbana e zonas periféricas	Alta e Média
Horizontal de uso residencial	Residência	Casas	Pequeno, médio ou grande	Malha urbana e zonas periféricas	Alta, Média e Baixa
Vertical de uso misto	Residência, comércio e serviços	Edifícios de apartamentos	Pequeno, médio ou grande	Malha urbana e zonas periféricas	Alta e Média
Vertical de uso residencial	Residência	Edifícios de apartamentos	Pequeno, médio ou grande	Malha urbana e zonas periféricas	Alta, Média e Baixa
Mistos <i>edge cities</i> , megacondomínios	Residência, comércio e serviços	Casa e edifícios	Grande	Zonas periféricas	Alta

Em Brasília, devido ao rápido e intenso processo de urbanização ocorrido juntamente com o elevado preço do metro quadrado do solo urbano na região central fizeram com que as áreas mais afastadas do centro ganhassem destaque. O baixo preço e a facilidade de deslocamento para o centro colaboraram, de certa maneira, para que essas áreas fossem rapidamente povoadas (BARROS, 2012).

A propagação dos assentamentos privados horizontais no DF ocorreu na década de 80, com a criação das cidades satélites de Samambaia, Paranoá e Santa Maria, sendo grande parte destes irregulares. De acordo com levantamento feito pela União dos Condomínios Horizontais

e Associações de Moradores no Distrito Federal – UNICA-DF (2011), o DF possui atualmente 844 CHF's cadastrados, e uma média de 1000 sem registros (BARROS, 2012).

Os CHF's por possuírem extensas áreas verdes tanto nas áreas comuns aos condôminos (gramados e jardins, por exemplo) quanto em suas residenciais particulares (jardim e área de lazer) requerem e usam grande quantidade de água. Para minimizar ou reduzir o consumo excessivo de água potável, nesses casos, uma alternativa seria o aproveitamento da água de chuva através da implantação de sistemas de captação (BRAGA, 2008).

Dentre os benefícios em se captar água da chuva, pode-se citar: possível utilização da água armazenada em decorrência de possíveis problemas de abastecimento pela companhia responsável, possível utilização da água armazenada em períodos de seca e possibilidade da redução no consumo de água potável no condomínio (BRAGA, 2008).

### **3.2. USO RACIONAL DA ÁGUA EM HABITAÇÕES**

O Brasil está entre os países que possuem maior disponibilidade hídrica no mundo. Em virtude dessa disponibilidade, a população possui pouca sensibilidade a apelos de ações de uso racional da água ou cuidados para redução dos níveis de consumo da água. A partir da década de 1990, pesquisadores começaram a estudar formas para minimizar o gasto excessivo da água. A conservação de água é definida como “qualquer redução de uso ou de perda de água que implique benefícios líquidos positivos” (BAUMANN, 1984 *apud* MONTENEGRO E SILVA, 1987 *apud* GONÇALVES, 2006, p.42).

O benefício líquido é positivo quando, a agregação de todos os ganhos (benefícios) de uma ação ou de um programa de redução do uso ou da perda, excede a agregação de todos os efeitos adversos (custos) ocasionados pela solução proposta. Também, considera-se que a redução de água não pode ser estudada isoladamente, devido à influência dos outros recursos, a qual deve ser verificada. Dessa forma, se a conservação de um recurso implica no consumo de outro, não existe uma ação que seja verdadeiramente conservacionista.

Os conceitos de gestão de oferta e de demanda tem a função de valorizar a conservação da água na esfera do prestador de serviço e do consumidor. No entanto, para quem presta o serviço tem como objetivo da gestão o retorno financeiro no longo prazo.

Como exemplo, observa-se o fenômeno da expansão urbana. A demanda por água aumenta e surge em uma nova área, com isso, a prestadora de serviço de água que precisa investir em sistemas e em novas formas de captação de água. Consequentemente, o retorno financeiro deste investimento surgirá após certo tempo.

Quanto à oferta, pode-se notar que o cenário pode alterar-se em função de variáveis que em algumas situações não estão sob o controle dos planejadores, como, por exemplo, as alterações dos níveis de precipitação e sua variabilidade. Alguns anos atrás, as prestadoras de serviços responsáveis contavam com disponibilidade hídrica, boa localização e quantidade suficiente para abastecer a população. Atualmente, a oferta foi dificultada devido à diminuição da disponibilidade, ao aumento da população (resultando em aumento de demanda), ao aumento da distância para captação e à baixa qualidade da água (em alguns lugares). Assim sendo, a prestadora de serviço deve investir em novas soluções tecnológicas e de gestão de demanda e fontes alternativas de suprimento de água.

Tendo em vista aspectos observados, constata-se que a gestão da demanda aparenta uma vantagem por ter como princípio utilizar a quantidade de água existente. Utilizando tecnologia para redução dos consumos, perdas e uso mais eficiente das águas, as mudanças de comportamento dos usuários e dos prestadores de serviços, que aplica tarifas para conter o consumo de água (GONÇALVES, 2006).

Esse conceito sobre gestão de demanda e de oferta levou a formulação de uma terminologia conservacionista por Gonçalves (2006):

- Uso racional de água: objetiva o controle da demanda, através da redução do consumo, preservando a quantidade e a qualidade da água para as diferentes atividades consumidoras. São exemplos a instalação de dispositivos economizadores de água e a detecção e correção de vazamentos;
- Conservação de água: prevê o controle da demanda juntamente com a ampliação da oferta, através do uso de fontes alternativas de água, tal como o aproveitamento da água de chuva.

A ação conservativa é definida como o conjunto de práticas, técnicas e tecnologia que propiciam a melhoria sistêmica sobre a demanda e a oferta de água. Segundo Oliveira e Gonçalves (2006), foram elaboradas preposições para classificar as ações conservativas:

- Econômicas: consistem na aplicação de incentivos ou de desincentivos econômicos. Os incentivos podem, por exemplo, se constituir em diferentes formas de subsídios à aquisição e implantação de sistemas e de dispositivos economizadores de água, incentivos fiscais para empreendimentos que possuam medidores individualizados etc. Os desincentivos podem ser constituídos, por exemplo, por tarifas mais elevadas para os maiores consumos;
- Sociais: tem como foco principal a conscientização dos usuários. Campanhas educativas que buscam a adequação de procedimentos e modificações nos padrões de comportamento individual acerca do uso da água;
- Tecnológicas: são ações que interferem na infraestrutura, como, por exemplo, a substituição de sistemas e dispositivos convencionais por outros economizadores de água. Outros exemplos são a implantação de sistemas de medição individualizada do consumo de água, a detecção e a correção de vazamentos e o uso de fontes alternativas de água, tal como o aproveitamento de água pluvial.

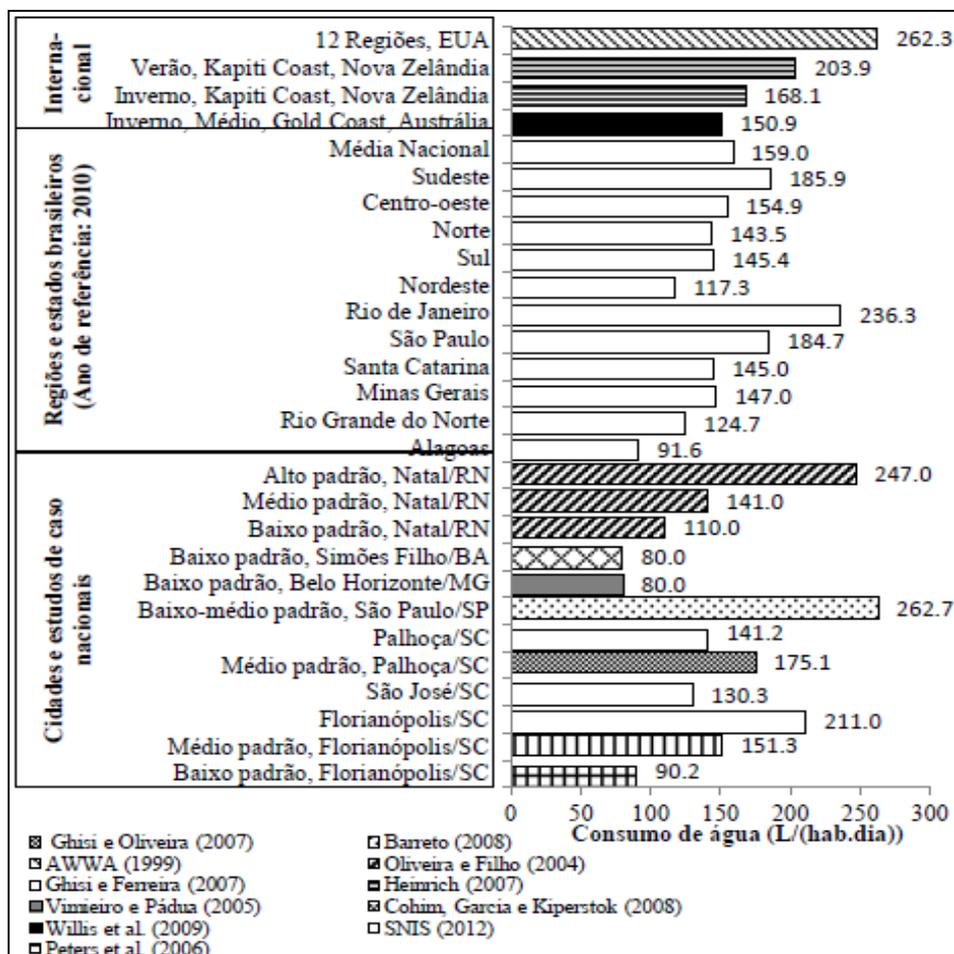
Em virtude do que foi mencionado, percebe-se a necessidade da gestão de demanda a fim de aproveitar a água de forma racional. A implementação do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP) para usos não potáveis em residências é apontado como forma para diminuir o consumo de água potável em atividades que não necessitam desse nível de qualidade, tais como: descarga sanitária, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e veículos.

### **3.3. QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DA ÁGUA**

Nas residências, a identificação de onde se tem o maior consumo de água é fundamental para saber quais ações de conservação serão priorizadas. O consumo de água em uma residência é influenciado pelo: clima da região, renda familiar, número de habitantes da residência, características culturais da comunidade, desperdício domiciliar, valor da tarifa de água, pressão do sistema, estado de conservação das redes e outros (GONÇALVES, 2006).

A quantidade de água para suprir as necessidades básicas de uma pessoa vem sendo discutida por vários autores. A ONU (2012, *apud* PIRES, 2013) defende que para cada pessoa, no mínimo, 20 a 50 litros de água doce por dia são necessárias para garantir suas necessidades básicas, beber, cozinhar e limpeza doméstica.

Na Figura 3.2, a média nacional de consumo de água é de 159,0 L/hab.dia. Já em nível regional, o Sudeste apresenta maior consumo: de 185,9 L/hab.dia. O Nordeste apresenta o menor consumo: 117,3 L/hab.dia.



**Figura 3.2** – Consumo de água per capita em diferentes regiões. (Fonte: Vieira, 2012).

A ADASA (2012) elaborou uma projeção de consumo per capita nas Regiões Administrativas do DF em 2015, representada na tabela 3.4. A projeção exibe um consumo de água médio de 185 L/hab.dia, em decorrência da expansão das cidades ao redor de Brasília.

O consumo de água no Lago Sul chega a 585 L/hab.dia, sendo o maior dentre todas as Regiões Administrativas. Considera-se que a quantidade de residências com piscinas, jardim e grandes áreas verdes colabora para o alto consumo, bem como o elevado poder aquisitivo dos moradores da região.

Já as regiões administrativas do Gama, Planaltina, Ceilândia, Samambaia, Santa Maria, Recanto das Emas, Riacho Fundo e Candangolândia com o menor consumo de água (120 L/hab.dia), justifica-se pelo menor poder aquisitivo, menor área de moradia e, além disso, são

consideradas “cidade dormitório”, que servem de moradia para os trabalhadores das cidades maiores. Sendo assim, o consumo de água é menor, pois a casa fica vazia durante o horário de trabalho.

O condomínio Morada de Deus, objeto de estudo deste trabalho, localiza-se na RA de São Sebastião. A média de consumo de água da região apresentada na projeção da ADASA é de 146 L/hab.dia. Para a média, consideram-se todas as residências e comércios da região. Todavia, por se tratar de um condomínio horizontal, o Morada de Deus é constituído de lotes residenciais com áreas verdes (jardins), gerando assim uma maior demanda por água. Além do mais, apesar desse condomínio estar localizado na Região Administrativa de São Sebastião, a tipologia de suas casas apresentam um padrão diferenciado do padrão apresentado em São Sebastião.

**Tabela 3.4** – Projeção de consumo per capita de água prevista nas Regiões Administrativas do DF em 2015. (adaptada)

(Fonte: Plano Diretor de água e Esgoto do DF *apud* ADASA, 2012)

<b>Regiões</b>	<b>Per capita de consumo (L/hab.dia)</b>	<b>Regiões</b>	<b>Per capita de consumo (L/hab.dia)</b>
Brasília	427	Cruzeiro	427
Gama	120	Samambaia	120
Taguatinga	181	Santa Maria	120
Brazlândia	120	São Sebastião	146
Sobradinho	185	Recanto das Emas	120
Planaltina	120	Lago Sul	585
Paranoá	146	Riacho Fundo	120
Núcleo Bandeirante	219	Lago Norte	294
Ceilândia	120	Candangolândia	120
Guará	216	Média DF	185

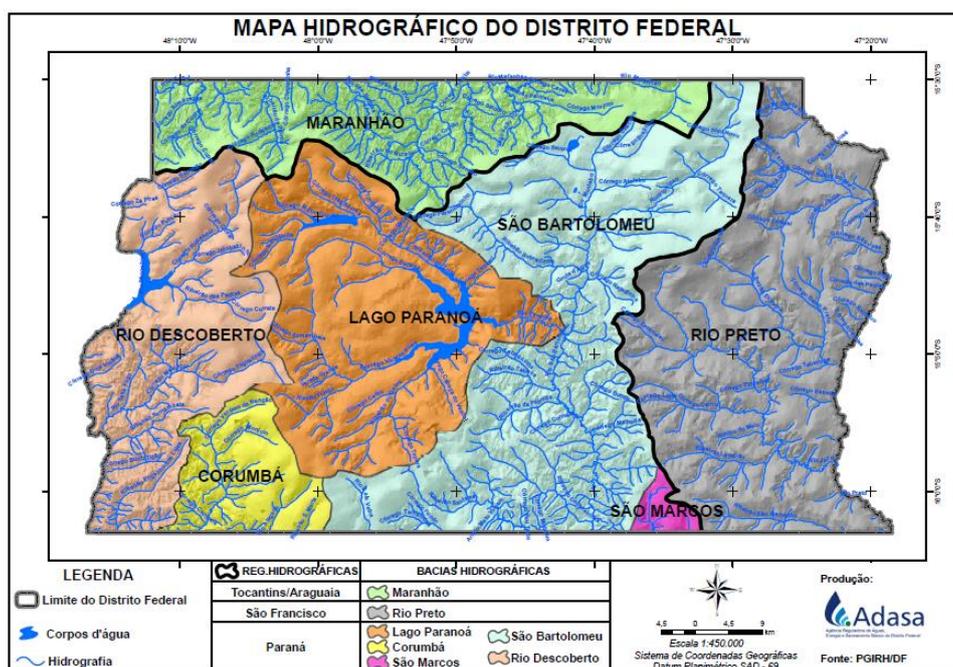
### **3.4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO DF**

O Distrito Federal está em constante adensamento urbano o que se implica em aumento da demanda por água, tanto para abastecimento público, quanto para atividade agropecuária e industrial. Sendo assim, as alterações dos corpos hídricos serão inevitáveis.

O mapa hidrográfico do DF, representado pela Figura 3.3, tem em sua área a influência de três bacias: a Bacia do Paranoá, Bacia do Tocantins/Araguaia e a Bacia do São Francisco.

Na região central do DF, a bacia do Lago Paranoá, possui função de gerar energia, lazer e atua como corpo receptor de esgoto. Às suas margens, encontram-se duas estações de tratamento de efluentes que se localizam na Asa Sul e na Asa Norte. Na parte superior da bacia do Lago Paranoá, região Norte, existem duas captações de água localizadas dentro do Parque Nacional de Brasília: a do Santa Maria e a do Torto (CHISFIDS, 2005 *apud* FERRIGO,2011).

Ao Norte ocorre a bacia do Rio Maranhão e ao Leste a do Rio Preto, ambas são utilizadas para abastecimento humano, porém em menores proporções.



**Figura 3.3** – Mapa hidrográfico do Distrito Federal. (Fonte: ADASA, 2015).

De acordo como a CAESB (2013), as captações de águas superficiais mais utilizadas para abastecimento estão representadas na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5** – Dados de Produção de água potável.

(Fonte: Vazão Outorgada – EMR e demais informações – PPA *apud* CAESB, 2013).

Sistema Produtor	Vazão outorgada menor valor mensal (l/s) (*)	Capacidade de produção instantânea do sistema (l/s) (*)	Vazão média produzida (l/s) – Jan a Dez. de 2013
Descoberto	6.543	5.506	4.578
Torto/Santa Maria	3.467	2.629	2.148
Sobradinho/Panaltina	1.246	1.021	718
Brazlândia	162	153	118
São Sebastião	239	256	212
Total Distrito Federal	11.656	9.565	7.774

(\*) Observação:

- Vazão Outorgada: adotado o menor valor mensal.

- Capacidade de produção: vazão disponível instantânea para produção respeitando-se as limitações das unidades operacionais (capacidade de bombeamento e capacidade de tratamento) e a disponibilidade hídrica para captação.

Para suprir a demanda de água da população do Distrito Federal, a Caesb (2013) possui uma vazão outorgada de 11.656 L/s, capacidade de produção instalada do sistema de 9.565 L/s e a vazão produzida de 7.774 L/s. O sistema Descoberto é responsável pelo abastecimento de 61,5 % da população do Distrito Federal. O segundo maior é o sistema Torto/Santa Maria que representa 20,1% do abastecimento do DF.

Devido ao crescimento populacional, procuram-se novas alternativas para suprir a demanda de água como novas fontes e/ou alternativas de abastecimento. Diante disso, uma alternativa é captar água no Lago Corumbá e Lago Paranoá. O Paranoá está mais perto de torna realidade, porque foi concedida a Licença Prévia – LP nº 26/2013-IBRAM para o Sistema de Abastecimento de Água com a captação no Lago Paranoá, aprovando sob ótica ambiental sua localização e concepção (CAESB, 2013).

### **3.5. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP)**

A captação de água da chuva é considerada um recurso com qualidade e quantidade para atender a diversas demandas potáveis, quando submetidas a tratamento, e não potáveis, dependendo da qualidade desejada pelo o consumidor. Pode ser implantado em condomínios verticais e horizontais, além de galpões, indústrias, comércios, dentre outros.

O sistema de aproveitamento de água da chuva é utilizado em regiões áridas ou semiáridas, com a finalidade de atender à demanda necessária. Em regiões com regime pluvial favorável, esse sistema pode ser utilizado como recurso alternativo para complementar o abastecimento, principalmente para fins não potáveis (LAMBERTS, 2010). Com isso, colabora-se para redução do uso de água tratada e redução da conta, além de ser uma forma de uso racional do recurso hídrico.

