



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS VIII – ARARUNA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE**  
**COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EMANUELLA SILVA PEREIRA DE MACÊDO**

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE**  
**ÁGUA PLUVIAL E GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NA UEPB: ESTUDO DE**  
**CASO NO CAMPUS VIII**

**ARARUNA – PB**

**2021**

**EMANUELLA SILVA PEREIRA DE MACÊDO**

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE  
ÁGUA PLUVIAL E GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NA UEPB: ESTUDO DE  
CASO NO CAMPUS VIII**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Meio Ambiente.

**Orientador:** Prof. Me. Igor Souza Ogata.

**Coorientadora:** Profa. Me. Luisa Eduarda de  
Medeiros.

**ARARUNA – PB**

**2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M141a Macedo, Emanuella Silva Pereira de.  
Avaliação da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial e geração solar na UEPB [manuscrito] : estudo de caso no Campus VIII / Emanuella Silva Pereira de Macedo. - 2021.

58 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2022.

"Orientação : Prof. Dr. Igor Souza Ogata , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

"Coorientação: Profa. Ma. Luisa Eduarda de Medeiros , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Água pluvial. 2. Energia solar. 3. Sustentabilidade. I.

Título

21. ed. CDD 551.577

EMANUELLA SILVA PEREIRA DE MACÊDO

AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA  
PLUVIAL E GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NA UEPB: ESTUDO DE CASO NO  
CAMPUS VIII

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.

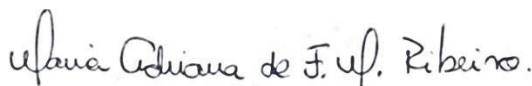
Área de concentração: Meio Ambiente.

Aprovado em: 15/12/2021.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profª. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro  
Universidade Federal de Campina Grande (UEPB)



Profª. Me. Rafaela Gomes Gonçalves de Carvalho  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais, pela dedicação,  
companheirismo e incentivo, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a Maria, por me dar a perseverança necessária e o conforto nos momentos difíceis.

A minha mãe, pelo incentivo, por vibrar com intensidade todas as minhas conquistas e, em especial, por ser meu apoio para concluir o curso após a minha gestação.

Ao meu noivo, por não medir esforços para me ajudar e compreender a minha ausência no leito familiar.

Ao meu pai e ao meu irmão, por me ensinarem a prezar pela educação e conhecimento.

Ao professor e orientador Igor Souza Ogata, por me aceitar como sua pupila e apoiar a realização dessa pesquisa.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da UEPB, em especial, Luísa Eduarda, Maria Adriana e Ana Paula, que contribuíram ao longo de 5 anos, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas de classe, em especial, Thaisa Montenegro, Remerson Oliveira e Rodolfo Luís pelos momentos de amizade. Também a Diego Freire e Rayan Fabrício pelas reuniões de estudos. Conseguiram deixar a caminhada mais leve e prazerosa.

Aos funcionários da UEPB, principalmente, Angélica e Edineide, pela prestação de ajuda quando foi necessário.

Finalmente, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, minha eterna gratidão.

## RESUMO

Atualmente a questão hídrica e energética do Brasil vem passando por um período de crise. O Nordeste brasileiro, em específico, sempre teve períodos de estiagem e outros de seca, algumas mais prolongadas que outras. Por este motivo, práticas de sustentabilidade, aproveitamento alternativo e reuso são largamente aplicadas. Na questão elétrica, a justificativa parte do aproveitamento do potencial da região para geração solar aliada a economia proporcionada. Visando isso, a presente pesquisa pretende propor sistemas sustentáveis na geração elétrica do campus VIII e na gestão dos recursos hídricos, através da análise da implantação de um sistema de produção de energia elétrica solar, e um sistema de captação de águas pluviais, respectivamente. A metodologia foi dividida em dois grupos (recursos hídricos e energia elétrica) para facilitar a explicação. Então, para o primeiro realizou-se levantamento de dados de precipitação (oferta de água) e de consumo (demanda), este através do Método de Berenhauser e Pulice (1983), determinou-se o volume do reservatório por meio do Método Prático Alemão e comparou-se com o volume ótimo sugerido pelo Netuno 4.0. O resultado obtido foi um reservatório de 240 m<sup>3</sup> que garante substituição de 28% do consumo atual no campus. Para o segundo grupo, o método de estudo consistiu na coleta de dados e posterior estudo, realizou-se o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico e determinou a necessidade de 230 placas de 460 W e 148 placas de 540 w, com área de instalação de aproximadamente 907 m<sup>2</sup>. A potência dimensionada foi de 185,72 kWp, sendo necessário o aumento da demanda contratada atual. O investimento é considerado viável, com tempo de retorno de 5 anos e 6 meses, e VPL de 1,3x.

**Palavras-Chave:** Sustentabilidade. Energia fotovoltaica. Águas pluviais. Viabilidade econômica.

## ABSTRACT

Currently, the water and energy issue in Brazil is going through a period of crisis. The Brazilian Northeast, in particular, has Always has periods of drought and others of drought, some longer than others. For this reason, sustainability practices, alternative use and reuse are widely applied. In the electrical issue, the justification is based on the exploitation of the region's potential for solar generation combined with the saving provided. Aiming at this, this research aims to propose sustainable systems in the electricity generation of campus VIII and in the management of water resources, through the economic analysis of the implementation of a solar electricity production system, and a Rainwater collection system, respectively. The methodology was divided into two groups (water resources and electricity) to facilitate the explanation. Then, for the first, precipitation (water supply) and consumption (demand) data were collected, using the Berenhauer and Pulice (1983), and the reservoir volume was determined using the German Practical Method and compared to the optimal volume suggested by Neptune 4.0. The result obtained was a 240 m<sup>3</sup> reservoir that guarantees the replacement of 28% of current consumption on campus. For the second group, the study method consisted of data collection and subsequent study, the sizing of the photovoltaic solar system was carried out and determined the need for 230 / 460 W plates and 148 / 540 W plates, with an installation area of approximately 907 m<sup>2</sup>. The scaled power was 185,72 kWp, requiring an increase in the current contract demand. The investment is considered viable, with payback time of 5 years and 6 months, and 1,3x VPL.

