



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

**JONAS SEBASTIÃO DA SILVA NETO**

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM CONDOMÍNIOS  
HORIZONTAIS. ESTUDO DE CASO: ATMOSPHERA GREEN RESIDENCE**

Campina Grande  
2021

JONAS SEBASTIÃO DA SILVA NETO

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM CONDOMÍNIOS  
HORIZONTAIS. ESTUDO DE CASO: ATMOSPHERA GREEN RESIDENCE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande como requisito básico para a aprovação do componente curricular.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues

Campina Grande  
2021

JONAS SEBASTIÃO DA SILVA NETO

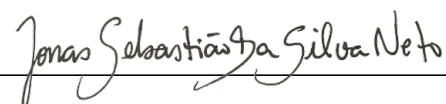
**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM CONDOMÍNIOS  
HORIZONTAIS. ESTUDO DE CASO: ATMOSPHERA GREEN RESIDENCE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande como requisito básico para a aprovação do componente curricular.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FOLHA DE APROVAÇÃO

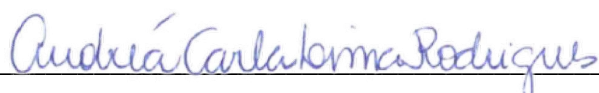
**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM CONDOMÍNIOS  
HORIZONTAIS. ESTUDO DE CASO: ATMOSPHERA GREEN RESIDENCE**



---

Jonas Sebastião da Silva Neto

Orientando



---

Profª Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues

Orientadora



---

Profª Dra. Dayse Luna Barbosa

Avaliadora interna



---

MSc. Roberta Lima Lucena

Avaliadora externa

Campina Grande

2021

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida.

Aos meus pais e irmãos, que sempre me apoiaram e me incentivaram nos estudos, trabalhando duro para que eu pudesse ter acesso a uma boa educação.

À minha orientadora Andrea Rodrigues, pelo seu trabalho e dedicação intensos, para que se fizesse possível a realização deste trabalho em um tempo tão curto.

À minha psicóloga Andrea Primo, que tem me ajudado a enxergar as coisas que realmente importam na vida.

À Isaac, pela disponibilidade e boa vontade em ajudar acerca das questões administrativas do Atmospha Green Residence.

A todos os professores e professoras, pelos ensinamentos não somente didáticos, mas também pelos valores passados em sala.

A todos os colegas de graduação que cruzaram minha jornada e contribuíram de forma direta e indireta para minha formação.

**Muito obrigado!**

*“A educação muda pessoas.  
Pessoas mudam o mundo.”*  
- Paulo Freire.

## RESUMO

A escassez de água em regiões semiáridas é um problema de ordem natural em todo o mundo. A busca por fontes hídricas para o abastecimento dessas regiões costuma resultar em obras de grande porte cujos custos acabam sendo repassados para a população que delas se beneficiam. O processo de expansão da malha urbana das cidades de, principalmente, médio e grande porte é uma questão que deve estar prevista em seus Planos Diretores, para que sejam capazes de suprir as demandas em termos de quantidade e qualidade exigida pelos órgãos responsáveis. Entre as alternativas utilizadas para minimizar os problemas associados a oferta hídrica reduzida está o aproveitamento de água da chuva. Especialmente em condomínio horizontais, cujas áreas de captação são normalmente grandes, essa pode ser uma opção sustentável e economicamente viável. A construção desse tipo de empreendimento tem crescido em cidades de médio porte, aquecidas pelo setor imobiliário que enxerga uma forte vantagem econômica e aposta nesse tipo de moradias. Assim, esse trabalho busca avaliar a sustentabilidade hídrica do condomínio horizontal privado Atmosphaera Green Residence, localizado na zona rural do município de Lagoa Seca/PB, cujas principais demandas de seus moradores são atendidas pela cidade vizinha, Campina Grande. O estudo avaliou o potencial de captação de água de chuva que cai sobre o telhado dos espaços de uso comum como salão de festas, guarita e setor administrativo para utilização em lavagem de calçadas e rega de jardins dos espaços públicos. Este trabalho realizou duas propostas de intervenção para o aproveitamento de águas pluviais por meio da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva (SAAC). A primeira delas – para uso de irrigação dos jardins e campo de futebol do clube, mostrou-se viável como uma alternativa para complementar essa atividade e diminuir a demanda da atual fonte hídrica utilizada para esta finalidade. O reservatório de 75 m<sup>3</sup> dimensionado, juntamente com o sistema global do SAAC apresentaram tempo de retorno do investimento de no máximo 2 anos, onde foram estudados cenários seco, normal e chuvoso. A Proposta 2 visou o aproveitamento das águas captadas em aparelhos sanitários do bloco de lazer do condomínio, que resultou em um reservatório com capacidade para 50 m<sup>3</sup>. Os resultados obtidos foram ainda mais positivos, com tempo de retorno não superior a 18 meses, onde, para um cenário chuvoso, o empreendimento pode ser reembolsado em menos de 1 ano. Verificar a veracidade de sustentabilidade hídrica de um condomínio cuja área supera a 230 km<sup>2</sup>, representa vantagens. Buscando formas de diminuir a demanda de água fornecida pela rede pública, tem-se, por um lado, a questão ambiental e, por outro, a financeira, com a redução da conta de água elevada do condomínio.

**Palavras-chave:** Rainwater harvesting; water reuse; water demand management; water scarcity; horizontal condominium.

## ABSTRACT

Water scarcity in semiarid regions is a natural problem all over the world. The search for water sources to supply these regions usually results in large-scale works whose costs end up being passed on to the population that benefits from them. The process of expanding the urban fabric of cities, mainly medium and large, is an issue that must be provided for in their Master Plans, so that they are able to meet the demands in terms of quantity and quality required by the responsible bodies. Among the alternatives used to minimize the problems associated with reduced water supply is the use of rainwater. Especially in horizontal condominiums, whose catchment areas are usually large, this can be a sustainable and economically viable option. The construction of this type of development has grown in medium-sized cities, heated by the real estate sector, which sees a strong economic advantage and bets on this type of housing. In the municipality of Lagoa Seca/PB, whose main demands of its residents are met by the neighboring city, Campina Grande. The study evaluated the potential for capturing rainwater that falls on the roof of common spaces such as a ballroom, guardhouse and administrative sector for use in washing sidewalks and watering gardens in public spaces. This work carried out two intervention proposals for the use of rainwater through the implementation of a rainwater harvesting system (SAAC). The first one – for the use of irrigation in the gardens and football field of the club, proved to be viable as an alternative to complement this activity and reduce the demand for the current water source used for this purpose. The dimensioned 75 m<sup>3</sup> reservoir, together with the global SAAC system, had a return time of up to 3 years, where dry, normal and rainy scenarios were studied. Proposal 2 aimed to use the water collected in the sanitary appliances of the condominium leisure block, which resulted in a reservoir with a capacity of 50 m<sup>3</sup>. The results obtained were even more positive, with a payback time not exceeding 18 months, where, for a rainy scenario, the project can be reimbursed in less than 1 year. Checking the veracity of water sustainability of a condominium whose area exceeds 230 km<sup>2</sup>, represents advantages. Seeking ways to reduce the demand for water supplied by the public network, there is, on the one hand, the environmental issue and, on the other, the financial one, with the reduction of the condominium's high water bill.

**Keywords:** Rainwater capture; water reuse; water demand management; water scarcity; wells.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Ábacos para dimensionamento de condutores verticais. ....	34
<b>Figura 2</b> - Organograma das etapas seguidas na pesquisa.....	37
<b>Figura 3</b> - Planta de loteamento do Atmosphaera Green Residence. ....	39
<b>Figura 4</b> - Lago central do Atmosphaera Green Residence. ....	40
<b>Figura 5</b> - Série histórica de precipitação em Lagoa Seca entre 1998 e 2018 (EMPAER)...	41
<b>Figura 6</b> - Dados de consumo de água do Atmosphaera Green Residence no ano 2020 .....	43
<b>Figura 7</b> - Dados de consumo de água do Atmosphaera Green Residence no ano 2021.....	44
<b>Figura 8</b> - Dados de consumo de água das áreas comuns do Atmosphaera Green Residence (2019).....	45
<b>Figura 9</b> - Áreas de captação de água da chuva.....	48
<b>Figura 10</b> - Planta de cobertura do bloco de lazer. ....	49
<b>Figura 11</b> - Fotos das áreas de captação escolhidas. ....	49
<b>Figura 12</b> – Comportamento das demandas em relação ao consumo mensal. ....	54
<b>Figura 13</b> – Relação entre o consumo de água mensal para irrigação e o volume de água captado. ....	58
<b>Figura 14</b> – Relação entre o consumo de água mensal para atendimento as demandas do clube e o volume de água captado. ....	62

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Principais partes constituintes de um SAAC. ....	30
<b>Quadro 2</b> - Períodos de retorno e características das áreas a serem drenadas.....	31
<b>Quadro 3</b> - Descrição dos cenários propostos. ....	46
<b>Quadro 4</b> - Classificação dos anos com base nos cenários. ....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Coeficientes de escoamento superficiais.....	32
<b>Tabela 2</b> - Coeficientes de rugosidade.....	33
<b>Tabela 3</b> - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min).....	33
<b>Tabela 4</b> - Estrutura tarifária da CAGEPA aplicada no Atmospha Green.....	42
<b>Tabela 5</b> - Áreas de cobertura das dependências de uso coletivo do Atmospha Green.....	47
<b>Tabela 6</b> - Número de bacias sanitárias e mictórios do bloco de lazer do Condomínio.....	50
<b>Tabela 7</b> - Consumo médio em aparelhos sanitários.....	51
<b>Tabela 8</b> - Classificação com base nos cenários seco, normal e chuvoso.....	55
<b>Tabela 9</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário seco; volume 75 m <sup>3</sup> ).....	56
<b>Tabela 10</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário normal; volume 75 m <sup>3</sup> ).....	56
<b>Tabela 11</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário chuvoso; volume 75 m <sup>3</sup> ).....	57
<b>Tabela 12</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário seco; volume 50 m <sup>3</sup> ).....	60
<b>Tabela 13</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário normal; volume 50 m <sup>3</sup> ).....	60
<b>Tabela 14</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário chuvoso; volume 50 m <sup>3</sup> ).....	61
<b>Tabela 15</b> - Custos unitários dos elementos constituintes do SAAC (Proposta 1).....	64
<b>Tabela 16</b> - Custos unitários dos elementos constituintes do SAAC (Proposta 2).....	64
<b>Tabela 17</b> - Custo total de implantação da Proposta 1.....	65
<b>Tabela 18</b> - Custo total de implantação da Proposta 2.....	65
<b>Tabela 19</b> - Viabilidade econômico financeira da Proposta 1.....	66
<b>Tabela 20</b> - Viabilidade econômico financeira da Proposta 2.....	66
<b>Tabela 21</b> - Série histórica de dados pluviométricos para Campina Grande/PB.....	78
<b>Tabela 22</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário seco; volume 25 m <sup>3</sup> ).....	80
<b>Tabela 23</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário seco; volume 50 m <sup>3</sup> ).....	81

<b>Tabela 24</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário normal; volume 25 m <sup>3</sup> ).....	82
<b>Tabela 25</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário normal; volume 50 m <sup>3</sup> ).....	83
<b>Tabela 26</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário chuvoso; volume 25 m <sup>3</sup> ).....	84
<b>Tabela 27</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário chuvoso; volume 50 m <sup>3</sup> ).....	85
<b>Tabela 28</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário seco; volume 30 m <sup>3</sup> ).....	86
<b>Tabela 29</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário seco; volume 40 m <sup>3</sup> ).....	87
<b>Tabela 30</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário normal; volume 30 m <sup>3</sup> ).....	88
<b>Tabela 31</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário normal; volume 40 m <sup>3</sup> ).....	89
<b>Tabela 32</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário chuvoso; volume 30 m <sup>3</sup> ).....	90
<b>Tabela 33</b> - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário chuvoso; volume 40 m <sup>3</sup> ).....	91

## **LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AESAs – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba  
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba  
CEHAP – Companhia Estadual de Habitação Popular  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CONFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social  
EMPAER – Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora  
PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público  
PB – Paraíba  
PIS – Programa Integração Social  
PLS – Projeto de Lei do Senado  
PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental  
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos  
PSDB – Partido de Social Democracia Brasileira  
PT – Partido dos Trabalhadores  
SAAC – Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva  
TO – Tocantins

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	<i>Objetivo geral</i> .....	18
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	18
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
2.1	O AUMENTO POPULACIONAL COMO AGENTE TRANSFORMADOR DOS ESPAÇOS URBANOS .....	19
2.2	POLÍTICAS PÚBLICAS E A GARANTIA DO USO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA NO BRASIL.....	21
2.2.1	<i>Leis e resoluções</i> .....	21
2.2.2	<i>Projetos de lei</i> .....	22
2.2.3	<i>Normas brasileiras</i> .....	23
2.3	ALTERNATIVAS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA .....	23
2.4	APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	26
2.4.1	<i>Casos de reaproveitamento de água em condomínios horizontais</i> .....	28
2.5	DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA (SAAC).....	29
2.5.1	<i>Fatores meteorológicos</i> .....	31
2.5.2	<i>Área de captação</i> .....	31
2.5.3	<i>Vazão de projeto</i> .....	32
2.5.4	<i>Coefficiente de escoamento superficial</i> .....	32
2.5.5	<i>Demanda de água</i> .....	32
2.5.6	<i>Dimensionamento de Calhas</i> .....	33
2.5.7	<i>Dimensionamento de Condutores verticais</i> .....	34
2.5.8	<i>Dimensionamento de Reservatório</i> .....	34
2.5.8.1.	<i>Método da simulação</i> .....	36
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>37</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	38

3.1.1	<i>Os municípios de Campina Grande/PB e Lagoa Seca</i> .....	38
3.1.2	<i>Condomínio Atmosphaera Green Residence</i> .....	38
3.2	<b>OBTENÇÃO DE DADOS DE CAMPO</b> .....	40
3.2.1	<i>Dados hidrológicos</i> .....	40
3.2.2	<i>Dados de demanda de água</i> .....	41
3.2.2.1.	<i>Consumo global de água no Atmosphaera Green Residence</i> .....	42
3.2.2.2.	<i>Consumo de água nas dependências de uso coletivo</i> .....	44
3.3	<b>PROPOSTAS PARA APROVEITAMENTO DA ÁGUA CAPTADA PELO SAAC</b> .45	
3.4	<b>PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SAAC</b> .....	46
3.4.1	<i>Potencial hídrico da região</i> .....	46
3.4.2	<i>Escolha das áreas de captação de água da chuva</i> .....	47
3.4.3	<i>Estimativa do consumo de água</i> .....	49
3.4.3.1.	<i>Para irrigação de jardins</i> .....	49
3.4.3.2.	<i>Para mictórios e bacias sanitárias</i> .....	50
3.4.3.3.	<i>Para reposição da lâmina de água da piscina</i> .....	51
3.5	<b>ESTUDO DE VIABILIDADE DA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SAAC</b> 51	
3.5.1	<i>Orçamento para a implantação do SAAC</i> .....	51
3.5.2	<i>Análise econômico-financeira e tempo de retorno do investimento inicial</i> .....	52
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>52</b>
4.1	<b>PREVISÃO DE CONSUMO DO ATMOSPHERA GREEN RESIDENCE</b> .....	52
4.1.1	<i>Consumo dos jardins</i> .....	52
4.1.2	<i>Consumo do bloco de lazer</i> .....	53
4.2	<b>RESULTADOS DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO</b> .....	54
4.3	<b>DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DA SIMULAÇÃO</b> 55	
4.3.1	<i>Proposta 1: Uso para irrigação de jardins e campo de futebol, em caso da impossibilidade de ser usada a água do lago</i> .....	55
4.3.2	<i>Proposta 2: Atendimento das áreas de uso coletivo, como banheiros e limpeza</i> .....	59
4.4	<b>RESULTADOS DO ORÇAMENTO</b> .....	62

4.4.1	<i>Custos unitários</i> .....	62
4.4.2	<i>Custos totais</i> .....	64
4.5	RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA E DO TEMPO DE RETORNO .....	65
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>70</b>
	<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE B</b> .....	<b>79</b>
	<b>ANEXO A</b> .....	<b>92</b>





## 1 INTRODUÇÃO

A produção do espaço urbano é um processo intrinsecamente ligado ao aumento populacional. Com um número de pessoas cada vez maior, ligado às melhorias da qualidade de vida das pessoas, as cidades, principalmente de médio e grande porte, assistem, no mundo inteiro, sua malha urbana expandir e cada vez mais transformar áreas rurais em urbanas. Em decorrência do crescimento populacional, a gestão pública dessas cidades deve estar atenta e realizar as devidas projeções populacionais a fim de que conste, em seu Plano Diretor, a futura adição de novas áreas ao perímetro municipal (NEGRI, 1994; SANTORO et al., 2010).

Em termos de planejamento urbano, o saneamento básico deve ser pensado também para atender demandas futuras nas zonas periféricas das cidades, haja vista que, no Brasil, essas áreas costumam sofrer com a falta de infraestrutura. A expansão da rede de abastecimento de água, de esgoto e de drenagem pluvial deve estar prevista junto aos órgãos responsáveis pelos serviços, sejam eles públicos ou privados (FUNASA, 2017).

No Brasil, a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Nela consta que todas as gerações, tanto atuais quanto futuras, tenham acesso à água de boa qualidade que atenda aos critérios devidos de potabilidade. A educação da população acerca de temas ambientais é obrigatória, conforme instituído pela Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999. A criação da política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) visa à conscientização da população brasileira no que diz respeito às questões ambientais.

Em um país de dimensões continentais, a distribuição dos recursos hídricos é naturalmente centralizada. Os volumes anuais precipitados no território nacional variam de menos de 500 mm no semiárido Nordeste a mais de 3.000 mm na Região Amazônica (ANA, 2020). A dificuldade em disponibilizar água nas regiões com menos abundância desse recurso, obriga os governos locais a executarem obras grandiosas com o intuito de transportá-lo por distâncias consideráveis, onerando custos que são repassados à população (OLIVO e ISHIKI, 2014).

Mas a preocupação com a escassez de recursos hídricos não é somente do Poder Público. As pessoas que vivem em regiões naturalmente secas costumam buscar alternativas que atendam às suas necessidades. A construção de cisternas para o

armazenamento de água da chuva é um bom exemplo disso. Para Walsh *et al.* (2014) o aproveitamento de água de chuva é capaz de complementar as demandas de água, reduzir os custos do serviço de abastecimento e o consumo de água potável e contribuir para a sustentabilidade ambiental.

Este trabalho tem como finalidade realizar uma análise do potencial de aproveitamento de água de chuva no condomínio horizontal privado Atmosphera Green Residence, localizado na zona rural da cidade de Lagoa Seca/PB, cujas demandas de seus moradores são supridas pela vizinha Campina Grande. A construção desses tipos de empreendimento tem se tornado cada vez mais frequente em cidades de grande e médio porte. A parcela da população que opta por morar nesses condomínios prefere o bem-estar de viver dentro de uma área delimitada, cujos serviços de infraestrutura e, principalmente, segurança são atendidos de maneira satisfatória.

O estudo da capacidade de captação e armazenamento da água da chuva em um condomínio cuja área supera os 230 km<sup>2</sup> tem grande valia. A verificação da veracidade da sustentabilidade hídrica em um empreendimento desse porte não só contribui para a diminuição da demanda por água, o que é ótimo em termos ambientais, mas também gera uma grande economia da fatura de água do condomínio.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 *Objetivo geral*

Verificar o potencial de sustentabilidade hídrica no condomínio Atmosphera Green Residence, localizado na periferia da cidade de Campina Grande/PB.

### 1.1.2 *Objetivos específicos*

- Estudar a economia de água para o condomínio a partir da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva – SAAC para cenários seco, normal e chuvoso;
- Avaliar propostas de utilização de água de chuva direcionadas a rega de jardins ou ao atendimento as demandas do clube do condomínio;
- Verificar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva na área estuda e considerando o período de retorno obtido.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O AUMENTO POPULACIONAL COMO AGENTE TRANSFORMADOR DOS ESPAÇOS URBANOS

A produção do espaço urbano é um processo que está intrinsecamente ligado ao aumento da população. Com um crescimento populacional impulsionado pela forte modernização que ocorreu no país a partir dos anos de 1960 (NEGRI, 1994), o Brasil ao longo dos últimos cinquenta anos viu sua população quase que triplicar, chegando a aproximadamente 195 milhões de habitantes em 2010 (IBGE, 2010). Ainda de acordo com o instituto de pesquisa, a previsão é de que a população que vive no Brasil deva atingir 215 milhões no ano de 2050.

Com esse aumento, as cidades de médio e grande porte e, sobretudo, os grandes centros metropolitanos, tem o desafio de gerir seus territórios, que cada vez mais convertem suas áreas rurais em urbanas (SANTORO et al., 2010). Historicamente conhecidas pelas condições precárias de infraestrutura, segurança e saneamento, bem como pela parcela marginalizada da população que ali vive, as periferias das cidades se deparam com o surgimento de novas formas condominiais de urbanização, tanto verticais quanto horizontais.