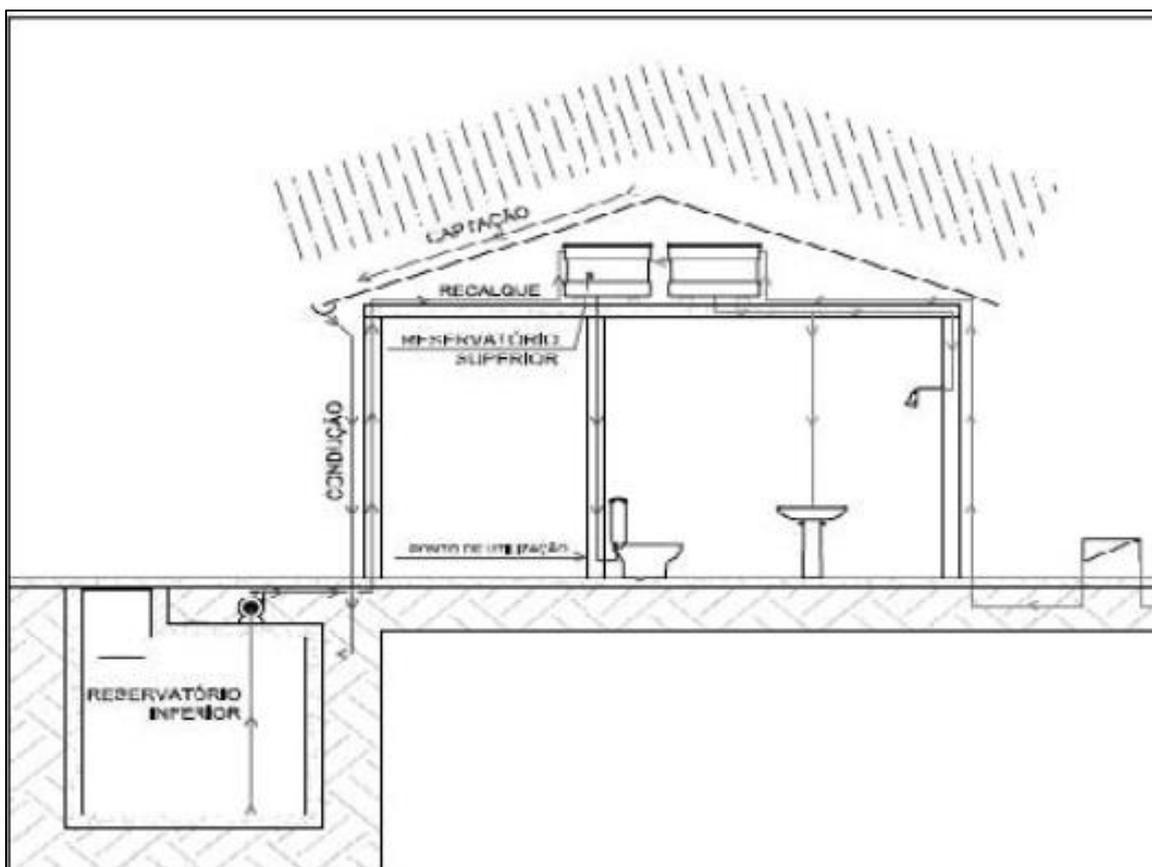
Os principais parâmetros a serem considerados no projeto de um sistema de aproveitamento de água de chuva são:

- A demanda por água de chuva;
- A demanda por água potável;
- A qualidade requerida ao uso pretendido;
- O regime pluviométrico local indicado, o índice médio de precipitação pluviométrica e sua distribuição no tempo e no espaço;

- O período de estiagem, em termo de número máximo de dias consecutivos sem chuva, considerando um período mínimo de segurança aceitável para cada situação, ou seja, para um período de retorno satisfatório;
- A área de captação necessária, disponível ou ainda possível de ser utilizada e de acordo com a qualidade de água requerida.
- O coeficiente de aproveitamento de água da chuva.

O SAAP em edificações, para fins não potável, pode ser usado para lavagem de vasos sanitários (descargas), sistemas de ar condicionado, sistemas de controle de incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e, ainda, na irrigação de jardins. Os componentes que fazem parte do sistema de aproveitamento de água da chuva estão representados na Figura 3.4. São eles:

- Área de coleta: é a área na qual se coleta a chuva que precipita, além de ser importante na hora de fazer o dimensionamento do volume que ficará armazenado. Espera-se que essa área forneça a quantidade de água necessária para o usuário.
- Calhas e condutores: tem a função de levar a água que é captada até o reservatório. As calhas são dispostas na horizontal e os condutos na vertical. Para o correto dimensionamento desses componentes recomenda-se seguir as instruções da NBR 10844.
- Dispositivo de descarte das “primeiras águas”: é o componente que serve para eliminar a água que lava a área de captação, pois há no local acúmulo poeira, fuligem e outros contaminantes atmosféricos que podem alterar a qualidade da água. Essa eliminação é feita por desvio manual da água ou dispositivos instalados.
- Separador de materiais grosseiros: é um dispositivo, geralmente, filtros que separam os galhos, folhas e outros materiais que ficam dispostos na área de captação.
- Armazenamento: feito geralmente em dois reservatórios. Um inferior que está enterrado e armazena a água coletada e um reservatório superior que distribui a água por gravidade até os pontos de utilização.
- Sistema de recalque: é o bombeamento de água do reservatório inferior para o reservatório superior através de conjunto motor-bomba, tubos e conexões.
- Sistema de distribuição: distribui a água de chuva nos pontos de utilização, como as bacias sanitárias. É composto por barrilete, colunas, ramais e sub-ramais de distribuição.



**Figura 3.4** – Esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva.

(Fonte: RAMOS; QUADROS; COUTINHO & MACHADO, 2006).

De acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007), a manutenção de alguns componentes que compõem o SAAP é de extrema importância, assim, exige atenção. A Tabela 3.6, lista os componentes e a respectiva frequência de manutenção.

**Tabela 3.6** – Frequência de manutenção no sistema de aproveitamento de água de chuva. (Fonte: BRAGA, 2008).

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspecção mensal, limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivo de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Alguns componentes hidráulicos que fazem parte do SAAP apresentam tempos de vida útil, como: Tubulações em PVC, Bombas de Recalque, Filtros Pluviais e Reservatórios. A Tabela 3.7 detalha o tempo de vida útil indicada e estimada dos componentes citados:

**Tabela 3.7**– Vida útil de componentes hidráulicos.

(Fonte: adaptado LEGGETT *et al.*, 2001 apud SANT’ANA *et al.*, 2013b)

<b>Componente Hidráulico do Sistema</b>	<b>Vida Útil Indicada</b>	<b>Vida Útil Estimada</b>
Tubulações em PVC	>20 anos	30 anos
Bombas de Recalque	5 – 10 anos	7,5 anos
Filtros Pluviais	10 – 15 anos	12,5 anos
Reservatórios	>20 anos	30 nos

### 3.5.1 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO SAAP

Segundo Sampaio (2013), os parâmetros com maior influência no dimensionamento dos reservatórios do SAAP são: área de coleta, quantidade de água disponível (precipitação) e demanda.

O tamanho do reservatório a ser utilizado para o armazenamento de água de chuva é fundamental, pois quanto maior a capacidade de acumulação do reservatório, mais chuva poderá ser armazenada e, possivelmente, mais eficiente o sistema será.

Por outro lado, o índice pluviométrico, que está relacionado diretamente com a chuva de uma região ou lugar, mostra através dos dados de chuva coletados se a chuva foi bem distribuída ao longo daquele ano ou não. Vale ressaltar que quanto mais regular for, mais confiável será o sistema. (ANNECCHINI, 2005).

Sabe-se que do volume de água de chuva precipitado nem tudo pode ser aproveitado. Assim, utiliza-se para efeito de cálculo o coeficiente de runoff ou coeficiente de escoamento superficial, representado pela letra “C”, que é o resultado da divisão entre a água que escoou superficialmente pelo total da água precipitada. (TOMAZ, 2011).

Os valores médios do coeficiente de runoff são apresentados na Tabela 3.8, de acordo com Tomaz (2011), e levam em conta os diferentes tipos de material.

**Tabela 3.8** – Coeficiente de Runoff médios. (Fonte: TOMAZ, 2011).

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Quantificar a demanda que se deseja atender com a água que é acumulada no reservatório é essencial e fundamental para, então, evitar gastos desnecessários dessa água além de garantir uma maior economia do sistema, já que a demanda influencia de forma direta no volume do reservatório.

A Tabela 3.9 mostra os dados sobre o consumo de água em uma residência, os quais poderiam ser atendidos com água da chuva.

**Tabela 3.9** – Indicadores de consumo. (Fonte: adaptado SANT’ANA *et al.*, 2013a).

Usos – Finais	Vazão	Frequência por dia de uso	Demanda
Irrigação de Jardim Mangueira	17,7 L/min	7 seg/m <sup>2</sup>	1,7 L/m <sup>2</sup> /dia
Irrigação de Jardim Aspersores	3,1 L/min	5 seg/m <sup>2</sup>	0,1 L/m <sup>2</sup> /dia
Descarga Sanitária	9,0 lpf	4 usos	35 L/p/dia

### 3.6. DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO

O método utilizado nesse trabalho para avaliação do comportamento do reservatório de acumulação é baseado na simulação do balanço de massa no reservatório de dimensão proposto. Para um determinado período de tempo “t” é aplicada a equação da continuidade a um reservatório finito de acordo com a expressão abaixo:

$$V_{i+1} = V_i - R_i + P_i \quad (\text{eq.3.1})$$

$$P_i = p_i \times A_c \times C_{runoff} \quad (\text{eq.3.2})$$

Onde:

$V_i$ : Volume de água início do dia i de simulação;

$V_{i+1}$ : Volume de água no início do dia posterior ao dia i;

$R_i$ : Retirada de água do sistema no dia  $i$ ;

$P_i$ : Volume água de chuva captado no reservatório no dia  $i$ ;

$A_c$ : Área de captação da cobertura considerada ( $m^2$ );

$p_i$ : Lâmina de água que choveu no dia  $i$  (mm);

$C_{runoff}$ : Coeficiente de Runoff adotado para o sistema (0,85).

Para Tomaz (2011), a respeito desse método, dois atributos merecem destaque:

- 1) O uso de dados históricos levando em conta os períodos críticos de seca;
- 2) O uso de dados diários ou mensais na simulação;

Além disso, Tomaz (2011) não leva em conta a evaporação da água e supõe a não existência de perda por vazamento no reservatório na hora da simulação. Por outro lado, supõe-se o volume do reservatório bem como a demanda para efeito dos cálculos.

### **3.7. VIABILIDADE ECONÔMICA PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

Para avaliar a possibilidade de difusão do uso de SAAP em áreas urbanas é imprescindível a verificação se os benefícios gerados por esse sistema irão compensar os custos de implantação e operação do mesmo. Essa verificação é feita a partir de uma análise de viabilidade econômica de SAAP. Vários métodos de avaliação econômica estão disponíveis, como: Valor Presente Líquido, Tempo de retorno do investimento (*payback*), Taxa Interna de Retorno (TIR) e relação benefício/custo que permitem que sejam feitas comparações entre as alternativas de investimento de um mesmo recurso (SAMPALHO, 2013).

#### **3.7.1 TAXA DE MÍNIMA ATRATIVIDADE**

A Taxa de Mínima Atratividade (TMA) é a taxa com baixo grau de risco, disponível para aplicação do capital em análise. O investidor terá pelo menos duas alternativas de decisão para avaliar projeto, investir no projeto ou investir na Taxa de Mínima Atratividade.

A base para estabelecer a estimativa da TMA é a taxa de juros praticada no mercado, que são: Taxa Básica Financeira (TBF), Taxa Referencial (TR), Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) e Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC). Para o piso da TMA

pode ser estabelecida uma taxa próxima dos rendimentos ao da caderneta de poupança (SOUZA *et al.*, 2009).

### 3.7.2 MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Quando se desejam comparar várias alternativas de projeto, o método do valor presente líquido é uma possibilidade de análise. Esse método consiste em trazer para o presente todos os valores futuros esperados de um fluxo de caixa a fim de contabilizar o valor total presente de um investimento ou empreendimento. Para tanto, utiliza-se a TMA como taxa de desconto (SOUZA *et al.*, 2009).

O VPL pode ser computado a partir da seguinte equação:

$$VPL = -K_t + \sum_0^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (\text{eq.3.3})$$

Onde:

VPL = valor presente líquido (R\$);

$K_t$  = custo capital no ano zero (R\$);

$B_t$  = benefício no período, t (R\$);

$C_t$  = custo no período, t (R\$);

i = taxa de juros no período (%);

n = número de períodos;

Para valores de VPL positivos, o projeto merece continuar sendo analisado, porém pode não ser condição suficiente para dizer se o projeto é atrativo para o investidor sendo necessário, então, recorrer a outras formas de análise ou indicadores (SOUZA *et al.*, 2009).

### 3.7.3 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO (*PAYBACK*)

Esse método indica o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios gerado ao longo do tempo de projeto estimado supere o capital que foi investido. Existem dois tipos de *payback*: o simples (PBS) e o descontado (PBD) (SOUZA *et al.*, 2009).

O *payback* simples é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor do investimento. É mais apropriado em ambientes de risco elevado. Ele pode ser nominal ou presente líquido. No primeiro caso se for

calculado com base no fluxo de caixa com valores nominais e no segundo caso quando for calculado tendo por base o fluxo de caixa com valores trazidos ao VPL. A principal vantagem em relação ao VPL é que leva em conta o prazo de retorno do investimento.

O *payback* descontado, basicamente, tem o mesmo conceito do *payback* simples, porém os valores do fluxo de caixa são tratados considerando uma taxa de desconto subjetiva, ou seja, de acordo com as expectativas de quem estiver fazendo a análise. Essa taxa de desconto a ser utilizada pode ser uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). (BRIGHAM *et al.*, 2001).

Para Brigham *et al.*, (2001, p.425), “o período de *payback* descontado é definido como o número de anos necessário para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa descontados levando em consideração o custo capital”.

### **3.8. NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES PARA APROVEITAMENTO E COLETA DA ÁGUA DE CHUVA**

De acordo com May (2009), devido aos problemas de inundações que algumas cidades e alguns estados do Brasil vêm enfrentando em decorrência da chuva e da pouca permeabilidade do solo para reter essa água, leis estaduais e municipais foram criadas para estabelecer a coleta de águas pluviais.

Em São Paulo, a lei municipal nº 13276, de 4 de janeiro de 2002, para lotes, edificadas ou não, cuja área impermeabilizada não seja superior a 500m<sup>2</sup> faz-se necessário a obrigatoriedade de execução de reservatório para as águas coletadas pelas coberturas e pavimentos. Tal obrigatoriedade vale para todas as novas construções sendo condição para se obter o Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização, conforme exposto no Art. 1º.

Ainda para a cidade de São Paulo, a lei nº 12526, de 2 de janeiro de 2007 “estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais” e pronuncia:

É obrigatório à implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados) (Lei nº 12.526/07, Art. 1º).

A lei municipal de Curitiba-Paraná nº. 10785, de 18 de setembro de 2003 cria o “Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE” e pronuncia:

O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água (Lei nº 10785/03, Art. 1º).

A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupa; lavagem de veículos; lavagem de vidros, calçadas e pisos (Lei nº 10785/03, Art. 7º).

A Câmara Municipal de Porto Alegre aprovou e sancionou a lei nº 10506, de agosto de 2008, que “Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas”. Este programa tem como objetivo a conservação, a redução do desperdício e a utilização de fontes alternativas de captação e o aproveitamento da água nas edificações através da promoção de medidas necessárias para tanto, bem como conscientizar os usuários da importância da água para a vida.

Em setembro de 2007 entrou em vigor a NBR 15527 (ABNT, 2007) – “Aproveitamento de água de chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis”. Segundo esta norma:

Se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d’água e usos industriais (ABNT, NBR 15527/07, p.1).

A NBR 15527 (ABNT/2007) estabelece, também, as definições necessárias para o bom funcionamento de sistemas de captação de água da chuva.

Em Brasília, a lei distrital nº 3.677, de 13 de outubro de 2005 dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de reservatórios de captação de água para as unidades habitacionais e comerciais do Distrito Federal e pronuncia nos parágrafos cinco e seis do Art.2º:

As caixas coletoras de água da chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável e devem ser construídas de acordo com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (Lei nº 3.677/05, §5º Art. 2º).

A utilização da água da chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de automóveis, irrigação de jardins, limpeza, descarga de vaso sanitário, entre outros, sendo vedada a sua utilização nas canalizações de água potável (Lei nº 3.677/05, §6º Art. 2º).

Já a lei distrital nº 4.181, de 21 de julho de 2008 cria o “Programa de Captação de Água da Chuva” e, de acordo com o Art.1º, são objetivos do programa: a captação, o armazenamento e a utilização das águas pluviais pelas edificações urbanas. O Art. 2º, nos parágrafos um e dois discorre que:

Cada edificação conterà uma caixa ou reservatório de água destinado unicamente ao armazenamento de água pluvial (Lei nº 4.181/08, §1º Art. 2º).

A água coletada será utilizada em atividades que dispensem o uso de água tratada (Lei nº 4.181/08, §2º Art. 2º).

## 4. METODOLOGIA

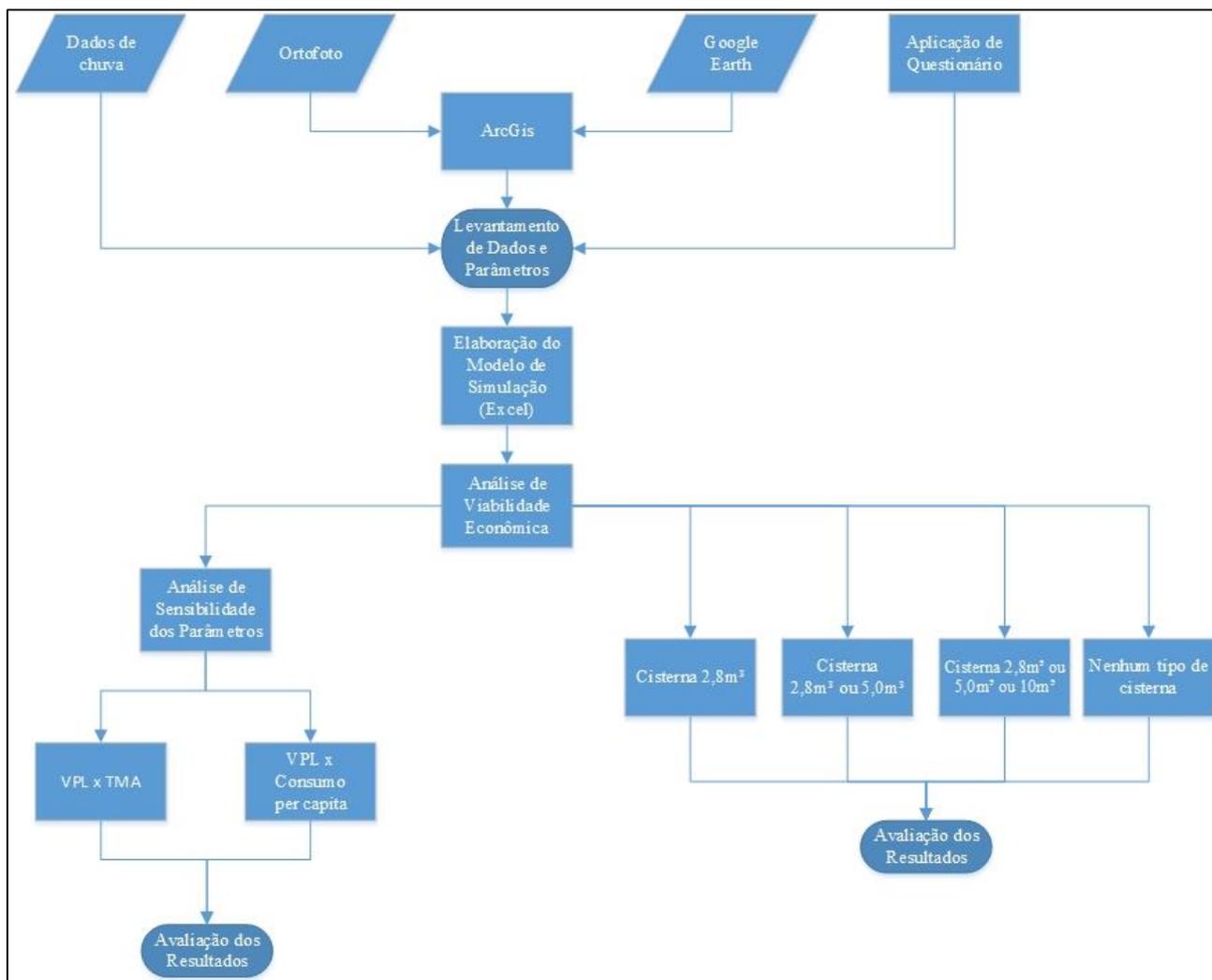
No presente capítulo serão apresentadas as etapas da metodologia desenvolvidas para alcançar os objetivos desse trabalho.