**Keywords:** Sustainability. Photovoltaic energy. Rainwater. Economic viability.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1 – Distribuição dos recursos hídricos da população segundo as regiões brasileiras</b> ----- | 17 |
| <b>Figura 2 - Matriz elétrica do Brasil de acordo com os consumos de 2019</b> -----                    | 24 |
| <b>Figura 3- Fluxograma Metodológico</b> -----   | 29 |
| <b>Figura 4- Vista aérea do local de estudo</b> -----  | 30 |
| <b>Figura 5- Precipitação mensal média de Araruna – PB</b> -----                                       | 31 |
| <b>Figura 6- Precipitação anual média</b> -----  | 32 |
| <b>Figura 7- Fatura de energia do Campus VIII</b> -----  | 36 |
| <b>Figura 8-- Irradiação Solar Diária Média – Plano Horizontal de Araruna - PB</b> -----               | 37 |
| <b>Figura 9- Histórico de consumo do Campus VIII da UEPB</b> -----                                     | 38 |
| <b>Figura 10 - Simulação Volume ótimo – Gráfico</b> -----  | 43 |
| <b>Figura 11 – Detalhamento do percentual de aproveitamento</b> -----                                  | 43 |
| <b>Figura 12 – Vista aérea do Campus VIII da UEPB.</b> -----   | 44 |
| <b>Figura 13 – Distribuição do consumo na UEPB</b> -----   | 48 |
| <b>Figura 14 - Taxa de aproveitamento de água pluvial</b> -----  | 49 |
| <b>Figura 15 - Aproveitamento de acordo com a demanda da UEPB</b> -----                                | 49 |
| <b>Figura 16 - Relação entre Geração x Demanda</b> -----   | 50 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| <b>Quadro 1 - Orçamento</b> .....                   | 45 |
| <b>Quadro 2 – Análise do tempo de retorno</b> ..... | 46 |

## LISTA DE TABELAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabela 1- Estimativa de População Equivalente.....</b>                                | <b>33</b> |
| <b>Tabela 2- Características Técnicas da rede elétrica do Campus VIII .....</b>          | <b>36</b> |
| <b>Tabela 3- Cálculo da demanda .....</b>  | <b>40</b> |
| <b>Tabela 4 – Cálculo do incremento do consumo .....</b>                                 | <b>40</b> |
| <b>Tabela 5- Dados de limpeza no campus .....</b>  | <b>41</b> |
| <b>Tabela 6 – Cálculo da população equivalente.....</b>                                  | <b>41</b> |
| <b>Tabela 7- Determinação do volume do reservatório pelo Método Prático Alemão .....</b> | <b>42</b> |
| <b>Tabela 8- Comparação com a literatura .....</b>                                       | <b>47</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |   |
|-------|---|
| ABNT  | Associação Brasileira de Normas Técnicas      |
| AC    | Área Construída                               |
| ANA   | Agência Nacional de Águas                     |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica          |
| BS    | Bacias Sanitárias                             |
| ETE   | Estação de Tratamento de Esgoto               |
| GD    | Geração Distribuída                           |
| LEED  | Leadership in Energy and Environmental Desing |
| NBS   | Número de Bacias Sanitárias                   |
| NF    | Número de Funcionários                        |
| OMM   | Organização Meteorológica Mundial             |
| ONU   | Organização das Nações Unidas                 |
| OR    | Osiose Reversa                                |
| PE    | População Equivalente                         |
| TMA   | Taxa Mínima de Atratividade                   |
| TIR   | Taxa Interna de Retorno                       |
| UEPB  | Universidade Estadual da Paraíba              |
| UNEP  | United Nations Environment Programe           |
| VPL   | Valor presente líquido                        |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>                                | <b>13</b> |
| 1.1      | Objetivo geral                                   | 14        |
| 1.2      | Objetivos específicos                            | 14        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>                     | <b>16</b> |
| 2.1      | Abastecimento de água                            | 16        |
| 2.1.1    | <i>Escassez da água no Brasil</i>                | 16        |
| 2.1.2    | <i>Aproveitamento da água no semiárido</i>       | 18        |
| 2.1.3    | <i>Sistema de aproveitamento de água pluvial</i> | 20        |
| 2.1.4    | <i>Aspectos qualitativos</i>                     | 21        |
| 2.1.5    | <i>Aspectos quantitativos</i>                    | 22        |
| 2.2      | Energia solar fotovoltaica                       | 23        |
| 2.2.1    | <i>O sol como fonte de energia</i>               | 25        |
| 2.2.2    | <i>Incidência solar na região</i>                | 27        |
| 2.2.3    | <i>Aspectos econômicos</i>                       | 27        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA</b>                               | <b>29</b> |
| 3.1      | Caracterização da área de estudo                 | 29        |
| 3.2      | Metodologia – Grupo 01                           | 30        |
| 3.2.1    | <i>Pluviometria</i>                              | 30        |
| 3.2.2    | <i>Estimativa do consumo</i>                     | 32        |
| 3.2.3    | <i>Volume do reservatório</i>                    | 34        |
| 3.2.4    | <i>Viabilidade do projeto</i>                    | 35        |
| 3.3      | Metodologia – Grupo 02                           | 35        |
| 3.3.1    | <i>Especificações da rede elétrica</i>           | 35        |
| 3.3.2    | <i>Irradiação local</i>                          | 37        |
| 3.3.3    | <i>Consumo de energia elétrica</i>               | 38        |
| 3.3.4    | <i>Viabilidade Econômica</i>                     | 39        |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS</b>                              | <b>39</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Resultados – Grupo 01</b>                   | <b>39</b> |
| <i>4.1.1</i> | <i>Cálculo da demanda</i>                      | <i>39</i> |
| <i>4.1.2</i> | <i>Cálculo do volume do reservatório</i>       | <i>42</i> |
| <i>4.1.3</i> | <i>Levantamento orçamentário</i>               | <i>43</i> |
| <b>4.2</b>   | <b>Resultados– Grupo 02</b>                    | <b>44</b> |
| <i>4.2.1</i> | <i>Dimensionamento do sistema fotovoltaico</i> | <i>44</i> |
| <i>4.2.2</i> | <i>Análise financeira</i>                      | <i>45</i> |
| <b>5</b>     | <b>DISCUSSÃO</b>                               | <b>47</b> |
| <b>5.1</b>   | <b>Discussão– Grupo 01</b>                     | <b>47</b> |
| <b>5.2</b>   | <b>Discussão– Grupo 02</b>                     | <b>49</b> |
| <b>6</b>     | <b>CONCLUSÃO</b>                               | <b>51</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS</b>                             | <b>52</b> |
|              | <b>ANEXO A – Memória de cálculo</b>            | <b>58</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico dos modelos construtivos, a busca da implantação de alternativas sustentáveis em espaços urbanos vem ganhando notoriedade. Esse processo, muitas vezes, é motivado pela escassez de recursos naturais e ideais ambientalistas. Mas são as novas tecnologias que garantem o futuro no modelo de pensar uma construção. Segundo Araújo (2016), o conceito da “moderna construção sustentável” está embasado no desenvolvimento de um protótipo que enfrente e sugestione soluções aos principais problemas ambientais presentes, sem abdicar da moderna tecnologia e da criação de edificações que atendam as demandas de seus usuários.