A criação de condomínios e loteamentos, tanto públicos como privados, nos subúrbios das cidades, devem ocorrer de tal modo que as demandas de infraestrutura e saneamento básico sejam atendidas satisfatoriamente, uma vez que as pessoas que viverão nessas áreas têm o direito a usufruir de espaços confortáveis, seguros e que disponham de condições sanitárias adequadas.

Como consequência, as novas modalidades de assentamento nas regiões mais afastadas dos centros urbanos salientam a fragmentação do espaço social, além de expor a baixa capacidade que o poder público municipal tem, na maioria das vezes, em gerir tais áreas. Desse modo, conforme explica Delicato (2007), “atributos da cidade que seriam de âmbito público, como saneamento [...], passam a ser tratados de forma diferencial, evidentemente privativa”.

Caracterizados por serem conjuntos habitacionais predominantemente cercados por muros, os condomínios horizontais fechados costumam apresentar um único ponto de entrada e saída de seus moradores, geralmente controlado por dispositivos, como

guarita, e pessoal de segurança particular (TRAMONTANO e SANTOS, 1999). Se por um lado os muros delimitam a área comum beneficiada e contribuem para sua segurança interna, do lado de fora, o impacto urbanístico é maior e compromete a qualidade paisagística da rua, oferecendo uma experiência estéril àqueles que transitam pelas ruas externas às áreas muradas (MENEGUETTI e BELOTO, 2016).

Por outro lado, a produção de condomínios fechados de elevado valor imobiliário nas periferias muitas vezes chama a atenção da gestão municipal para a necessidade de melhoramentos de vias e acessos, ampliação das redes de abastecimento, esgoto e drenagem, segurança e iluminação pública, dentre outros. Além do mais, estabelecimentos de natureza privada, como bancos, supermercados, restaurantes e escolas, também podem ser atraídos para essas regiões, visando atender às necessidades das classes média e alta, que agora começam a ocupar as zonas mais afastadas das cidades.

Neste cenário, é notável que um bom planejamento urbano possua um valor bem mais amplo do que se imagina, uma vez que a expansão da malha urbana implica não só em proporcionar unidades de moradia à população, mas também desenvolver as áreas que antes eram marginalizadas perante a sociedade e o poder público.

A respeito do fornecimento de água potável às áreas de expansão da mancha urbana, a gestão municipal deve identificar as necessidades, estimar custos e escolher a melhor alternativa para o atendimento dos anseios da população (FUNASA, 2017), onde são consideradas a construção, ampliação, manutenção e melhoria do sistema. Além do mais, os critérios de potabilidade exigidos pela Portaria GM/MS nº 888/21 devem ser obedecidos, tendo em vista que as possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados na mesma, são passíveis de causar danos aos seus usuários.

Ainda no âmbito do crescimento populacional, há de se destacar o aumento da demanda por água nos mais variados setores que atendem direta ou indiretamente a população. A irrigação, as indústrias, o já mencionado abastecimento urbano e a poluição dos mananciais se combinam, contribuindo fortemente para sua escassez (OLIVO e ISHIKI, 2014). Os autores ainda alertam sobre a importância de que a sociedade esteja atenta para o uso sustentável deste bem comum, pressionando os

governantes para a estruturação de políticas que fiscalizem a utilização correta, bem como seu reuso.

## 2.2 POLÍTICAS PÚBLICAS E A GARANTIA DO USO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA NO BRASIL

Segundo consta no relatório “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil” apresentado em 2020 pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), aproximadamente 215 mil m<sup>3</sup> de água escoam pela superfície do território brasileiro a cada segundo. Destes, 80% concentram-se na bacia Amazônica. Com uma precipitação anual média de 1.760 mm, o total de chuva no Brasil varia de menos de 500 mm no semiárido Nordeste a mais de 3.000 mm na região Amazônica (ANA, 2020). Os dados citados evidenciam a abundância de recursos hídricos no Brasil, bem como a heterogeneidade da sua distribuição. Isto explica a importância de políticas públicas que protejam e orientem seu uso e distribuição por todo o território, atingindo todas as camadas sociais.

### 2.2.1 *Leis e resoluções*

Criada em 8 de janeiro de 1997, a Lei n° 9.433 institui a criação da Política Nacional de Recursos Hídricos que, dentre seus fundamentos, consta que a gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, ocorrendo de maneira descentralizada, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Ainda, a Lei visa assegurar que todas as gerações, atual e futuras, disponham de água em padrões de qualidade adequados a seus devidos fins; promove também a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Em 2017 a Lei Federal n° 13.501 alterou o art 2° da Lei n° 9.433, adicionando como um dos objetivos a necessidade de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

No âmbito da educação, a Lei n° 9.795, de 27 de abril de 1999, institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA). Nela, a educação da população em torno de temas ambientais é tratada como essencial, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo, sejam eles formais ou não. Portanto, a PNEA busca

tratar da formação de cidadãos que sejam capazes de assimilar a necessidade de se preservar o meio no qual estão inseridos.

No Estado da Paraíba, a Lei nº 10.033, de 3 de julho de 2013 institui a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Água da Chuva, cuja principal finalidade é a “regularidade e suficiência no abastecimento para populações urbanas e rurais”. A Lei promove o desenvolvimento ecologicamente sustentável, contribuindo para a maior eficiência do manejo dos recursos hídricos, tais como a minimização de problemas decorrentes de estiagens e também excesso de vazões de águas pluviais e inundações.

Em 24 de novembro de 2015, a Lei nº 10.575 acrescentou um parágrafo à Lei nº 10.033, determinando que a Companhia Estadual de Habitação Popular (CEHAP) poderá dotar as unidades habitacionais a serem construídas no Estado, de um sistema de reaproveitamento de água da chuva para utilização não potável.

### 2.2.2 *Projetos de lei*

Alguns projetos de lei que abordam a temática da preservação de água no Brasil transitam atualmente na Câmara de Deputados e no Senado. É o caso do Projeto de Lei da Câmara nº 70, de 2018, dispondo que o combate ao desperdício de água engloba “ações governamentais voltadas à conscientização da população por meio de campanhas educativas sobre uso abusivo, métodos de conservação e uso racional da água, bem como ações de caráter fiscal e tributário”. O projeto encontra-se em tramitação e aguarda deliberação do plenário.

Um projeto de lei que também está em tramitação, dessa vez no Senado, é o PLS nº 324, de 2015. Proposta pelo senador Donizeti Nogueira (PT/TO), esta lei tem como emenda instituir a obrigatoriedade de um item referente à captação e reaproveitamento de águas pluviais e seu reuso para fins não potáveis, que deve constar no projeto técnico da obra. Seria válida para novas edificações residenciais, comerciais, industriais, públicas ou privadas.

Outro caso foi o Projeto de Lei do Senado nº 12, de 2014. O projeto defende que a prática do reuso de água no país pode ser estimulada por meio de incentivos tributários, tais como a redução a zero da alíquota da Contribuição para o PIS/Pasep e da CONFINS que incidem sobre a receita de venda ou de tratamento de água de reuso.

Contudo, o projeto teve sua tramitação encerrada e arquivada ao final da legislatura em 21 de dezembro de 2018.

### 2.2.3 Normas brasileiras

Também há de se destacar a norma brasileira ABNT NBR 15527:2019 que aborda o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. A referida norma especifica os requisitos necessários para a implementação de um sistema de captação de águas pluviais de coberturas para fins não potáveis, como uso em descargas, irrigação paisagística, uso ornamental e lavagem de pisos e veículos.

Conforme apresentado, observa-se que, em nível nacional, há um déficit de políticas públicas que incentivem, de modo prático, o aproveitamento de águas pluviais por parte da população, uma vez que as leis por si só, não produzem eficácia. A normas citada, embora de cunho mais prático que as leis, não é de conhecimento de grande parte da população, se tornando uma ferramenta não tão efetivas no incentivo à racionalização da água.

Em se tratando de um país que culturalmente não é engajado em educação ambiental da população, somada à abundância de recursos naturais, como a água, acaba-se gerando um cenário favorável à apatia das pessoas por temas ligados à escassez de recursos naturais e à preservação ao meio ambiente.

## 2.3 ALTERNATIVAS DE GESTÃO DA DEMANDA DE ÁGUA

Associada ao crescimento acelerado das cidades e grandes centros urbanos, a gestão de recursos hídricos tem se tornado cada vez mais um desafio. Por se tratar de um recurso cuja disponibilidade é limitada, a demanda por água se apresenta como um ponto de interesse crítico por parte dos gestores e da comunidade técnico-científica, principalmente no que diz respeito aos períodos de menor oferta deste bem (SOUSA, 2017). Condições climáticas desfavoráveis juntamente a sistemas obsoletos de abastecimento e a inadequação ou ausência da gestão de recursos hídricos corroboram os sérios problemas de abastecimento de água nas cidades (GUEDES et al., 2014).



A expansão da disponibilidade hídrica tem resultado na execução de grandes obras hidráulicas de captação, armazenamento e transposição de águas, com a finalidade de conduzi-las até regiões que lidam com a escassez, para que estas possam usufruir desse bem. Contudo, tais alternativas geram custos onerosos que terminam sendo repassados às economias que delas se beneficiam (OLIVO e ISHIKI, 2014).

Medidas podem ser tomadas com o intuito de diminuir custos com a aquisição de água, ou até mesmo gerar uma produção de água autossuficiente. Para tal, é necessário que haja um modelo de gestão hídrica coerente com os preceitos de sustentabilidade para uma bacia hidrográfica, se mostrando capaz de proporcionar o uso racional da água por meio de medidas de gerenciamento da demanda (GUEDES et al., 2014).

Guedes *et al.*(2014) citando Sharma e Vairavamoorthy (2009) e Ribeiro e Braga (2008), agrupam medidas de gestão da demanda hídrica que podem ser estabelecidas por meio de tecnologias, tais como: o controle tanto de perdas como de ligações clandestinas nas redes de distribuição de água; uso de aparelhos hidrossanitários poupadores de água; medição individualizada do consumo de água para condomínios multifamiliares; e o uso de fontes alternativas para o fornecimento de água, como reuso e água da chuva.

Em relação as perdas, os sistemas de abastecimento de água enfrentam problemas que vão desde a captação até a rede de distribuição. Essa questão é consequência da combinação entre um sistema cuja infraestrutura física é insuficiente, a má qualidade dos materiais empregados e também a deficiência na gestão desses sistemas (SANTOS e MONTENEGRO, 2013). Segundo os autores, do ponto de vista operacional, as perdas de água correspondem aos volumes não contabilizados, podendo estes pertencer a dois grupos distintos: 1) Perdas reais, correspondentes à parcela de água não consumida; e 2) Perdas aparentes, que se referem à água consumida, mas não contabilizada.

A Sabesp (2021) pontua que as medidas de combate às perdas reais devem incluir o gerenciamento de pressões a partir da execução de obras de setorização dos sistemas de distribuição de água; a varreduras para localização de vazamentos não visíveis; o reparo dos vazamentos visíveis e não visíveis em redes e ramais; a renovação da infraestrutura com a substituição de redes e ramais antigos e deteriorados; e a

execução de obras de adequação dos setores de abastecimento a partir da redução do tamanho das áreas de controle, de modo a otimizar sua operação e manutenção.

A companhia ainda cita que as medidas a serem tomadas a fim de minimizar as perdas aparentes devem incluir a substituição dos hidrômetros para que se obtenha a medição precisa dos volumes entregues aos clientes, bem como o combate a irregularidades, como ligações clandestinas.

Outra alternativa utilizada para gestão da demanda de água é o uso de equipamentos poupadores visando a diminuição do consumo de água e das perdas nas edificações. Esses dispositivos costumam ser de fácil instalação e custo não muito elevado. Barros *et al.* (2014) expõem sobre alguns desses dispositivos como a bacia sanitária de duplo acionamento capaz de gerar uma economia de até 75% em relação a uma bacia de acionamento simples; os chuveiros e torneiras com aerador que aumentam o fluxo de água, mas diminui sua quantidade; e os sistemas de medição individualizada em condomínios que contribuem para a diminuição do desperdício de água uma vez que cada morador passa a ter consciência de quanto gasta individualmente.

O reuso de águas servidas de máquinas de lavar, tanques, pias e chuveiros, chamadas de águas cinza, também se mostra como uma boa alternativa para diminuição do consumo de água potável em edificações. Como esses efluentes precisam de um tratamento mais sofisticado para que atinjam os padrões de potabilidade exigidos, um tratamento primário, visando a eliminação apenas de patógenos e sólidos em suspensão, pode torná-las ideais para uma utilização menos nobre, como lavagem de pisos e calçadas, recarga da caixa acoplada de bacias sanitárias, irrigação de jardins e até uso ornamental. Essas águas ainda podem ser dispostas em lagos de função paisagística, que não visam abastecer comunidades.

Uma pesquisa conduzida por Cuba e Manzano (2014), avaliou técnica e economicamente o reuso de águas cinza em aparelhos sanitários residenciais. A utilização de água proveniente da máquina de lavar garantiu uma economia de aproximadamente 17% na demanda residencial, com tempo de retorno do investimento inicial de 22 meses.

Por outro lado, Batista *et al.* (2013), estudando a percepção socioambiental do reuso de águas residuárias em condomínios verticais na cidade de Campina Grande – PB constatou uma resistência da amostra avaliada quanto à reutilização de águas

residuárias em apartamentos ou em áreas coletivas, devido a questões econômicas e ideológicas. A pesquisa alertou que, em paralelo a um projeto de reuso de águas cinza, deve ser feito um trabalho de conscientização da população em torno da importância em se racionar águas cinza, e das possíveis alternativas para combater a escassez de água.

Por fim, entre as opções de gestão de demandas abordadas encontra-se o reaproveitamento de águas de chuva. Para Tugoz *et al.* (2017) a captação e aproveitamento da água das chuvas que cai nos telhados é a forma mais simples de coleta. Segundo Lima e Machado (2008) o aproveitamento de água pluvial apresenta vários aspectos positivos, pois possibilita a redução no consumo de água potável acarretando a diminuição do custo de água fornecido pelas companhias de abastecimento, reduz o risco de enchente e contribui para preservação do meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos.

O aproveitamento de águas de chuva é o cerne dessa pesquisa e por isso será abordado mais detalhadamente no tópico a seguir.

#### 2.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A água da chuva, cada vez mais valorizada como uma fonte segura para consumo se mostra como uma saída bastante eficiente para suprir demandas hídricas. Captada dos telhados de cobertura e conduzida por tubulações até uma cisterna ou caixa d'água, essa prática milenar não requer um tratamento avançado antes de ser disponibilizada para uso. Contudo, os primeiros milímetros de chuva devem ser descartados, uma vez que carrega consigo partículas em suspensão das camadas mais baixas da atmosfera, assim como sujeiras da própria superfície de captação.

O aproveitamento de água de chuva tem o potencial de reduzir significativamente a demanda por água potável. Assim, várias pesquisas têm sido realizadas dentro dessa temática.

Gaitán e Teixeira (2020) estudou o aproveitamento de água de chuva em edificações com alto consumo de água, como estabelecimentos hospitalares. O objeto de estudo foi o Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos, na cidade de São Carlos/SP, que se encontra em ampliação. Foi adotada uma metodologia baseada no balanço hídrico em detrimento das demandas de água destinada a diferentes usos no hospital, tanto relativos às edificações que se encontram em funcionamento quanto às

futuras ampliações. O estudo apontou que a adoção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais tem o potencial de reduzir gastos com água em até 57% nas instalações em andamento e 19% do consumo projetado para o final das ampliações. Ainda, se tomadas medidas combinadas de aproveitamento de águas da chuva e diminuição do consumo interno, a economia pode chegar a 71% do consumo atual e 39% no final do projeto.

Silva *et al.* (2017) buscaram verificar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de captação de águas pluviais instalado em um dos edifícios da PUC Minas Unidade São Gabriel, Belo Horizonte/MG. Com a finalidade utilizar as águas captadas para irrigação dos jardins no entorno da edificação, o sistema proposto se mostrou capaz de reservar 15 m<sup>3</sup> de água, o que é suficiente para suprir as necessidades mensais para os fins pretendidos, nos meses em que o volume captado é inferior à demanda.

Sarmiento *et al.* (2017) realizaram um levantamento sobre a captação e utilização de águas da chuva empregados pelos moradores dos Sítios Águas Belas e Poço Preto, localizados no município de Nazarezinho, no sertão paraibano. O estudo contou com uma amostra de 20 famílias entrevistadas e constatou que todas já fazem uso de tecnologias economicamente viáveis destinadas à captação de águas pluviais, sendo a cisterna a mais comumente empregada. As águas coletadas são usadas principalmente para consumo humano, doméstico e agropecuário.

Marques *et al.* (2017) analisaram a viabilidade técnica da captação de águas pluviais para aproveitamento posterior em residências. O método empregado para dimensionamento do reservatório foi o Método Prático Inglês, uma vez que este considera três variáveis importantes que interferem diretamente no volume do reservatório: área de contribuição, consumo e precipitação. Concluiu-se que o método utilizado se mostra vantajoso para atender no máximo 50% da demanda total das residências, haja vista que, ao tentar suprir 100% das necessidades de água, o volume do reservatório deverá ser muito elevado, o que não apresenta um custo/benefício interessante.

O trabalho realizado por Lemos (2017) se ocupou de fazer um comparativo entre os métodos de dimensionamento propostos pela NBR 15527:2007, propondo a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em um dos blocos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos

foram bastante distintos, com o volume dos reservatórios variando de 122,94 m<sup>3</sup> até 963,56 m<sup>3</sup>, implicando em dificuldades de escolha para quem projeta o sistema. O trabalho ainda sugere uma revisão da NBR 15527:2007, incluindo o desenvolvimento de estudos e novas metodologias de dimensionamento mais apropriadas.

A avaliação o potencial de aproveitamento de águas pluviais de uma edificação comercial para uso de transportadora em Curitiba/PR foi feita em 2016, por Silva *et al.* utilizando o Software Netuno. Ao fim do estudo, o sistema atendeu completamente a demanda diária de 50 litros per capita em 67,40%. O estudo também verificou que a eficiência do sistema foi diretamente afetada, sobretudo pelo dimensionamento dos reservatórios de armazenamento das águas da chuva.

Uma pesquisa conduzida por Carboni *et al.* (2016) buscou avaliar técnica e economicamente a implantação de um sistema de captação, armazenagem e filtragem de água da chuva, em uma indústria de plástico. Seguindo as recomendações nas normas NBR 15527 e NBR 10844 e adotando o método Payback, o tempo de retorno do investimento ocorreu em 28,38 meses, e a relação custo/benefício do projeto sendo de 3,21, indicando como viável a instalação do sistema, mesmo o investimento inicial necessário sendo relativamente alto.

A literatura científica acerca da captação e aproveitamento de águas pluviais evidencia a heterogeneidade desse tipo de solução, podendo ser utilizada em zonas urbanas e rurais, residências uni e multifamiliares, indústrias, hospitais, estabelecimentos públicos e privados. Trata-se de um sistema capaz de minimizar problemas ligados à gestão da demanda de água já que, na maioria dos casos, os resultados foram positivos, independente do método aplicado na pesquisa. Entretanto, o uso de sistemas de captação de água pluviais para reaproveitamento em condomínios horizontais ainda é pouco explorado apesar do crescente aumento dessa forma de moradia nos últimos anos.

#### 2.4.1 Casos de reaproveitamento de água em condomínios horizontais

O gerenciamento de água em condomínios é uma questão muito importante, tendo em vista que uma boa gestão dos recursos hídricos nesses empreendimentos impacta positivamente no seu orçamento mensal.

Particularmente, se analisados os condomínios horizontais fechados, que em muitos casos se estendem por grandes áreas dentro da malha urbana, a economia gerada a partir de medidas que visam diminuir os custos com água é ainda mais acentuada. Vale também destacar que muitos desses empreendimentos têm crescido em áreas periféricas das cidades, que, muitas vezes, carecem de obras de saneamento básico, como abastecimento de água e drenagem de águas pluviais e servidas.

Somado a isso, em regiões que atualmente já sofrem com escassez de água boa para consumo, fica ainda mais evidente a necessidade de se programar medidas que visem diminuir os danos causados por uma má distribuição e/ou escassez de recursos hídricos.

Pouco se fala a respeito da implantação de sistemas redutores de demanda hídrica em condomínios horizontais fechados no Brasil. A maior parte dos estudos na área tem como objetivo determinar a viabilidade técnica e/ou financeira da instalação de sistemas de captação de água pluvial ou reuso de águas cinza.