Inicialmente foi realizada uma caracterização geral da área de estudo e obtenção das áreas de captação para SAAP com auxílio da ferramenta de geoprocessamento ArcGIS. Em seguida, realizou-se a determinação do perfil da demanda por água não potável nas unidades unifamiliares do condomínio através da aplicação de questionário.

Com auxílio de ferramenta computacional, Excel, foi elaborado e realizada a simulação do comportamento de reservatórios de acumulação do SAAP levando em consideração a série histórica de chuvas de Brasília e entorno para o período de projeto de 30 anos, ou seja, de 1985 até 2014.

Por fim, geraram-se as análises de viabilidade econômica e de sensibilidade dos parâmetros de influência. Cabe ressaltar que a análise de viabilidade econômica foi elaborada para quatro grupos e para uma residência “fictícia” em que se utilizaram os valores médios dos parâmetros necessários para simulação do SAAP. O primeiro grupo leva em consideração as casas que poderiam utilizar somente a água da chuva acumulada na cisterna de 2,8m<sup>3</sup> para fins não potáveis. O segundo grupo leva em consideração as casas que poderiam utilizar a água da chuva acumulada de dois tipos de cisternas: 2,8m<sup>3</sup> ou 5,0m<sup>3</sup>, para fins não potáveis. O terceiro grupo leva em consideração as casas que poderiam utilizar a água da chuva acumulada dos três tipos de cisternas existentes: 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> ou 10m<sup>3</sup>, para fins não potáveis. O último grupo é das casas que não teriam a demanda de água, para fins não potáveis, dos moradores atendida por cisterna. Já para análise de sensibilidade dos parâmetros utilizados, foram produzidas duas comparações diferentes para posterior avaliação dos resultados. São elas: Taxa de Mínima Atratividade versus Valor Presente Líquido e Consumo médio per capita versus Valor Presente Líquido.

O diagrama abaixo ilustra as etapas necessárias para proceder a análise de viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva para o condomínio.

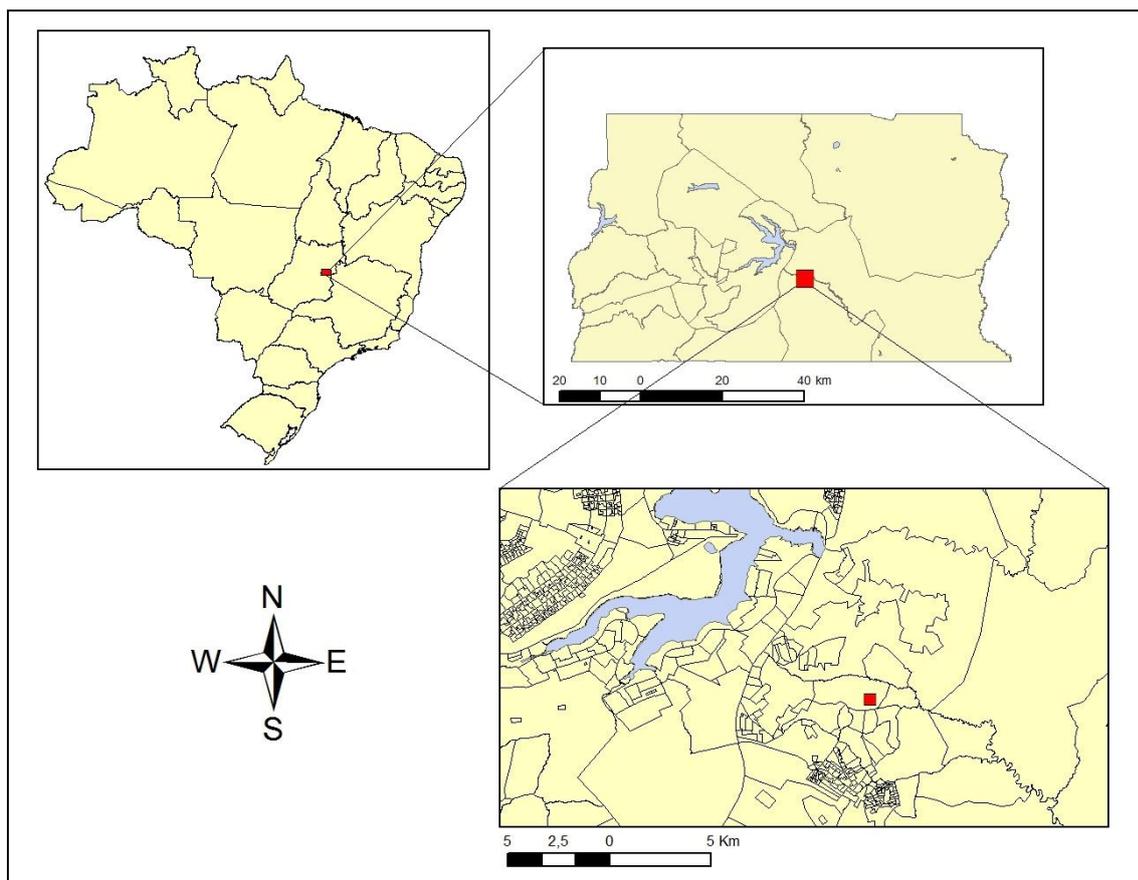


**Figura 4.1** – Diagrama das etapas da análise de viabilidade do SAAP no condomínio AMOBB.

#### **4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO E OBTENÇÃO DE ÁREAS DE CAPTAÇÃO PARA O SAAP**

O Distrito Federal está situado no planalto central do Brasil, dentro de um quadrilátero de 5.780 km<sup>2</sup> de área. A população estimada em 2014 é de 2.852.372 habitantes (IBGE, 2014).

A área de estudo está situada na região administrativa de São Sebastião (RA-XIV). A região é composta basicamente por condomínios horizontais fechados sendo alguns regularizados. Em geral, os lotes do condomínio são grandes e possuem uma ampla infraestrutura com parquinhos, segurança, privacidade, dentre outros. Na figura 4.2 encontra-se a localização da área de estudo.



**Figura 4.2** – Localização da área de estudo.

O condomínio AMOBB localiza-se na gleba Morada de Deus e foi escolhido para a realização do estudo, para o desenvolvimento e análise de viabilidade de SAAP. Ele situa-se, geograficamente, nas coordenadas de Latitude  $15^{\circ}52'2.72''S$  e Longitude  $47^{\circ}45'49.06''W$ .

A Associação Pró-Moradia dos Funcionários do Bando do Brasil (AMOBB) surgiu em 1996 com o intuito de construir moradias para os funcionários do Banco do Brasil que viriam de outros estados. Devido aos elevados preços de moradias no DF, a associação teve a ideia de construir o condomínio. Depois de várias assembleias e obras, foi publicado no Diário Oficial do Distrito Federal nº 139 no dia 21 de julho do ano de 2008, o Memorial de parcelamento urbano – Morada de Deus. (AMOBB). Com a regularização do condomínio, muitas pessoas que não eram funcionários do Banco do Brasil compraram lotes no condomínio. A figura 4.3 representa a fachada da entrada do condomínio.



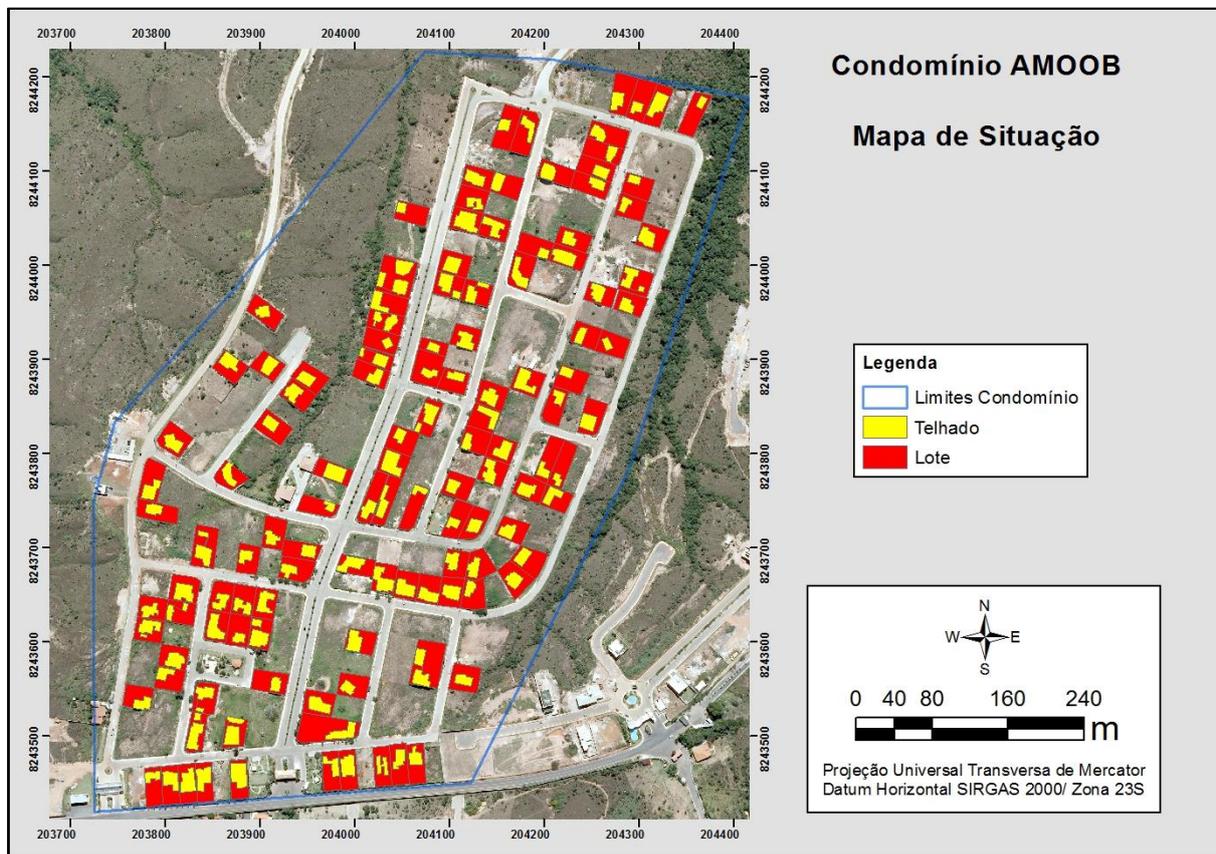
**Figura 4.3** – Fachada da entrada do condomínio Morada de Deus.

No presente trabalho foi selecionada uma parcela do condomínio representada pela figura 4.4. A parcela selecionada possui uma área de 421.088 m<sup>2</sup> e o perímetro de 2.616 m. De acordo com essa delimitação, foram encontradas, aproximadamente, 126 casas construídas e alguns lotes residenciais vazios, além de outros em construção. Com relação à área de cada lote, encontrou-se uma média de 780 m<sup>2</sup>, enquanto para área de telhado encontrou-se a média de 230 m<sup>2</sup>.

Com auxílio do *software* ArcGIS 10.2.2 foi elaborado o mapa de ocupação dos lotes com seus respectivos telhados sendo, assim, uma etapa importante para quantificar os valores de área verde dos mesmos. Para elaboração do mapa foram confeccionados polígonos manualmente na escala 1:400 sobre duas imagens: uma ortofoto e outra imagem retirada do Google Earth. A ortofoto utilizada foi de abril de 2013 disponibilizada pela Terracap apresentando a resolução espacial de 24 cm. Já a imagem do Google Earth foi retirada do próprio *software* Google Earth Pro, de janeiro de 2015.

Usou-se, primeiramente, a ortofoto para delimitar as áreas com boa precisão, mas não foi possível obter êxito para todas as residências devido ao fato de ser um condomínio recente, onde algumas casas foram construídas após o ano de 2013. Porém, com a utilização da imagem de satélite do Google Earth foi possível fazer a delimitação das áreas para as casas que não

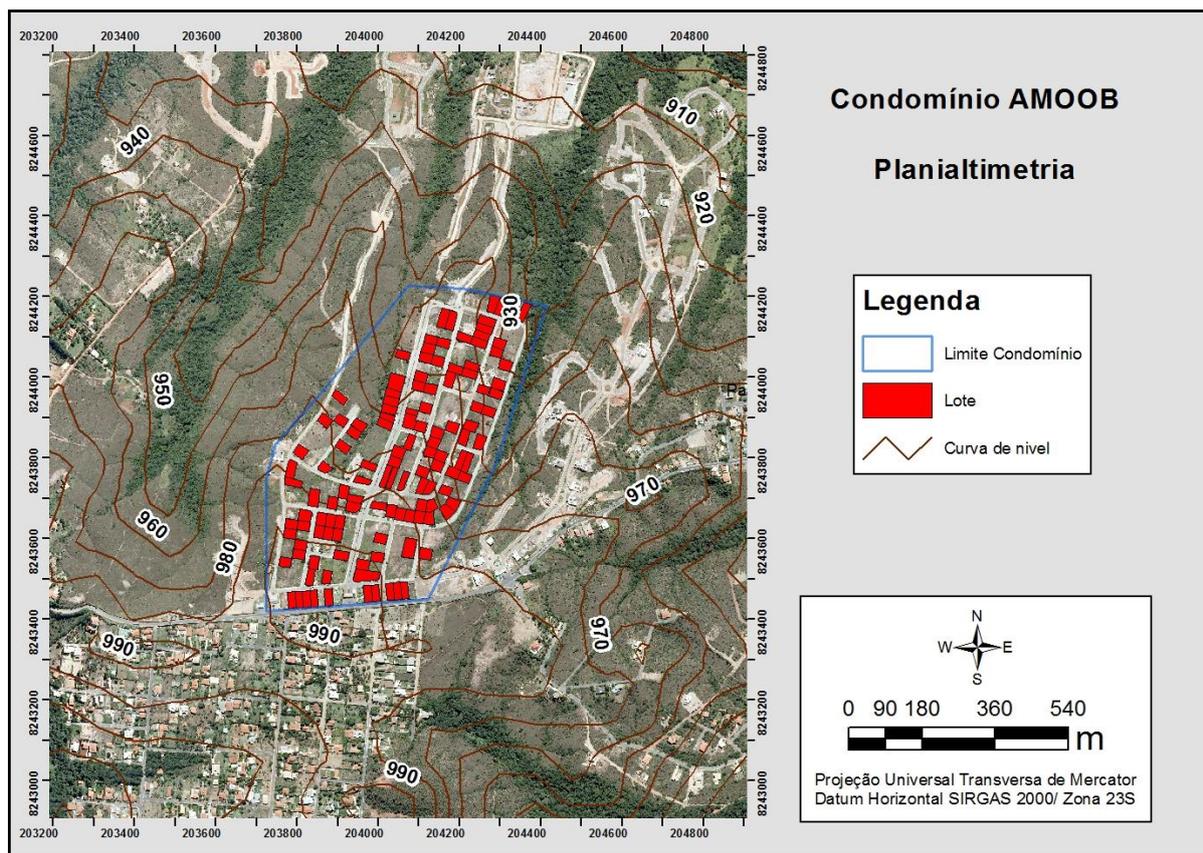
havam sido delimitadas no primeiro momento. Assim, feitas todas as delimitações, mensuraram-se as áreas dos lotes e das casas gerando o mapa abaixo que contém a ilustração dos lotes que possuem casas construídas, sendo destacado em amarelo as áreas de telhado dos lotes e em vermelho as áreas desocupadas e que foram presumidas como áreas de jardim.



**Figura 4.4** – Condomínio Fechado Horizontal AMOBB – Mapa de Situação.

A administração do condomínio mostrou-se bastante colaborativa ao longo do desenvolvimento do trabalho. Foi disponibilizado pela administração um mapa atualizado com o endereço das casas e com a organização geral do condomínio, facilitando a identificação das casas e o processo de montagem do banco de dados e tabela de atributos do *software* ArcGIS.

O relevo do condomínio encontra-se em uma área com curva de nível variada, como pode ser observado na Figura 4.5. O ponto de máxima elevação possui 995 m e o ponto de mínima elevação possui 930 m.



**Figura 4.5** – Planialtimetria do terreno Condomínio AMOBB.

#### **4.2. DETERMINAÇÃO DO PERFIL DA DEMANDA POR ÁGUA NÃO POTÁVEL NAS UNIDADES UNIFAMILIARES DO CONDOMÍNIO AMOBB**

Para quantificar os usos de água não potável no condomínio AMOBB e verificar a aceitação dos moradores em relação à ideia de implantação de SAAP, foi aplicado um questionário simplificado em visitas a cada unidade unifamiliar do condomínio. Na oportunidade também foi entregue em cada unidade um folder explicativo mostrando o esquema simplificado de um SAAP para melhor elucidação e entendimento dos moradores acerca do projeto. Questionário e folder estão aqui apresentados na Figura 4.6.

## Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva

Baseado na Norma ABNT NBR 15.527:2007  
"Água de Chuva: Aproveitamento de coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis."

**1** Caixa d'água      **6** Filtro Água de Chuva  
**2** Coletor Água de Chuva      **7** Sifão / Ladrão  
**3** Registro Estera      **8** Conjunto Sucção com Flutuador  
**4** Filtro de Sedimentos      **9** Eletroválvula  
**5** Bomba      **10** Frio d'água

*\* Produto não autorizado pela Anvisa.*

Água com Excesso para a Rede Pública

Água de Chuva

Rede Pública

**A água de chuva não é potável, portanto é imprópria para o consumo humano, mas pode ser usada para: Irrigar plantas; Descargas no vaso sanitário; Lavagens de pisos, carros, etc.**

### QUESTIONÁRIO

ID \_\_\_\_\_ Rua \_\_\_\_\_ Lote: \_\_\_\_\_ Casa: \_\_\_\_\_

- Quantas pessoas residem na casa (incluindo funcionários e crianças)? \_\_\_\_\_
- Quantos banheiros há na residência? \_\_\_\_\_
- Qual a periodicidade em que o jardim é regado, aproximadamente:
  - Não tenho jardim.
  - Uma vez por dia.
  - Duas vezes por dia.
  - Uma vez na semana.
  - Duas vezes na semana.
  - Três vezes na semana.
  - De quinze em quinze dias.
  - Outros: \_\_\_\_\_
- Como o jardim é regado? (Ex: Balde, mangueira, aspersor, etc.)
  - Sistema de irrigação automático;
  - Mangueira manual;
  - Balde ou semelhante;
  - Outros: \_\_\_\_\_
- Quando chove no dia anterior, o jardim é regado? ( ) Sim ( ) Não
- Quantos carros possuem na residência? ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( )  
Outros: \_\_\_\_\_
- Lava o(s) carro(s) no condomínio? Caso afirmativo, com que frequência? ( ) Sim ( ) Não  
Frequência: \_\_\_\_\_
- Tem conhecimento sobre sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva?  
( ) Sim ( ) Não
- Você conhece alguém que utiliza água de chuva? ( ) Sim ( ) Não
- Você utilizaria água de chuva para fins não potável? ( ) Sim ( ) Não

**Figura 4.6** – Folder explicativo do SAAP e Questionário simplificado de aplicação realizado no condomínio.

Cabe ressaltar que para algumas casas (poucas), foram coletadas informações do próprio funcionário quanto ao número de pessoas que reside nas devidas casas, pois não foi possível aplicar o questionário devido à ausência dos próprios residentes como, por exemplo, por motivo de viagem. Essas informações eram consideradas importantes e inevitáveis de se ter, pois ajudaram a calcular a demanda de água diária para vaso sanitário.

### 4.3. DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO DE SAAP.

Desenvolveu-se uma planilha no Microsoft Office Excel 2013 para simular o comportamento do volume de água para as diferentes cisternas ao longo do espaço amostral escolhido. A principal importância da simulação é analisar o volume de água economizado, ou seja, o volume de água que o morador utiliza da cisterna ao longo dos anos, resultando em diminuição do volume total de água fornecida pela prestadora de serviço (CAESB).