Uma das grandes preocupações quando se trata de sustentabilidade no meio urbano é o abastecimento de água, pois devido ao crescimento acelerado da população, o aumento do consumo *per capita*, a poluição hídrica e a má distribuição natural deste recurso ocorrem gradativamente a diminuição da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos.

Assim, diante da grande demanda e pouca oferta, surge a problemática quanto à escassez desse bem. Não a toa, a água é um indicador do desenvolvimento social e tecnológico de uma região. A exemplo disso é possível verificar a variação do consumo *per capita* em diferentes classes econômicas, como por exemplo, a diferença entre a média do consumo *per capita* dos Estados Unidos (575 L/hab.dia) e a de países como a Angola e o Haiti (15 L/hab.dia), que tem uma disponibilidade de água menor do que o ideal (100 L) para manter as necessidades básicas e evitar o desperdício, segundo a ONU. (PENA, 2021).

A fim de solucionar esse problema, Marinoski e Ghisi (2018) abordam que, atualmente, pela crescente preocupação com o meio ambiente e o uso consciente da água, a utilização de água tratada para alguns fins menos nobres tornou-se inviável, o que tem impulsionado o aumento crescente de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. Essa prática alternativa garante a economia da água proveniente do abastecimento público, proporcionando aumento no volume disponível para a aplicação em atividades que necessitam de água de melhor qualidade.

Outro grande viés relacionado à sustentabilidade em ambientes urbanos é o da eficiência energética em edificações. De acordo com Ferreira et al. (2015), o aumento da demanda energética é visto como um dos principais fatores que contribuem para a aceleração das mudanças climáticas observadas e descritas pela comunidade científica. Em concordância a isto, pode-se ressaltar a pequena variedade nos meios de produção de energia no Brasil, que apesar de ser em sua maioria proveniente de processos hidroelétricos, ainda possui como

alternativa, em momentos de escassez hídrica, o uso de combustíveis fósseis, que é caracterizada como uma fonte não limpa e não renovável, que acarreta malefícios ao meio ambiente, notados através da poluição atmosférica, exaustão de jazidas e degradação da natureza.

Devido a esses fatores surge a necessidade da verificação de medidas quanto ao incentivo de energias renováveis. Dentre as fontes de energia renovável a solar fotovoltaica apresenta grande potencial no Brasil, em razão da alta incidência solar no decorrer do ano em praticamente todas as regiões do país, sendo a região Nordeste a melhor entre estas. Além disso, mesmo com um elevado custo inicial, devido à instalação, o mesmo é revertido no decorrer dos anos com a mitigação da rede elétrica convencional, o que reflete tanto em ganhos ambientais quanto econômicos a longo prazo.