Um caso é a pesquisa conduzida por Braga (2008), acerca do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável, em um condomínio privado horizontal na cidade de João Pessoa – PB. No trabalho, foi realizada a caracterização da precipitação e análise da qualidade da água de chuva, bem como a quantificação das demandas de consumo e usos da água no condomínio. Também foi realizado o dimensionamento o reservatório de água para receber a precipitação captada. Como resultado, a viabilidade de implantação de um sistema de captação de águas pluviais, para fins não potáveis, foi confirmada. Verificou-se que os vários períodos chuvosos, na cidade de João Pessoa, podem servir como fonte de captação de água que irá abastecer as residências durante os períodos de estiagem.

Assim, este trabalho busca contribuir com mais pesquisas sobre a gestão de demanda de água, especificamente, reaproveitamento de água de chuva em condomínios horizontais.

## 2.5 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA (SAAC)

Um sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAC) é composto por elementos que permitem recolher, conduzir e reservar as águas pluviais para posterior

utilização. Simões (2019) descreve as partes constituintes de um SAAC como: área impermeabilizada de captação; calhas e condutores verticais; filtro autolimpante; reservatório de descarte da água de limpeza do telhado (água da primeira chuva); reservatório de armazenamento, tratamento da água e distribuição. A função que cada uma dessas partes no SAAC está detalhada no Quadro 1.

**Quadro 1** - Principais partes constituintes de um SAAC.

<b>Partes constituintes</b>	<b>Função que exerce no sistema</b>
Superfície de Captação	O telhado da edificação é a primeira escolha para a captação dessas águas. Por meio de inclinação, conduzem para uma mesma direção as águas provenientes das chuvas que serão captadas pelas calhas e condutores e encaminhadas para armazenamento. Entretanto, a superfície de captação poderá ser um piso, uma laje impermeabilizada, entre outros.
Elementos de Transporte	Composto por calhas e condutores verticais e horizontais permitem recolher a água pluvial proveniente da superfície de captação e conduzem a água até o reservatório.
Filtragem	Tem a função de impedir que resíduos existentes nas superfícies de captação sejam conduzidos juntamente com a água para dentro dos reservatórios de armazenamento.
Reservatórios de Armazenamento	Os reservatórios são unidades hidráulicas de acumulação e passagem de água situados em pontos estratégicos do sistema de modo a atenderem as seguintes situações: garantia da quantidade de água; garantia de adução com vazão e altura manométrica constantes; menores diâmetros no sistema; melhores condições de pressão.
Dispositivo de descarte	São simples, de baixo custo e tem a função de eliminar as primeiras águas precipitadas uma vez que carrega consigo partículas em suspensão das camadas mais baixas da atmosfera, assim como sujeiras da própria superfície de captação.
Tratamento	Para o caso dos sistemas não potáveis, o tratamento consiste apenas numa filtração simples, com o crivo de folhas nas calhas e o dispositivo de filtração. Em caso de uso para fins potáveis deve ser realizada uma etapa de desinfecção.
Distribuição	Condução da água para os pontos de utilização. Pode ser efetuada por meio de bombas ou, mais raramente, por gravidade.

Fonte: Simões (2019), Gouveia (2017) e o autor (2021).

O dimensionamento de um SAAC deve obedecer a critérios recomendados pelas normas ABNT NBR 15527:2019, NBR 10844:1989 e NBR 5626:2020, para que sejam

garantidos níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia (ABNT, 1989). O dimensionamento de um SAAC depende de alguns elementos entre eles os dados meteorológicos, a área de captação, a vazão de projeto, o coeficiente de escoamento superficial, a demanda de água, o dimensionamento de calhas e condutores verticais e o dimensionamento de reservatório de acumulação.

### 2.5.1 Fatores meteorológicos

Trata-se de condições específicas que não compõem o SAAC em si, mas que são fundamentais para que o projeto seja elaborado de forma adequada e segura, evitando um sistema super ou subdimensionado. São características que variam de acordo com a localidade onde está sendo proposto o sistema, pois envolvem:

- a) Intensidade pluviométrica (I) – quociente entre a altura pluviométrica precipitada em um intervalo de tempo e este intervalo;
- b) Período de retorno (T) – número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualda ou ultrapassada apenas uma vez, obedecendo ao estabelecido no Quadro 2.

**Quadro 2** - Períodos de retorno e características das áreas a serem drenadas.

<b>Período de retorno, em anos</b>	<b>Características da área drenada</b>
1	Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados
5	Coberturas e/ou terraços
25	Coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

### 2.5.2 Área de captação

A área de cobertura (A) da edificação é a primeira etapa que constitui o SAAC, responsável por interceptar a chuva e conduzi-la para um determinado ponto da



instalação. Lajes e pisos também podem ser usados para a captação, mas este trabalho irá focar nas águas coletadas dos telhados das edificações.

Seu dimensionamento é feito de modo a atender às NBR 5626 e NBR 10844. Nos cálculos são considerados incrementos devidos à inclinação da cobertura, bem como as paredes que também possam vir a interceptar água da chuva que será drenada pela cobertura.

### 2.5.3 Vazão de projeto

É a vazão de referência (Q) que será empregada para o dimensionamento de calhas e condutores, sendo calculada pela Equação 2.1 a seguir.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{Equação 2.1}$$

Onde: Q = vazão de projeto, em L/min; I = intensidade pluviométrica, em mm/h;  
A = área de contribuição, em m<sup>2</sup>.

### 2.5.4 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial depende do material do telhado e refere-se ao quociente entre a água que escoam superficialmente e o total da água precipitada. Os valores de coeficiente de escoamento (Tabela 1) mais próximos de 1 são mais indicados para a captação de água de chuva, pois indicam uma perda menor de água na captação.

**Tabela 1** - Coeficientes de escoamento superficiais.

<b>Material do telhado</b>	<b>Coeficiente de runoff</b>
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, PVC	0,9 a 0,95

Fonte: Simões (2019).

### 2.5.5 Demanda de água

A demanda de água é uma variável decisiva para o dimensionamento de um SAAC. Essa demanda está associada ao uso que se faz do recurso, desse modo, são

observados na literatura consumos variados para diferentes usos. A partir dos dados de demanda pode-se estimar o volume médio necessário a ser armazenado para uso nas atividades da área avaliada.

#### 2.5.6 Dimensionamento de Calhas

A calha é responsável por recolher a água das coberturas, terraços e similares, conduzindo-a a um ponto de destino. O dimensionamento das calhas deve seguir a fórmula de Manning-Strickler (Equação 2.2), ou de qualquer outra fórmula que seja equivalente.

$$Q = K \frac{S}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad \text{Equação 2.2}$$

Onde: Q = vazão de projeto, em L/min; S = área da seção molhada, em m<sup>2</sup>; n = coeficiente de rugosidade R = raio hidráulico, em m; i = declividade da calha (mínimo de 0,5%), em m/m; K = 60.000

A Tabela 2 apresenta os valores do coeficiente de rugosidade para os materiais que normalmente são utilizados na confecção de calhas.

**Tabela 2** - Coeficientes de rugosidade.

<b>Material</b>	<b>n</b>
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: ABNT (1989).

A NBR 10844 fornece a Tabela 3. Nela, estão disponíveis as capacidades de calhas semicirculares, usando o coeficiente de rugosidade n = 0,011, para alguns valores de declividade. Todos os valores informados na tabela foram calculados empregando a Tabela 2, de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

**Tabela 3** - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade n = 0,011 (Vazão em L/min).

Diâmetro	Declividade
----------	-------------

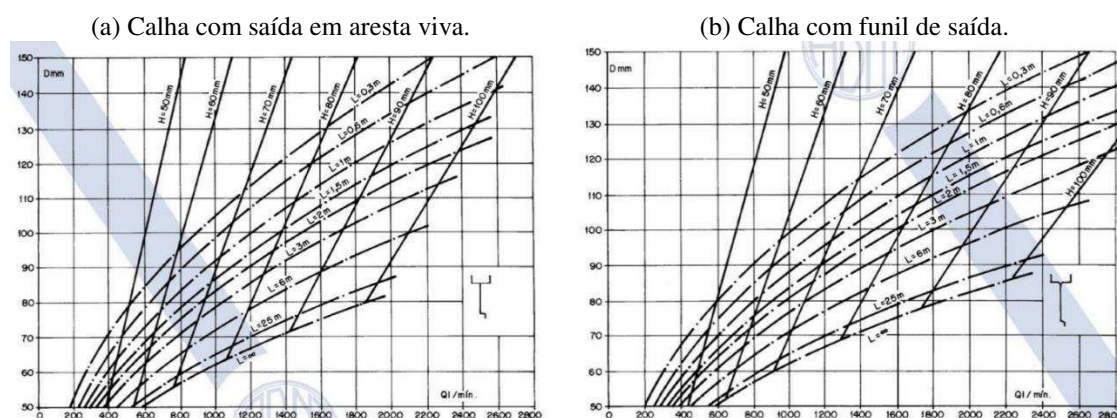
interno (mm)	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: ABNT (1989).

### 2.5.7 Dimensionamento de Condutores verticais

A tubulação vertical destinada a recolher águas das calhas, cobertas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício são chamadas de condutores verticais (ABNT, 1989). O diâmetro interno mínimo para esses elementos do SAAC é de 70 mm, e seu dimensionamento deve ser feito empregando os ábacos (Figura 1 a e b) a partir dos dados:  $Q$  = vazão de projeto, em L/min;  $H$  = altura da lâmina de água na calha, em mm; e  $L$  = comprimento do condutor vertical, em m.

**Figura 1** – Ábacos para dimensionamento de condutores verticais.



Fonte: ABNT (1989).

### 2.5.8 Dimensionamento de Reservatório

O reservatório é o último e mais importante elemento que compõe a captação e armazenamento de um SAAC, por se tratar do item mais caro que compõe o sistema. Pode ser apoiado, semi-apoiado, enterrado ou elevado. Deve ser fechado, seguro e possuir extravasor, ventilação e dispositivo de esgotamento, podendo este ser feito por gravidade ou bombeamento. Também é necessário que haja mecanismos que previnam a entrada de animais menores, como insetos e roedores (ABNT, 2019).

O projeto do reservatório deve ser realizado objetivando minimizar os efeitos de turbilhonamento a fim de evitar a ressuspensão de sólidos, bem como o arraste de materiais flutuantes, como galhos e folhas. A NBR 15527 recomenda que a retirada de água seja feita próxima à superfície, em torno de 15 cm abaixo desta.

Quanto ao volume do reservatório, seu dimensionamento deve considerar a área de captação, regime pluviométrico e demanda não potável a ser atendida. Contudo, há seis métodos possíveis de ser empregados para a determinação do volume do reservatório: Método de Rippl ou Método do Diagrama de Massas, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

Os Métodos Práticos Inglês e Alemão consideram apenas a média anual no dimensionamento. Portanto, não são interessantes de usar em regiões com variações pluviométricas ao longo do ano, sendo indicados para climas temperados como Inglaterra e Alemanha, onde foram criados (LEMOS, 2017).

O Método Azevedo Neto não considera a demanda de água, enquanto o Método Prático Australiano não trabalha com uma limitação quanto ao volume do reservatório durante os meses (LEMOS, 2017). Esses motivos acabam gerando um superdimensionamento do reservatório, o que é pouco interessante, já que este é o componente mais oneroso do SAAC.

O Método de Rippl, embora considere os dados mensais de pluviometria de casa ano, torna possível o dimensionamento do reservatório de águas pluviais somente quando a diferença entre o volume e a demanda é positiva. Logo, a análise só se torna viável caso o volume do reservatório seja menor ou igual ao volume aproveitável de água (SIMÕES, 2019).

Este trabalho irá abordar o Método da Simulação, que possui a vantagem de permitir a análise de quanto será o suprimento e o transbordamento (*overflow*) de cada mês. Além disso, esse método consegue avaliar o comportamento do volume sugerido baseado no fator pluviométrico, sinalizando em quais meses ocorreu déficit de chuvas, o que resulta em capacidades ideais para o armazenamento. Portanto, esse método permite comparar tais volumes com a demanda mensal, sendo possível atribuir outros reservatórios para o armazenamento da água, tanto a oriunda de outras fontes como aquela que seria extravasada (SIMÕES, 2019).

### 2.5.8.1. Método da simulação

No Método da Simulação, inicialmente é fixado um volume para o reservatório e então é verificado se o consumo previsto é atendido ou não, desprezando os efeitos da evaporação. No início da contagem do tempo “t”, o reservatório deve estar cheio. Trata-se de um método aplicado por meio de tentativas e erros, supondo que a demanda e o volume do reservatório são conhecidos. São utilizadas séries históricas de precipitação são representativos para condições futuras (TOMAZ, 2015).

Para o dimensionamento, determina-se o volume de chuva aproveitável através do Coeficiente de Runoff, da área da superfície de captação e da precipitação da chuva, utilizando as precipitações médias mensais, conforme indicado na Equação 2.3. Posteriormente, determina-se o volume de água no reservatório por meio da demanda média de água e do volume de água no reservatório no tempo t-1 (Equação 2.4).

$$Q_{(t)} = C * P * A \quad \text{Equação 2.3}$$

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Equação 2.4}$$

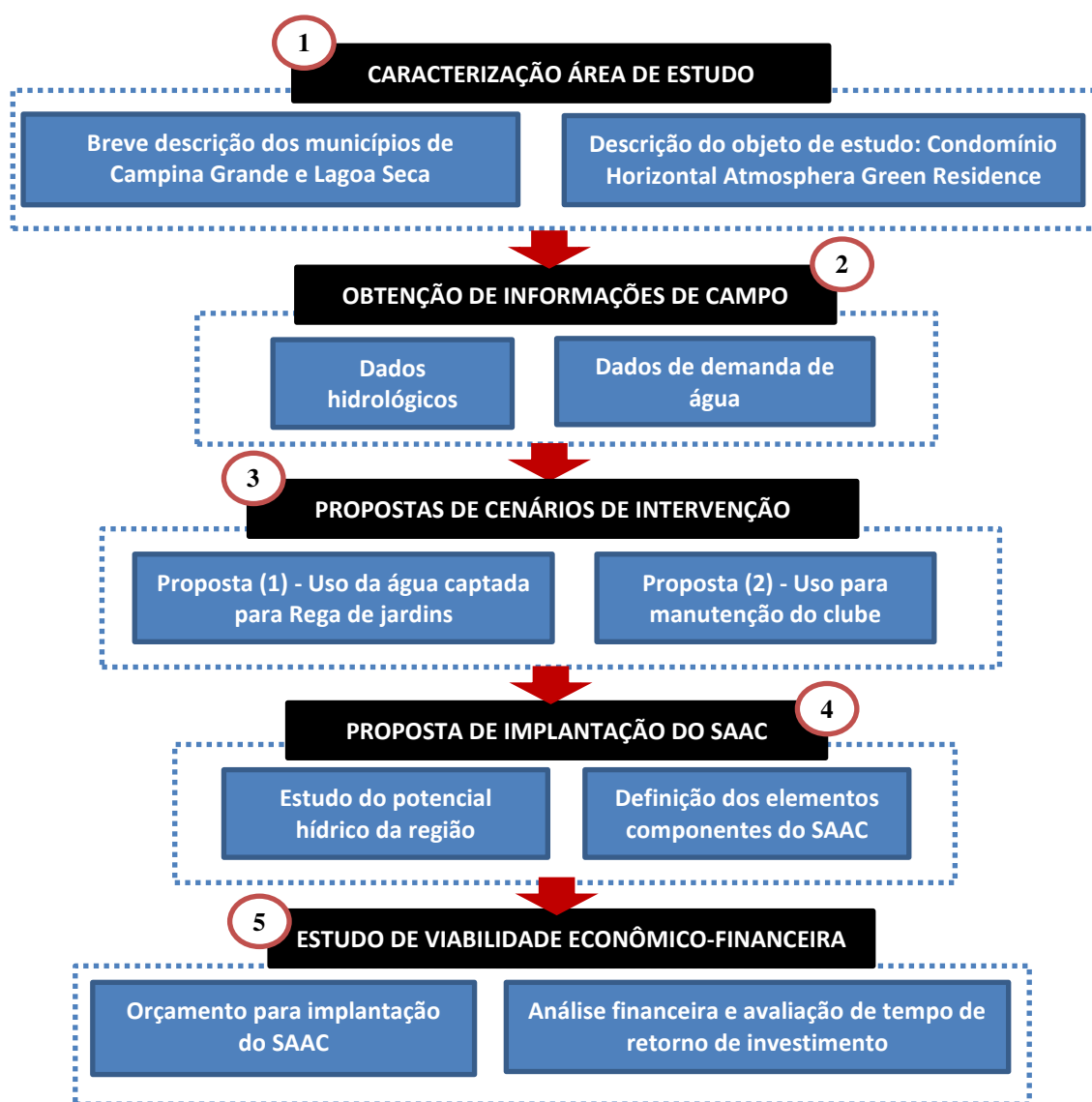
$$0 \leq S_{(t)} \leq V$$

Onde:  $Q_{(t)}$  = volume de chuva no tempo t; C = Coeficiente de Runoff (coeficiente de escoamento superficial); P = precipitação diária, mensal ou anual de chuva;  $S_{(t)}$  = volume de água no reservatório no tempo t;  $S_{(t-1)}$  = volume de água no reservatório no tempo t-1;  $D_{(t)}$  = consumo ou demanda no tempo t; V = volume fixado do reservatório.

### 3 METODOLOGIA

Para cumprir o objetivo da pesquisa que visa avaliar a potencial de aproveitamento de água de chuva em um condomínio horizontal foram estabelecidas cinco etapas metodológicas: 1) Caracterização da área de estudo; 2) Obtenção de dados hidrológicos e de consumo; 3) Proposta de cenários de intervenção; 4) Proposta de implantação de um SAAC; e 5) Estudo de Viabilidade econômico-financeira da proposta. Um organograma contendo os detalhes de cada etapa está ilustrado na Figura 2.

**Figura 2** - Organograma das etapas seguidas na pesquisa.



Fonte: O autor (2021).

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1.1 *Os municípios de Campina Grande/PB e Lagoa Seca*

O objeto de estudo - condomínio horizontal Atmosphera Green Residence - fica localizado às margens da BR-104, km 118, na zona rural do município de Lagoa Seca/PB. Contudo, é em Campina Grande onde a maior parte dos moradores têm suas principais necessidades supridas (trabalho, estudo, comércio, lazer, etc.), já que o condomínio fica situado a uma distância de 6 km do centro da cidade.

Com uma área aproximada de 590 km<sup>2</sup> e cerca de 410 mil habitantes (IBGE, 2020), Campina Grande configura-se como Centro Regional da Paraíba, oferecendo serviços de educação, indústria, saúde e pelo próprio comércio. O município também atende localidades vizinhas e de outras microrregiões do estado, como Brejo, Cariri, Curimataú e Seridó (OLIVEIRA, 2017).

O município de Lagoa Seca fica localizado na Região Metropolitana de Campina Grande. Sua população em 2020 foi estimada pelo IBGE em 27.617 habitantes, distribuídos em 109 km<sup>2</sup> de área. Uma parte significativa da sua população reside na zona rural (IBGE, 2020). Possui clima tropical úmido, com temperatura média anual em torno de 22 °C, sendo a mínima de 14 °C e a máxima de 33 °C. Localizada no Planalto da Borborema, possui altitude média de 640 m.

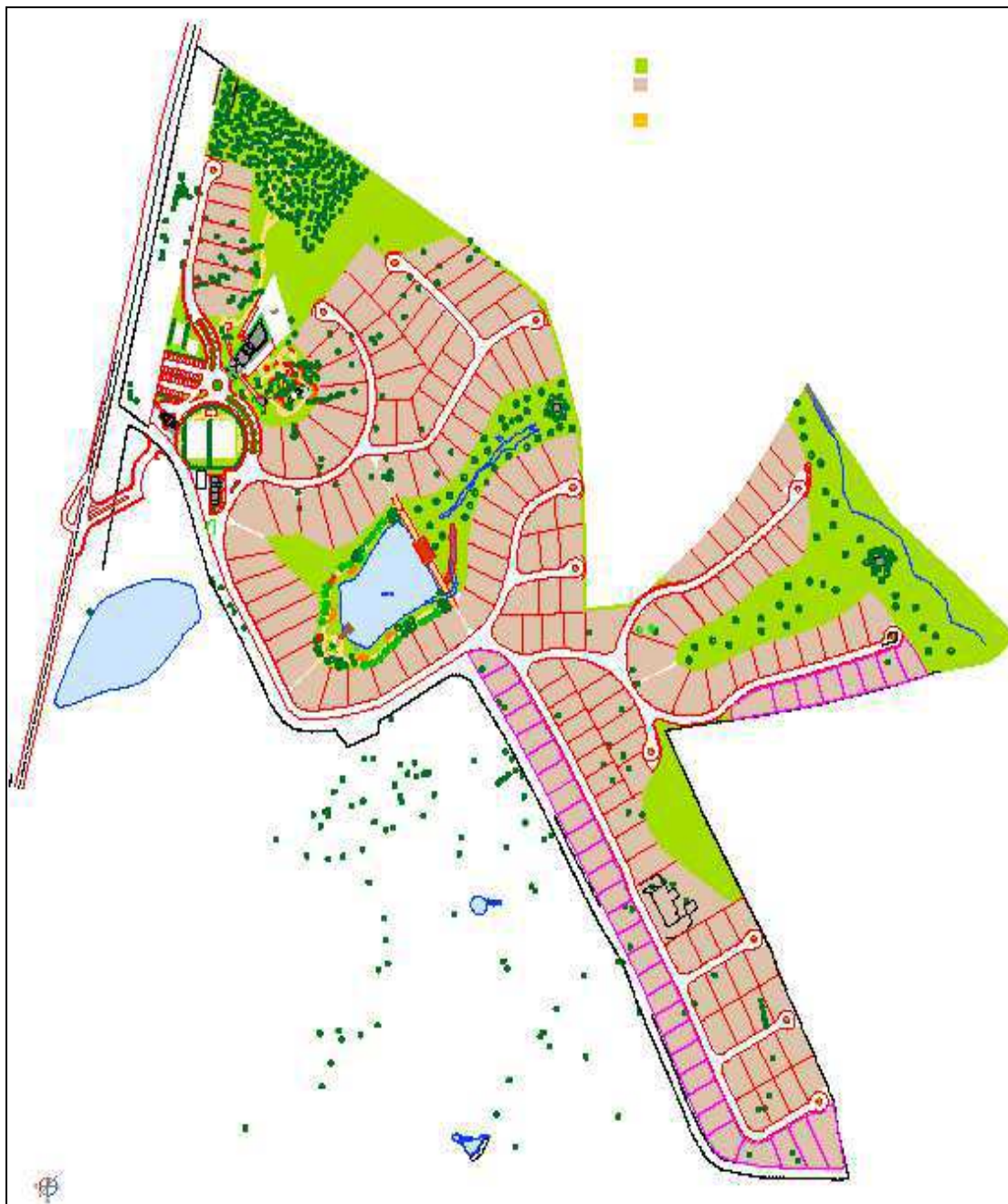
Nos últimos anos a zona rural do município tem sido ocupada por condomínios horizontais que visam atender a demanda de inquilinos que desejam um maior distanciamento do perímetro urbano.