Para realizar o Método de Simulação do Reservatório e, assim, fazer a simulação do aproveitamento de água da chuva foram utilizados três tipos de Cisternas de Polietileno de Alta Densidade da Acqualimp. As cisternas escolhidas para armazenar a água da chuva apresentam as seguintes capacidades: 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> e 10m<sup>3</sup>. São cisternas do tipo “vedação total – tampa click”, ou seja, vedação total contra impurezas, insetos, animais e sujeiras, com apenas um click. Além disso, possuem revestimento antibacteriano para evitar a proliferação de bactérias no interior da cisterna.

Ressalta-se que as cisternas apresentam formato redondo e são próprias para o uso enterrado com boa resistência à corrosão, possuem grande durabilidade, ductibilidade e devido a flexibilidade são menos suscetíveis a danos causados por oscilações extremas, como vibração e choques.

As cisternas de água da chuva da Acqualimp vêm acompanhadas de todos os acessórios necessários para o seu funcionamento adequado. Nas Figuras 4.7 e 4.8, tem-se a imagem da cisterna e do kit de acessórios, respectivamente.



**Figura 4.7** – Modelo de Cisterna para armazenamento de água de chuva.



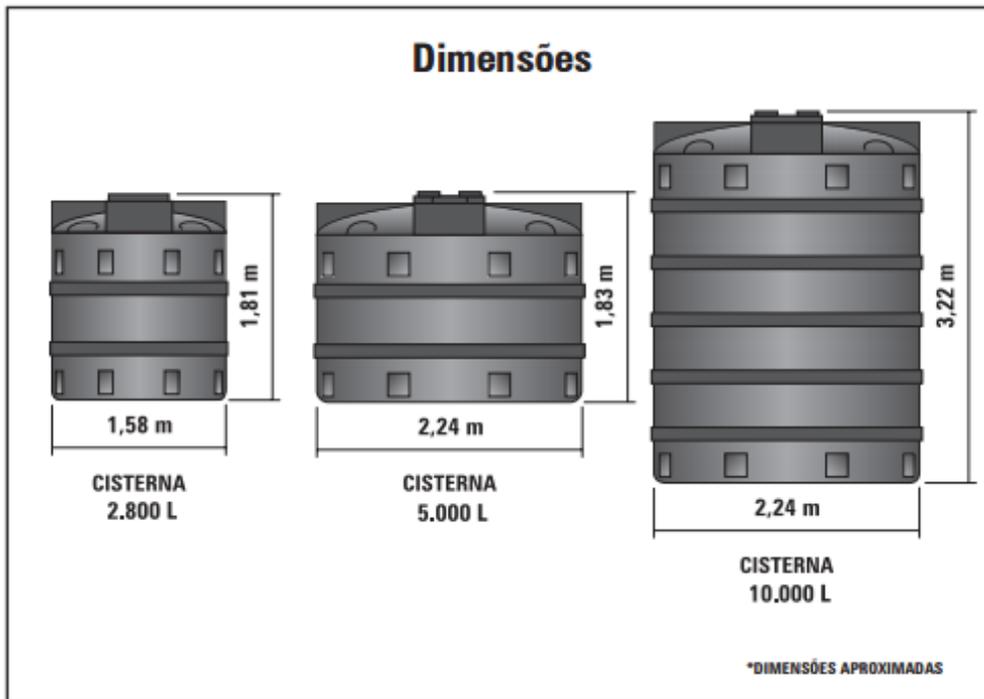
**Figura 4.8** – Kit de acessórios inclusos para o funcionamento adequado.

De acordo com a Figura 4.8, os itens necessários para o funcionamento adequado da cisterna são:

- (1) Filtro de água;
- (2) Registro de esfera;
- (3) Filtro de água de chuva;
- (4) Conjunto de sucção com flutuador;
- (5) Sifão Ladrão;
- (6) Freio d'água;

(7) Gaxeta 100 milímetros (2 unidades).

O corpo do filtro, o freio d'água e o sifão ladrão são fabricados em polietileno pelo sistema de rotomoldagem e o elemento filtrante do Filtro de Água de Chuva é feito em aço inoxidável. Quanto as dimensões (altura, largura e diâmetro) e o peso das cisternas utilizadas para os cenários de simulações diferentes, são apresentadas na Figura 4.9 e na Tabela 4.1:



**Figura 4.9** – Dimensões das cisternas utilizadas para os diferentes cenários de simulação. (Fonte: ACQUALIMP, 2015).

**Tabela 4.1** – Altura, Diâmetro e Peso dos diferentes tipos de cisternas utilizadas. (Fonte: ACQUALIMP, 2015).

CAPACIDADE (L)	ALTURA (cm)	DIÂMETRO (cm)	PESO (kg)
2.800	181	158	57
5.000	183	224	112
10.000	322	224	252

A simulação diária considera que o volume inicial da cisterna, no primeiro momento, seja igual a zero e a retirada de água do reservatório ocorra antes do seu enchimento pelas chuvas. Após o armazenamento na cisterna enterrada, o volume de água armazenado é

encaminhado para uma caixa d' água de 500L da Acqualimp, através de uma bomba de água periférica modelo BP 500 ½ Hp da Intech Machine. Essa bomba é ideal para transferência de água limpa e isenta de sólidos de cisternas, rios e reservatórios para o abastecimento de residências, indústrias e no campo em pequenas irrigações. As Figuras 4.10 e 4.11 ilustram a caixa d' água e a bomba de água utilizadas no sistema.



A retirada de água do interior da cisterna depende da quantidade disponível e da relação entre a quantidade disponível e a demanda diária a ser atendida, sendo possível afirmar que as retiradas serão limitadas pelo volume disponível no reservatório e pela demanda diária prevista.

Sendo assim, foi considerado na presente simulação que, quando não houver volume de água suficiente para atender a demanda diária da casa não será possível, então, retirar água do sistema para atender os usuários

A Tabela 4.2 apresenta o cabeçalho da planilha Excel para que fosse desenvolvida a simulação e a análise da viabilidade do SAAP para cada tipo de cisterna e para as diferentes demandas diárias de cada casa do condomínio.

**Tabela 4.2** – Planilha de simulação para diferentes tipos de cisternas.

Ano	Dia	Precipitação (mm)	Vol. de Chuva (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Vol. no Início do dia (i) (m <sup>3</sup> )	Vol. Inicial (V inicial) – Retirada (R) (m <sup>3</sup> )	(V inicial) – R + Vol. de Chuva (m <sup>3</sup> )	Retirada (m <sup>3</sup> )

A equação que rege a simulação diária da planilha acima é indicada a seguir e tem como premissa fundamental que: O volume de água disponível no início de cada dia é o volume inicial no início do dia anterior subtraído da retirada e acrescido do volume de chuva do dia anterior e é limitado sempre pela capacidade  $K$  da cisterna, ou seja, caso o valor encontrado seja maior

que a capacidade da cisterna, no dia seguinte o volume de água disponível será o do próprio volume da cisterna e o que sobra vai galeria de água pluvial.

$$V_{i+1} = V_i - R_i + P_i < K \quad (\text{eq.4.1})$$

$$P_i = p_i \times A_c \times C_{runoff} \quad (\text{eq.4.2})$$

Onde:

$V_i$ : Volume de água início do dia  $i$  de simulação;

$V_{i+1}$ : Volume de água no início do dia posterior ao dia  $i$ ;

$R_i$ : Retirada de água do sistema no dia  $i$ ;

$P_i$ : Volume água de chuva captado no reservatório no dia  $i$ ;

$A_c$ : Área de captação da cobertura considerada ( $m^2$ );

$p_i$ : Lâmina de água que choveu no dia  $i$  (mm);

$C_{runoff}$ : Coeficiente de Runoff adotado para o sistema (0,85).

Deve-se ressaltar que a retirada ( $R_i$ ) é variável ao longo da simulação e depende da demanda diária de água ( $D_i$ ), da disponibilidade de água no interior do reservatório ( $V_i$ ) no início do dia e da capacidade volumétrica da cisterna, dada pela letra  $K$ , de acordo com o que se segue:

$$R_i = \begin{cases} V_i, & \text{se } D_i \leq K \text{ e } V_i \leq D_i; \\ D_i, & \text{se } D_i \leq K \text{ e } V_i \geq D_i; \\ V_i, & \text{se } D_i > K \end{cases} \quad (\text{eq.4.3})$$

Onde:

$D_i$ : Demanda diária de água no dia  $i$ ;

$V_i$ : Volume de água início do dia  $i$  de simulação;

$K$ : Capacidade da cisterna escolhida ( $m^3$ );

$R_i$ : Retirada de água do sistema no dia  $i$ ;

Da Equação 4.3 tem-se que:

1. Quando a demanda diária do dia “i” for menor ou igual a capacidade da cisterna escolhida e o volume de água disponível no início do dia “i” for menor ou igual que a demanda diária dos moradores para os fins não potáveis, então, a retirada de água do sistema no dia “i” será igual ao volume de água disponível no início do dia “i”.
2. Quando a demanda diária do dia “i” dos moradores para os fins não potáveis for menor ou igual a capacidade da cisterna escolhida e o volume de água disponível no início do dia “i” for maior ou igual que a demanda diária do dia “i” dos moradores para os fins não potáveis, então, a retirada de água do sistema no dia “i” será igual a própria demanda diária do dia “i” dos moradores para os fins não potáveis.
3. Quando a demanda diária do dia “i” dos moradores para os fins não potáveis for maior que a capacidade da cisterna escolhida, então, a retirada de água do sistema no dia “i” será igual ao volume de água disponível no início do dia “i”.

Para realizar o estudo de aproveitamento de chuva, buscou-se junto com ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) os dados de precipitação da cidade de Brasília. Este, disponibilizou a série histórica de chuva diária dos anos de 1965 a 2014 da Estação Meteorológica N° 83377, localizada em Brasília entre a RA-XI (Cruzeiro) e o Eixo Monumental, cujas coordenadas de latitude e longitude são: -15.93° e -47.93°, respectivamente. Será utilizada série de chuva diária do Distrito Federal para o Método de Análise de Simulação do Reservatório.

Dito isso, a planilha criada de simulação diária do sistema de aproveitamento de águas pluviais, foi a base para a obtenção dos resultados e conclusões finais deste projeto que serão explicitadas mais à frente.

#### **4.4. DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SAAP**

A análise de viabilidade financeira do sistema de aproveitamento de água da chuva foi realizada para os três tipos de cisternas de captação: 2,8 m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> e 10m<sup>3</sup> e tem como objetivo determinar o período de retorno do investimento (*payback*) e o Valor Presente Líquido, que são

ferramentas de avaliação financeiras utilizadas para comparar viabilidades de diferentes propostas em um mesmo projeto.

De início foi necessário definir os parâmetros utilizados no projeto, como: o período de retorno do projeto, Taxa de Mínima Atratividade, faixa de consumo médio de água per capita do condomínio para saber o valor da alíquota da água por m<sup>3</sup> para cada residência, dentre outros.

Para fazer a análise do projeto, o período de retorno escolhido foi de 30 anos. Este, foi adotado devido a vida útil de componentes hidráulicos vistos na Tabela 3.7. Alguns componentes não possuem todo esse tempo de vida útil, o que leva a adição de custos em manutenção ao longo do tempo de projeto.

Já com relação a TMA, foi utilizado a taxa próxima a caderneta de poupança entre os períodos de maio de 2014 até maio de 2015, segundo informações do Banco Central do Brasil. O valor percentual obtido nesse período foi de 7,25% ao ano.

O valor da alíquota de água por m<sup>3</sup> é utilizada para calcular o “Benefício” para cada ano. Este, foi calculado através de produto “Volume de Água Economizada (m<sup>3</sup>)” por ano com o valor da alíquota (R\$/m<sup>3</sup>). O “volume de água economizada (m<sup>3</sup>)” por ano é o somatório das “retiradas (m<sup>3</sup>)” por dia de cada ano em estudo. Lembrando que o período de análise foi de 30 anos, logo a análise foi feita a partir do ano de 1985. O valor da alíquota de água é fornecido pela companhia de abastecimento que, para Brasília e Regiões Administrativas, é a CAESB. Esse valor varia de acordo com a faixa (em m<sup>3</sup>) de consumo residencial, conforme apresentado na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3** – Valor da alíquota para residência normal. (Fonte: CAESB, 2015)

RESIDENCIAL NORMAL			
Faixa (m <sup>3</sup> )		Vol. Faixa	Alíquota (R\$/m <sup>3</sup> )
1	0 a 10	10	2,58
2	11 a 15	5	4,79
3	16 a 25	10	6,12
4	26 a 35	10	9,89
5	36 a 50	15	10,91
6	> 50		11,9

Para encontrar a faixa de consumo de água (em m<sup>3</sup>) de cada residência foi adotado o volume per capita médio de água da RA XVIII, Lago Norte, de acordo com a Tabela 3.4. Os motivos que levaram a essa escolha foram: realidade socioeconômica, tamanho do lote e

padrões de ocupação. A realidade socioeconômica do condomínio é diferente da região em que se encontra. Já com relação ao Lago Norte, o condomínio apresenta realidade socioeconômica bastante parecida. Os tamanhos dos lotes e os padrões de ocupação do condomínio e do Lago Norte apresentam similaridades, ou seja, ambos possuem lotes com residências e áreas verdes a serem irrigadas. Diante disso, foi estabelecido que o consumo de água per capita médio do condomínio seria o mesmo das casas do Lago Norte. Assim, para encontrar o valor (em m<sup>3</sup>) que cada casa se enquadra utilizamos a seguinte equação:

$$\text{Faixa de Consumo (m}^3\text{)} = (V_m \times N_p \times 30)/1000 \quad (\text{eq.4.4})$$

Onde:

$V_m$ : Volume (L) médio per capita de água do Lago Norte;

$N_p$ : número de pessoas que residem na casa;

Vale ressaltar que o valor “30” da equação acima indica que a faixa de consumo (m<sup>3</sup>) encontrada será mensal e, além disso, a escolha de se dividir por 1000 foi para obter a resposta em m<sup>3</sup>.

Para a análise viabilidade financeira do sistema, também, foram contabilizados os custos iniciais de implantação, incluindo material, e os custos ao longo da utilização do sistema. São eles: custos de operação e manutenção do sistema, incluindo custo de energia elétrica para o bombeamento da água.

Foram considerados como custos iniciais de implantação do sistema os seguintes itens: kit cisterna de água da chuva da Leroy Merlin (mesmo kit da Acqualimp), com os seguintes preços: R\$ 5.120,90 para a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, R\$ 6.970,90 para a cisterna de 5,0m<sup>3</sup> e 12.050,90 para a cisterna de 10m<sup>3</sup>; Bomba de Água Periférica BP500 ½ Hp no valor de R\$ 119,90; Caixa d’Água dupla proteção 500L da Acqualimp no valor de R\$ 199,90. O kit cisterna de água da chuva Leroy Merlin é composto por cisterna de polietileno da Acqualimp, registro de esfera, filtro de água, filtro de água da chuva e gaxeta de 100mm (2 unidades). Devido as diferenças de cisternas adotadas para a análise do SAAP, quanto maior for a cisterna utilizada, maior será o custo inicial de implementação do sistema.

Os custos de operação e manutenção do sistema variam de acordo com a vida útil dos componentes hidráulicos que compõem o sistema, conforme ilustrado na Tabela 3.7. Foram considerados os seguintes componentes com seus respectivos tempos de troca:

- Refil do Filtro de Água: R\$ 107,00 – todos os anos;
- Bomba de Água Periférica – a cada 7 anos;
- Filtro Água da Chuva: R\$ 1027,00 – a cada 15 anos.

O custo de energia elétrica refere-se ao custo que o morador vai ter com o uso da bomba de água periférica para recalque da água da cisterna até caixa d' água. Estimar o custo exato para cada resistência seria incerto, pois depende do perfil do morador ao utilizar a água e da frequência de uso. Assim, adotamos que o custo será de 2% do valor total de implantação inicial do sistema, ou seja, R\$ 108,81, R\$ 145,81 e R\$ 247,41 para as casas que adotarem no projeto de aproveitamento de água de chuva a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> ou 10 m<sup>3</sup>, respectivamente.

**Tabela 4.4** – Modelo de planilha elaborada para a análise financeira do SAAP e cálculo do Valor Presente Líquido.

C1	C2	C3	C4	C5	C6
Ano	Período	Volume de Água Economizada(m <sup>3</sup> /ano)	Benefício (R\$)	Custos (R\$)	Benefício Líquido (R\$)
	0		-		-
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
<b>L1</b>				<b>VPL=</b>	

Para o cálculo da análise financeira utilizou-se a planilha Microsoft Office Excel 2013. Os dados de entrada e de saída são detalhados a seguir:

- Coluna 1 – Ano. Vai de 1985 até 2014.
- Coluna 2 – Período. Inicia-se no ano 0 (zero) = implementação do sistema.
- Coluna 3 – Volume de água economizada (m<sup>3</sup>/ano). Somatório das “Retiradas (m<sup>3</sup>)” ao longo de 365 dias daquele ano.
- Coluna 4 – Benefício (R\$/ano). Produto da coluna 3 com o valor da alíquota de água (R\$/m<sup>3</sup>), baseada na faixa de consumo para cada residência. Lembrando que o Benefício se inicia no tempo 1.
- Coluna 5 – Custo (R\$/ano). Refere-se aos custos ao longo do projeto: custos de manutenção de componentes hidráulicos e custo de operação.

- Coluna 6 – Benefício Líquido (R\$/ano). Essa coluna é obtida através da diferença da Coluna 4 com a Coluna 5, exceto para o período “0” em que se considera o custo de implantação do sistema.
- Linha 1 – Valor Presente Líquido - VPL (R\$). Esse valor é determinado utilizando-se a função VPL do próprio Excel a partir do período 1. É importante frisar que é necessário para o cálculo do VPL o somatório dos custos, usar a TMA e o custo de implantação do sistema.

O período de *payback* descontado foi utilizado para se obter o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial da implantação do sistema através dos fluxos líquidos de caixa adquiridos ao longo do tempo de projeto descontados do custo capital. Com o auxílio da planilha em Excel elaborada por Bruni *et.al.* (2015) foi possível calcular o valor do *payback* descontado (PBD), além do valor do *payback* simples (PBS). A Tabela 4.5 ilustra isso.

**Tabela 4.5** – Modelo de planilha utilizada para o cálculo do PBD. (Fonte: BRUNI, *et l.*,2015)

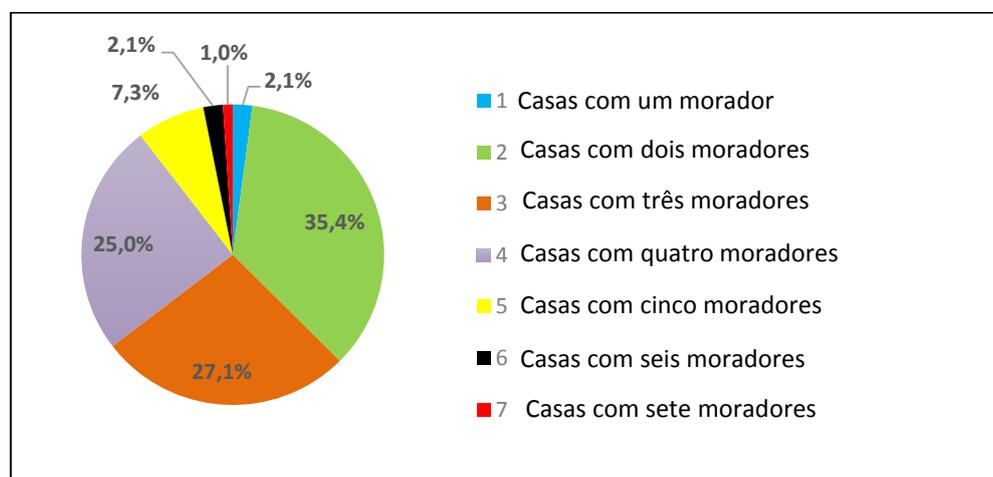
Período	Fluxos Nominais	Fluxos Descontados	Simples		Descontado	
			Saldo	PBS	Saldo	PBD
0						
1						
2						
3						
4						
5						

## 5. ANÁLISES E RESULTADOS

### 5.1 PERFIL DOS MORADORES DO CONDOMÍNIO

Com objetivo de determinar o uso da água no condomínio, foi aplicado um questionário aos moradores de 96 residências, das 123 existentes. A diferença entre o número total de casas entrevistadas previstas e as atendidas ocorreu pelo fato de: algumas casas estarem à venda; os moradores optarem por não responder o questionário; alguns dos moradores estarem em viagem; alguns terrenos apresentarem casas em fase final de construção. As visitas foram realizadas durante dois sábados do mês de junho, no período da manhã e contaram com o auxílio de funcionários do próprio condomínio.