Além dos fatores ambientais, o Brasil passa atualmente por uma crise no setor elétrico que vem acarretando problemas financeiros. De acordo com Garcia (2015), as causas são diversas, desde o atraso em obras de geração e transmissão até a redução de taxas no momento de crescimento do custo, incentivando ainda mais o consumo e desfalcando o setor, que precisou ser socorrido pelo Tesouro Nacional. Segundo Bursztyn (2020), outro ponto crucial para a crise energética no país tem suas raízes na crise hídrica, que buscou saída em termoelétricas, cuja operação é cara e possui emissão de carbono em demasia.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo propor mudanças no âmbito hídrico e energético para o Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), incentivando o desenvolvimento de práticas sustentáveis, que são de grande relevância diante do atual cenário de abastecimento de água escasso e irregular, bem como aumento nos custos com energia elétrica na região.

## **1.1 Objetivo geral**

Propor o desenvolvimento de práticas sustentáveis no setor de água e energia no Campus VIII da UEPB visando à adequação do mesmo a uma edificação sustentável.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a possibilidade de implementação de sistemas sustentáveis de abastecimento de água e geração de energia no Campus VIII da UEPB.



- Propor infraestrutura de coleta e armazenamento de água da chuva no local estudado.
- Propor infraestrutura de geração de energia solar fotovoltaica no campus.
- Realizar estudo da viabilidade econômica das modificações propostas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Abastecimento de água

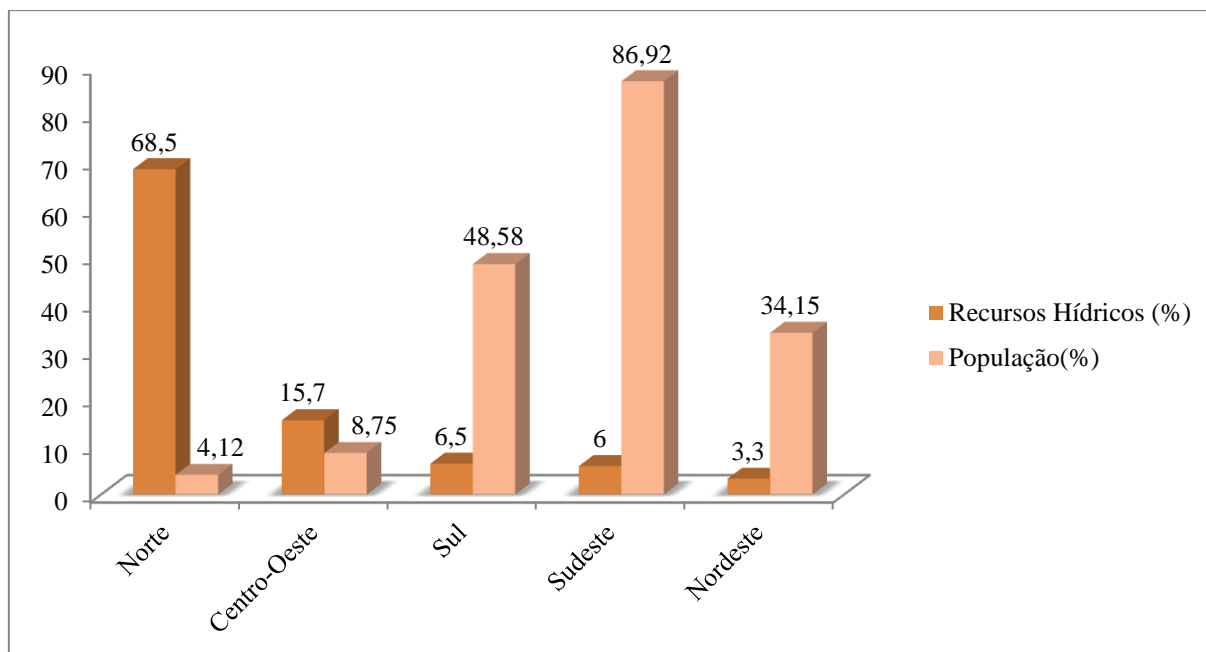
De acordo com Carvalho et. al.(2020), a água é um recurso que está presente em todos os setores da sociedade, desde o uso urbano ao uso no campo, abrangendo as atividades comerciais, públicas, de abastecimento humano, dessedentação de animais, recreação e lazer, forma alternativa de geração de energia elétrica e na diluição de despejos. Sendo, portanto, um bem necessário para sobrevivência e desenvolvimento da vida humana na terra.

Segundo Aragão et. al. (2021), a água é essencial à existência e bem estar do homem e a manutenção dos ecossistemas do planeta e é um recurso natural dotado de valor econômico, estratégico, cultural e social. Logo, a água é um bem comum a toda humanidade e é direito, pois negar-se o acesso à água significa negar o direito à vida. Sendo assim, deve-se buscar medidas para gerir este recurso com padrões mínimos de qualidade e disponibilidade contínua.

#### 2.1.1 *Escassez da água no Brasil*

De acordo com Bordalo (2017), o Ministério do Meio Ambiente brasileiro aponta a existência de uma grande diferença entre a porcentagem de água disponível que cada região detém e a densidade demográfica desta. Enquanto algumas detêm grandes parcelas de água e baixa densidade demográfica, a região Nordeste e a Sudeste que são responsáveis pelo abastecimento da maioria da população brasileira, são as que apresentam menor disponibilidade deste recurso. Com base na Figura 1, é possível verificar que aproximadamente 70% da água do país está alocada na região Norte, onde reside menos de 10% da população total. Que quando comparada a região Nordeste que possui 3,3% dos recursos hídricos e 34,15% da população do país, prova claramente essa discrepância.