#### 3.1.2 *Condomínio Atmosphera Green Residence*

O Atmosphera Green Residence tem uma área total de mais de 230 km<sup>2</sup>, dividida em 192 lotes de variadas áreas (Figura 3) dos quais 20 unidades se encontram atualmente em construção, enquanto outras 40 já contam com residências construídas.

Objetivando aplicar o conceito de sustentabilidade, o projeto do condomínio buscou interferir o mínimo possível na topografia da área e os arruamentos foram projetados respeitando o relevo natural existente.

**Figura 3** - Planta de loteamento do Atmospha Green Residence.



Fonte: Acervo do Condomínio (2021).

Assim, parte da rede drenagem é direcionada para um lago central (Figura 4 - Lago central do Atmospha Green Residence. (a) e (b)), que recebe contribuições advindas do escoamento superficial das águas pluviais, chegando a extravasar em



períodos chuvosos. As Figura 4 - Lago central do Atmosphaera Green Residence. (c) e (d) mostram, respectivamente, uma das entradas da drenagem superficial e o vertedouro onde ocorre o extravasamento do lago. Uma vez que a água passa do limite do vertedouro, segue para fora dos domínios do Atmosphaera Green.

Além da finalidade paisagística e de lazer, o lago também é a principal fonte hídrica utilizada para as regas dos jardins e campo de futebol do clube. Sua água é bombeada e a rega é feita de forma manual por meio do uso de aspersores que são alocados nos jardins, de onde são retirados e levados para outras áreas que necessitam de rega, a cada vinte minutos. O procedimento se repete até que todas as áreas verdes tenham sido irrigadas.

**Figura 4** - Lago central do Atmosphaera Green Residence.



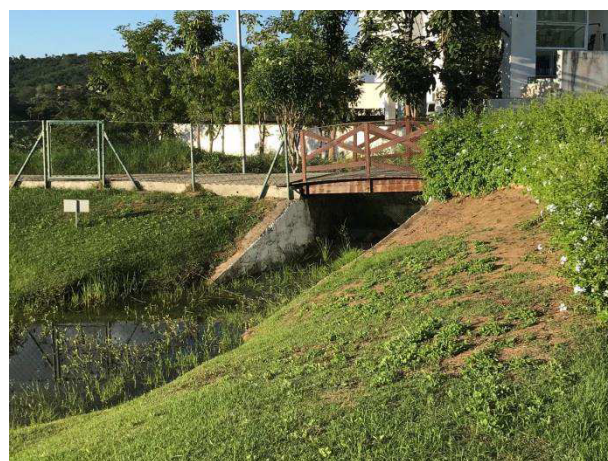
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: O autor (2021).

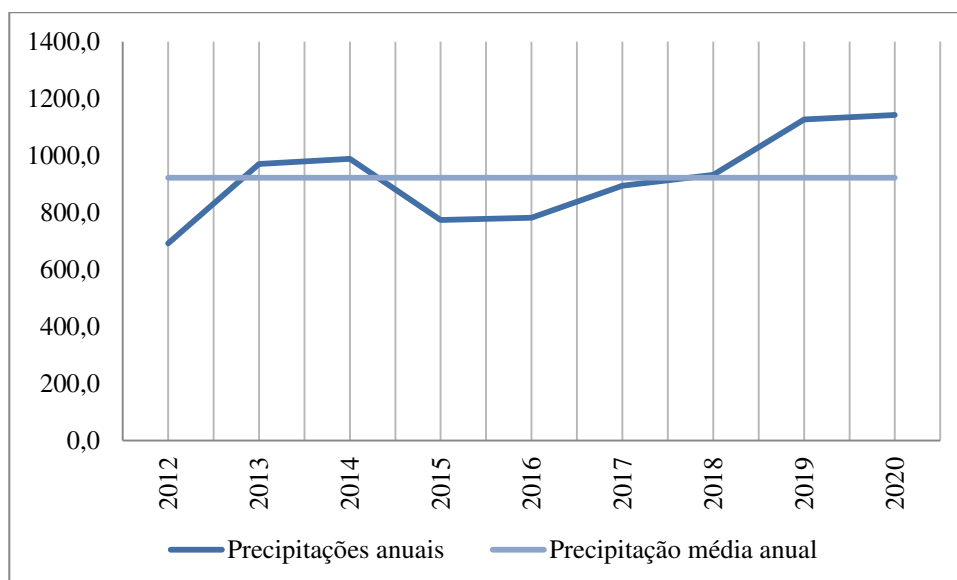
## 3.2 OBTENÇÃO DE DADOS DE CAMPO

### 3.2.1 *Dados hidrológicos*

A região do município de Lagoa Seca conta com um clima tropical úmido. Foram coletados dados referentes à série histórica de 2012 a 2020, junto à Estação Experimental de Lagoa Seca, localizada na zona rural do município. A Figura 5 mostra que a média anual pluviométrica na cidade é 920 mm, aproximadamente (EMPAER, 2021).

O período chuvoso se concentra entre os meses de março e agosto. Todo o detalhamento dos dados referentes à série histórica se encontra na Tabela 21 do Apêndice A.

**Figura 5** - Série histórica de precipitação em Lagoa Seca entre 2012 e 2020 (EMPAER, 2021).



Fonte: EMPAER (2021).

### 3.2.2 Dados de demanda de água

O condomínio é inteiramente abastecido pela CAGEPA, cuja água de abastecimento é proveniente do Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão/PB. Não são cobrados valores referentes ao serviço de esgotamento sanitário por parte da companhia, haja vista que o sistema de coleta e destinação final de esgoto do Atmosphera Green é totalmente independente, contando inclusive com uma ETE.

A estrutura tarifária aplicada na cobrança dos serviços prestados pela CAGEPA é a de resolução n° 002/2018-DP vigente a partir de 01/05/2018 (ver Anexo A). O valor

total faturado pela companhia de água é rateado pelos condôminos, sendo aplicados dois tipos de categorias:

- a) Residencial, para as dependências de uso coletivo do clube e unidades já construídas;
- b) Industrial, para os lotes onde há residências em construção.

A Tabela 4 - Estrutura tarifária da CAGEPA aplicada no Atmosphaera Green. mostra as tarifas cobradas somente pelo serviço de abastecimento de água prestado pela concessionária, onde se observa que a diferença tarifária aplicada por parte da CAGEPA provoca um aumento considerável na fatura do condomínio. Para a faixa de consumo mensal de até 10 m<sup>3</sup>, é cobrado o valor de R\$37,91 para a categoria Residencial, enquanto que, na mesma faixa de consumo, para a categoria Industrial, esse valor sobe para R\$81,94, equivalente a uma diferença de, aproximadamente, 115% a mais.

**Tabela 4** - Estrutura tarifária da CAGEPA aplicada no Atmosphaera Green.

<b>ESTRUTURA TARIFÁRIA</b>	
Categoria Residencial	
Tarifa Normal	
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA
Tarifa mínima - Consumo até 10 m <sup>3</sup>	R\$ 37,91
11 a 20 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	R\$ 4,89
21 a 30 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	R\$ 6,45
acima de 30 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	R\$ 8,76
Categoria industrial	
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA
Tarifa mínima - Consumo até 10 m <sup>3</sup>	R\$ 81,94
acima de 10 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	R\$ 13,05

Fonte: Adaptado de CAGEPA (2018).

### 3.2.2.1. Consumo global de água no Atmosphaera Green Residence

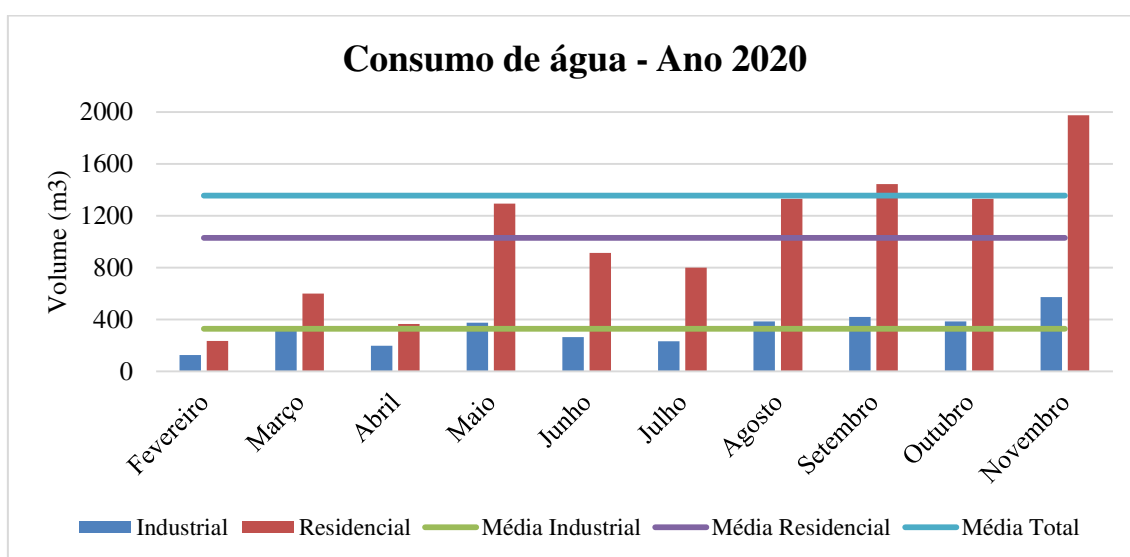
Foram obtidos os dados de consumos mensais de água do Atmosphaera Green nos anos de 2020 e 2021 como mostram as Figura 6 e Figura 7, respectivamente. Não foi possível ter acesso ao detalhamento das faturas referentes aos meses de janeiro e dezembro de 2020. Ao mesmo tempo para o ano 2021 só foram coletados valores de consumo até o mês de setembro uma vez que o mês de outubro ainda não terminou. Por

esse motivo, a análise inicial sobre o consumo global do condomínio foi feita em termos dos valores mensais e médios anuais das faturas.

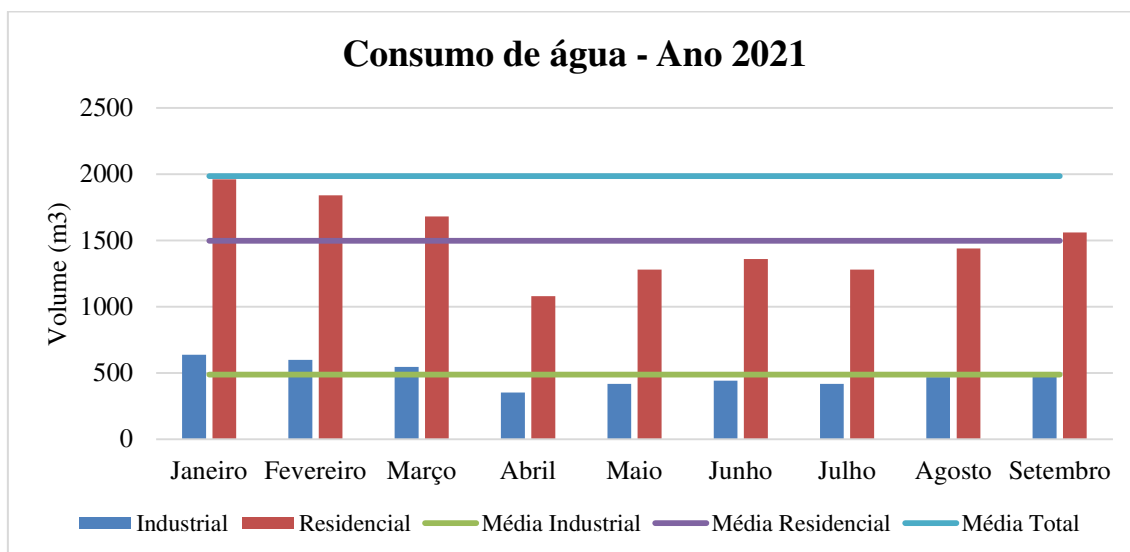
A partir dos dados coletados, verificou-se que o total de água consumido no interior do condomínio, considerando residências, clube e obras, passou por uma mudança significativa de um ano para o outro. O valor médio mensal do consumo passou de 1.355,10 m<sup>3</sup>, em 2020, para 1.984,56 m<sup>3</sup> no ano seguinte, um aumento próximo de 46%. Isso pode se justificar pelo fato que o Atmosphaera Green é um condomínio novo, tendo um número crescente de moradores todos os anos, além do aumento das construções, também colaborando para o crescimento do consumo de água.

Além de um número maior de famílias utilizando o serviço de água prestado, vale destacar que os últimos dois anos foram atípicos devido à pandemia de COVID-19. Nesse período, o consumo de água tem sido mais elevado devido ao maior tempo de permanência das pessoas em casa e ao redobramento dos cuidados com higiene pessoal, como lavagem das mãos várias vezes ao dia.

**Figura 6** - Dados de consumo de água do Atmosphaera Green Residence no ano 2020



Fonte: Adaptado de CAGEPA (2020).

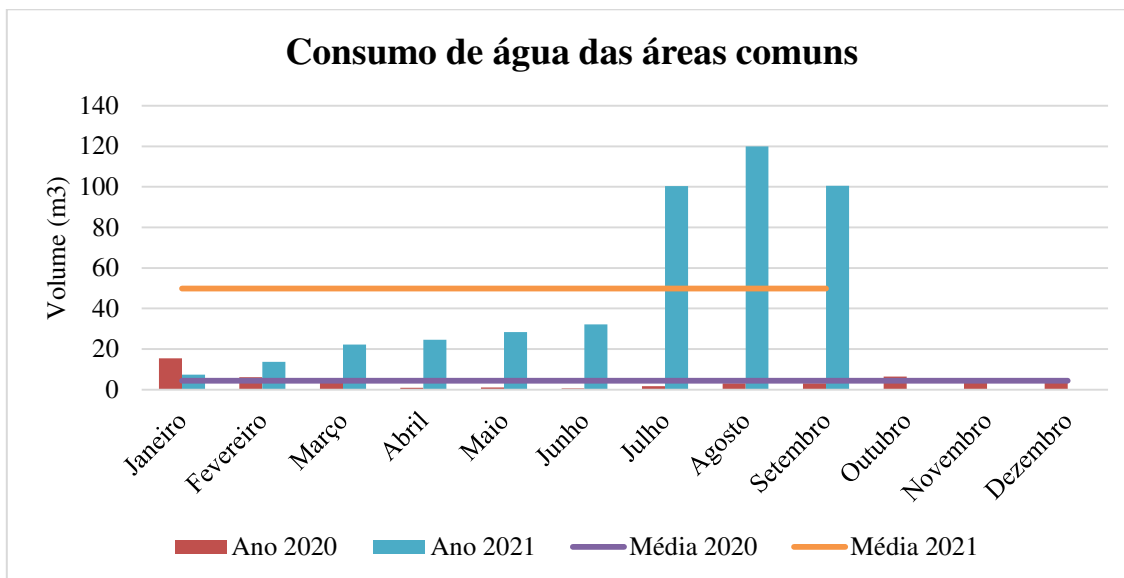
**Figura 7** - Dados de consumo de água do Atmosphaera Green Residence no ano 2021.

Fonte: Adaptado de CAGEPA (2021).

#### 3.2.2.2. Consumo de água nas dependências de uso coletivo

Também foram coletadas informações no que se refere ao consumo de água somente das dependências de uso comum do Atmosphaera. O Condomínio conta com um registro único para a leitura do consumo de água nessas áreas, que é lido mensalmente pelo setor administrativo e cujo valor é rateado entre os condôminos. A Figura 8 indica os consumos de água dessas áreas para os anos de 2020 e 2021. Os volumes medidos referem-se aos consumos de água dos banheiros do clube, pia de cozinha do salão de festas e do espaço gourmet, administração, guarita e da manutenção do nível de água da piscina.

**Figura 8** - Dados de consumo de água das áreas comuns do Atmosphaera Green Residence (2019).



Fonte: Administração do Condomínio (2021).

Uma particularidade ocorreu no mês de novembro de 2020 quando o consumo registrado foi de 700 m<sup>3</sup> de água, bastante superior aos valores registrados nos demais meses. Houve neste mês um vazamento na piscina, que foi totalmente esvaziada para manutenção. O enchimento foi arcado pelo condomínio. Por se tratar de um evento singular, esse valor não foi considerado no cálculo da média mensal que é de 4,33 m<sup>3</sup>/mês e, por isso, não pode ser observado no gráfico. A média de consumo registrada para os meses de janeiro a setembro de 2021 foi de 49,91 m<sup>3</sup>/mês, bem superior ao ano consumo médio do ano de 2020.

Uma possível causa para o consumo de 2020 reside no fato que durante a pandemia houve a interrupção obrigatória da prática de atividades sociais e coletivas, impedindo o funcionamento dos espaços de lazer, academia e piscina, por exemplo. Desse modo, o estudo será feito considerando os dados medidos apenas para o ano 2021.

### 3.3 PROPOSTAS PARA APROVEITAMENTO DA ÁGUA CAPTADA PELO SAAC

Com o intuito de verificar o potencial de sustentabilidade hídrica do Atmosphaera Green por meio da adoção de um SAAC, foram propostos dois cenários possíveis para

utilização de água da chuva interceptada nas cobertas das áreas de uso coletivo do clube. O Quadro 3 mostra esses cenários, que foram comparados visando indicar qual apresenta melhor custo-benefício para o condomínio.

**Quadro 3** - Descrição dos cenários propostos.

<b>Descrição do cenário</b>	
<b>Proposta 1</b>	Uso para irrigação de jardins e campo de futebol, em caso da impossibilidade de ser usada a água do lago.
<b>Proposta 2</b>	Atendimento com fins sanitários no bloco de lazer, como banheiros, limpeza de piso e recarga de piscina.

Fonte: O autor (2021).

A Proposta 1 estuda a possibilidade de uso da água coletada pelas cobertas para atendimento a rega de jardins de locais específicas do condomínio tais como as áreas verdes próximas a guarita, o bosque, o campo de futebol e áreas adjacentes ao salão de festas. O objetivo é verificar se na ausência de disponibilidade da fonte hídrica o SAAC instalado seria capaz de atender a demanda.

A Proposta 2 avalia a possibilidade de uso da água de chuva para atendimento as demandas do clube que incluem a lavagem de piso das áreas comuns (salão de festas, academia e espaço gourmet), a descarga dos banheiros do salão de festas e a recarga da lâmina de água da piscina após a filtragem semanal.

Ambas as propostas servirão para testar a autossuficiência do sistema de abastecimento com água de chuva caso seja implantado.

### 3.4 PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SAAC

#### 3.4.1 *Potencial hídrico da região*

Com os dados de precipitação obtidos a partir da série histórica de 2012 a 2020 para Lagoa Seca (Figura 5), fornecidos pela EMPAER, foi possível gerar os cenários seco, normal e chuvoso. A determinação desses cenários ocorreu com base nas Equações 3.1, 3.2 e 3.3:

$$\text{Cenário Seco: } X_i < X_m - DP; \quad \text{Equação 3.1}$$

$$\text{Cenário normal: } X_m - DP < X_i < X_m + DP; \quad \text{Equação 3.2}$$

$$\text{Cenário Chuvoso: } X_m + DP < X_i; \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde:  $X_i$  = Precipitação de cada ano;  $X_m$  = Precipitação média; DP = Desvio Padrão.