Das casas entrevistadas, 62,5% apresentaram entre dois ou três moradores por residência, enquanto 25% das casas apresentaram quatro moradores por residência. A porcentagem restante, 12,5%, é relativa às casas que apresentaram variações de um, cinco, seis ou sete moradores por residência. A Figura 5.1 detalha as porcentagens relativas em relação ao número de pessoas por habitação. A média do número de habitantes por residência encontrada foi de três pessoas.

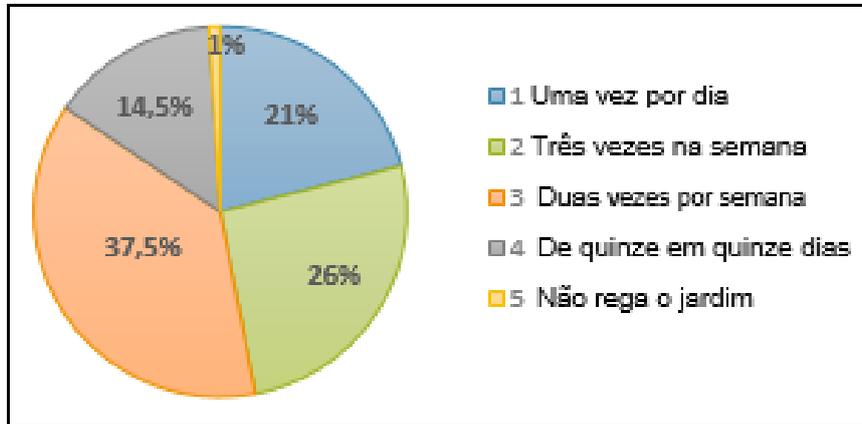


**Figura 5.1** – Porcentagens relativas ao número de pessoas por habitação.

Em relação à quantidade de banheiros nas residências, o espaço amostral foi bastante diversificado desde casas com apenas um banheiro até uma casa com nove banheiros, porém a média dos banheiros por residência obtida foi de: quatro banheiros.

No que se refere à irrigação de jardins, 21% dos moradores entrevistados regam o jardim de suas residências todos os dias em que não ocorrem chuvas. Enquanto que 26% regam três vezes na semana, 37,5% regam duas vezes na semana, 14,5% regam de quinze em quinze dias

e 1% não tinha hábito de regar o jardim. Dos que regam o jardim, 95% utilizam mangueira manual, enquanto 5% adotam sistema de irrigação automatizado. A Figura 5.2 traz o detalhamento, em porcentagem, da frequência com que os moradores regam o jardim de suas casas.



**Figura 5.2** – Periodicidade de irrigação do jardim por residência.

A maioria das residências possuem dois carros na garagem e grande parte dos moradores não utilizam a água da companhia de abastecimento para lavagem dos carros. Esta, por sua vez, é feita em postos de gasolina ou em lava-jatos.

No que tange os sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva, boa parte dos moradores já ouviram falar. Alguns residentes têm contato com pessoas que já utilizam esse sistema, enquanto outros não, todavia todos tem conhecimento de como funciona o SAAP. Dos entrevistados, 100% responderam que gostariam de utilizar a água de chuva para fins não potáveis.

## 5.2 CASAS ATENDIDAS PELAS CISTERNAS

Os dados adquiridos nas casas em que os questionários foram aplicados possibilitaram a análise de viabilidade do SAAP. Esses foram inseridos nas Tabelas 4.2, 4.4 e 4.5 gerando, assim, resultados distintos. A Tabela 5.1 foi elaborada para a reunião dos resultados encontrados para cada casa, onde detalhamento completo se encontra no ANEXO A.

**Tabela 5.1** – Modelo de planilha utilizada para reunir os resultados encontrados necessários para análise de viabilidade do SAAP.

ID	Cisterna (m <sup>3</sup> )	% de dias atendidos totalmente	% de dias atendidos parcialmente	% de dias não atendidos	PBD (anos)	VPL (R\$)
	2,8					
	5,0					
	10					

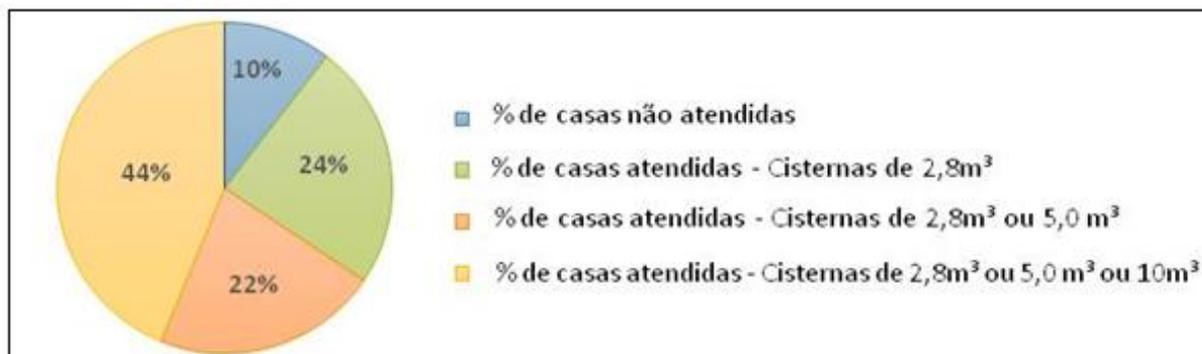
Para cada casa do condomínio, foi gerado um “ID” de identificação indo do número 1 ao número 128, como é possível verificar na tabela acima. A finalidade dessa célula foi de facilitar o mapeamento do condomínio para aplicação do questionário e, posteriormente, inserir os dados coletados na planilha Excel e manuseá-los. Vale ressaltar que, de fato, a simulação foi realizada, apenas, para as 96 casas dentre as 123 existentes no condomínio que participaram da pesquisa. A diferença das supostas 128 casas identificadas, num primeiro momento, através imagem do Google Earth e das 123 casas existentes no condomínio ocorreu, pois já havia sido gerado um mapa de localização dos lotes do condomínio anterior a visita, porém isso não interferiu em nada nos resultados encontrados e nas posteriores análises.

Para cada tipo de cisterna, tem-se: as porcentagens de dias em que determinado tipo de cisterna atendeu totalmente a demanda de água dos moradores de determinada casa; as porcentagens de dias em que determinado tipo de cisterna atendeu parcialmente a demanda de água dos moradores de determinada casa fazendo com que, em algum momento do dia, os moradores recorressem à água proveniente da companhia de abastecimento; as porcentagens de dias não atendidos, ou seja, dias que não foram possíveis utilizar a água da cisterna para demanda diária de água dos moradores.

Vale ressaltar que as porcentagens de dias atendidos totalmente, parcialmente ou não atendidos são dentre os 365 dias do ano de um ano específico e que a demanda diária de água dos moradores mencionada acima faz referência à demanda diária total de água para os fins não potáveis escolhidos no trabalho: rega de jardim e descarga de vaso sanitário.

Das 96 casas analisadas, apenas 10 casas não seriam atendidas por nenhum tipo de cisterna, enquanto que: 23 casas poderiam ser atendidas pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, 21 casas poderiam ser atendidas tanto pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup> como pela de 5,0m<sup>3</sup> e, por fim, 42 casas poderiam ser atendidas pelo os três tipos de cisternas. Neste último caso, a escolha do tipo de cisterna fica a critério do morador que poderia se basear nos resultados encontrados durante as análises econômicas (VPL e PBD). A Figura 5.3 demonstra, em porcentagens, a quantidade de

casas que seriam atendidas, seja para um, dois ou três tipos de cisternas, e as casas que não seriam atendidas.



**Figura 5.3** – Porcentagens de casas não atendidas e atendidas para os diferentes tipos de cisternas.

### 5.2.1 CISTERNA DE 2,8M³

As moradias, em que somente a cisterna com capacidade de armazenamento de 2,8m³ seria viável para o atendimento de sua demanda diária para fins não potáveis, foram analisadas a seguir. No primeiro momento, levantou-se o número de casas, dentre as 96 do condomínio que, depois de feita a simulação dos parâmetros e posterior análise dos resultados, seriam somente atendidas pela cisterna de 2,8m³. O valor encontrado foi de 23 casas, o que representa 24% do total de residência do condomínio.

A referida análise levou em consideração os resultados que foram alcançados utilizando os indicadores financeiros escolhidos no presente trabalho: VPL e PBD. Contudo, para facilitar e otimizar a análise dos resultados gerados pela planilha para cada casa, adotou-se a média dos valores de VPL e PBD que obtidos durante o período do projeto para as 23 casas.

A Tabela 5.2 fornece os resultados para as casas atendidas somente pela cisterna de 2,8m³.

**Tabela 5.2** – Resultados encontrados para as casas atendidas pela cisterna de 2,8m³.

	ID	%	Média dos valores de VPL	Média dos valores de PBD (anos)
Casas atendidas - Cisterna de 2,8m³	3, 5, 7, 9, 18, 20, 22, 30, 45, 52, 65, 68, 81, 83, 89, 96, 97, 100, 111, 117, 122, 123, 128	24	R\$ 1.286,08	18,38

A média dos valores de VPL encontrada foi de R\$ 1.286,08. Por ser um valor positivo, significa dizer que o investimento é economicamente viável, ou seja, trata-se de um investimento rentável para o investidor.

A média dos valores de PBD calculada foi de, aproximadamente, 18 anos, deste modo, caso o morador opte pela implantação da cisterna de 2,8m<sup>3</sup> em sua residência, o tempo que ele levaria para recuperar o investimento inicial seria de, mais ou menos, 18 anos, ou seja, se compararmos com os 30 anos de projeto o morador iria recuperar o investimento inicial de forma tardia.

De acordo com a Tabela 5.3, foram obtidas as porcentagens de dias em que a cisterna de 2,8m<sup>3</sup> atenderia as demandas de água diárias, para fins não potáveis, totalmente ou parcialmente dos moradores como, também, as de não atendimento durante o período do projeto. Porém, a título de simplificação e para efeito de cálculos, seguida da análise dos resultados obtidos, foi utilizada a média das porcentagens individuais encontradas para cada tipo de casa em questão.

Portanto, a Tabela 5.3 informa os valores médios das porcentagens de dias atendidos totalmente, parcialmente e não atendidos para a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>.

**Tabela 5.3** – Porcentagens médias de dias que são atendidos totalmente, parcialmente ou não atendidos durante o ano pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>.

	ID	Cisterna	% de dias atendidos totalmente	% de dias atendidos parcialmente	% de dias não atendidos
Casas atendidas - Cisterna de 2,8m <sup>3</sup>	3, 5, 7, 9, 18, 20, 22, 30, 45, 52, 65, 68, 81, 83, 89, 96, 97, 100, 111, 117, 122, 123, 128	2,8m <sup>3</sup>	35,74	12,65	51,61

Ao observar a tabela anterior, notam-se percentuais relativamente baixos para os dias em que as demandas diárias de água poderiam ser atendidas totalmente e parcialmente, ao passo que, em relação aos 365 dias do ano, mais da metade deles não seriam atendidos pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>.

## 5.2.2 CISTERNAS DE 2,8M<sup>3</sup> E 5,0M<sup>3</sup>

A segunda análise estuda as residências em que poderiam ter suas demandas diárias, para fins não potáveis, atendidas tanto pela cisterna com capacidade de armazenamento de 2,8m<sup>3</sup> de água, quanto pela cisterna de 5,0m<sup>3</sup>.

No primeiro momento, foi feito o levantamento do número de casas, dentre as 96 do condomínio que, após feita a simulação dos parâmetros e posterior análise dos resultados, poderiam ser atendidas tanto pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, como pela cisterna de 5,0m<sup>3</sup>. Deste modo, identificaram-se 21 residências as quais representam 22% do total de casas do condomínio.

A análise levou em consideração os resultados que foram encontrados utilizando os indicadores financeiros escolhidos no presente trabalho: VPL e PBD. Porém, para facilitar e otimizar a análise dos resultados gerados pela planilha para cada casa, adotou-se a média dos valores de VPL e PBD que foram obtidos durante os 30 anos de tempo de projeto para as 21 casas em questão.

A Tabela 5.4 ilustra os resultados descobertos para as moradias que poderiam ser atendidas tanto pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, quanto pela cisterna de 5,0m<sup>3</sup>.

**Tabela 5.4** – Resultados encontrados para as casas que poderiam ser atendidas pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup> ou de 5,0m<sup>3</sup>.

	ID	%	Cisternas	Média dos valores de VPL	Média dos valores de PBD (anos)
Casas atendidas - Cisterna de 2,8m <sup>3</sup> ou 5,0m <sup>3</sup>	8, 10, 13, 27, 33, 43, 44, 71, 74, 77, 80, 82, 88, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 124, 127	22	2,8m <sup>3</sup>	R\$ 5.217,95	8,58
	5,0m <sup>3</sup>		R\$ 3.290,20	10,92	

A média dos valores de VPL calculada foi de R\$ 5.217,95 para a cisterna de 2,8m<sup>3</sup> e R\$ 3.290,20 para a cisterna de 5,0m<sup>3</sup>. Por serem valores positivos, significa dizer que o investimento é economicamente viável, ou seja, trata-se de um investimento rentável para o investidor. Porém, cabe ao morador a escolha de qual tipo de cisterna seria mais adequado para sua residência levando em consideração, por exemplo, espaço de terreno disponível para instalação, tempo de retorno do investimento inicial e as porcentagens de dias atendidos e não atendidos, em relação as cisternas em questão.

A média dos valores de PBD obtida foi de, aproximadamente, 9 anos e 11 anos, respectivamente. Ou seja, caso o morador optasse pela implantação do projeto da cisterna de

2,8m<sup>3</sup> em sua residência levaria, mais ou menos, 9 anos para recuperar o investimento inicial, ao passo que, o morador que optasse pela implantação do projeto da cisterna de 5,0m<sup>3</sup> levaria, mais ou menos, 11 anos.

De acordo com a Tabela 5.5, foram obtidas as porcentagens de dias em que as cisternas de 2,8m<sup>3</sup> ou 5,0m<sup>3</sup> atenderiam as demandas de água diárias, para fins não potáveis, totalmente ou parcialmente dos moradores como, também, as porcentagens que não atenderiam as demandas diárias para cada uma das 21 casas especificadas e durante o período de projeto. Porém, para efeito de cálculos e posterior análise dos resultados obtidos, foi calculada a média das porcentagens individuais que foram encontradas para cada casa em questão.

Portanto, a Tabela 5.5 informa os valores médios das porcentagens de dias atendidos totalmente, parcialmente e não atendidos para cada tipo de cisterna: 2,8m<sup>3</sup> ou 5,0m<sup>3</sup>.

**Tabela 5.5** – Porcentagens médias de dias que são atendidos totalmente, parcialmente ou não atendidos durante o ano pelas cisternas de 2,8m<sup>3</sup> ou 5,0m<sup>3</sup>.

	ID	Cisternas	% de dias atendidos totalmente	% de dias atendidos parcialmente	% de dias não atendidos
Casas atendidas - Cisterna de 2,8m <sup>3</sup> ou 5,0m <sup>3</sup>	8, 10, 13, 27, 33, 43, 44, 71, 74, 77, 80, 82, 88, 102, 104, 106, 107, 108, 109, 124, 127	2,8m <sup>3</sup>	23,93	19,33	56,74
		5,0m <sup>3</sup>	31,07	15,78	53,15

Verifica-se pequena variação nos percentuais entre os tipos de cisternas mencionados. Em relação às demandas diárias de água atendidas totalmente, a cisterna de 5,0m<sup>3</sup> mostrou-se mais eficiente. No entanto, apresentou uma rentabilidade menor do que a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>. Os percentuais de dias em que as demandas diárias de água não foram atendidas representaram mais da metade dos dias do ano, o que ressalta o uso dessa água apenas para o período de seca.

### 5.2.3 CISTERNAS DE 2,8M<sup>3</sup>, 5,0M<sup>3</sup> E 10M<sup>3</sup>

A terceira análise considera as residências que poderiam ter suas demandas diárias, para fins não potáveis, atendidas pelos três tipos de cisternas adotados no projeto, cabendo ao morador a escolha da cisterna que melhor o atendesse.

Primeiramente, selecionou-se o número de casas, dentre as 96 do condomínio que, após feita a simulação dos parâmetros e posterior análise dos resultados, poderiam ser atendidas

pelos três tipos de cisternas. Assim, resultou-se no total de 42 residências, o que representa 44% do total de casas do condomínio.

A análise ponderou os resultados utilizando os indicadores financeiros escolhidos no presente trabalho: VPL e PBD. Todavia, a fim de facilitar e otimizar a análise dos resultados gerados pela planilha para cada casa, adotou-se a média dos valores de VPL e PBD que foram obtidos durante o período de projeto para as 42 casas.

A Tabela 5.6 apresenta os resultados encontrados para as casas que poderiam ser atendidas pelos três tipos distintos de cisterna: 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> ou 10m<sup>3</sup>.

**Tabela 5.6** – Resultados encontrados para as casas que poderiam ser atendidas pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> ou 10m<sup>3</sup>.

	ID	%	Cisterna	Média dos valores de VPL	Média dos valores de PBD (anos)
Casas atendidas - Cisternas de 2,8m <sup>3</sup> , 5,0m <sup>3</sup> ou 10m <sup>3</sup>	1, 2, 4, 11, 12, 15, 16, 17, 23, 25, 31, 32, 34, 35, 36, 40, 46, 47, 48, 54, 55, 59, 61, 66, 69, 72, 76, 78, 79, 84, 85, 86, 87, 90, 93, 99, 101, 103, 110, 112, 113, 114	44%	2,8m <sup>3</sup>	R\$ 8.689,47	5,63
	5,0m <sup>3</sup>		R\$ 6.817,11	7,22	
	10m <sup>3</sup>		R\$ 1.788,61	12,29	

A média dos valores de VPL encontrados foi de R\$ 8.689,47 para a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, R\$ 6.817,11 para a cisterna de 5,0m<sup>3</sup> e R\$ 1.788,61 para a cisterna de 10m<sup>3</sup>. Por serem valores positivos, significa dizer que o investimento é economicamente viável, ou seja, trata-se de um investimento rentável para o investidor. Porém, a escolha do tipo de cisterna mais adequada fica a cargo dos moradores, considerando, por exemplo, espaço de terreno disponível para instalação, tempo de retorno do investimento inicial e as porcentagens de dias atendidos e não atendidos, em relação as cisternas em questão.

A média dos valores do PBD encontrados foi de, aproximadamente, 6, 7 e 12 anos, para cada tipo de cisterna, respectivamente. Nota-se que o projeto seria mais atraente para as cisternas de 2,8m<sup>3</sup> ou 5,0m<sup>3</sup>, por apresentarem tempos de retorno do investimento inicial relativamente curtos e valores de VPL relativamente altos, quando comparados com os valores resultantes da cisterna de 10m<sup>3</sup>.