**Figura 1 – Distribuição dos recursos hídricos da população segundo as regiões brasileiras**



**Fonte:** Adaptado da ANA (2010).

Segundo Ghisi (2006), através de análise do crescimento populacional entre os anos de 1991 e 2000 e extrapolando os valores de tendência de crescimento para anos futuros, em 100 anos o Brasil pode passar a receber a classificação de “catastroficamente baixo” em relação a disponibilidade de água *per capita*, segundo o United Nations Environment Programme (UNEP). Isso significa que a disponibilidade de recursos hídricos estará abaixo de 1.000 m<sup>3</sup> *per capita* por ano e as regiões mais afetadas, como se pode prever pelo cenário atual apresentado, serão o Sudeste e o Nordeste.

Com base na análise de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) (2018), entre os anos de 2002 e 2017, houve uma diminuição no valor da precipitação média anual em todo o país, o que resultou numa redução das reservas hídricas nos reservatórios. Ficando abaixo do esperado com base em séries históricas. Outro fato agravante e que confirma os estudos acerca das tendências de crescimento, são os dados de aumento da demanda hídrica, que totaliza cerca de 80% nos últimos 20 anos (ANA, 2018).

Apesar de a presente pesquisa enfatizar a região Nordeste do Brasil, de acordo com a literatura, todas as regiões do referido país sofrem com a gestão hídrica. Os principais gargalos a serem enfrentados para a mudança deste quadro são as limitações climáticas e pluviométricas, a organização da demanda para promover uma sustentabilidade hídrica e as

limitações econômicas e organizacionais, que tem suas raízes fixadas em uma gestão bem planejada.

Esse cenário justifica a necessidade da implantação de medidas de gestão do recurso hídrico, que é escasso e limitado, através da preservação da água potável e o emprego para atividades nobres, enquanto que águas de reuso ou não potáveis podem ser utilizadas em atividades menos nobres. Além disso, medidas que racionem o consumo de água e reduzam o desperdício também são de grande relevância para mudança nas expectativas futuras.

Farias (2017), em sua pesquisa acerca da “questão hídrica” do Nordeste, aborda a importância e a atualidade da problemática sobre a escassez hídrica do semiárido brasileiro, devido aos longos períodos de seca e as elevadas temperaturas características da região. A pesquisadora também comenta sobre o grande emprego da técnica de “açudagem” e a criação de barragens, com o intuito de armazenamento de água para os períodos sem chuva. Entretanto, ambas as técnicas têm como ponto negativo a submissão à elevada taxa de evaporação. Reafirmando assim a importância de estudar a viabilidade de aproveitamento de águas pluviais na região do semiárido.

### ***2.1.2 Aproveitamento da água no semiárido***

Devido à importância e à limitação do recurso hídrico é possível observar técnicas simplistas que surgiram há milhares de anos com a finalidade de armazenar água da chuva para a dessedentação de animais e até mesmo para consumo humano. De acordo com a evolução dos anos, a disseminação de ações como essas foram impulsionadas e desenvolvidas, sendo agora justificadas pelos motivos anteriores acrescidos a busca para sanar problemas de drenagem urbana nos grandes centros, como a questão das enchentes e inundações (SILVA et. al., 2018). Martins et. al. (2017), afirma que o semiárido brasileiro apresenta precipitações irregulares que variam de acordo com os meses do ano e taxa de evaporação potencial alta, devido a elevadas temperaturas, reafirmando a importância do armazenamento.

Além do aproveitamento de água armazenada, pode-se tratar a água já utilizada para proporcionar o reuso, através de um sistema simplificado de tratamento primário todo o recurso já utilizado pode ser revertido e destinado a atividades que independem de graus elevados de potabilidade, exemplo as atividades de limpeza em geral, irrigação e dessedentação de animais.

Diversas são as técnicas de reaproveitamento da água com várias possibilidades de usos finais. Lucena et. al. (2018) estudou sobre a viabilidade de reuso de águas residuais provenientes de Estações de Tratamentos de Esgotos (ETEs) para a irrigação, que é uma atividade com alto percentual de demanda na região Nordeste, e conseqüentemente, causaria a diminuição do consumo de água de melhor qualidade. Outro emprego é o reuso da água de pias e chuveiros em atividades menos nobres, Fonseca et. al. (2020) contemplou essa problemática e estipulou uma economia de 30% no volume de esgoto provocada por essas mudanças.

Na visão de aproveitamento de águas pluviais a gama de variedade de usos finais é vasta e vem sendo largamente aplicada, como por exemplo, a substituição da água proveniente do abastecimento público pela água da chuva para fins de irrigação (MATOS, 2021), a execução de sistemas de captação de água pluvial para abastecimento de instituições de ensino (CUNHA E COUTO, 2020) ou até mesmo sistemas simples em edificações do tipo multifamiliar.

Marinoski e Ghisi (2018) pontuam que o aproveitamento de águas pluviais destinadas ao emprego em atividades não potáveis é viável, pois se trata de um recurso natural com grande disponibilidade em todo o Brasil. Em residências e condomínios, a água captada pode ser empregada na lavagem de carros, de pisos, em descargas de bacias sanitárias e na irrigação de jardins. Apenas com a substituição da parcela demandada por bacias sanitárias a economia já é notória, principalmente em estabelecimentos como escolas, universidades e empresas, devido à elevada quantidade de aparelhos. Segundo Resende e Pizzo (2007) a implementação de ações como essas proporcionam dupla economia, pois o usuário estará poupando a água potável para fins nobres através da utilização de um tipo de água gratuito para fins menos nobres, estando economizando primeiramente por poupar o recurso de melhor qualidade e posteriormente pelo desenvolvimento de uma atividade com um bem livre de custos.