### 3.4.2 Escolha das áreas de captação de água da chuva

Para a captação de águas pluviais interceptadas pelos telhados das dependências de uso coletivo do Atmosphaera Green, foram analisadas as plantas dos projetos arquitetônicos desses espaços. Assim, obtiveram-se as áreas dos telhados de cada uma das dependências de uso coletivo, para análise do potencial de captação como mostra a Tabela 5 - Áreas de cobertura das dependências de uso coletivo do Atmosphaera Green..

**Tabela 5** - Áreas de cobertura das dependências de uso coletivo do Atmosphaera Green.

Identificação	Dependência	Área de cobertura (m <sup>2</sup> )
01	Portal de entrada	178,90
02	Apoio das quadras	17,00
03	Pórtico de lazer	34,50
04	Bloco de lazer	555,55
05	Espaço ecumênico	44,60
06	Bloco administrativo	215,15
<b>TOTAL</b>		<b>1045,7</b>

Fonte: Arquivos do Condomínio (2021).

As áreas destacadas em amarelo na Figura 9 - Áreas de captação de água da chuva.

identificam as cobertas das dependências coletivas do condomínio, seguindo a identificação da Tabela 5.

Dentre todas as áreas com possibilidade de uso como superfície de captação, aquela que apresenta maior área de cobertura é o bloco de lazer, com 555,55 m<sup>2</sup> representando 53,1% da área total. Essa também é a dependência que mais oferece possibilidades de uso, pois conta com salão de festas, piscinas, área gourmet, academia, vestiários, salão de jogos, banheiros e sauna, distribuídos por três níveis de pavimentos: térreo, inferior nível I e inferior nível II. Logo, para melhor aproveitamento das águas



pluviais captadas, este trabalho propõe que o SAAC seja instalado nas dependências e imediações do bloco de lazer.

Por outro lado, considerando a escolha do bloco de lazer para instalação do SAAC, a adesão de outras áreas de captação implicaria em intervenções maiores para condução das águas até o reservatório de acumulação, desse modo, optou-se por utilizar nessa pesquisa apenas a área de captação da cobertura desse bloco. Em pesquisas futuras, poderá ser estudada a viabilidade de agregar outras áreas de captação ao sistema.

**Figura 9** - Áreas de captação de água da chuva.



Fonte: Modificado do Arquivo do Condomínio (2021).

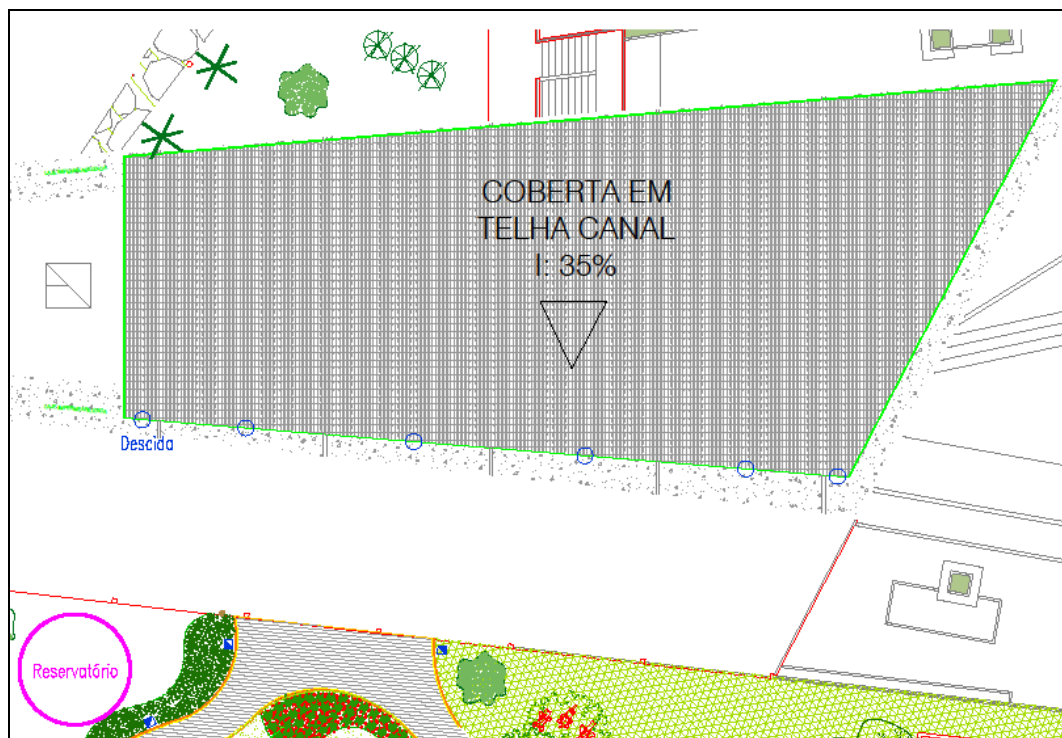
Na Figura 10 - Planta de cobertura do bloco de lazer.

é apresentada a planta de cobertura do bloco de lazer, indicando o sentido da queda d'água e uma alternativa de local para posicionamento estratégico do reservatório (em rosa), buscando estar o mais próximo possível da superfície de captação de água a para evitar gastos desnecessários com tubulações verticais e horizontais. A calha terá 32,82 metros e deverá ser colocada no lado mais baixo do telhado, respeitando sua

inclinação, como indicado. O SAAC irá contar com seis descidas d'água, indicadas na Figura 10 - Planta de cobertura do bloco de lazer.

, em azul. A Figura 11 traz uma imagem da área escolhida para captação de águas de chuva.

**Figura 10** - Planta de cobertura do bloco de lazer.



Fonte: Modificado do Arquivo do Condomínio (2021).

**Figura 11** - Fotos das áreas de captação escolhidas.



Fonte: Arquivo do Condomínio (2021); O autor (2021).

### 3.4.3 Estimativa do consumo de água

#### 3.4.3.1. Para irrigação de jardins

Para determinar o volume necessário para realização da rega dos jardins e do campo de futebol, em caso de impossibilidade de fazê-lo por meio da água do lago central do condomínio foi preciso recorrer à literatura. Creder (2006) e Macintyre (2010) estimam que o consumo médio diário para irrigação de jardins fique em torno de 1,5 l/m<sup>2</sup>. Este foi o valor de consumo adotado, uma vez que a administração do condomínio não contabiliza quanto é gasto com a rega dos espaços citados, já que não é feita com a água fornecida pela companhia de água.

#### 3.4.3.2. Para mictórios e bacias sanitárias

Devido à escassez de trabalhos, normas e resoluções que tratem sobre o consumo de água em dependências de condomínios horizontais fechados, foi feita uma estimativa do volume de água gasto em bacias sanitárias e em mictórios do bloco de lazer do Atmospha Green. Para tanto foi realizado um levantamento do número de aparelhos existentes no local conforme pode ser visto na Tabela 6. Para determinação dos consumos, foram coletadas informações do “Manual de instrução para implantação, gestão e mudanças de hábitos, no programa de redução em consumo de água”, disponibilizado pela Sabesp (2017).

**Tabela 6** - Número de bacias sanitárias e mictórios do bloco de lazer do Condomínio.

<b>Pavimento</b>	<b>Instalação</b>	<b>Nº de Bacias sanitárias</b>	<b>Nº de Mictórios</b>
Térreo	Banheiro feminino	2	-
	Banheiro masculino	2	2
Inferior nível I	Vestiário feminino	3	-

	Vestiário masculino	3	2
--	---------------------	---	---

Fonte: autor (2021).

A Tabela 7 - *Consumo médio em aparelhos sanitários*. indica o gasto médio, em litros, por acionamento, tanto em equipamentos convencionais como naqueles de baixo consumo. Durante a visita in loco, constatou-se que todos os equipamentos existentes nos banheiros são do tipo de baixo consumo e que, portanto, o consumo médio das bacias sanitárias é de 6 litros/descarga, enquanto os mictórios utilizam 1 litro/uso. Como não foram encontradas informações acerca da média diária de acionamentos desses dispositivos, para edificações com esse tipo de uso, estimou-se que uma bacia para usuários do sexo feminino é acionada 5 vezes ao dia. Para usuários masculinos, a estimativa é de 2 acionamentos de uma bacia sanitária e 5 usos de um mictório, por dia.

**Tabela 7** - Consumo médio em aparelhos sanitários.

<b>Equipamento convencional</b>	<b>Consumo médio</b>	<b>Equipamento de baixo consumo</b>	<b>Consumo médio</b>
Bacia com caixa acoplada ou caixa elevada bem regulada	12 litros/descarga	Bacia VDR	6 litros/descarga
		Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)	3 e 6 litros/descarga
Mictório	4 litros/uso	Válvula de fechamento automático	1 litro/uso

Fonte: Adaptado de Sabesp (2017).

#### 3.4.3.3. Para reposição da lâmina de água da piscina

O sistema de tratamento de água da piscina é feito por ozônio e requer poucas manutenções mensais para remoção de sedimentos. Entretanto, quando essas intervenções acontecem é necessária a aspiração. Nesse processo estima-se uma perda de água correspondente a uma lâmina de aproximadamente 5 cm. Desse modo, o volume total perdido em cada manutenção pode ser obtido multiplicando essa lâmina de água pela área superficial da piscina.

### 3.5 ESTUDO DE VIABILIDADE DA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SAAC

### 3.5.1 Orçamento para a implantação do SAAC

Para a análise da viabilidade de implantação de um SAAC no Atmosphaera Green, foi feita inicialmente uma previsão orçamentária, considerando os elementos listados no item 2.4, deste mesmo trabalho. Buscaram-se informações de quantitativos e preços nas Tabelas SINAPI referentes a agosto de 2021, para o Estado da Paraíba, bem como tabelas de composição obtidas nos estudos elaborados por Gouveia (2017). A partir dos dimensionamentos prévios do sistema e dos custos unitários de cada componente do SAAC, chegou-se a um orçamento final de implantação.

### 3.5.2 Análise econômico-financeira e tempo de retorno do investimento inicial

Foi realizada uma análise de custos com a finalidade de avaliar a viabilidade de implantação do SAAC no bloco de lazer do Atmosphaera Green Residence. Para tal, calculou-se o consumo mensal de água necessário para irrigação, o volume de chuva aproveitável nos cenários seco, normal e chuvoso, a economia mensal baseada no volume captado e o investimento para a instalação do sistema em ambas as propostas.

Utilizou-se o método do *Payback* simples, que se trata de uma técnica rápida e de fácil compreensão bastante usada na obtenção de um valor de base, e que fornece o grau de risco de um investimento. O *Payback* é um indicador financeiro de desempenho de projetos de investimento, capaz de mensurar o tempo de retorno do investimento inicial. Também procura identificar se o período de recuperação dos investimentos iniciais em um empreendimento acontece dentro do horizonte de projeto (SIMÕES, 2019). Este indicador pode ser obtido pela Equação 3.4.

$$Payback = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Ganho no período}} \quad \text{Equação 3.4}$$

Por fim, foi calculada a rentabilidade anual do projeto de implantação do SAAC através da Equação 3.5:

$$\text{Rentabilidade anual (\%)} = \frac{\text{Economia anual}}{\text{Investimento}} \times 100 \quad \text{Equação 3.5}$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 4.1 PREVISÃO DE CONSUMO DO ATMOSPHERA GREEN RESIDENCE

### 4.1.1 *Consumo dos jardins*

A determinação do volume necessário para a irrigação dos jardins e campo de futebol foi feita com base na área verde total, obtida através da avaliação das plantas baixas do projeto de paisagismo realizado para o Condomínio. Ao todo, o Atmosphaera Green conta com 10.633,70 m<sup>2</sup> de áreas verdes irrigáveis, dos quais 771,20 m<sup>2</sup> correspondem ao campo de futebol.

Segundo informações coletadas na administração, a frequência de regas das áreas de jardim do Atmosphaera Green é de duas vezes na semana, às segundas e quartas-feiras, totalizando oito regas mensais. Para o consumo médio de 1,5 l/m<sup>2</sup>.dia recomendado para rega de jardins (ver item 3.4.3), a demanda calculada de água para o período de um mês é de 127,6 m<sup>3</sup>.

### 4.1.2 *Consumo do bloco de lazer*

Diante dos consumos médios anuais coletados em 2020 e 2021, o valor escolhido para ser utilizado como base para este trabalho foi aquele referente ao ano de 2021. Como já mencionado, os dados de 2020 não são representativos porque a pandemia de COVID-19 alterou os padrões de consumo de água, tanto nas dependências do clube quanto nas residências.

Desse modo, a demanda média das áreas coletivas do Atmosphaera é de 49,91 m<sup>3</sup>/mês ou 598,92 m<sup>3</sup>/ano. Para o bloco de lazer, a demanda para suprir as 10 bacias sanitárias e os 4 mictórios existentes é de 6,90 m<sup>3</sup>/mês. Esse valor representa 13,8% do consumo registrado para as áreas de uso coletivo. Vale ressaltar que os valores utilizados para o cálculo da demanda das bacias e mictórios foram baseados em estimativas de uso dos aparelhos, já que os valores de referência para áreas comuns de condomínios fechados praticamente não são contemplados em normas, literaturas e trabalhos científicos.

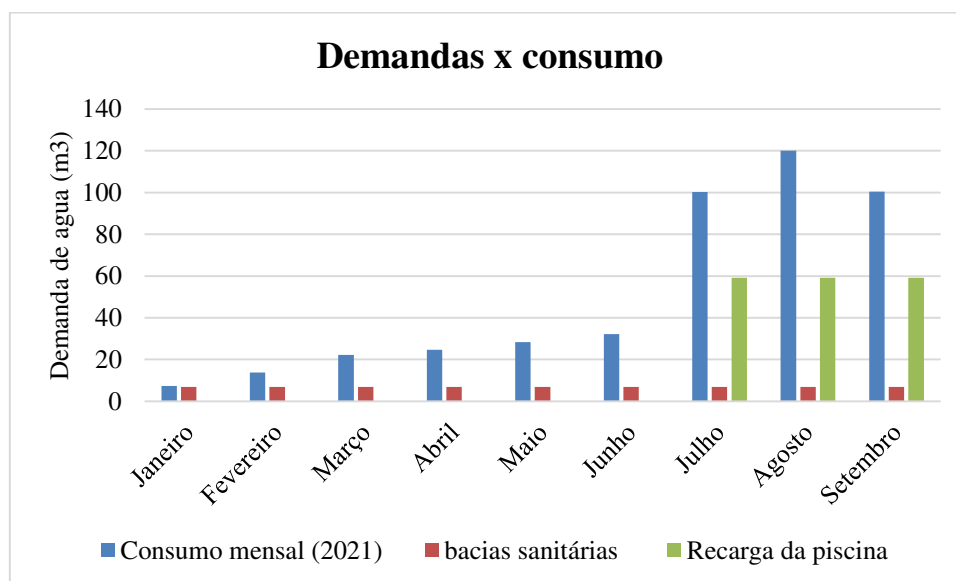
Os demais consumos oriundos dos lavatórios dos banheiros, chuveiros e pias do salão de festas e espaço gourmet não foram avaliados por tratarem de aparelhos que permitem o contato direto necessitando de água potável para uso.

Outro uso refere-se à recarga da piscina. O valor obtido em planta para a área superficial da piscina que é de 296,1 m<sup>2</sup>. Logo o volume de água a ser reposto na piscina após cada aspiração é de 14,8 m<sup>3</sup>, estimando uma lâmina 5 cm de água perdida. Considerando que essa recarga é realizada duas vezes por mês, segundo informações obtidas na administração do condomínio, o volume mensal necessário para essa atividade é de 29,61 m<sup>3</sup> correspondente a 59% do consumo médio registrado nos meses avaliados em 2021.

Como já mencionado anteriormente, a água utilizada na piscina é tratada com ozônio, cujas características sanitizantes permitem a eliminação de vírus, bactérias, amebas e coliformes. Mesmo assim, este trabalho recomenda que seja feita uma análise qualitativa da água da chuva captada, para posterior alocação na piscina, a fim de garantir segurança aos usuários que terão contato direto com a água.

A Figura 12 apresenta o comportamento das demandas das bacias sanitárias e da recarga da piscina em relação ao consumo mensal registrado.

**Figura 12** – Comportamento das demandas em relação ao consumo mensal.



Fonte: O autor (2021).

Observa-se pelo gráfico que o consumo nos meses de julho a setembro registrou aumento expressivo em relação aos demais, esse incremento de valor provavelmente se deve ao fato que a piscina do condomínio foi liberada para uso nesse período, necessitando retomar as ações de limpeza e gerando um incremento de água consumida nesse período.

## 4.2 RESULTADOS DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

A partir dos dados de precipitação da série histórica de 2012 a 2020 (Tabela do Apêndice A), foram gerados os cenários seco, normal e chuvoso. Todos os 9 anos que compõem a série foram classificados em um desses cenários, com base no intervalo em que estão inseridos, e seguindo a classificação proposta no item 3.4.1, como indicado na Tabela 8. O Quadro 4 mostra a classificação, que apontou 1 ano seco, 6 anos normais e 2 anos chuvosos.

**Tabela 8** - Classificação com base nos cenários seco, normal e chuvoso.

<b>Precipitação média (Xm)</b>	922,6 mm		
<b>Desvio padrão (DP)</b>	155,3 mm		
<b>Cenário</b>	Seco	Normal	Chuvoso
<b>Intervalo de precipitação (mm)</b>	$X_i < 767,3$	$767,3 < X_i < 1.077,9$	$X_i > 1.077,9$

Fonte: O autor (2021).

**Quadro 4** - Classificação dos anos com base nos cenários.

<b>Ano</b>	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Cenário</b>	Seco	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Chuvoso	Chuvoso

Fonte: O autor (2021).

## 4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DA SIMULAÇÃO

O dimensionamento do reservatório foi feito empregando o Método da Simulação. No cálculo do volume de chuva interceptado, foi usado o valor de 0,95 para o coeficiente de runoff, visto que a cobertura do bloco de lazer é revestida com telha cerâmica do tipo capa canal e possui um acabamento esmaltado. Para cada proposta de intervenção, foram feitas três sugestões de volumes de reservatório para iniciar as tentativas do método em questão. Então se analisou o número de meses do ano que o SAAC consegue suprir a demanda, considerando os três cenários de chuva já mencionados.

### 4.3.1 Proposta 1: Uso para irrigação de jardins e campo de futebol, em caso da impossibilidade de ser usada a água do lago



Como o volume necessário para a irrigação mensal dos jardins é alto (127,6 m<sup>3</sup>), foram propostas três capacidades iniciais do reservatório, para captar a água que atenderá a demanda: 25, 50 e 75 m<sup>3</sup>. Após realizadas as simulações, observou-se que nenhum desses volumes sugeridos é capaz de suprir por completo a demanda em qualquer mês, considerando todos os cenários de chuvas. Em todos os casos faz-se necessário um suprimento externo de água para atender às regas das áreas verdes do condomínio.

As Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 apresentam exemplos das simulações realizadas para o volume 75 m<sup>3</sup> considerando, respectivamente, os períodos seco, normal e chuvoso. Essa seria a alternativa com maior capacidade de armazenamento. Apesar disso, para o cenário seco (Tabela 9) e considerando a área de captação estudada, o reservatório de acumulação não consegue suprir a demanda necessitando de um acréscimo externo em todos os meses do ano, sendo esse valor superior a 120 m<sup>3</sup> nos meses de menor precipitação.

**Tabela 9** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário seco; volume 75 m<sup>3</sup>).

CENÁRIO SECO – VOLUME = 75 m <sup>3</sup>										
Mês	Precipit. média (mm)	Dem. mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Vol. de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Vol. fixado do reservat. (m <sup>3</sup> )	Vol. teórico do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Over-flow (m <sup>3</sup> )	Suprim. de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	99,5	127,6	555,55	525,1	75	397,5	75,0	0	322,5	52,6
Fev	100,4	127,6	555,55	529,9	75	477,3	75,0	75	402,3	52,6
Mar	5,3	127,6	555,55	28,0	75	-24,6	0,0	75	-24,6	127,6
Abr	9,9	127,6	555,55	52,2	75	-75,4	0,0	0	-75,4	127,6
Mai	75,6	127,6	555,55	399,0	75	271,4	75,0	0	196,4	52,6
Jun	206,9	127,6	555,55	1092,0	75	1039,4	75,0	75	964,4	52,6
Jul	124,4	127,6	555,55	656,5	75	603,9	75,0	75	528,9	52,6
Ago	52,0	127,6	555,55	274,4	75	221,8	75,0	75	146,8	52,6
Set	3,4	127,6	555,55	17,9	75	-34,7	0,0	75	-34,7	127,6
Out	7,6	127,6	555,55	40,1	75	-87,5	0,0	0	-87,5	127,6
Nov	2,1	127,6	555,55	11,1	75	-116,5	0,0	0	-116,5	127,6
Dez	5,2	127,6	555,55	27,4	75	-100,2	0,0	0	-100,2	127,6
<b>Total</b>	<b>692,3</b>	<b>1531,2</b>	-	<b>3653,8</b>	-	-	-	-	<b>2122,6</b>	<b>1081,2</b>

Fonte: O autor (2021).