De acordo com a Tabela 5.7, foram obtidas as porcentagens de dias em que as cisternas de 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> ou 10m<sup>3</sup> poderiam atender as demandas de água diárias, para fins não potáveis,

totalmente ou parcialmente dos moradores como, também, não atender, em relação a cada uma das casas especificadas e durante o período de projeto. Entretanto, a título de simplificação e para efeito de cálculos, seguida da análise dos resultados obtidos, foi empregada a média das porcentagens individuais encontradas para cada casa em questão.

Assim, a Tabela 5.7 informa os valores das porcentagens médias encontradas para os dias atendidos totalmente, parcialmente e aqueles não atendidos ao se utilizar a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, de 5,0m<sup>3</sup> ou de 10m<sup>3</sup>.

**Tabela 5.7** – Porcentagens médias de dias que são atendidos totalmente, parcialmente ou não atendidos durante o ano pelas cisternas de 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> ou 10m<sup>3</sup>.

	ID	Cisterna	% de dias atendidos totalmente	% de dias atendidos parcialmente	% de dias não atendidos
Casas atendidas - Cisternas de 2,8m <sup>3</sup> , 5,0m <sup>3</sup> ou 10m <sup>3</sup>	1, 2, 4, 11, 12, 15, 16, 17, 23, 25, 31, 32, 34, 35, 36, 40, 46, 47, 48, 54, 55, 59, 61, 66, 69, 72, 76, 78, 79, 84, 85, 86, 87, 90, 93, 99, 101, 103, 110, 112, 113, 114	2,8m <sup>3</sup>	30,28	15,54	54,18
		5,0m <sup>3</sup>	39,04	11,55	49,54
		10m <sup>3</sup>	47,13	8,34	44,52

Verifica-se que a cisterna com capacidade de armazenamento de 10m<sup>3</sup> de água apresentou a maior porcentagem de atendimento total da demanda diária dos moradores ao longo do ano, em comparação com as outras cisternas, porém proporcionou o menor valor médio de VPL. Já a cisterna com capacidade de armazenamento de 2,8m<sup>3</sup> de água apresentou a menor porcentagem de atendimento total da demanda diária dos moradores ao longo do ano, em comparação com as outras cisternas, no entanto apresentou o maior valor médio de VPL. Assim sendo, cabe ao morador a escolha do tipo de cisterna para a implantação do SAAP em sua residência.

### 5.3 CASAS NÃO ATENDIDAS POR NENHUM TIPO DE CISTERNA

De início, selecionou-se o número de casas, dentre as 96 do condomínio que, após feita a simulação dos parâmetros e posterior análise de resultados, não seriam atendidas por nenhum tipo de cisterna. Neste caso, resultou no total de 10 casas, representando 10% do total de casas do condomínio.

A análise levou em conta os resultados com base nos indicadores financeiros escolhidos no presente trabalho: VPL e PBD. Vale ressaltar que, para facilitar e otimizar a análise dos resultados gerados pela planilha para cada casa, adotou-se a média dos valores de VPL e PBD que foram obtidos durante os 30 anos de tempo de projeto para as 10 casas em questão.

**Tabela 5.8** – Casas não atendidas por nenhum tipo de cisterna.

	ID	%	Cisternas	Média dos valores de VPL	Média dos valores de PBD (anos)
Casas não atendidas por nenhuma cisterna	14, 26, 28, 29, 39, 41, 50, 70, 115, 120	10%	2,8m <sup>3</sup>	- R\$ 3.038,88	0
			5,0m <sup>3</sup>	- R\$ 3.463,89	0
			10m <sup>3</sup>	- R\$ 9.968,88	0

A Tabela 5.8 apresenta os resultados encontrados para as 10 casas especificadas no condomínio. Nota-se que os valores de VPL calculados para os três tipos de cisternas foram negativos, fazendo com que o projeto não fosse economicamente viável para os moradores por não ser rentável. Já os valores de PBD obtidos foram iguais a zero, indicando que o morador levaria mais de 30 anos para obter o retorno do investimento inicial.

Os fatores abaixo esclarecem os motivos pelos os quais as 10 casas mencionadas não seriam atendidas por nenhum tipo de cisterna em questão:

- ✓ Para as residências que possuem sistema de irrigação automático por aspersores (ID 28, 29, 39 e 50), indicador de consumo que apresenta demanda diária de 0,1L/m<sup>2</sup>, foram encontrados baixos valores de demandas diárias totais, para os fins não potáveis, dos moradores o que influencia diretamente nos valores de “volume de água economizados” para os diferentes tipos de cisternas ao longo dos anos de projetos fazendo com que os benefícios financeiros adquiridos por ano fosse relativamente pequenos, quando comparados aos benefícios financeiros encontrados para outras residências, tornando inviável a implantação do SAAP.

A Tabela 5.9 ilustra um exemplo para os IDs mencionados, levando em consideração a média dos valores encontrados por ano e durante o período de projeto. A simulação foi feita adotando um tipo de cisterna, no caso, a de 2,8m<sup>3</sup> a título de exemplificação.

**Tabela 5.9** – Residências que não foram atendidas devido aos baixos Benefícios Líquidos (R\$) encontrados no período de 30 anos.

ID	Demanda Diária Total (m <sup>3</sup> )	Volumes Economizados (m <sup>3</sup> /ano)	Benefício Líquido (R\$)
28	0,119	33,27	203,61
29	0,199	48,88	483,39
39	0,111	31,77	194,40
50	0,246	61,15	604,73

- ✓ Para as residências de ID: 14, 26, 70, 115, 120, que apresentam áreas de telhados para a captação de água da chuva inferiores a 110m<sup>2</sup>, além do número moradores iguais ou inferiores a 2, foram encontrados valores de “volume de água economizados” relativamente baixos, se comparados as casas atendidas, em razão dos baixos volumes coletados pelos telhados e armazenados nas cisternas. Fazendo, assim, com que as porcentagens de dias atendidos totalmente ou parcialmente para as demandas diárias dos moradores fossem muito baixas, ou seja, os volumes armazenados nas cisternas não eram suficientes para suprir as demandas diárias de fins não potáveis dos residentes.

A Tabela 5.10 mostra um exemplo para os IDs mencionados, levando em consideração a média dos valores encontrados para os “volumes economizados” e as “% de dias atendidos totalmente ou parcialmente” por ano e durante o tempo de projeto de 30 anos. A simulação foi feita adotando a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, a título de exemplificação.

**Tabela 5.10** – Residências que não foram atendidas devido aos baixos valores de Área de Telhado encontrados.

ID	Área de Telhado (m <sup>2</sup> )	Volumes Economizados (m <sup>3</sup> /ano)	% de dias atendidos totalmente	% de dias atendidos parcialmente
14	94,71	100,88	13,08	26,19
26	109,89	108,90	17,68	23,15
70	109,69	107,81	18,90	22,31
115	90,45	98,07	11,77	27,11
120	96,64	100	17,82	23,09

#### 5.4 MAPEAMENTO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS

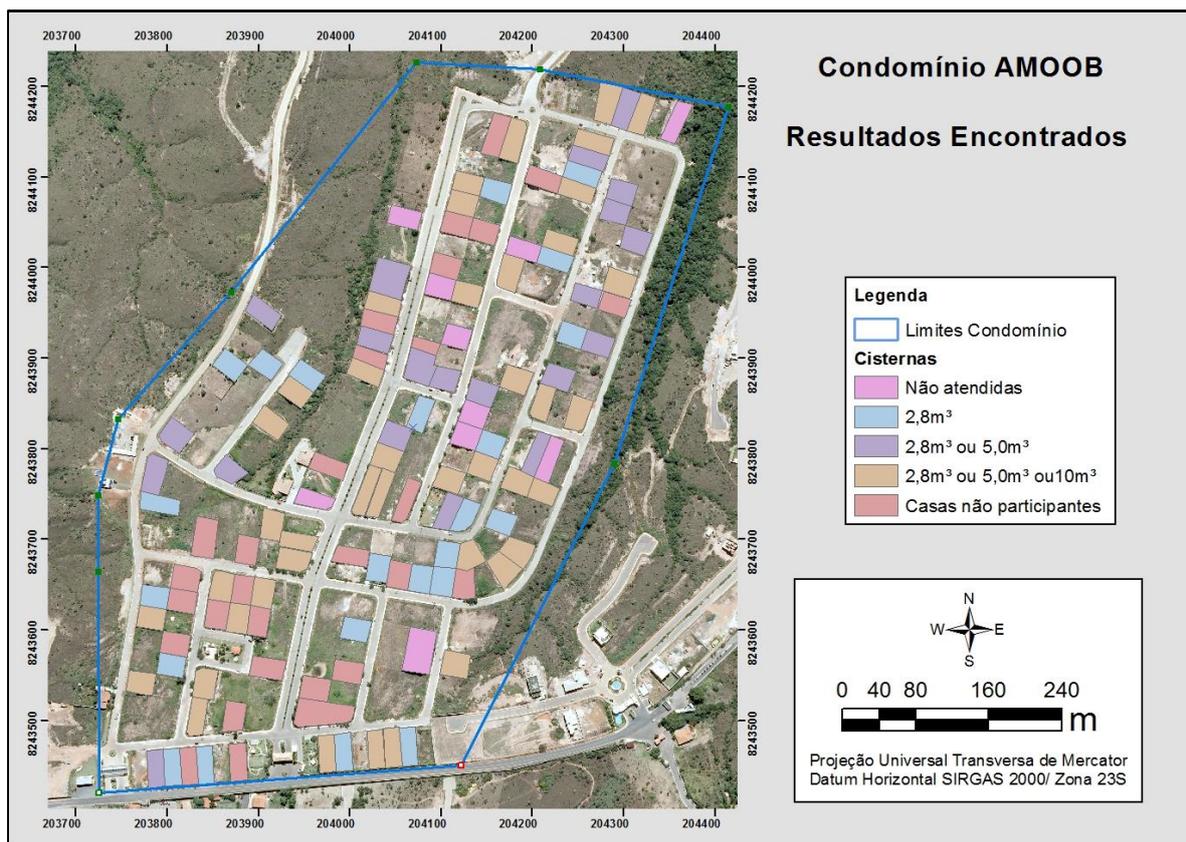
A Figura 5.4 ilustra o mapeamento que foi feito para as 123 casas do condomínio. Nele foram demarcadas as casas que: seriam atendidas por nenhum tipo de cisterna; seriam atendidas apenas pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup>; seriam atendidas pelas cisternas de 2,8m<sup>3</sup> ou 5,0m<sup>3</sup>; seriam

atendidas pelas cisternas de 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> ou 10m<sup>3</sup>. São detalhadas, também, as casas que não participaram da aplicação do questionário.

De acordo com o mapa abaixo, nota-se certa homogeneidade nos resultados encontrados, o que é condizente por se tratar de um condomínio horizontal com diferentes variáveis a serem analisadas, desde o tamanho dos lotes até a demanda diária total por residência, para fins não potáveis.

Excetuando as casas que não foram atendidas por nenhuma cisterna, 24% das casas do condomínio poderiam optar apenas pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup> para armazenamento de água da chuva, enquanto 22% poderiam optar pela cisterna de 2,8m<sup>3</sup> ou pela cisterna de 5,0m<sup>3</sup> para a estocagem de água e 44% poderiam optar por qualquer tipo de cisterna para implantação do SAAP na residência. Em síntese, não há como definir qual o melhor tipo de cisterna ou adotar um padrão para as residências do condomínio, tendo em vista que a escolha deve ser feita pelo morador levando em conta seus desejos e objetivos.

Pode-se dizer que a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, nos casos mencionados acima, foi a que apresentou as maiores médias dos valores de VPL e as menores médias dos valores de PBD. No entanto supri a demanda de água, para fins não potáveis, dos moradores poucas vezes ao longo do ano. Em oposição, a cisterna de 10m<sup>3</sup> obteve resultados que mostraram que a rentabilidade do projeto foi a menor, em relação aos outros projetos das outras cisternas, e que os valores de PBD encontrados foram altos, quando comparados com os outros valores das outras cisternas, indicando certa demora para o morador recuperar seu investimento inicial. Apesar do exposto, esta foi a cisterna que melhor atendeu a demanda diária dos moradores, para fins não potáveis, por mais dias ao longo do ano.



**Figura 5.4** – Resultados encontrados para o condomínio AMOOB

## 5.5 ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO SAAP PARA UM VALOR MÉDIO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

A análise de viabilidade do SAAP para uma “casa referência” foi realizada adotando, na simulação, valores médios de: área do lote, área do telhado, demanda diária total, área de irrigação, número de habitantes e o tipo de rega do jardim, mediante ao espaço amostral de 96 residências participantes. Os valores médios encontrados para cada um dos itens citados foram: 778 m<sup>2</sup>, 229,71 m<sup>2</sup>, 1,041 m<sup>3</sup>, 548,24 m<sup>2</sup> e 3 moradores, respectivamente. Quanto ao tipo de irrigação do jardim, a média mensurada foi alusiva ao uso de mangueira manual.

Os dados que embasaram a simulação permaneceram os mesmos: o consumo médio per capita adotado da RA Lago Norte de 294 L/hab.dia; o TMA de 7,25%; o tempo de vida útil de projeto de 30 anos; e ainda a faixa de consumo mensal 26 m<sup>3</sup>, referente a quantidade média de 3 residentes por casa, o que representa valor da alíquota de 9,89 (R\$/m<sup>3</sup>), conforme a Tabela 4.3.

A Tabela 5.11 apresenta o resultado da análise de viabilidade para “casa referência” e para cada um dos três tipos de cisternas que poderiam ser utilizadas no projeto de SAAP dessa

residência. Consideraram-se os percentuais atendidos totalmente, parcialmente e não atendido para as demandas diárias dos moradores para os fins não potáveis, além dos indicadores financeiros VPL e PBD.

**Tabela 5.11** – Análise de viabilidade do SAAP para casa referência.

<b>Id</b>	<b>Cisterna (m<sup>3</sup>)</b>	<b>% de dias atendidos totalmente</b>	<b>% de dias atendidos parcialmente</b>	<b>% de dias não atendidos</b>	<b>PBD (anos)</b>	<b>VPL (R\$)</b>
<b>Média</b>	2,80	30,52	15,28	54,21	5,67	R\$ 8.456,55
	5,00	39,98	10,89	49,13	6,73	R\$ 6.606,55
	10,00	49,13	7,27	43,60	12,01	R\$ 1.526,55

Nota-se que a cisterna com capacidade de acumulação 2,8m<sup>3</sup> de água foi a que apontou o maior valor de VPL, quando comparada com as demais. Assim, tanto os moradores da “casa referência” sugerida, quanto os moradores de 90% das casas do condomínio experimentariam rentabilidade financeira que, por sinal, seria superior as demais rentabilidades proporcionadas pelas demais cisternas.

Com relação as porcentagens de atendimento e não atendimento, a “casa referência” apresentou, para a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, padrões semelhantes que as casas do condomínio, ou seja, porcentagens de atendimentos da demanda de água totalmente e parcialmente baixos, quando comparadas com os valores das porcentagens fornecidas pela cisterna de 10m<sup>3</sup>.

## **5.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO SAAP.**

Com objetivo de entender melhor a influência dos parâmetros fixados no projeto, selecionou-se apenas alguns parâmetros para a análise de sensibilidade, devido à incerteza ou a variação nos valores dentre as literaturas existentes. Será apresentado a análise de sensibilidade entre Taxa de Mínima Atratividade com o Valor Presente Líquido e o Consumo médio per capita com o Valor Presente Líquido. Outros parâmetros como, demanda diária total, que depende das demandas de vaso sanitário e tipo de irrigação, distintas nas diversas literaturas, será comentada de maneira brevemente.

### 5.6.1 TAXA DE MÍNIMA ATRATIVIDADE (TMA) X VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Levando em conta o aspecto econômico, um investidor observa o comportamento de diversas variáveis existentes de um projeto para auxiliar lhe em sua escolha de onde aplicar o seu capital. Neste sentido, o Valor Presente Líquido está inteiramente ligado a Taxa de Mínima Atratividade, pois traz para o presente todos os valores futuros esperados de um fluxo de caixa, a fim de contabilizar o valor total presente de um investimento, faz-se necessária a adequação deles a uma taxa de desconto do mercado.

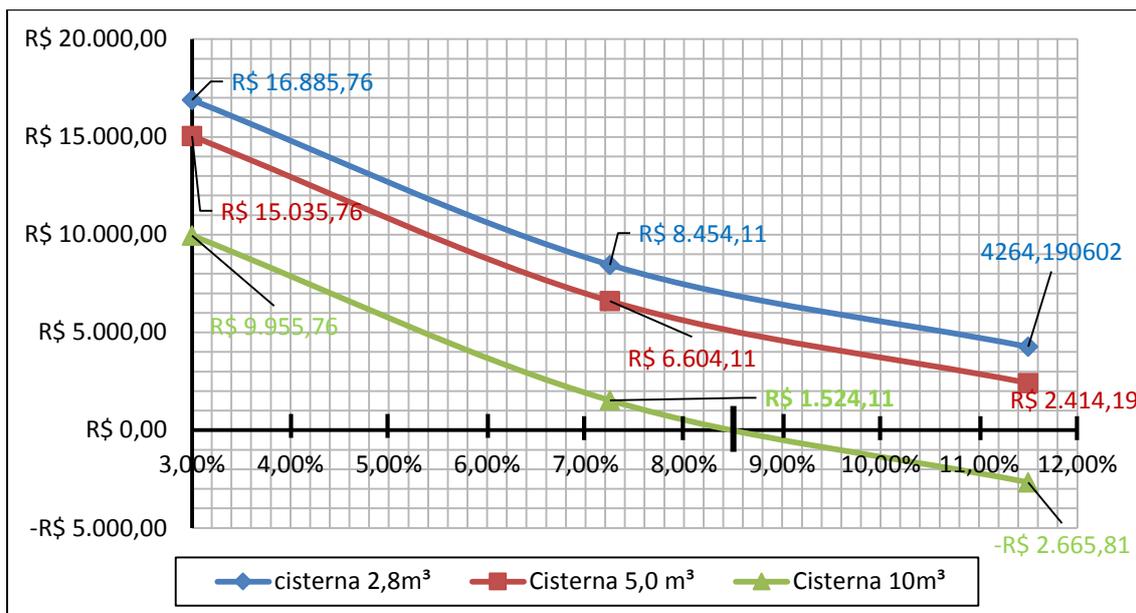
Para a análise de sensibilidade, foram selecionados três valores distintos para a TMA: 3%, 7,25% e 11,5%. O valor de 7,25% foi adotado no presente projeto durante toda a análise de viabilidade econômica do SAAP. Já os outros valores variaram, do valor original utilizado no trabalho, de maneira proporcional e, além disso, a simulação de viabilidade econômica deles foi feita adotando os mesmos parâmetros e valores utilizados na a análise feita para a TMA de 7,25%, ou seja, os valores médios referentes a área de captação e demanda total diária das 96 residências e a alíquota da água para uma casa com 3 moradores (valor médio de residentes por casa). Os dados desta análise foram dispostos na Tabela 5.12.

**Tabela 5.12** – Resultados encontrados para análise de sensibilidade: TMA x VPL

TMA	Cisterna (m <sup>3</sup> )	VPL (R\$)
3%	2,8	R\$ 16.885,76
	5,0	R\$ 15.035,76
	10,0	R\$ 9.955,76
7,25%	2,8	R\$ 8.454,11
	5,0	R\$ 6.604,11
	10,0	R\$ 1.524,11
11,50%	2,8	R\$ 4.264,79
	5,0	R\$ 2.414,79
	10,0	-R\$ 2.665,81

Nota-se, de acordo com a tabela acima, que a TMA e o VPL comportam-se de maneira inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a TMA adotada, menor é o VPL para um determinado tipo de cisterna escolhida e vice-versa.

O gráfico da Figura 5.5 demonstra o comportamento dos valores de VPL encontrados para os diferentes tipos de cisternas levando em consideração as diferentes TMA aplicadas.



**Figura 5.5** – Análise de Sensibilidade: TMA x VPL.

De acordo com a figura acima, percebe-se que para as cisternas de capacidade 2,8m³ e 5,0m³ o VPL se mostra negativo para TMA maiores que 12%, o que inviabilizaria financeiramente o projeto de aproveitamento de água da chuva para o morador, porém não se pode afirmar com precisão o valor exato, pois o gráfico exposto acima não permite. Já para a cisterna de capacidade 10m³, a inviabilização econômica do sistema ocorrerá quando a TMA for maior ou igual a 8,5%.