No Brasil, uma atitude com resultados significantes foi o Programa de Formação e Mobilização Social para a convivência no Semiárido: Um milhão de cisternas rurais – P1 MC, que tem como objetivo a implantação gratuita de um milhão de cisternas na zona rural, com uma metodologia de inserção da população no manuseio do objeto, a fim de que após a instalação este seja de fato utilizado e também, a educação ambiental e conscientização da necessidade de aproveitamento de água pluvial.

O projeto está em andamento e foi reconhecido e premiado pelos resultados excepcionais. Cada cisterna implantada tem a capacidade de 16 mil litros, visando a reserva

garantida durante o período de estiagem, em média 8 meses, para uma família composta por até 6 pessoas, ou seja, o objetivo é a utilização da água para abastecimento humano. A visão desta iniciativa é a descentralização dos corpos hídricos, fazendo com que a população rural consiga ter direito a água com dignidade e possuindo autonomia sobre o recurso (ASA BRASIL, 2003). De acordo com fontes secundárias, até julho de 2017 aproximadamente 604 mil cisternas já haviam sido implantadas, equivalendo a uma média de 2,5 milhões de pessoas com acesso a água (NOGUEIRA, 2017).

De acordo com Cavalcante Júnior (2021), em uma situação crítica e de escassez severa, mesmo as águas subterrâneas do Nordeste possuindo grandes chances de serem salobras, não podem ser descartadas. Pois é possível promover a dessalinização destas para posterior aproveitamento, inclusive com matérias-primas de baixo custo e grande disponibilidade na região, como por exemplo o extrato de mandacaru.

Nesse sentido, para o aproveitamento dessa fonte de água existe o emprego de barragem subterrânea, conceituada por Costa (2001) como um depósito de águas contidas nos aluviões dos rios, resolvendo o problema das elevadas taxas de evaporação potencial da região Nordeste. Todavia, para se aplicar esse método deve ser realizado um estudo de viabilidade prévio de acordo com Palmier (2001) *apud* May (2004) que frisa a necessidade de levar em consideração aspectos como a disponibilidade da oferta, demanda atual, gestão a ser empregue, ganhos após a implantação e a questão de preservação do meio ambiente.

### **2.1.3 Sistema de aproveitamento de água pluvial**

Diversas são as atividades que funcionam com água de captação pluvial, desde o uso em bacias sanitárias para descargas, lavagem de calçadas, pátios, automóveis, rega de jardins, entre outras atividades que não tem contato direto com as mucosas humanas. Porém, é válido ressaltar que com tratamento adequado a água de armazenamento pode ser utilizada até para o preparo de comidas.

Oliveira e Rosa (2018) afirma que as atividades citadas acima conseguem totalizar por volta de 48% da demanda total de uma residência, percentual representativo e que pode ser suprido por um sistema de captação de água de chuva.

Dias (2007) em seu estudo analisa que em locais desprovidos de abastecimento público ou onde existe, mas o mesmo é falho, tal alternativa justifica-se pelo fato simplório de abastecimento e/ou complementação da oferta de água. No caso de locais com serviços

públicos que estão funcionando plenamente, o sistema é fundamentado pela economia dos gastos com o sistema público.

Sendo assim, o sistema de captação de água pluvial de forma simplificada possui três unidades denominadas de: captação, filtração e armazenamento. A captação geralmente é feita através de áreas impermeáveis, na maioria das vezes, telhados ou lajes. Para evitar o carreamento de materiais como folhas, pedregulhos e finos, pode-se acoplar uma espécie de peneira nas calhas, com o objetivo de evitar entupimentos do sistema.

Após a fase de coleta, é necessária a existência de uma unidade filtrante, para retenção de partículas responsáveis pela cor e turbidez (LIBÂNIO, 2010). E por fim a unidade de armazenamento. É possível utilizar um só elemento para realização desses dois processos, onde a filtração ocorre através da decantação dos finos. O reservatório pode ser de diversos materiais, sendo os mais comuns, alvenaria de tijolos, plástico, blocos de concreto e polietileno.

A estação de tratamento da água será ou não necessária de acordo com a utilização final da água. Segundo estudo de May (2004), para um tratamento simples pode-se implantar a sedimentação natural, filtração simples e cloração, que é o processo mais comumente utilizado e tem baixo custo.

E para tratamentos complexos, dentre tantos, citou-se desinfecção por ultravioleta e osmose reversa (OR). A utilização da radiação ultravioleta vem ganhando espaço na área de tratamento da água, devido à diminuição de seus custos e por alcançar melhores resultados que o cloro na eliminação de alguns protozoários como a giárdia e o cryptosporidium, além disso, tem baixa formação de subprodutos. Entretanto, apresenta algumas limitações e desvantagens, como a influência da turbidez da água no tratamento (SANTOS, 2018). Já o tratamento da água por OR é considerado avançado e apresenta bons resultados quando aplicado em águas para fins industriais, tratamento de efluentes e dessalinização da água do mar, (WOSNIAK, 2016). Entretanto, possui elevado custo, além de necessitar de mão de obra especializada.

#### ***2.1.4 Aspectos qualitativos***

Anecchini (2005) explica que a preocupação da qualidade da água é justificada pela poluição nos grandes centros urbanos, e complementa que de fato, a qualidade da água depende de fatores como a localização geográfica, a presença de vegetação, a carga poluidora do local e a estação do ano. Além disso, Breginski (2015) afirma que a qualidade da água da

chuva está intimamente ligada com as atividades (agrícola, industrial, construção civil e etc) desenvolvidas na região da precipitação, por estas emitirem gases poluidores a atmosfera.