Para o cenário normal (Tabela 10) observou-se uma redução do suprimento de água devido ao maior aporte de chuvas, mas ainda uma necessidade de 832,9 m<sup>3</sup> anuais de água de fontes externas ao reservatório para atendimento a demanda. Neste cenário,

o mês mais crítico registrado foi novembro, com um volume complementar acima de 100 m<sup>3</sup>.

**Tabela 10** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário normal; volume 75 m<sup>3</sup>).

CENÁRIO NORMAL – VOLUME = 75 m <sup>3</sup>										
Mês	Precip. média (mm)	Dem. mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Vol. de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Vol. fixado do reservat. (m <sup>3</sup> )	Vol. teórico do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Over-flow (m <sup>3</sup> )	Suprim. de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	58,0	127,6	555,55	306,1	75	253,5	75,0	75	178,5	52,6
Fev	61,4	127,6	555,55	324,1	75	271,5	75,0	75	196,5	52,6
Mar	63,8	127,6	555,55	336,7	75	284,1	75,0	75	209,1	52,6
Abr	122,9	127,6	555,55	648,6	75	596,0	75,0	75	521,0	52,6
Mai	109,8	127,6	555,55	579,5	75	526,9	75,0	75	451,9	52,6
Jun	124,0	127,6	555,55	654,4	75	601,8	75,0	75	526,8	52,6
Jul	173,7	127,6	555,55	916,7	75	864,1	75,0	75	789,1	52,6
Ago	46,8	127,6	555,55	247,0	75	194,4	75,0	75	119,4	52,6
Set	63,5	127,6	555,55	335,1	75	282,5	75,0	75	207,5	52,6
Out	19,5	127,6	555,55	102,9	75	50,3	50,3	75	0,0	77,3
Nov	13,5	127,6	555,55	71,2	75	-6,0	0,0	50	-6,0	127,6
Dez	33,3	127,6	555,55	175,7	75	48,1	48,1	0	0,0	79,5
<b>Total</b>	<b>890,2</b>	<b>1531,2</b>	-	<b>4698,2</b>	-	-	-	-	<b>3193,9</b>	<b>757,7</b>

Fonte: O autor (2021).

A Tabela 11 apresenta o resultado da simulação feita para o período chuvoso e considerando volume de 75 m<sup>3</sup> para o reservatório de acumulação. Mesmo com os índices pluviométricos mais favoráveis, esse cenário responde de modo muito semelhante ao anterior. São registrados maiores volumes de transbordamentos (*overflow*) devido ao aporte de água em meses mais chuvosos. Contudo, a necessidade de suprimento externo ainda se faz presente em todos os meses.

Os resultados obtidos para os volumes de 25 m<sup>3</sup> e 50 m<sup>3</sup> e períodos seco, normal e chuvoso encontram-se nas Tabela 22 Tabela 27 do Apêndice B.

A fim de que seja atendida 100% da demanda de irrigação dos jardins e campo de futebol, pode-se optar pela escolha de um reservatório com um volume superior a 75 m<sup>3</sup> e realizar os testes pelo Método da Simulação. Contudo, entende-se que um reservatório muito grande encarece o projeto uma vez que representa a maior parcela do custo total de implantação do SAAC. Por outro lado, demandaria uma grande área para alocação dos reservatórios, pois não há no mercado tanques de tais dimensões,

obrigando a compra e disposição de volumes menores, que somados irão resultar na capacidade prevista de projeto.

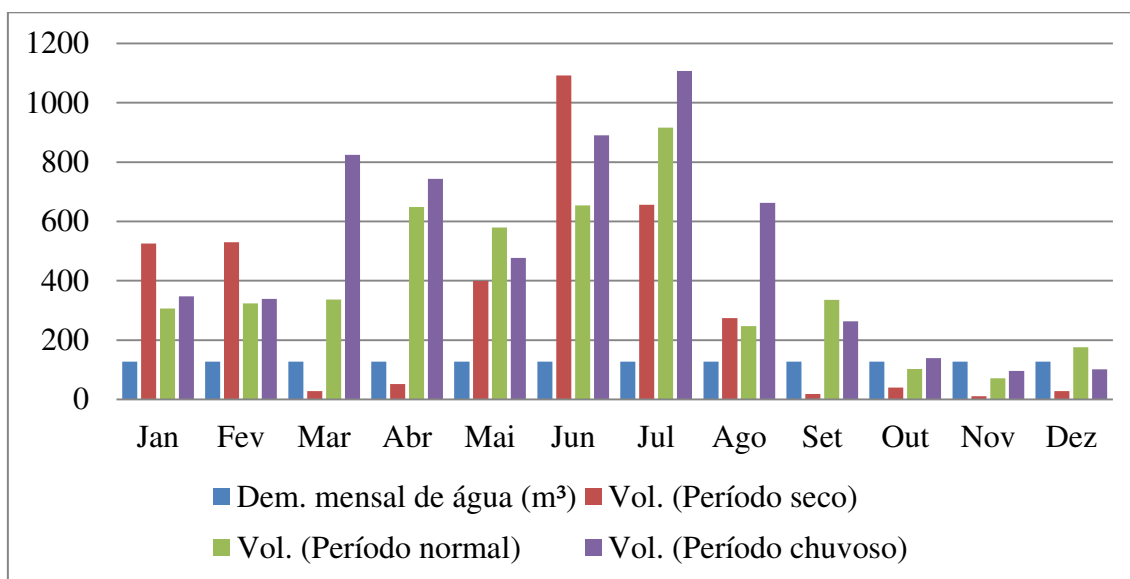
**Tabela 11** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário chuvoso; volume 75 m<sup>3</sup>).

<b>CENÁRIO CHUVOSO – VOLUME = 75 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipit. média (mm)	Dem. mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Vol. de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Vol. fixado do reservat. (m <sup>3</sup> )	Vol. teórico do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Over-flow (m <sup>3</sup> )	Suprim. de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	65,9	127,6	555,55	347,8	75	295,2	75,0	75	220,2	52,6
Fev	64,2	127,6	555,55	338,8	75	286,2	75,0	75	211,2	52,6
Mar	156,3	127,6	555,55	824,9	75	772,3	75,0	75	697,3	52,6
Abr	140,9	127,6	555,55	743,6	75	691,0	75,0	75	616,0	52,6
Mai	90,3	127,6	555,55	476,6	75	424,0	75,0	75	349,0	52,6
Jun	168,7	127,6	555,55	890,4	75	837,8	75,0	75	762,8	52,6
Jul	209,8	127,6	555,55	1107,3	75	1054,7	75,0	75	979,7	52,6
Ago	125,5	127,6	555,55	662,4	75	609,8	75,0	75	534,8	52,6
Set	49,8	127,6	555,55	262,8	75	210,2	75,0	75	135,2	52,6
Out	26,4	127,6	555,55	139,3	75	86,7	75,0	75	11,7	52,6
Nov	18,2	127,6	555,55	96,1	75	43,5	43,5	75	0,0	84,1
Dez	19,1	127,6	555,55	100,8	75	16,7	16,7	43	0,0	110,9
<b>Total</b>	<b>1135,1</b>	<b>1531,2</b>	<b>-</b>	<b>5990,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4517,9</b>	<b>721,1</b>

Fonte: O autor (2021).

A partir do método da simulação, foi possível obter valores mensais de oferta de água de chuva os cenários seco, normal e chuvoso e comparar com os valores de demanda média para a rega de jardins. Essa comparação é apresentada na Figura 13.

**Figura 13** – Relação entre o consumo de água mensal para irrigação e o volume de água captado.



Fonte: O autor (2021).

Observa-se que, no cenário seco a oferta de água esteve abaixo da demanda durante metade do ano (6 meses), enquanto que o cenário normal esse número cai para 2 meses. No cenário chuvoso, apenas o mês de novembro não atendeu a demanda. Esse dado mostra que um fator limitante para a eficiência do sistema é o volume do reservatório que condiciona a quantidade de água disponível no mês para ser utilizada. Corroborando com essa afirmação os dados de overflow observados nas Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11.

Diante do exposto, entende-se que a Proposta 1 – captação de água de chuva para utilização em rega de jardins é uma alternativa possível, porém necessita de uma grande reserva de água para atender satisfatoriamente a demanda, não sendo suficiente nenhum dos volumes simulados neste trabalho. Como já existe a opção de irrigação desses espaços utilizando a água do lagozinho, essa proposta, utilizando um dos volumes estudados, poderia ser considerado apenas como complementar para o caso de algum problema com o sistema atualmente utilizado.

Simões (2019) estudou a viabilidade de utilização de água de chuva para rega de 105 m<sup>2</sup> jardins de um hotel na cidade de Campina Grande/PB a partir de uma área de captação de 2.110 m<sup>2</sup>. A autora obteve resultados favoráveis para um reservatório de 50 m<sup>3</sup>.

#### 4.3.2 Proposta 2: Atendimento das áreas de uso coletivo, como banheiros e limpeza

Para o dimensionamento do reservatório no segundo cenário de intervenção foram propostos volumes iniciais menores em relação ao primeiro caso, pois o volume da demanda é mais reduzido, de 49,9 m<sup>3</sup>. As capacidades propostas para o reservatório também foram três: 30, 40 e 50 m<sup>3</sup>.

Analisando os cenários de chuva para o volume de 50 m<sup>3</sup>, na maioria dos meses foi possível atender 100% da demanda total de água para uso em bacias sanitárias, mictórios e recarga de piscina.

As Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14 mostram mais detalhes dos resultados das simulações para o volume de acumulação de 50 m<sup>3</sup> e para os períodos seco, normal e chuvoso, respectivamente. Durante os meses de menor volume de chuva do cenário seco (Tabela 12), foi necessário atender com oferta externa a demanda solicitada. Nos períodos normal (Tabela 13) e chuvoso (Tabela 14) ocorreu extravasamento do reservatório em todos os meses do ano, totalizando 4.099,3 m<sup>3</sup> e 5.391,8 m<sup>3</sup>, respectivamente.

**Tabela 12** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário seco; volume 50 m<sup>3</sup>).

CENÁRIO SECO VOLUME = 50 m <sup>3</sup>										
Mês	Precipit. média (mm)	Dem. mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Vol. de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Vol. fixado do reservat. (m <sup>3</sup> )	Vol. teórico do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Over-flow (m <sup>3</sup> )	Suprim. de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	99,5	49,91	555,55	525,1	50	525,2	50,0	50	475,2	0,0
Fev	100,4	49,91	555,55	529,9	50	530,0	50,0	50	480,0	0,0
Mar	5,3	49,91	555,55	28,0	50	28,1	28,1	50	0,0	21,8
Abr	9,9	49,91	555,55	52,2	50	30,4	30,4	28	0,0	19,5
Mai	75,6	49,91	555,55	399,0	50	379,5	50,0	30	329,5	0,0
Jun	206,9	49,91	555,55	1092,0	50	1092,1	50,0	50	1042,1	0,0
Jul	124,4	49,91	555,55	656,5	50	656,6	50,0	50	606,6	0,0
Ago	52,0	49,91	555,55	274,4	50	274,5	50,0	50	224,5	0,0
Set	3,4	49,91	555,55	17,9	50	18,0	18,0	50	0,0	31,9
Out	7,6	49,91	555,55	40,1	50	8,2	8,2	18	0,0	41,7
Nov	2,1	49,91	555,55	11,1	50	-30,6	0,0	8	-30,6	49,9
Dez	5,2	49,91	555,55	27,4	50	-22,5	0,0	0	-22,5	49,9
<b>Total</b>	<b>692,3</b>	<b>598,92</b>	-	<b>3653,8</b>	-	-	-	-	<b>3104,8</b>	<b>214,7</b>

Fonte: O autor (2021).

**Tabela 13** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário normal; volume 50 m<sup>3</sup>).

CENÁRIO NORMAL VOLUME = 50 m <sup>3</sup>										
Mês	Precipit. média (mm)	Dem. mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Vol. de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Vol. fixado do reservat. (m <sup>3</sup> )	Vol. teórico do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t (m <sup>3</sup> )	Vol. real do reservat. no tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Over-flow (m <sup>3</sup> )	Suprim. de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	58,0	49,91	555,55	306,1	50	306,2	50,0	50	256,2	0,0
Fev	61,4	49,91	555,55	324,1	50	324,1	50,0	50	274,1	0,0
Mar	63,8	49,91	555,55	336,7	50	336,8	50,0	50	286,8	0,0
Abr	122,9	49,91	555,55	648,6	50	648,7	50,0	50	598,7	0,0
Mai	109,8	49,91	555,55	579,5	50	579,6	50,0	50	529,6	0,0
Jun	124,0	49,91	555,55	654,4	50	654,5	50,0	50	604,5	0,0
Jul	173,7	49,91	555,55	916,7	50	916,8	50,0	50	866,8	0,0
Ago	46,8	49,91	555,55	247,0	50	247,1	50,0	50	197,1	0,0
Set	63,5	49,91	555,55	335,1	50	335,2	50,0	50	285,2	0,0
Out	19,5	49,91	555,55	102,9	50	103,0	50,0	50	53,0	0,0
Nov	13,5	49,91	555,55	71,2	50	71,3	50,0	50	21,3	0,0
Dez	33,3	49,91	555,55	175,7	50	175,8	50,0	50	125,8	0,0
<b>Total</b>	<b>890,2</b>	<b>598,92</b>	-	<b>4698,2</b>	-	-	-	-	<b>4099,3</b>	<b>0</b>

Fonte: O autor (2021).

Os volumes de 30 m<sup>3</sup> e 40 m<sup>3</sup> não atenderam a demanda de água nos cenários seco, normal e chuvoso. Em relação ao período seco, acontece uma insuficiência do em ambos os volumes, chegando ao esvaziamento do reservatório nos últimos meses do ano. Portanto, seria necessário importar água de outra fonte para conseguir suprir totalmente a demanda prevista. Os resultados encontrados para os volumes de 30 m<sup>3</sup> e 40 m<sup>3</sup> e períodos seco, normal e chuvoso encontram-se nas Tabela 28 a Tabela 33 do Apêndice B.

Nos cenários normal e chuvoso para o volume de 30 m<sup>3</sup> e 40 m<sup>3</sup>, apesar de não haver atendimento total nos meses, observa-se que ocorre uma redução do volume complementar necessário para atender a demanda. O volume necessário se mantém constante, sendo de 19,9 m<sup>3</sup> para o reservatório de 30 m<sup>3</sup>, e de 9,9 m<sup>3</sup> para o de 40 m<sup>3</sup>.

O suprimento externo anual no período normal que deve ser acrescentado ao volume de água de chuva captado foi de 238,92 m<sup>3</sup> para o volume de 30 m<sup>3</sup> e 118,92 m<sup>3</sup> para o volume de 40 m<sup>3</sup>.

**Tabela 14** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário chuvoso; volume 50 m<sup>3</sup>).

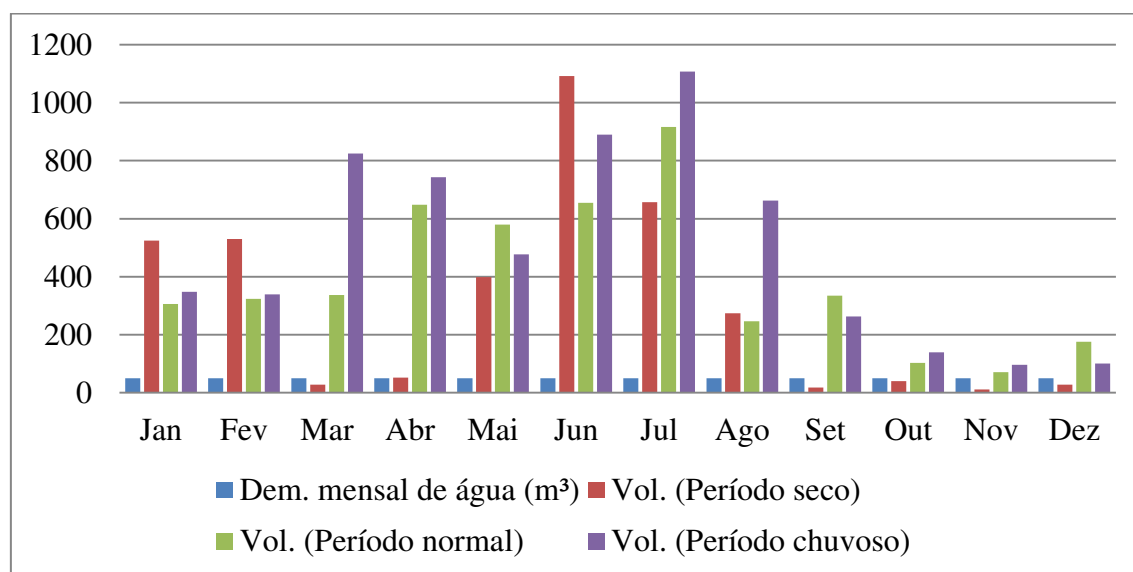
CENÁRIO CHUVOSO VOLUME = 50 m <sup>3</sup>										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Mês	Precipit. média (mm)	Dem. mensal de água (m³)	Área de captação (m²)	Vol. de chuva captado (m³)	Vol. fixado do reservat. (m³)	Vol. teórico do reservat. no tempo t (m³)	Vol. real do reservat. no tempo t (m³)	Vol. real do reservat. no tempo t-1 (m³)	Over-flow (m³)	Suprim. de água externo (m³)
Jan	65,9	49,91	555,55	347,8	50	347,9	50,0	50	297,9	0,0
Fev	64,2	49,91	555,55	338,8	50	338,9	50,0	50	288,9	0,0
Mar	156,3	49,91	555,55	824,9	50	825,0	50,0	50	775,0	0,0
Abr	140,9	49,91	555,55	743,6	50	743,7	50,0	50	693,7	0,0
Mai	90,3	49,91	555,55	476,6	50	476,7	50,0	50	426,7	0,0
Jun	168,7	49,91	555,55	890,4	50	890,4	50,0	50	840,4	0,0
Jul	209,8	49,91	555,55	1107,3	50	1107,4	50,0	50	1057,4	0,0
Ago	125,5	49,91	555,55	662,4	50	662,4	50,0	50	612,4	0,0
Set	49,8	49,91	555,55	262,8	50	262,9	50,0	50	212,9	0,0
Out	26,4	49,91	555,55	139,3	50	139,4	50,0	50	89,4	0,0
Nov	18,2	49,91	555,55	96,1	50	96,1	50,0	50	46,1	0,0
Dez	19,1	49,91	555,55	100,8	50	100,9	50,0	50	50,9	0,0
<b>Total</b>	<b>1135,1</b>	<b>598,92</b>	<b>-</b>	<b>5990,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5391,8</b>	<b>0</b>

Fonte: O autor (2021).

Para a proposta 2 também foi possível obter para os cenários seco, normal e chuvoso uma comparação entre os valores mensais de oferta de água de chuva e os valores de demanda média para atendimento ao clube. A Figura 14 apresenta essa análise.

**Figura 14** – Relação entre o consumo de água mensal para atendimento as demandas do clube e o volume de água captado.



Fonte: O autor (2021).

Estudando a figura, nota-se que o volume de água necessário para atender as demandas da proposta 2 pode ser coberto pelo volume de chuva captado no telhado em todos os meses dos cenários normal e chuvoso, e em 6 meses do cenário seco. Essa avaliação reforça que o atendimento a proposta 2 é satisfatório devendo ser decidido apenas um volume adequado para o reservatório de acumulação.

Assim, o reservatório escolhido foi o de 50 m<sup>3</sup>, já que esse volume atende praticamente 100% das necessidades de água não potável do bloco de lazer do condomínio nos cenários normal e chuvoso, e 50 % no cenário seco.

#### 4.4 RESULTADOS DO ORÇAMENTO

##### 4.4.1 Custos unitários

A análise da viabilidade econômico-financeira do SAAC foi feita com base no orçamento para implantação do sistema. Para tal, é necessário o levantamento dos custos unitários de cada parte que compõe a estrutura de captação proposta. Foram utilizadas tabelas SINAPI/PB (2021) de custo unitário bem como composições de custo propostas por Gouveia (2017).

##### a) Reservatório

Para a Proposta 1, o reservatório escolhido será o de 75 m<sup>3</sup>, visto que este chega a atender cerca de 61% da demanda de água para irrigação nos meses mais chuvosos, mesmo no cenário seco. Como não há reservatórios desse porte, o volume será dividido entre reservatórios de menor capacidade. Portanto, foram tomados os preços de caixas com capacidade para 5.000 e 10.000 litros, que custam R\$ 2.831,45 e R\$5.421,30, respectivamente, na tabela SINAPI/PB (2021). Por ser inviável a implantação de 15 reservatórios de 5.000 litros, tanto em termos de área disponível como em praticidade de instalação e manutenção, serão adotados 7 caixas de 10.000 e 1 de 5000 litros cada.