### 5.6.2 CONSUMO MÉDIO PER CAPITA (M³/HAB.DIA) X VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O consumo médio per capita representa o gasto diário de água por habitante e, ao ser modificado, influencia no valor presente líquido (VPL). A variação do consumo per capita altera o volume de água consumida na residência e, conseqüentemente, o valor pago da alíquota pelo consumidor, como é possível constatar na tabela 5.2 a diante. Como base, realizou-se um comparativo com dados de consumo de três regiões administrativas do DF: Lago Norte, Lago Sul e São Sebastião.

Para a análise de sensibilidade, foram selecionados três valores distintos para o consumo per capita: 585 L/hab.dia (Lago Sul), 294 L/hab.dia (Lago Norte) e 146 L/hab.dia (São Sebastião). O valor de 294 L/hab.dia foi adotado no presente projeto durante toda a análise de viabilidade econômica do SAAP. Já o critério de escolha dos outros valores foi baseado na Tabela 5.13, em que se procurou a RA de maior consumo e a RA onde o condomínio pertence.

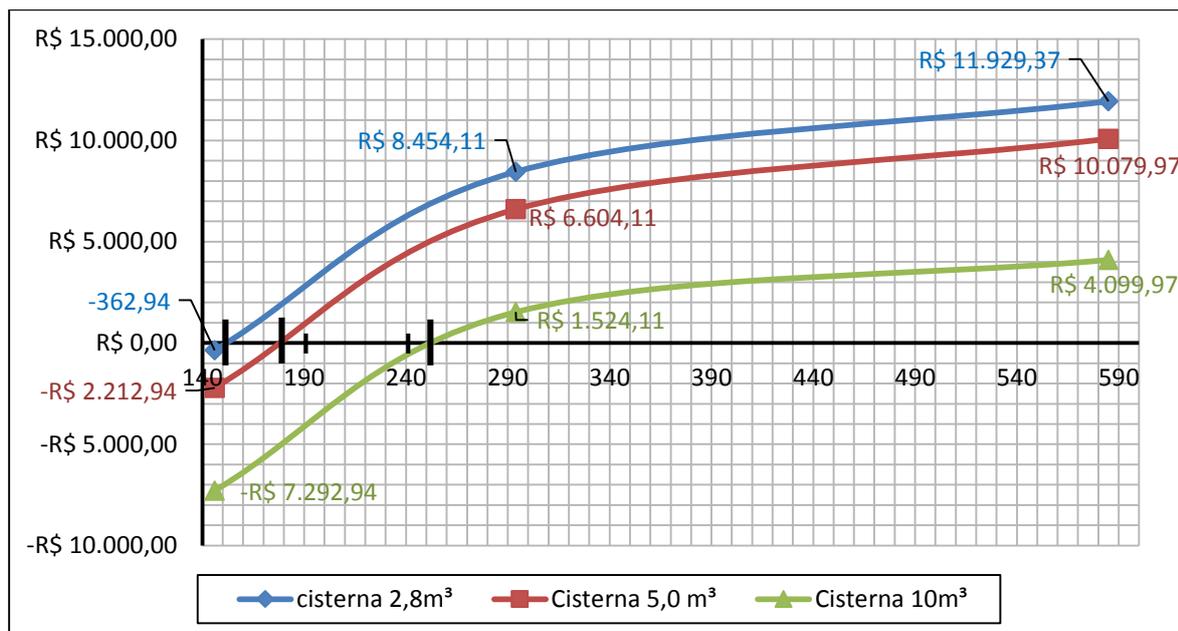
Para a realização da simulação de viabilidade econômica em função dos diferentes valores de consumo per capita, adotou-se o valor médio de área de captação (229,71m<sup>2</sup>), a demanda diária total média para as residências participantes (1,041m<sup>3</sup>) e o número médio de moradores por casa do condomínio (3 moradores/residência). O único parâmetro que diferenciava era o valor da alíquota do m<sup>3</sup> de água, que depende do produto da faixa de consumo per capita da região pelo número médio de pessoas residentes por casa do condomínio. Assim, o valor da alíquota seria maior para o Lago Sul, enquanto para a região de São Sebastião o valor seria menor, logo os VLP encontrados foram maiores para a região de maior consumo per capita. Os resultados constatados foram dispostos na Tabela 5.13.

**Tabela 5.13** – Resultados encontrados para análise de sensibilidade: Consumo per capita x VPL.

Consumo per capita	Cisterna (m <sup>3</sup> )	VPL (R\$)
Lago Sul 585 L/hab.dia	2,8	R\$ 11.929,37
	5,0	R\$ 10.079,97
	10,0	R\$ 4.999,97
Lago Norte 294 L/hab.dia	2,8	R\$ 8.454,11
	5,0	R\$ 6.604,11
	10,0	R\$ 1.524,11
São Sebastião 146 L/hab.dia	2,8	-R\$ 362,94
	5,0	-R\$ 2.212,94
	10,0	-R\$ 7.292,94

Nota-se, de acordo com a tabela acima, que o consumo per capita e o VPL comportam-se de maneira diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior for o consumo per capita de uma região, maior serão os VPL encontrados para cada tipo de cisterna existente. Apesar disso, para uma certa região determinada, cisternas de maior capacidade de armazenamento apresentaram baixos VPL, quando comparadas ao VPL das cisternas de menor capacidade de armazenamento. Isso ocorre devido ao elevado valor do investimento inicial demandado pelas cisternas de grande porte.

O gráfico da Figura 5.6 demonstra o comportamento do consumo médio per capita em L/hab.dia em relação ao VPL encontrados para cada tipo de cisternas mencionadas.



**Figura 5.6** – Análise de Sensibilidade: Consumo médio per capita x VPL.

De acordo com a figura acima, percebe-se que para as cisternas de capacidade 2,8m<sup>3</sup>, 5,0m<sup>3</sup> e 10m<sup>3</sup> a inviabilidade econômica dos projetos aconteceria para valores de consumo per capita menores que: 150L/hab.dia, 180L/hab.dia e 250L/hab.dia, respectivamente. Diante disso, a região de São Sebastião apresentou VLP negativos indicando que o baixo valor encontrado do consumo médio per capita por habitante foi menor que os valores limites para cada tipo de cisterna.

Para outros parâmetros utilizados na simulação de análise de viabilidade do SAAP, vale comentar que a demanda diária total, dependente das demandas de: vaso sanitário e do tipo de irrigação (distintas nas diversas literaturas), influencia, em diferentes VPL, pois para um valor de demanda de vasos sanitários abaixo do que foi utilizado no projeto (35 L/hab/dia), menor seria o novo valor de demanda diária total para determinada residência gerando, assim, um novo VPL.

## 6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Muito se discute acerca da importância de conservação da água potável e dos impactos proporcionados pela urbanização acelerada das principais cidades brasileiras. Em conformidade com o exposto, a procura por alternativas, que preservam este recurso essencial, tem sido cada vez mais acentuada.

O aproveitamento de águas pluviais proporciona benefícios reais tanto para o morador como para sociedade. Em decorrência disto, surge uma demanda por políticas públicas ou incentivos fiscais que estimulem o investimento em sistema para as moradias, além de normas detalhadas que orientem a escolha do sistema mais adequado.

A análise aplicada neste presente trabalho exhibe alternativas disponíveis aos moradores do condomínio AMOBB para a adoção de sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) com a finalidade de atender a demanda de água não potável dos moradores, como de irrigação de jardim e descarga de vaso sanitário sem ter que utilizar a água proveniente da companhia de abastecimento.

O morador do condomínio ao optar pela implantação do projeto, desde que sua residência se encaixe no grupo que é atendido por algum tipo de cisterna, escolhendo a que melhor o satisfaça estará colaborando diretamente para a preservação da água, recurso natural e limitado, além de estar adquirindo um projeto rentável financeiramente.

Em vista do que foi apresentado, pode-se inferir que 24% das casas do condomínio que participaram da aplicação dos questionários poderiam adotar apenas o SAAP utilizando para o armazenamento de água a cisterna de 2,8m<sup>3</sup>, ao passo que, 22%, a cisterna de 2,8m<sup>3</sup> ou 5,0m<sup>3</sup> e 44% qualquer tipo de cisterna. Cabe lembrar, no entanto, que a tomada de decisão do morador, pela implantação ou não do projeto, pode ter como base não só o aspecto financeiro, como, também, benefícios ambientais proporcionados.

Como critério de comparação, ao fazer a simulação de análise de viabilidade do SAAP adotando valores médios de: área do lote, área do telhado, demanda diária total, área de irrigação, número de habitantes e o tipo de rega do jardim para “casa referência” notou-se que a cisterna de armazenamento de água de 2,8m<sup>3</sup> foi a que apresentou o maior valor de VPL o que aconteceu para 90% das casas que poderiam optar pela mesma escolha de cisterna.

As análises de sensibilidade tomaram como base o VPL, este foi comparado a TMA e ao consumo médio de água per capita. Observou-se padrões de comportamento diferentes entre

os comparativos. O primeiro apresentou valores inversamente proporcionais aos do VPL, enquanto o segundo apontou valores diretamente proporcionais ao VPL.

Abordou-se no presente trabalho algumas hipóteses, dentre elas: custo de energia elétrica com uso da bomba de água na faixa de 2% em relação ao valor de implantação inicial do projeto e o valor médio da alíquota por m<sup>3</sup> de água, tabelado pela companhia responsável pelo abastecimento de água, utilizado para residência normal.

Quanto ao custo de energia elétrica adquirido pelo morador proveniente do uso da bomba de água periférica para o recalque de água do reservatório até a caixa d' água, seria interessante que os próximos trabalhos, por ventura, que adotassem essa linha de projeto, buscassem detalhá-lo levando em consideração, por exemplo, a potência da bomba, o consumo (demanda) e a vazão da bomba itens necessários para a quantificação desse custo.

Em relação a se utilizar um valor médio tabelado da alíquota de água por m<sup>3</sup> de um determinado ano específico, seria viável verificar, primeiramente, a projeção da evolução da tarifa de água ao longo dos anos, ou seja, os possíveis reajustes ocorridos. Assim, para os cálculos dos benefícios financeiros gerados através dos volumes de água economizados, levariam-se em conta valores de alíquotas correspondentes a média histórica de correções que foram feitas pelas companhias de abastecimento ao longo dos anos.

Outra sugestão seria encontrar um método para estimar os benefícios ambientais, ou seja, tentar trazer os benefícios ambientais encontrados para valores monetários presentes para, assim, somar aos benefícios líquidos obtidos do próprio sistema e, então, aumentar a viabilidade do sistema o que seria visto de forma interessante, por exemplo, aos olhos dos órgãos públicos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUALIMP. Guia de Instalação de cisterna. Disponível em:

<<http://www.acqualimp.com/produto/14/cisterna.aspx>>. Acesso em: 12 de maio de 2015.

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Nota Técnica nº 012/2012 – SEF/ADASA. Resultado Final da 1ª Revisão Periódica das tarifas dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestados pela CAESB.

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal.

Disponível em:

<[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1361%3Amapas&catid=88%3Amapas&Itemid=303](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1361%3Amapas&catid=88%3Amapas&Itemid=303)>. Acesso em: 12 abril. 2015.

AMOB, História do Condomínio da Amobb. Disponível em:

<[http://www.condominioamobb.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=193%3Ahistorico-historia-da-amobb&catid=34%3Ahome&Itemid=1](http://www.condominioamobb.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=193%3Ahistorico-historia-da-amobb&catid=34%3Ahome&Itemid=1)>. Acesso em: 5 nov. 2014.

ANDRADE, L. T. de (2000). Condomínios fechados da Região Metropolitana de Belo Horizonte: novas e velhas experiências. In: IX ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR. Rio de Janeiro, v. 2, pp. 936-943

ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória – ES. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo, 2007. 12p.

BCB – Banco Central do Brasil. Taxa caderneta de poupança entre 01/06/2014 a 01/06/2015. Disponível em:

<<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=3>> Acesso em: 12 de maio de 2015

BARROS, I. M. B. Caracterização dos condomínios horizontais fechados de classe média sob a ótica do transporte: um estudo de caso no Distrito Federal. Brasília. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Universidade de Brasília, Brasília. 2012.

BORGES, A. R. As interferências do ambiente social no processo de criação publicitária com vistas a influenciar o comportamento dos consumidores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 29, 2006, Brasília. São Paulo: Intercom, 2006. CD-ROM

BRAGA, I. Y. L. G. Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2008.

BRANDSTETTER, M. C. G. O. Avaliação pós-ocupação em condomínios horizontais aspectos de escolha e satisfação da habitação. In: Workshop Nacional: Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2001, São Carlos, SP.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. Administração Financeira: teoria e prática. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

BRUNI, A; FAMÁ, R. As decisões financeiras. São Paulo; Atlas, 2015. Disponível em: <[https://www.editoraatlas.com.br/atlas/webapp/download\\_file.aspx?f=4eK6NAIvqlXreXNoCp32pjJpB9Gt2v2zq43Rj8YIManKbz59iujVLdBfB6LyvxX4FRWVSygBu6CQVuHalHtTaqTcT04IMak70planilhainvestfacil](https://www.editoraatlas.com.br/atlas/webapp/download_file.aspx?f=4eK6NAIvqlXreXNoCp32pjJpB9Gt2v2zq43Rj8YIManKbz59iujVLdBfB6LyvxX4FRWVSygBu6CQVuHalHtTaqTcT04IMak70planilhainvestfacil)> Acesso em: 10 de jun. 2015.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Relatório da Administração de 2013. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/>>. Acessado em: 20 nov. de 2014.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Tarifas e preços. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/tarifas-e-precos.html>>. Acessado em: 10 jun. de 2015.

CORREIO BRAZILIENSE (2014). Brasília tem segunda maior taxa de crescimento populacional entre capitais. Disponível em: <[http://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/08/29/interna\\_cidadesdf,444634/brasil-tem-segunda-maior-taxa-de-crescimento-populacional-entre-capitais.shtml](http://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/08/29/interna_cidadesdf,444634/brasil-tem-segunda-maior-taxa-de-crescimento-populacional-entre-capitais.shtml)>. Acesso em: 1 nov. 2014.

CURITIBA. Lei n. 10.785, de 18 de setembro de 2003. Cria o “Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE”. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimedia/00086319.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 4.181, de 21 de julho de 2008. Cria o Programa de Captação de Água da Chuva e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 jul. 2008.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 4.671, de 10 de novembro de 2011. Altera a Lei nº 3.677, de 13 de outubro de 2005, que dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de reservatórios de captação de água para as unidades habitacionais do Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 nov. 2011.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. Water Science Technology, v. 39, n. 5, p. 25-32, 1999.

FERRIGO, S. Utilização do modelo SWAT na estimativa de produção de sedimentos na bacia do córrego capão comprido no Distrito Federal. Conclusão do Curso, Instituto de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2011

GONÇALVES, R. F. (Coord. PROSAB 4, vol 5.). Uso racional da Água em Edificações. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.p 43-182

GOOGLE EARTH-MAPS. Disponível em:< <http://earth.google.com>>. Acessado em 05 jun. 2015

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000008473104122012315727483985.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população dos municípios brasileiros com data de Referência em 1º de julho de 2014. Disponível em:

<[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise\\_estimativas\\_2014.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf)>. Acesso em: 07 nov. 2014.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Base de dados climáticos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em 10 de jun. 2015

LAMBERTS, R; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. Casa Eficiente: Uso Racional da água. Volume III, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina - UFSC, 2010.

LEGGETT, D.; BROWN, R.; BREWER, D.; HOLLIDAY, E. Rainwater and greywater use in buildings: decision-making for water conservation. London: CIRIA, 2001.

LOUREIRO, F. A.; PARAGUASSU, L. F. Avaliação de viabilidade em implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edifício no Setor Noroeste. Monografia de Projeto Final 1, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 14 p. 2011

MARTINS, B. M. Aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis em Brasília – DF: aspectos políticos e econômicos. 2013. 64 f. Graduação (Monografia em Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2013.

MAY, S. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. Tese de Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica, São Paulo 2009;

OLIVEIRA, C. L. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

PIRES, J. D. Reúso de água cinza e aproveitamento da água de chuva como fontes alternativas em propriedades rurais. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2012.

PORTO ALEGRE. Lei n. 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nphbrs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

QUEIROZ, E. P. A migração intrametropolitana no Distrito Federal e Entorno: o consequente fluxo pendular e o uso de equipamentos urbanos de saúde e educação. Trabalho apresentado no XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Caxambú – MG, Brasil, de 18 a 22 de setembro de 2006. p. 1-7.

RAMOS, B. de F.; QUADROS, D. A.; COUTINHO, L. C. G. & MACHADO, L. M. Avaliação da viabilidade econômica de sistema de aproveitamento de águas de chuva para fins não potáveis em residências. VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Fortaleza, 2006.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água. Paranoá, Brasília, no 10, p. 77-84, (2013a).

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 2: viabilidade técnica e econômica. Paranoá, Brasília, nº 10, p. 85-93, (2013b).

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações. 6º Ed., São Paulo: Atlas, 2009

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 4º ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 208pg.

SABOIA, A. L. Censo demográfico 2010 e a diversidade social. 7º Workshop de Responsabilidade Social, 27 de setembro de 2011, Rio de Janeiro. 26 s. Disponível em: <[http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/apresentacao\\_IBGE.pdf](http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/apresentacao_IBGE.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2014.

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.

SÃO PAULO. Lei n. 13.276, de 4 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>. Disponível em: <<http://www.leispaulistanas.com.br/sites/default/files/ReservatorioDeAgua/LEI%2013276.PDF>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

SÃO PAULO. Lei n. 12.526, de 2 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: 11 nov. 2014.

VIEIRA, A.S. Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2012.

## ANEXO A

Planilha de detalhamento dos resultados encontrados para as casas que responderam ao questionário.