O posicionamento citado por Gomes (2014) complementa a discussão afirmando que a qualidade também é influenciada pelas condições da superfície de captação (telhados, lajes e calhas). Acredita-se em um efeito denominado *first flush* que a precipitação inicial tem qualidade inferior devido a um processo maior de carreamento de materiais. Entretanto, a instalação de filtros proporciona uma melhora significativa na qualidade dessas águas, que podem obter melhores resultados com o descarte dos volumes iniciais precipitados. (ALVES et. al., 2021).

Todo este contexto explica a predominância do emprego das águas pluviais para atividades não potáveis nos centros urbanos. Isso não quer dizer, no entanto, que a água não possa vir a ser tratada adequadamente para sua utilização em atividades potáveis. Todavia, deve-se analisar a viabilidade técnico-econômica e ter o conhecimento dos parâmetros e características da água para determinar o seu grau de potabilidade e confiança.

### **2.1.5 Aspectos quantitativos**

Quando se trata dos aspectos quantitativos, a finalidade é compreender em quanto tempo o custo será amortizado pelos benefícios proporcionados, para isso realiza-se o levantamento de dados pluviométricos da região e, precisamente, a demanda a ser atendida, ou seja, necessita-se determinar os usos finais a que a água de aproveitamento será destinada. A fim de calcular precisamente o quanto que se poderá economizar da água tratada de abastecimento público, que é um recurso pago.

Diversos são os autores e estudos que detém sua atenção para a verificação da viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de aproveitamento pluvial com finalidade não potável. Silva (2019) foi um destes, que comprovou a eficiência em áreas urbanas obtendo um tempo de retorno de prazo médio dado pelas reduções nas faturas mensais. Lima et. al. (2017) analisou o impacto do sistema em uma escola pública e confirmou a eficácia e o retorno em médio prazo, neste caso específico, 6 anos e 25 dias, com um percentual de redução de aproximadamente 60%.

Segundo Salla et. al. (2013), a determinação dos usos finais não tem relevância, contando que os mesmos sejam para fins menos nobres. Em seu estudo, dedicou-se investigação aos custos para construção do reservatório de captação de água através de diferentes métodos, concluindo-se que alguns até mesmo aqueles preconizados em norma,



podem ser superdimensionados de acordo com a variabilidade pluviométrica, tornando-se uma alternativa inviável.

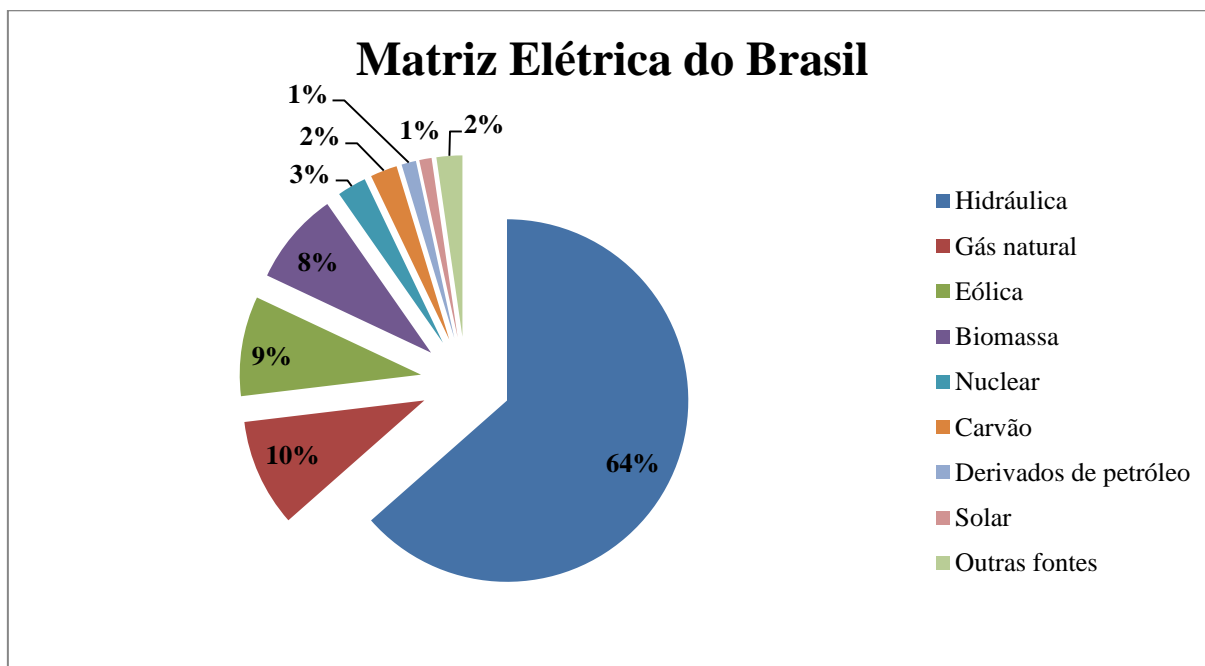
De acordo com Minikowski (2009), a demanda a ser atendida é crucial e deve ser mensurada de forma adequada para possibilitar menor gasto com a implantação do sistema e melhor aproveitamento da água captada e armazenada.

## **2.2 Energia solar fotovoltaica**

Quando se fala em matriz energética de um país, deve-se entender que ali estarão dispostas todas as modalidades e fontes de energia disponíveis para o consumo. Já quando o assunto é matriz elétrica, a disposição estará tratando das fontes energéticas utilizadas para geração de energia, sendo, portanto, a matriz elétrica um produto da energética (KORZENIEWICZ, 2021).