O Método da Simulação indicou que o uso de um reservatório com capacidade para 50.000 litros se mostra eficaz para atender à demanda de água do bloco de lazer do Atmosphaera, conforme a Proposta 2. Contudo, assim como anteriormente, não há referências de valores para um reservatório dessas dimensões. Com base nos custos individuais, a opção mais econômica é usar cinco reservatórios de 10.000 litros.



## b) Filtro autolimpante

Como não foram encontrados valores para o filtro autolimpante na tabela SINAPI, recorreu-se à ficha de composição proposta por Gouveia (2017). O valor unitário final encontrado para este item foi de R\$35,33.

## c) Dispositivo de descarte de água

O valor obtido para o dispositivo de descarte das primeiras águas também foi obtido nas fichas de composição, assim como o item anterior, dado que não há referências de preço para ele na tabela SINAPI. O custo individual recomendado desse dispositivo é de R\$42,58.

## d) Outros itens

Os demais itens que compõem o SAAC para as Propostas 1 e 2, bem como seus custos unitários encontram-se nas Tabela 15 e Tabela 16, todos com base nos dados contidos na tabela SINAPI/PB (2021). No que diz respeito à primeira proposta de intervenção, direcionada à rega dos jardins e campo de futebol, o sistema implementado não contará com os elementos de recalque, como bombas e tubulações, pois a retirada da água do reservatório deverá ocorrer da mesma forma como é feita atualmente, por meio de um sistema de bombeamento independente e uso de aspersores.

**Tabela 15** - Custos unitários dos elementos constituintes do SAAC (Proposta 1).

Item	Custo unitário
Calha	R\$ 59,39/m
Condutor (vertical e horizontal)	R\$ 67,61/m
Extravasor	R\$ 4,36/un
Freio d'água	R\$ 59,90/un

Fonte: O autor (2021).

**Tabela 16** - Custos unitários dos elementos constituintes do SAAC (Proposta 2).

Item	Custo unitário
Boia elétrica automática	R\$ 27,56/un
Bomba de recalque	R\$ 1.518,53/un
Caixa d'água 500 litros	R\$ 261,52/un
Calha, DN 100 mm	R\$ 59,39/m

Condutor (vertical e horizontal)	R\$ 67,61/m
Extravasor	R\$ 4,36/un
Freio d'água	R\$ 59,90/un
Tubulação de água fria	R\$ 31,86/m
Tubulação de recalque	R\$ 31,86/m

Fonte: O autor (2021).

#### 4.4.2 Custos totais

As Tabela 17 e Tabela 18 apresentam os valores finais de implantação do SAAC para as Propostas 1 e 2, respectivamente. Como esperado, em ambos os casos o maior percentual diz respeito aos reservatórios. Também houve gastos um pouco mais elevados com os condutores verticais e horizontais. Isso se deve ao fato de que o local onde os reservatórios serão posicionados, mesmo sendo próximos à área de captação, ainda assim apresentam uma distância considerável, aumentando os gastos principalmente com as tubulações horizontais.

Portanto, seria necessário um desembolso de 56.623,19 reais para por em prática a Proposta 1 e 46.479,52 reais para a Proposta 2.

**Tabela 17** - Custo total de implantação da Proposta 1.

Item	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total	%
Calha, DN 100 mm	37	m	R\$ 59,39	R\$ 2.197,43	3,88%
Condutor (vertical e horizontal)	185	m	R\$ 67,61	R\$ 12.507,85	22,09%
Dispositivo de descarte	8	un	R\$ 42,58	R\$ 340,64	0,60%
Extravasor	8	un	R\$ 4,36	R\$ 34,88	0,06%
Filtro autolimpante	8	un	R\$ 35,33	R\$ 282,64	0,50%
Freio d'água	8	un	R\$ 59,90	R\$ 479,20	0,85%
Reservatório 5.000 litros	1	un	R\$ 2.831,45	R\$ 2.831,45	5,00%
Reservatório 10.000 litros	7	un	R\$ 5.421,30	R\$ 37.949,10	67,02%
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 56.623,19</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: O autor (2021).

**Tabela 18** - Custo total de implantação da Proposta 2.

Item	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total	%
Boia elétrica automática	5	un	R\$ 27,56	R\$ 137,80	0,30%
Bomba de recalque	1	un	R\$ 1.518,53	R\$ 1.518,53	3,27%

Caixa d'água 500 litros	1	un	R\$ 261,52	R\$ 261,52	0,56%
Calha, DN 100 mm	37	m	R\$ 59,39	R\$ 2.197,43	4,73%
Condutor (vertical e horizontal)	185	m	R\$ 67,61	R\$ 12.507,85	26,91%
Dispositivo de descarte	5	un	R\$ 42,58	R\$ 212,90	0,46%
Extravasor	5	un	R\$ 4,36	R\$ 21,80	0,05%
Filtro autolimpante	5	un	R\$ 35,33	R\$ 176,65	0,38%
Freio d'água	5	un	R\$ 59,90	R\$ 299,50	0,64%
Reservatório 10.000 litros	5	un	R\$ 5.421,30	R\$ 27.106,50	58,32%
Tubulação de água fria	32	m	R\$ 31,86	R\$ 1.019,52	2,19%
Tubulação de recalque	32	m	R\$ 31,86	R\$ 1.019,52	2,19%
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 46.479,52</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: O autor (2021).

#### 4.5 RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA E DO TEMPO DE RETORNO

Por meio das Equações 3.4 e 3.5, foram calculados o tempo de retorno do investimento inicial e a rentabilidade anual do SAAC, respectivamente. Para um maior grau de detalhe do orçamento, devem ser considerados fatores como a mão de obra dos trabalhadores que irão executar os serviços de implantação. Porém, em virtude da complexidade desses itens e à limitação do tempo, essas adequações não foram consideradas neste trabalho.

As Tabela 19 e Tabela 20 - Viabilidade econômico financeira da Proposta 2. mostram, respectivamente, os resultados referentes à viabilidade econômica, tempo de retorno e rentabilidade anual das Propostas 1 e 2, para a implantação de um SAAC no Atmosphaera Green Residence. Embora não haja um tempo de retorno ideal para um empreendimento, quanto menor for esse período, melhor será.

**Tabela 19** - Viabilidade econômico financeira da Proposta 1.

Cenário	Consumo CAGEPA (m³/mês)	Gasto Mensal (R\$)	Volume aproveitável de chuva (m³/mês)	Economia Mensal (R\$)	Percentual da CAGEPA atendida pelo SAAC	Investimento (R\$)	Tempo de retorno do investimento (meses)	Rentabilidade anual
Seco	127,6	978,38	304,5	2555,76	238,62%	56.623,19	22	54,16%
Normal	127,6	978,38	391,5	3318,22	306,83%	56.623,19	17	70,32%
Chuvoso	127,6	978,38	499,2	4261,75	391,25%	56.623,19	13	90,32%

Fonte: O autor (2021).

**Tabela 20** - Viabilidade econômico financeira da Proposta 2.

<b>Cenário</b>	<b>Consumo CAGEPA (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Gasto Mensal (R\$)</b>	<b>Volume aproveitável de chuva (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Economia Mensal (R\$)</b>	<b>Percentual da CAGEPA atendida pelo SAAC</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Tempo de retorno do investimento (meses)</b>	<b>Rentabilidade anual</b>
Seco	49,91	297,81	304,5	2555,76	610,06%	46.479,52	18	65,98%
Normal	49,91	297,81	391,5	3318,22	784,45%	46.479,52	14	85,67%
Chuvoso	49,91	297,81	499,2	4261,75	1000,26%	46.479,52	11	110,03%

Fonte: O autor (2021).

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que a Proposta 1 é viável de ser implantada, uma vez que o tempo de retorno em relação ao investimento realizado é menor que 2 anos para todos os cenários, mesmo o mais seco deles. No primeiro ano, analisando somente o cenário chuvoso, o investimento é quase que totalmente compensado, com rentabilidade anual nesse cenário ultrapassando 90%.

Para o cenário normal da primeira proposta, no primeiro ano, são retornados 70% do investimento financeiro feito no SAAC. No cenário seco e menos favorável, é previsto um reembolso de mais da metade (54%) do valor pago na implantação do sistema.

É importante considerar que essa viabilidade está associada a rega de jardins feita com a água fornecida pela CAGEPA, entretanto, essa não é a realidade vivenciada pelo condomínio, com já explicado anteriormente. Sendo assim, para a situação atual, onde a rega é feita com uso das águas do laguinho, esta continua sendo a opção mais satisfatória.

A Proposta 2 possui resultados ainda mais satisfatórios. O cenário seco apresenta tempo de retorno de apenas 1,5 ano, com 66% do valor inicial sendo pago no primeiro ano de implantação do SAAC. Sua rentabilidade pode ser considerada alta, já que se trata do cenário onde as chuvas previstas são as mais desfavoráveis. Analisando os demais cenários possíveis, estes também se mostram bastante rentáveis, em especial o caso chuvoso, onde no arco de 1 ano, é provável que o empreendimento seja completamente pago.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao fim deste trabalho, conclui-se que foi possível analisar a sustentabilidade hídrica de um condomínio horizontal, em específico o Atmosphaera Green Residence, localizado entre os municípios de Campina Grande e Lagoa Seca/PB. Para tal, foram verificadas duas propostas de aproveitamento de águas pluviais, baseadas na implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva (SAAC) para os cenários seco, normal e chuvoso.

A Proposta 1 verificou a viabilidade de implantação de um SAAC para posterior reaproveitamento da água para a irrigação dos jardins e do campo de futebol do clube, em caso de escassez da atual fonte hídrica utilizada, que é o lago central do condomínio. A análise mostrou que o baixo tempo de retorno do investimento inicial (R\$ 56.623,19) aplicado para implantação do SAAC é viável. Em um ano chuvoso, o retorno acontece em 13 meses, enquanto nos demais cenários, esse tempo não excede o período de 2 anos.

O reservatório de 75 m<sup>3</sup>, dimensionado para a Proposta 1, não é capaz de suprir 100% da demanda de regas das áreas previstas (127,6 m<sup>3</sup>/mês), e, portanto, essa intervenção pode ser usada como um complemento que irá ajudar a atender o gasto de água das regas de jardins e campo de futebol do Atmosphaera Green.

A segunda proposta objetivou o aproveitamento da água captada nas dependências sanitárias do bloco de lazer do condomínio, incluindo bacias sanitárias e mictórios, já que não utilizam necessariamente de água potável. O consumo médio desses dispositivos é de 14,8 m<sup>3</sup>/mês, aproximadamente. Há, ainda, desperdícios de água ocasionados pela limpeza da piscina, pode chegar a 29,61 m<sup>3</sup>/mês se considerada uma perda de 5 cm.

O reservatório de 50 m<sup>3</sup> dimensionado obteve o êxito de atender toda a demanda de água na maior parte do tempo, em todos os cenários de chuva analisados, com exceção somente dos meses de novembro e dezembro do cenário seco, que naturalmente são meses com menores índices pluviométricos.

O investimento inicial de R\$ 46.479,52 apresenta um tempo de retorno ainda mais satisfatório, não ultrapassando o período de 18 meses. No melhor cenário possível, aquele chuvoso, o tempo de retorno é de apenas 11 meses, com 100% do valor pago

retornando no primeiro ano de implantação do SAAC. Para os cenários seco e normal, as rentabilidades do empreendimento foram altas de cerca 66% e 86%, respectivamente.

De modo geral, os resultados obtidos neste trabalho reforçam a viabilidade de implantação de um SAAC no Atmosphaera Green Residence. Como visto, sistemas que visam o aproveitamento das águas pluviais têm se tornado cada vez mais comuns, principalmente pela relativa simplicidade de dimensionamento e instalação. O SAAC se apresentou, portanto, como uma boa alternativa para contribuir na sustentabilidade hídrica do condomínio estudado, implicando em menor demanda de água para fins não potáveis, como uso em aparelhos sanitários e rega de jardins e campo de futebol.

Como recomendação para trabalhos futuros, pode-se citar:

- Utilização de mais áreas de captação, como o portal de entrada e o bloco de serviço, a fim de aumentar o volume de água captado;
- Análise da qualidade da água de chuva captada, para que seja utilizada também para fins potáveis após tratamento;
- Busca de outras alternativas que contribuam para a sustentabilidade hídrica do Atmosphaera Green, como utilização do efluente tratado na ETE do condomínio e a perfuração de um poço artesiano.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Últimos volumes informados dos Açudes**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: 27 mai. de 2021

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2020. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 03 mai. de 2021

ANDRADE NETO, C. O. de. **Aproveitamento imediato da água de chuva**. Gesta, v.1, n.1, p. 73-86, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7106/4878>>. Acesso em: 04 mai. de 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844: Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527: Aproveitamento de água de chuvas de coberturas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626: Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARROS, M de B; RUFINO, I. A. A; MIRANDA, L. I. B de. Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), abril de 2014. Volume 21, n.1. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbrh/a/RTknJvzPtCkPbcTqmGCWctP/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

BATISTA, F. G. A et al. **Percepção socioambiental do reuso das águas residuárias em condomínios verticais da cidade de Campina Grande – PB**. HOLOS, Ano 30,

Vol. 6, p. 70-82, 2013. Disponível em: <[http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1406/pdf\\_128](http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1406/pdf_128)>. Acesso em: 05 mai. de 2021

BRAGA, I. Y. L. G. Dissertação de Mestrado. **Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB.** João Pessoa, 2008. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp092345.pdf>>. Acesso em: 03 mai. de 2021

BRASIL. Câmara de Deputados. **Projeto de Lei da Câmara n° 70, de 2018.** Institui a Política Nacional de Racionalização e Combate ao Desperdício da Água. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/133772>>. Acesso em: 06 mai. de 2021

BRASIL. **Resolução CNRH n° 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Publicada no DOU em 09/03/06. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>>. Acesso em: 03 mai. de 2021

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 357**, de 17 de março de 2015. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 28 abr. de 2021

BRASIL. Senado. **Projeto de Lei do Senado n° 12, de 2014.** Dispõe sobre incentivos para fomentar a reutilização de recursos hídricos no âmbito da Contribuição para o Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público - PIS/PASEP, da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS, do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI e Imposto de Renda Pessoa Jurídica - IRPJ. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/116010>>. Acesso em: 05 mai. de 2021



BRASIL. Senado. **Projeto de Lei do Senado nº 324, de 2015**. Institui obrigatoriedade para as novas construções, residenciais, comerciais, e industriais, público ou privado, a inclusão no projeto técnico da obra, item referente a captação de água da chuva e seu reuso não potável e dá outras providências. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/121525>>. Acesso em: 05 mai. de 2021

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 03 mai. de 2021

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm)>. Acesso em: 03 mai. de 2021.

CARBONI, L. S; COAN, B de P; BACK, A. J. Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria de embalagens plásticas. Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5138/1/LaynikerSchulzCarboni.pdf>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6 ed. Rio de Janeiro. Ed. LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2010. 465 páginas.

CUBA, R. M. F; MANZANO, D. P. **Avaliação técnica e econômica do reúso de águas cinzas em aparelhos sanitários**. Colloquium Exactarum, v. 6, n.3, Set-Out. 2014, p.72 –83. DOI: 10.5747/ce.2014.v06.n3.e089. Disponível em:

<<http://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/1040/1188>>. Acesso em: 06 mai. de 2021

DELICATO, C. T. **Condomínios horizontais: a ilusão de viver juntos e isolados ao mesmo tempo**. URBANA, ano 2, nº 2, 2007, Dossiê: Cidade, Imagem, História e Interdisciplinaridade. CIEC/UNICAMP. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/urbana/article/view/8635244/3048>>. Acesso em: 27 abr. de 2021

EMPAER. Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária. **Pluviometria**. Disponível em: <<http://empaer.pb.gov.br/>>. Acesso em: 22 out. de 2021.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração e Apresentação de Propostas e Projetos para Sistemas de Abastecimento de Água**. 2017. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL\\_PROPOSTAS\\_SAA\\_10\\_03\\_2017.pdf/9c649bec-f5f4-4b4e-9a63-fac73f248c38](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PROPOSTAS_SAA_10_03_2017.pdf/9c649bec-f5f4-4b4e-9a63-fac73f248c38)>. Acesso em: 07 mai. de 2021.

GAITÁN, M, C, P; TEIXEIRA, B. A. do N. Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP). 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/yWXvmHBgcyWxXJY4NkYStgc/?lang=pt>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

GOUVEIA, L. P. R. **Estudo da viabilidade de aproveitamento de água de chuva para suprir a demanda diária na indústria da construção civil**. Campina Grande-PB, 2017.

GUEDES, M. J. F; RIBEIRO, M. M. R; VIEIRA, Z. M. de C. L. **Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de uma Cidade**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), abril/junho de 2014. Volume 19, n.2. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/165/67e4b6803a0f7a9b4a53826667272a29\\_f15c82865f865df7ce7089bfddb8d7d0.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/165/67e4b6803a0f7a9b4a53826667272a29_f15c82865f865df7ce7089bfddb8d7d0.pdf)>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 25 abr. de 2021

LEMOS, I. B. de. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis e análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório propostos pela NBR 15527:2007**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2017. Disponível em: < <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020878.pdf>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4 ed. Rio de Janeiro. Ed. LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2010. 740 páginas.

MARQUES, E. M; OLIVEIRA, M. V. R; CALMON, S; ZANETTI, F. C. **Captação de água para reuso – estudo sobre loteamento residencial**. Mundo GEO, 2017. Disponível em: < <https://mundogeo.com/2017/06/21/artigo-captacao-de-agua-para-reuso-um-estudo-sobre-um-loteamento-residencial/>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

MENEGUETTI, K. S; BELOTO, G. E. **Entre a rua e o muro: a construção de uma interface nos condomínios horizontais fechados**. PAISAGEM E AMBIENTE: ENSAIOS, N. 37, São Paulo, p. 35-49, 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/102893/115683>>. Acesso em: 28 abr. de 2021

NEGRI, Barjas. Tese de Doutorado. **Concentração e desconcentração industrial em São Paulo (1880 - 1990)**. São Paulo, 1994. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/285344>>. Acesso em: 27 abr. de 2021

OLIVEIRA, T. A. de. Dissertação de Pós-Graduação. **Centralidades e novas áreas centrais em Campina Grande – PB: o centro do bairro das Malvinas**. João Pessoa,

2017. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13157/1/Arquivototal.pdf>>.

Acesso em: 21 mai. de 2021

OLIVO, A. de M; ISHIKI, H. M. **Brasil frente à escassez de água**. Colloquium Humanarum, Presidente Prudente, v. 11, n. 3, p.41-48, set/dez 2014. DOI: 10.5747/ch.2014.v11.n3.h170. Disponível em:

<<http://journal.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206/1279>>. Acesso em: 26 abr. de 2021

**SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Controle de perdas.** 2021. Disponível em:

<<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=37>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

SANTORO, P. F. **Cidades que crescem horizontalmente: o ordenamento territorial justo da mudança de uso rural para urbano**. Cad. Metrop., São Paulo, v. 12, n. 24, pp. 417-440, jul/dez 2010. Disponível em:

<<https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/5897/4247>>. Acesso em: 06 abr. de 2021

SANTOS, D. D; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE**. Revista DAE, abril de 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.128>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

SARMENTO, A. I. de A; NÓBREGA, E. P. da; OLIVEIRA, P. R. R de; JUNIOR, E. B. **P. Captação e aproveitamento de água da chuva em residências rurais no Município de Nazarezinho – Paraíba**. Revista de Agroecologia no Semiárido, (Sousa – PB - Brasil) v. 1, n.1, p.24 - 33, Jan - Junho, 2017. Disponível em: <<file:///C:/Users/deus/Downloads/1636-3955-1-PB.pdf>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

SILVA, C. C. M. da; COSTA, N. T; TEIXEIRA, Q. L; NUNUES, A. de A. **Projeto de captação e aproveitamento de água de chuva para fins de irrigação: Estudo de caso da Universidade Católica de Minas Gerais PUC Minas, Unidade São Gabriel (Belo Horizonte/MG)**. Percurso Acadêmico, Belo Horizonte, v. 9, n. 17. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/percursoacademico/article/view/16620/14787>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

SIMÕES, P. C. **Alternativas de gestão de demanda de água em setor hoteleiro de Campina Grande – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Volume I, cap. 0. 2015. ISBN:85-87678-23-X.

TRAMONTANO, M; SANTOS, D. M. dos. **Atrás dos muros: unidades habitacionais em condomínios horizontais fechados**. USP, outubro de 1999. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/documentos/livraria/A08-Atras%20dos%20muros.pdf>>. Acesso em: 10 mai. de 2021.