Id	Cisterna (m <sup>3</sup> )	% de dias atendidos totalmente	% de dias atendidos parcialmente	% de dias não atendidos	PBD (anos)	VPL
Média	2,8	30,52	15,28	54,21	5,67	R\$ 8.456,55
	5	39,98	10,89	49,13	6,73	R\$ 6.606,55
	10	49,13	7,27	43,60	12,01	R\$ 1.526,55
1	2,8	27,35	17,09	55,56	5,73	R\$ 8.358,16
	5	35,99	12,78	51,23	6,74	R\$ 6.508,16
	10	44,26	9,30	46,44	11,95	R\$ 1.428,16
2	2,8	25,43	18,22	56,35	6,32	R\$ 7.350,59
	5	33,20	14,29	52,51	7,34	R\$ 5.500,59
	10	40,38	11,10	48,52	15,04	R\$ 420,59
3	2,8	40,52	10,13	49,35	15,68	R\$ 1.802,05
	5	48,96	6,83	44,21	19,96	-R\$ 47,95
	10	57,80	4,24	37,96	0,00	-R\$ 5.127,95
4	2,8	28,52	16,44	55,04	6,03	R\$ 7.891,42
	5	37,35	12,09	50,56	7,06	R\$ 6.041,42
	10	46,06	8,54	45,41	12,74	R\$ 961,42
5	2,8	41,40	9,64	48,97	16,78	R\$ 1.526,59
	5	50,77	6,28	42,95	21,80	-R\$ 323,41
	10	58,96	3,96	37,07	0,00	-R\$ 5.403,41
7	2,8	38,58	11,14	50,28	16,61	R\$ 1.583,15
	5	46,93	7,72	45,36	21,24	-R\$ 266,85
	10	55,89	4,70	39,41	0,00	-R\$ 5.346,85
8	2,8	23,46	19,38	57,15	6,65	R\$ 6.772,92
	5	30,69	15,69	53,63	7,68	R\$ 4.922,92
	10	36,72	12,78	50,50	17,37	-R\$ 157,08
9	2,8	27,08	17,19	55,72	24,70	R\$ 423,95
	5	35,22	13,35	51,43	0,00	-R\$ 1.426,05
	10	41,84	10,51	47,65	0,00	-R\$ 6.506,05
10	2,8	20,16	21,51	58,32	6,98	R\$ 6.238,48
	5	26,03	18,23	55,74	8,06	R\$ 4.388,48
	10	30,52	15,91	53,56	20,94	-R\$ 691,52
11	2,8	20,86	21,06	58,08	4,79	R\$10.353,77
	5	26,77	17,67	55,56	5,74	R\$ 8.503,77
	10	32,22	15,05	52,73	10,24	R\$ 3.423,77
12	2,8	29,62	15,81	54,56	5,10	R\$ 9.438,39
	5	38,98	11,31	49,71	6,13	R\$ 7.588,39
	10	48,07	7,71	44,22	10,37	R\$ 2.508,39

13	2,8	22,12	20,29	57,60	6,77	R\$ 6.572,73
	5	28,78	16,74	54,48	7,80	R\$ 4.722,73
	10	34,19	14,10	51,71	18,69	-R\$ 357,27
14	2,8	13,08	26,19	60,73	0,00	-R\$ 1.220,80
	5	15,74	24,51	59,75	0,00	-R\$ 3.070,80
	10	17,27	23,73	59,01	0,00	-R\$ 8.150,80
15	2,8	31,04	14,99	53,97	5,79	R\$ 8.265,62
	5	40,46	10,64	48,90	6,86	R\$ 6.415,62
	10	49,52	7,14	43,34	12,34	R\$ 1.335,62
16	2,8	28,29	16,58	55,13	5,61	R\$ 8.551,37
	5	37,21	12,18	50,61	6,63	R\$ 6.701,37
	10	45,87	8,63	45,50	11,61	R\$ 1.621,37
17	2,8	30,11	15,50	54,39	6,10	R\$ 7.764,09
	5	39,28	11,18	49,54	7,16	R\$ 5.914,09
	10	48,12	7,67	44,21	13,08	R\$ 834,09
18	2,8	35,78	12,63	51,59	18,03	R\$ 1.308,67
	5	43,71	9,29	47,00	23,54	-R\$ 541,33
	10	52,61	5,88	41,51	0,00	-R\$ 5.621,33
20	2,8	49,00	6,54	44,45	23,31	R\$ 551,48
	5	57,39	4,15	38,47	0,00	-R\$ 1.298,52
	10	65,51	2,44	32,04	0,00	-R\$ 6.378,52
22	2,8	29,47	15,87	54,65	18,00	R\$ 1.334,42
	5	38,49	11,58	49,93	23,05	-R\$ 515,58
	10	47,04	8,07	44,89	0,00	-R\$ 5.595,58
23	2,8	26,03	17,84	56,13	6,32	R\$ 7.350,87
	5	34,03	13,81	52,16	7,34	R\$ 5.500,87
	10	41,45	10,58	47,96	13,92	R\$ 420,87
25	2,8	26,31	17,65	56,04	4,66	R\$ 10.889,66
	5	34,36	13,66	51,98	5,49	R\$ 9.039,66
	10	41,95	10,39	47,66	9,25	R\$ 3.959,66
26	2,8	17,68	23,15	59,18	0,00	-R\$ 614,56
	5	22,05	20,67	57,28	0,00	-R\$ 2.464,56
	10	24,83	19,15	56,02	0,00	-R\$ 7.544,56
27	2,8	33,72	13,38	52,90	15,32	R\$ 1.928,80
	5	44,04	9,13	46,82	18,97	R\$ 78,80
	10	52,87	5,71	41,41	0,00	-R\$ 5.001,20
28	2,8	76,24	0,93	22,83	0,00	-R\$ 6.147,06
	5	82,96	0,61	16,43	0,00	-R\$ 7.997,06
	10	93,49	0,35	6,16	0,00	-\$13.077,06
29	2,8	66,88	2,06	31,05	0,00	-R\$ 2.732,18
	5	71,99	1,34	26,68	0,00	-R\$ 4.582,18
	10	79,32	0,97	19,71	0,00	-R\$ 9.662,18

30	2,8	40,04	10,34	49,62	18,05	R\$ 1.283,37
	5	49,28	6,89	43,83	24,19	-R\$ 566,63
	10	57,50	4,36	38,14	0,00	-R\$ 5.646,63
31	2,8	38,11	11,36	50,53	5,73	R\$ 8.350,39
	5	46,24	8,02	45,74	6,86	R\$ 6.500,39
	10	55,08	4,92	40,00	12,55	R\$ 1.420,39
32	2,8	25,70	18,06	56,24	6,35	R\$ 7.300,56
	5	33,53	14,12	52,34	7,37	R\$ 5.450,56
	10	40,88	10,88	48,25	15,15	R\$ 370,56
33	2,8	21,02	20,96	58,02	7,13	R\$ 5.988,40
	5	27,08	17,63	55,30	8,38	R\$ 4.138,40
	10	31,63	15,38	52,99	21,91	-R\$ 941,60
34	2,8	23,86	19,11	57,03	5,02	R\$ 9.557,38
	5	30,61	15,38	54,01	6,02	R\$ 7.707,38
	10	38,71	11,86	49,43	10,09	R\$ 2.627,38
35	2,8	38,12	11,34	50,55	5,01	R\$ 9.628,36
	5	46,39	7,90	45,71	6,16	R\$ 7.778,36
	10	55,29	4,86	39,85	10,96	R\$ 2.698,36
36	2,8	25,41	18,23	56,36	6,28	R\$ 7.411,48
	5	33,22	14,27	52,51	7,30	R\$ 5.561,48
	10	40,43	11,08	48,49	13,82	R\$ 481,48
39	2,8	77,92	0,82	21,27	0,00	-R\$ 6.258,79
	5	84,69	0,53	14,77	0,00	-R\$ 8.108,79
	10	95,28	0,27	4,45	0,00	-R\$ 13.188,79
40	2,8	33,80	13,34	52,86	5,87	R\$ 8.140,68
	5	43,88	9,20	46,92	6,96	R\$ 6.290,68
	10	52,68	5,78	41,54	12,71	R\$ 1.210,68
41	2,8	40,14	10,27	49,59	0,00	-R\$ 4.585,06
	5	49,28	6,92	43,81	0,00	-R\$ 6.435,06
	10	57,50	4,36	38,14	0,00	-R\$ 11.515,06
43	2,8	24,96	18,44	56,60	6,92	R\$ 6.368,08
	5	32,37	14,69	52,94	8,00	R\$ 4.518,08
	10	39,04	11,68	49,28	18,80	-R\$ 561,92
44	2,8	11,58	27,13	61,30	6,54	R\$ 6.904,28
	5	17,02	23,70	59,27	7,63	R\$ 5.054,28
	10	19,77	22,13	58,10	20,11	-R\$ 25,72
45	2,8	42,81	8,92	48,27	17,60	R\$ 1.353,53
	5	52,17	5,70	42,13	23,81	-R\$ 496,47
	10	60,43	3,57	36,00	0,00	-R\$ 5.576,47
46	2,8	44,54	8,18	47,29	4,98	R\$ 9.809,51
	5	54,27	5,02	40,71	6,06	R\$ 7.959,51
	10	62,68	3,03	34,29	11,08	R\$ 2.879,51

47	2,8	26,89	17,34	55,78	5,38	R\$ 8.932,69
	5	35,41	13,02	51,57	6,38	R\$ 7.082,69
	10	43,70	9,52	46,78	10,89	R\$ 2.002,69
48	2,8	31,72	14,54	53,74	5,48	R\$ 8.776,89
	5	41,36	10,12	48,52	6,53	R\$ 6.926,89
	10	50,69	6,57	42,74	11,54	R\$ 1.846,89
50	2,8	67,37	1,87	30,76	0,00	-R\$ 1.232,57
	5	74,00	1,08	24,92	0,00	-R\$ 3.082,57
	10	81,41	0,70	17,89	0,00	-R\$ 8.162,57
52	2,8	41,18	9,78	49,04	16,78	R\$ 1.527,06
	5	50,55	6,40	43,06	21,78	-R\$ 322,94
	10	58,70	4,08	37,22	0,00	-R\$ 5.402,94
54	2,8	45,06	7,94	47,00	6,37	R\$ 7.356,32
	5	54,76	4,87	40,37	7,58	R\$ 5.506,32
	10	63,33	2,88	33,79	15,99	R\$ 426,32
55	2,8	31,47	14,68	53,85	4,60	R\$11.013,72
	5	41,09	10,26	48,65	5,35	R\$ 9.163,72
	10	50,57	6,56	42,87	9,00	R\$ 4.083,72
59	2,8	15,98	24,21	59,81	6,09	R\$ 7.723,64
	5	19,62	22,05	58,33	7,35	R\$ 5.873,64
	10	22,31	20,59	57,10	19,53	R\$ 793,64
61	2,8	29,53	15,83	54,64	5,84	R\$ 8.183,62
	5	38,86	11,37	49,78	6,89	R\$ 6.333,62
	10	47,78	7,80	44,43	12,35	R\$ 1.253,62
65	2,8	31,10	14,92	53,98	19,52	R\$ 1.069,36
	5	40,46	10,77	48,77	25,44	-R\$ 780,64
	10	48,67	7,46	43,87	0,00	-R\$ 5.860,64
66	2,8	40,65	10,06	49,29	6,11	R\$ 7.715,86
	5	50,02	6,60	43,38	7,31	R\$ 5.865,86
	10	58,13	4,21	37,66	13,92	R\$ 785,86
68	2,8	30,65	15,19	54,16	19,52	R\$ 1.072,17
	5	40,02	11,00	48,98	25,37	-R\$ 777,83
	10	48,21	7,68	44,11	0,00	-R\$ 5.857,83
69	2,8	29,16	16,02	54,82	6,15	R\$ 7.658,94
	5	38,23	11,68	50,09	7,21	R\$ 5.808,94
	10	46,83	8,17	45,00	13,21	R\$ 728,94
70	2,8	18,90	22,31	58,78	0,00	-R\$ 692,09
	5	23,74	19,66	56,60	0,00	-R\$ 2.542,09
	10	26,71	18,06	55,23	0,00	-R\$ 7.622,09
71	2,8	26,02	17,32	56,66	6,85	R\$ 6.575,18
	5	40,60	10,09	49,31	7,30	R\$ 4.725,18
	10	50,85	6,29	42,85	12,70	-R\$ 354,82

72	2,8	31,58	14,65	53,77	4,75	R\$ 10.475,11
	5	41,05	10,31	48,64	5,65	R\$ 8.625,11
	10	50,40	6,71	42,89	9,63	R\$ 3.545,11
74	2,8	12,12	26,84	61,04	10,87	R\$ 2.911,10
	5	14,50	25,35	60,15	19,30	R\$ 1.061,10
	10	15,77	24,66	59,57	0,00	-R\$ 4.018,90
76	2,8	27,98	16,72	55,30	6,00	R\$ 7.950,16
	5	36,65	12,45	50,90	7,01	R\$ 6.100,16
	10	45,09	8,97	45,94	12,63	R\$ 1.020,16
77	2,8	37,98	11,47	50,55	6,64	R\$ 6.864,15
	5	47,02	7,84	45,14	7,85	R\$ 5.014,15
	10	55,24	5,02	39,74	16,74	-R\$ 65,85
78	2,8	25,42	18,19	56,38	5,88	R\$ 8.112,03
	5	33,35	14,14	52,50	6,86	R\$ 6.262,03
	10	40,86	10,86	48,29	12,42	R\$ 1.182,03
79	2,8	37,12	11,92	50,96	6,00	R\$ 7.936,19
	5	45,27	8,52	46,21	7,11	R\$ 6.086,19
	10	54,11	5,31	40,59	13,15	R\$ 1.006,19
80	2,8	31,19	14,87	53,94	12,42	R\$ 2.282,17
	5	40,73	10,46	48,81	17,06	R\$ 432,17
	10	50,11	6,81	43,07	0,00	-R\$ 4.647,83
81	2,8	38,17	11,31	50,52	16,60	R\$ 1.589,44
	5	46,52	7,84	45,64	21,17	-R\$ 260,56
	10	55,40	4,82	39,78	0,00	-R\$ 5.340,56
82	2,8	24,77	18,56	56,67	6,56	R\$ 6.927,87
	5	32,29	14,74	52,98	7,60	R\$ 5.077,87
	10	39,04	11,70	49,27	16,40	-R\$ 2,13
83	2,8	24,90	18,50	56,60	18,25	R\$ 1.314,14
	5	32,58	14,58	52,84	23,08	-R\$ 535,86
	10	39,61	11,44	48,95	0,00	-R\$ 5.615,86
84	2,8	25,75	18,01	56,24	6,34	R\$ 7.316,76
	5	33,61	14,07	52,33	7,36	R\$ 5.466,76
	10	40,96	10,82	48,22	15,10	R\$ 386,76
85	2,8	24,92	18,52	56,56	5,82	R\$ 8.197,65
	5	32,68	14,55	52,77	6,80	R\$ 6.347,65
	10	40,05	11,27	48,68	12,30	R\$ 1.267,65
86	2,8	29,13	16,06	54,81	6,32	R\$ 7.372,31
	5	38,08	11,77	50,15	7,40	R\$ 5.522,31
	10	46,56	8,31	45,14	13,83	R\$ 442,31
87	2,8	36,86	11,61	51,53	5,11	R\$ 9.430,91
	5	48,03	7,22	44,75	6,18	R\$ 7.580,91
	10	56,70	4,45	38,85	11,06	R\$ 2.500,91

88	2,8	16,24	24,09	59,66	7,07	R\$ 6.074,58
	5	20,10	21,80	58,09	8,38	R\$ 4.224,58
	10	23,39	19,98	56,64	23,99	-R\$ 855,42
89	2,8	31,06	15,00	53,94	17,05	R\$ 1.521,76
	5	40,92	10,60	48,48	21,41	-R\$ 328,24
	10	49,40	7,21	43,39	0,00	-R\$ 5.408,24
90	2,8	24,79	18,59	56,63	6,03	R\$ 7.863,68
	5	32,53	14,63	52,85	7,01	R\$ 6.013,68
	10	39,83	11,36	48,81	12,87	R\$ 933,68
93	2,8	35,16	12,56	52,28	4,69	R\$ 10.672,41
	5	45,82	8,25	45,94	5,56	R\$ 8.822,41
	10	54,59	5,07	40,34	9,66	R\$ 3.742,41
96	2,8	37,14	11,89	50,97	16,01	R\$ 1.731,77
	5	45,34	8,50	46,16	20,19	-R\$ 118,23
	10	54,15	5,26	40,59	0,00	-R\$ 5.198,23
97	2,8	36,75	12,12	51,13	17,33	R\$ 1.442,41
	5	44,84	8,73	46,44	21,97	-R\$ 407,59
	10	53,79	5,45	40,76	0,00	-R\$ 5.487,59
99	2,8	27,42	17,08	55,50	5,52	R\$ 8.704,17
	5	36,09	12,72	51,19	6,53	R\$ 6.854,17
	10	44,44	9,24	46,32	11,28	R\$ 1.774,17
100	2,8	35,14	12,98	51,88	19,19	R\$ 1.114,55
	5	43,07	9,59	47,34	25,06	-R\$ 735,45
	10	51,79	6,23	41,99	0,00	-R\$ 5.815,45
101	2,8	37,55	11,71	50,74	6,51	R\$ 7.061,42
	5	45,92	8,24	45,84	7,70	R\$ 5.211,42
	10	54,75	5,16	40,09	16,14	R\$ 131,42
102	2,8	13,52	25,87	60,61	10,78	R\$ 2.960,83
	5	16,19	24,23	59,58	18,85	R\$ 1.110,83
	10	17,60	23,52	58,87	0,00	-R\$ 3.969,17
103	2,8	32,35	14,16	53,50	4,98	R\$ 9.688,79
	5	42,18	9,73	48,09	6,00	R\$ 7.838,79
	10	51,87	6,03	42,10	10,28	R\$ 2.758,79
104	2,8	38,27	11,31	50,42	6,78	R\$ 6.650,21
	5	47,31	7,76	44,93	8,03	R\$ 4.800,21
	10	55,55	4,95	39,50	17,46	-R\$ 279,79
106	2,8	22,11	20,28	57,61	7,27	R\$ 5.773,18
	5	28,54	16,86	54,60	8,68	R\$ 3.923,18
	10	33,43	14,49	52,08	23,16	-R\$ 1.156,82
107	2,8	35,57	12,31	52,12	15,37	R\$ 1.906,17
	5	45,75	8,25	46,01	19,19	R\$ 56,17
	10	54,61	5,05	40,34	0,00	-R\$ 5.023,83

108	2,8	17,50	23,28	59,22	8,42	R\$ 4.361,64
	5	21,82	20,82	57,36	11,49	R\$ 2.511,64
	10	24,56	19,32	56,12	0,00	-R\$ 2.568,36
109	2,8	21,59	20,59	57,82	6,81	R\$ 6.494,72
	5	28,04	17,10	54,86	7,85	R\$ 4.644,72
	10	33,12	14,65	52,23	19,28	-R\$ 435,28
110	2,8	25,93	17,87	56,20	5,81	R\$ 8.220,29
	5	33,98	13,82	52,21	6,80	R\$ 6.370,29
	10	41,64	10,52	47,83	12,22	R\$ 1.290,29
111	2,8	42,95	8,88	48,17	17,71	R\$ 1.332,44
	5	52,35	5,65	41,99	24,00	-R\$ 517,56
	10	60,64	3,53	35,83	0,00	-R\$ 5.597,56
112	2,8	32,95	13,80	53,25	4,85	R\$10.100,43
	5	42,89	9,39	47,72	5,75	R\$ 8.250,43
	10	52,61	5,73	41,65	9,81	R\$ 3.170,43
113	2,8	42,48	9,08	48,44	5,61	R\$ 8.541,60
	5	50,99	6,04	42,97	6,77	R\$ 6.691,60
	10	59,93	3,65	36,43	12,56	R\$ 1.611,60
114	2,8	20,85	20,63	58,51	4,42	R\$11.869,79
	5	30,20	15,63	54,17	4,90	R\$ 10.019,79
	10	38,28	12,05	49,67	7,93	R\$ 4.939,79
115	2,8	11,77	27,11	61,12	0,00	-R\$ 5.603,59
	5	14,06	25,64	60,31	0,00	-R\$ 7.453,59
	10	15,34	24,91	59,75	0,00	-R\$ 12.533,59
117	2,8	30,87	15,05	54,08	18,31	R\$ 1.275,61
	5	40,49	10,77	48,74	23,68	-R\$ 574,39
	10	48,84	7,40	43,75	0,00	-R\$ 5.654,39
120	2,8	17,82	23,09	59,08	0,00	-R\$ 1.302,07
	5	21,74	20,91	57,34	0,00	-R\$ 3.152,07
	10	24,03	19,68	56,29	0,00	-R\$ 8.232,07
122	2,8	29,72	15,73	54,54	17,67	R\$ 1.398,42
	5	38,88	11,38	49,73	22,16	-R\$ 451,58
	10	47,56	7,88	44,56	0,00	-R\$ 5.531,58
123	2,8	37,95	11,49	50,56	19,19	R\$ 1.099,64
	5	46,33	8,05	45,62	25,52	-R\$ 750,36
	10	55,09	5,02	39,90	0,00	-R\$ 5.830,36
124	2,8	29,24	16,04	54,73	10,95	R\$ 2.888,15
	5	38,52	11,51	49,97	13,14	R\$ 1.038,15
	10	47,57	7,93	44,50	0,00	-R\$ 4.041,85
127	2,8	19,39	22,00	58,61	7,04	R\$ 6.133,33
	5	25,02	18,82	56,16	8,19	R\$ 4.283,33
	10	29,08	16,64	54,28	21,74	-R\$ 796,67

128	2,8	29,82	15,68	54,50	20,87	R\$ 856,45
	5	38,88	11,54	49,58	27,93	-R\$ 993,55
	10	46,71	8,25	45,04	0,00	-R\$ 6.073,55