## **APÊNDICE A**

Fonte: Adaptado de EMPAER (2021)

**Tabela 21 - Série histórica de dados pluviométricos para Lagoa Seca/PB.**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
2012	99,5	100,4	5,3	9,9	75,6	206,9	124,4	52,0	3,4	7,6	2,1	5,2	<b>692,3</b>
2013	18,4	33,7	9,2	162,3	78,8	181,2	219,6	118,8	54,4	15,4	53,3	25,0	<b>970,1</b>
2014	29,4	57,9	39,2	47,2	170,9	149,4	136,0	74,8	192,2	55,4	14,6	22,1	<b>989,1</b>
2015	15,0	28,0	68,2	69,8	33,9	152,1	294,5	44,0	13,5	13,6	0,0	41,0	<b>773,6</b>
2016	159,5	44,5	90,7	157,9	127,9	40,4	36,8	13,0	33,2	5,8	0,0	72,1	<b>781,8</b>
2017	33,5	16,4	78,7	92,7	97,2	148,1	301,2	26,3	63,0	27,0	2,2	8,0	<b>894,3</b>
2018	92,3	188,0	97,0	207,6	150,2	72,8	53,8	3,9	24,4	0,0	10,9	31,4	<b>932,3</b>
2019	24,6	108,9	140,4	86,0	81,6	174,0	234,4	160,3	38,7	51,5	1,0	25,5	<b>1126,9</b>
2020	107,2	19,5	172,2	195,8	99,0	163,4	185,2	90,6	60,8	1,2	35,4	12,6	<b>1142,9</b>

## APÊNDICE B



**Tabela 22** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário seco; volume 25 m³).

<b>CENÁRIO SECO VOLUME = 25 m³</b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva captado (m³)	Volume fixado do reservatório (m³)	Volume teórico do reservatório no tempo t (m³)	Volume real do reservatório no tempo t (m³)	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
Jan	99,5	127,6	555,55	525,1	25	422,5	25,0	25	397,5	102,6
Fev	100,4	127,6	555,55	529,9	25	427,3	25,0	25	402,3	102,6
Mar	5,3	127,6	555,55	28,0	25	-74,6	0,0	25	-74,6	127,6
Abr	9,9	127,6	555,55	52,2	25	-75,4	0,0	0	-75,4	127,6
Mai	75,6	127,6	555,55	399,0	25	271,4	25,0	0	246,4	102,6
Jun	206,9	127,6	555,55	1092,0	25	989,4	25,0	25	964,4	102,6
Jul	124,4	127,6	555,55	656,5	25	553,9	25,0	25	528,9	102,6
Ago	52,0	127,6	555,55	274,4	25	171,8	25,0	25	146,8	102,6
Set	3,4	127,6	555,55	17,9	25	-84,7	0,0	25	-84,7	127,6
Out	7,6	127,6	555,55	40,1	25	-87,5	0,0	0	-87,5	127,6
Nov	2,1	127,6	555,55	11,1	25	-116,5	0,0	0	-116,5	127,6
Dez	5,2	127,6	555,55	27,4	25	-100,2	0,0	0	-100,2	127,6
<b>Total</b>	<b>692,3</b>	<b>1531,2</b>	<b>-</b>	<b>3653,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2147,6</b>	<b>1381,2</b>

**Tabela 23** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário seco; volume 50 m<sup>3</sup>).

<b>CENÁRIO SECO VOLUME = 50 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	99,5	127,6	555,55	525,1	50	497,9	50,0	100,4	447,9	77,6
Fev	100,4	127,6	555,55	529,9	50	452,3	50,0	50	402,3	77,6
Mar	5,3	127,6	555,55	28,0	50	-49,6	0,0	50	-49,6	127,6
Abr	9,9	127,6	555,55	52,2	50	-75,4	0,0	0	-75,4	127,6
Mai	75,6	127,6	555,55	399,0	50	271,4	50,0	0	221,4	77,6
Jun	206,9	127,6	555,55	1092,0	50	1014,4	50,0	50	964,4	77,6
Jul	124,4	127,6	555,55	656,5	50	578,9	50,0	50	528,9	77,6
Ago	52,0	127,6	555,55	274,4	50	196,8	50,0	50	146,8	77,6
Set	3,4	127,6	555,55	17,9	50	-59,7	0,0	50	-59,7	127,6
Out	7,6	127,6	555,55	40,1	50	-87,5	0,0	0	-87,5	127,6
Nov	2,1	127,6	555,55	11,1	50	-116,5	0,0	0	-116,5	127,6
Dez	5,2	127,6	555,55	27,4	50	-100,2	0,0	0	-100,2	127,6
<b>Total</b>	<b>692,3</b>	<b>1531,2</b>	<b>-</b>	<b>3653,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>300,0</b>	<b>-</b>	<b>2223,0</b>	<b>1231,2</b>

**Tabela 24** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário normal; volume 25 m<sup>3</sup>).

CENÁRIO NORMAL VOLUME = 25 m <sup>3</sup>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	58,0	127,6	555,55	306,1	25	203,5	25,0	25	178,5	102,6
Fev	61,4	127,6	555,55	324,1	25	221,5	25,0	25	196,5	102,6
Mar	63,8	127,6	555,55	336,7	25	234,1	25,0	25	209,1	102,6
Abr	122,9	127,6	555,55	648,6	25	546,0	25,0	25	521,0	102,6
Mai	109,8	127,6	555,55	579,5	25	476,9	25,0	25	451,9	102,6
Jun	124,0	127,6	555,55	654,4	25	551,8	25,0	25	526,8	102,6
Jul	173,7	127,6	555,55	916,7	25	814,1	25,0	25	789,1	102,6
Ago	46,8	127,6	555,55	247,0	25	144,4	25,0	25	119,4	102,6
Set	63,5	127,6	555,55	335,1	25	232,5	25,0	25	207,5	102,6
Out	19,5	127,6	555,55	102,9	25	0,3	0,3	25	0,0	127,3
Nov	13,5	127,6	555,55	71,2	25	-56,0	0,0	0	-56,0	127,6
Dez	33,3	127,6	555,55	175,7	25	48,1	25,0	0	23,1	102,6
<b>Total</b>	<b>890,2</b>	<b>1531,2</b>		<b>4698,2</b>					<b>3167,0</b>	<b>1280,9</b>

**Tabela 25** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário normal; volume 50 m<sup>3</sup>).

CENÁRIO NORMAL VOLUME = 50 m <sup>3</sup>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	58,0	127,6	555,55	306,1	50	228,5	50,0	50	178,5	77,6
Fev	61,4	127,6	555,55	324,1	50	246,5	50,0	50	196,5	77,6
Mar	63,8	127,6	555,55	336,7	50	259,1	50,0	50	209,1	77,6
Abr	122,9	127,6	555,55	648,6	50	571,0	50,0	50	521,0	77,6
Mai	109,8	127,6	555,55	579,5	50	501,9	50,0	50	451,9	77,6
Jun	124,0	127,6	555,55	654,4	50	576,8	50,0	50	526,8	77,6
Jul	173,7	127,6	555,55	916,7	50	839,1	50,0	50	789,1	77,6
Ago	46,8	127,6	555,55	247,0	50	169,4	50,0	50	119,4	77,6
Set	63,5	127,6	555,55	335,1	50	257,5	50,0	50	207,5	77,6
Out	19,5	127,6	555,55	102,9	50	25,3	25,3	50	0,0	102,3
Nov	13,5	127,6	555,55	71,2	50	-31,0	0,0	25	-31,0	127,6
Dez	33,3	127,6	555,55	175,7	50	48,1	48,1	0	0,0	79,5
<b>Total</b>	<b>890,2</b>	<b>1531,2</b>	<b>-</b>	<b>4698,2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3168,9</b>	<b>1007,7</b>

**Tabela 26** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário chuvoso; volume 25 m<sup>3</sup>).

<b>CENÁRIO CHUVOSO VOLUME = 25 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	65,9	127,6	555,55	347,8	25	245,2	25,0	25	220,2	102,6
Fev	64,2	127,6	555,55	338,8	25	236,2	25,0	25	211,2	102,6
Mar	156,3	127,6	555,55	824,9	25	722,3	25,0	25	697,3	102,6
Abr	140,9	127,6	555,55	743,6	25	641,0	25,0	25	616,0	102,6
Mai	90,3	127,6	555,55	476,6	25	374,0	25,0	25	349,0	102,6
Jun	168,7	127,6	555,55	890,4	25	787,8	25,0	25	762,8	102,6
Jul	209,8	127,6	555,55	1107,3	25	1004,7	25,0	25	979,7	102,6
Ago	125,5	127,6	555,55	662,4	25	559,8	25,0	25	534,8	102,6
Set	49,8	127,6	555,55	262,8	25	160,2	25,0	25	135,2	102,6
Out	26,4	127,6	555,55	139,3	25	36,7	25,0	25	11,7	102,6
Nov	18,2	127,6	555,55	96,1	25	-6,5	0,0	25	-6,5	127,6
Dez	19,1	127,6	555,55	100,8	25	-26,8	0,0	0	-26,8	127,6
<b>Total</b>	<b>1135,1</b>	<b>1531,2</b>	<b>-</b>	<b>5990,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4484,5</b>	<b>1281,2</b>

**Tabela 27** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 1; cenário chuvoso; volume 50 m<sup>3</sup>).

<b>CENÁRIO CHUVOSO VOLUME = 50 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	65,9	127,6	555,55	347,8	50	270,2	50,0	50	220,2	77,6
Fev	64,2	127,6	555,55	338,8	50	261,2	50,0	50	211,2	77,6
Mar	156,3	127,6	555,55	824,9	50	747,3	50,0	50	697,3	77,6
Abr	140,9	127,6	555,55	743,6	50	666,0	50,0	50	616,0	77,6
Mai	90,3	127,6	555,55	476,6	50	399,0	50,0	50	349,0	77,6
Jun	168,7	127,6	555,55	890,4	50	812,8	50,0	50	762,8	77,6
Jul	209,8	127,6	555,55	1107,3	50	1029,7	50,0	50	979,7	77,6
Ago	125,5	127,6	555,55	662,4	50	584,8	50,0	50	534,8	77,6
Set	49,8	127,6	555,55	262,8	50	185,2	50,0	50	135,2	77,6
Out	26,4	127,6	555,55	139,3	50	61,7	50,0	50	11,7	77,6
Nov	18,2	127,6	555,55	96,1	50	18,5	18,5	50	0,0	109,1
Dez	19,1	127,6	555,55	100,8	50	-8,3	0,0	18	-8,3	127,6
<b>Total</b>	<b>1135,1</b>	<b>1531,2</b>	<b>-</b>	<b>5990,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4509,5</b>	<b>1012,7</b>

**Tabela 28** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário seco; volume 30 m<sup>3</sup>).

<b>CENÁRIO SECO VOLUME = 30 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	99,5	49,91	555,55	525,1	30	505,2	30,0	30	475,2	19,9
Fev	100,4	49,91	555,55	529,9	30	510,0	30,0	30	480,0	19,9
Mar	5,3	49,91	555,55	28,0	30	8,1	8,1	30	0,0	41,8
Abr	9,9	49,91	555,55	52,2	30	10,4	10,4	8	0,0	39,5
Mai	75,6	49,91	555,55	399,0	30	359,5	30,0	10	329,5	19,9
Jun	206,9	49,91	555,55	1092,0	30	1072,1	30,0	30	1042,1	19,9
Jul	124,4	49,91	555,55	656,5	30	636,6	30,0	30	606,6	19,9
Ago	52,0	49,91	555,55	274,4	30	254,5	30,0	30	224,5	19,9
Set	3,4	49,91	555,55	17,9	30	-2,0	0,0	30	-2,0	49,9
Out	7,6	49,91	555,55	40,1	30	-9,8	0,0	0	-9,8	49,9
Nov	2,1	49,91	555,55	11,1	30	-38,8	0,0	0	-38,8	49,9
Dez	5,2	49,91	555,55	27,4	30	-22,5	0,0	0	-22,5	49,9
<b>Total</b>	<b>692,3</b>	<b>598,92</b>	<b>-</b>	<b>3653,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3084,8</b>	<b>400,5</b>

**Tabela 29** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário seco; volume 40 m<sup>3</sup>).

<b>CENÁRIO SECO VOLUME = 40 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	99,5	49,91	555,55	525,1	40	515,2	40,0	40	475,2	9,9
Fev	100,4	49,91	555,55	529,9	40	520,0	40,0	40	480,0	9,9
Mar	5,3	49,91	555,55	28,0	40	18,1	18,1	40	0,0	31,8
Abr	9,9	49,91	555,55	52,2	40	20,4	20,4	18	0,0	29,5
Mai	75,6	49,91	555,55	399,0	40	369,5	40,0	20	329,5	9,9
Jun	206,9	49,91	555,55	1092,0	40	1082,1	40,0	40	1042,1	9,9
Jul	124,4	49,91	555,55	656,5	40	646,6	40,0	40	606,6	9,9
Ago	52,0	49,91	555,55	274,4	40	264,5	40,0	40	224,5	9,9
Set	3,4	49,91	555,55	17,9	40	8,0	8,0	40	0,0	41,9
Out	7,6	49,91	555,55	40,1	40	-1,8	0,0	8	-1,8	49,9
Nov	2,1	49,91	555,55	11,1	40	-38,8	0,0	0	-38,8	49,9
Dez	5,2	49,91	555,55	27,4	40	-22,5	0,0	0	-22,5	49,9
<b>Total</b>	<b>692,3</b>	<b>598,92</b>	<b>-</b>	<b>3653,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3094,8</b>	<b>312,4</b>



**Tabela 30** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário normal; volume 30 m<sup>3</sup>).

CENÁRIO NORMAL VOLUME = 30 m <sup>3</sup>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	58,0	49,91	555,55	306,1	30	286,2	30,0	30	256,2	19,9
Fev	61,4	49,91	555,55	324,1	30	304,1	30,0	30	274,1	19,9
Mar	63,8	49,91	555,55	336,7	30	316,8	30,0	30	286,8	19,9
Abr	122,9	49,91	555,55	648,6	30	628,7	30,0	30	598,7	19,9
Mai	109,8	49,91	555,55	579,5	30	559,6	30,0	30	529,6	19,9
Jun	124,0	49,91	555,55	654,4	30	634,5	30,0	30	604,5	19,9
Jul	173,7	49,91	555,55	916,7	30	896,8	30,0	30	866,8	19,9
Ago	46,8	49,91	555,55	247,0	30	227,1	30,0	30	197,1	19,9
Set	63,5	49,91	555,55	335,1	30	315,2	30,0	30	285,2	19,9
Out	19,5	49,91	555,55	102,9	30	83,0	30,0	30	53,0	19,9
Nov	13,5	49,91	555,55	71,2	30	51,3	30,0	30	21,3	19,9
Dez	33,3	49,91	555,55	175,7	30	155,8	30,0	30	125,8	19,9
<b>Total</b>	<b>890,2</b>	<b>598,92</b>	<b>-</b>	<b>4698,2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4099,3</b>	<b>238,92</b>

**Tabela 31** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário normal; volume 40 m<sup>3</sup>).

<b>CENÁRIO NORMAL VOLUME = 40 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	58,0	49,91	555,55	306,1	40	296,2	40,0	40	256,2	9,9
Fev	61,4	49,91	555,55	324,1	40	314,1	40,0	40	274,1	9,9
Mar	63,8	49,91	555,55	336,7	40	326,8	40,0	40	286,8	9,9
Abr	122,9	49,91	555,55	648,6	40	638,7	40,0	40	598,7	9,9
Mai	109,8	49,91	555,55	579,5	40	569,6	40,0	40	529,6	9,9
Jun	124,0	49,91	555,55	654,4	40	644,5	40,0	40	604,5	9,9
Jul	173,7	49,91	555,55	916,7	40	906,8	40,0	40	866,8	9,9
Ago	46,8	49,91	555,55	247,0	40	237,1	40,0	40	197,1	9,9
Set	63,5	49,91	555,55	335,1	40	325,2	40,0	40	285,2	9,9
Out	19,5	49,91	555,55	102,9	40	93,0	40,0	40	53,0	9,9
Nov	13,5	49,91	555,55	71,2	40	61,3	40,0	40	21,3	9,9
Dez	33,3	49,91	555,55	175,7	40	165,8	40,0	40	125,8	9,9
<b>Total</b>	<b>890,2</b>	<b>598,92</b>	<b>-</b>	<b>4698,2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4099,3</b>	<b>118,92</b>

**Tabela 32** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário chuvoso; volume 30 m³).

<b>CENÁRIO CHUVOSO VOLUME = 30 m³</b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva captado (m³)	Volume fixado do reservatório (m³)	Volume teórico do reservatório no tempo t (m³)	Volume real do reservatório no tempo t (m³)	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
Jan	65,9	49,91	555,55	347,8	30	327,9	30,0	30	297,9	19,9
Fev	64,2	49,91	555,55	338,8	30	318,9	30,0	30	288,9	19,9
Mar	156,3	49,91	555,55	824,9	30	805,0	30,0	30	775,0	19,9
Abr	140,9	49,91	555,55	743,6	30	723,7	30,0	30	693,7	19,9
Mai	90,3	49,91	555,55	476,6	30	456,7	30,0	30	426,7	19,9
Jun	168,7	49,91	555,55	890,4	30	870,4	30,0	30	840,4	19,9
Jul	209,8	49,91	555,55	1107,3	30	1087,4	30,0	30	1057,4	19,9
Ago	125,5	49,91	555,55	662,4	30	642,4	30,0	30	612,4	19,9
Set	49,8	49,91	555,55	262,8	30	242,9	30,0	30	212,9	19,9
Out	26,4	49,91	555,55	139,3	30	119,4	30,0	30	89,4	19,9
Nov	18,2	49,91	555,55	96,1	30	76,1	30,0	30	46,1	19,9
Dez	19,1	49,91	555,55	100,8	30	80,9	30,0	30	50,9	19,9
<b>Total</b>	<b>1135,1</b>	<b>598,92</b>	<b>-</b>	<b>5990,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5391,8</b>	<b>238,92</b>

**Tabela 33** - Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação (Proposta 2; cenário chuvoso; volume 40 m³).

<b>CENÁRIO CHUVOSO VOLUME = 40 m<sup>3</sup></b>										
Mês	Precipitação média (mm)	Demanda mensal de água (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva captado (m <sup>3</sup> )	Volume fixado do reservatório (m <sup>3</sup> )	Volume teórico do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório no tempo t (m <sup>3</sup> )	Volume real do reservatório do tempo t-1 (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Jan	65,9	49,91	555,55	347,8	40	337,9	40,0	40	297,9	9,9
Fev	64,2	49,91	555,55	338,8	40	328,9	40,0	40	288,9	9,9
Mar	156,3	49,91	555,55	824,9	40	815,0	40,0	40	775,0	9,9
Abr	140,9	49,91	555,55	743,6	40	733,7	40,0	40	693,7	9,9
Mai	90,3	49,91	555,55	476,6	40	466,7	40,0	40	426,7	9,9
Jun	168,7	49,91	555,55	890,4	40	880,4	40,0	40	840,4	9,9
Jul	209,8	49,91	555,55	1107,3	40	1097,4	40,0	40	1057,4	9,9
Ago	125,5	49,91	555,55	662,4	40	652,4	40,0	40	612,4	9,9
Set	49,8	49,91	555,55	262,8	40	252,9	40,0	40	212,9	9,9
Out	26,4	49,91	555,55	139,3	40	129,4	40,0	40	89,4	9,9
Nov	18,2	49,91	555,55	96,1	40	86,1	40,0	40	46,1	9,9
Dez	19,1	49,91	555,55	100,8	40	90,9	40,0	40	50,9	9,9
<b>Total</b>	<b>1135,1</b>	<b>598,92</b>	<b>-</b>	<b>5990,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5391,8</b>	<b>118,92</b>

## **ANEXO A**

Estrutura tarifária da CAGEPA resolução nº 002/2018-DP

Fonte: CAGEPA (2018).



## RESOLUÇÃO DE DIRETORIA DA ARPB Nº002/2018-DP

**ESTRUTURA TARIFÁRIA**

Vigência: 01/05/2018 - Reajuste: 2,9 %

CATEGORIA RESIDENCIAL				
TARIFA SOCIAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Consumo até 10m <sup>3</sup>	10,56	1,06	11,62	10%
TARIFA NORMAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m <sup>3</sup>	37,91	30,33	68,24	80%
11 à 20 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	4,89	3,91		80%
21 à 30 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	6,45	5,81		90%
acima de 30 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	8,76	8,76		100%

CATEGORIA COMERCIAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m <sup>3</sup>	67,65	60,89	128,54	90%
acima de 10 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	11,72	11,72		100%

CATEGORIA INDUSTRIAL				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m <sup>3</sup>	81,94	73,75	155,69	90%
acima de 10 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	13,05	13,05		100%

CATEGORIA PÚBLICO				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m <sup>3</sup>	76,83	76,83	153,66	100%
acima de 10 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	12,89	12,89		100%

João Pessoa, 20 de Março de 2018

Severino Ramalho Leite Superintendente

Frederico Augusto Guedes Pereira Pitanga  
Diretor Executivo de Fiscalização e ControleIris Rodrigues Dantas Cavalcanti  
Diretora Executiva de Controle Administrativo e Financeiro