Desta maneira a Figura 02 apresenta a matriz elétrica do Brasil referente ao consumo do ano de 2019. Pode-se perceber que a matriz elétrica do país é pouco diversificada, sendo concentrada basicamente na geração através de recursos hídricos, o que explica a associação da crise hídrica e a energética feita por Bursztyn (2020). Devido à escassez, ocorre o surgimento de diversos conflitos pelo uso da água, que de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) a prioridade de uso deve ser para abastecimento humano e dessedentação de animais.

**Figura 2 - Matriz elétrica do Brasil de acordo com os consumos de 2019**



**Fonte:** Korzemiewicz (2021).

Analisando de forma crítica a retrospectiva das fontes elétricas brasileiras da década de 60 até os tempos atuais (meados de 2020), realizada por Neves e Rocha (2021), pode-se ressaltar grandes contribuições e fatos que justificam o investimento em novas fontes elétricas e renováveis.

Da década de 70 até os anos atuais nota-se grande participação da energia hidráulica na matriz elétrica, comprovando os dados acima, apesar da constante diminuição da porcentagem respectiva a hidrelétricas, e conseqüentemente aumento de outras fontes como gás natural, biomassa e energia nuclear. Contudo, foi apenas após o ano de 2010 que se percebeu de forma expressiva a implantação de energias alternativas renováveis, por exemplo, a eólica no período entre 2010 e 2016 conseguiu crescer de 0,4% para 5,4%, o que consolidou mais um ramo de geração na matriz. E a energia solar, saiu de 0,01% (2016) para 1% (2019). Apesar do singelo percentual, esse crescimento foi exponencial, se analisado o intervalo de tempo, e possibilitam a concretização da inclusão de mais uma fonte limpa na matriz brasileira.

Devido às riquezas naturais do país, o Brasil tem grande potencial para investir em fontes alternativas para geração de energia elétrica. A região Nordeste é privilegiada pela elevada incidência de raios solares, garantindo resultados positivos e conseqüentemente, viabilidade do sistema para implantação. Inclusive, ao compararem-se os dados de potencial de captação dos raios solares da região referida e de diversos países europeus com

implantação notória de sistemas fotovoltaicos conclui-se mais uma vez que as perspectivas para esta região são otimistas.

### ***2.2.1 O sol como fonte de energia***

Assim como a água, a energia elétrica tem o potencial de melhorar a qualidade de vida da população e potencializar o desenvolvimento. Além disso, a demanda de energia elétrica aumenta diretamente com o aumento populacional e habitacional de uma região. Com o passar dos anos, a tecnologia na geração deste recurso evoluiu gradativamente, melhorando as condições do bem-estar social, pode-se perceber através de cenas cotidianas, como em ambientes climatizados e locais iluminados sem interrupção.

Entretanto, de acordo com Goldemberg (2007), o mais importante para quem está consumindo não é a origem da produção da eletricidade, e sim a relação entre o conforto/bem-estar gerado por atividades energéticas e o preço pago a rede fornecedora. Ou seja, é de pouca relevância para o usuário os impactos produzidos ao meio ambiente, em contrapartida, o fator econômico é preponderante.

Esse fato pode ser facilmente compreendido quando se passa a tratar a energia elétrica como recurso indispensável para sobrevivência e o percentual que a mesma gera em termos de despesa. No âmbito comercial, por exemplo, quanto menor a taxa paga para este recurso, maior será a competitividade do produto/serviço no mercado, pois o preço será mais baixo. Seguindo a mesma lógica, para repartições públicas e residências o raciocínio é similar, o usuário buscará valores mais baixos para ter acesso à energia elétrica, por que na verdade, ela é indispensável para vivência, entretanto, é tratada como despesa, já que o conforto usufruído é por meio de atividades terceiras.

Analisando de forma primária em termos econômicos, a geração de energia através de placas fotovoltaicas tende a garantir a competitividade de produtos e a economia financeira do provedor, mesmo tendo em vista que o investimento inicial é alto, mas é viabilizado pela redução da conta de energia paga a concessionária.

Entretanto, deve-se ressaltar que cada caso necessita essencialmente de análise para verificação do tempo de retorno. Segundo Lira et. al. (2019), considerando a extensão territorial e o elevado potencial de radiação solar durante praticamente todo o ano, é viável o investimento em energia renovável fotovoltaica na forma de geração distribuída (GD).

A aplicação da tecnologia de geração distribuída, especialmente a solar fotovoltaica é tida por muitos como uma das soluções para a geração de energia elétrica sustentável, através de uma fonte inesgotável e a carbono neutro, proporcionando benefícios ambientais e eficiência energética na matriz de energia brasileira (MARINOSKI et. al., 2004, p. 390).

Em contrapartida, Bursztyn (2020) pontua que o Brasil pouco avançou na implantação de energia solar, devido à base normativa que acaba limitando a empresas a venda de energia por geração distribuída, detendo uma porcentagem apenas de 0,014% na oferta interna de energia elétrica. No Nordeste, estado com as condições de insolação mais favoráveis, aproximadamente 64% da capacidade está instalada, entretanto cerca de 95% da energia gerada é consumida pelos próprios geradores e apenas uma parcela de 5% vai pra rede. Esses números são explicados porquê apenas pessoa jurídica tem a capacidade de vender o excedente para a rede de geração distribuída. Para pessoas físicas, o restante que não for consumido é transformado em crédito para o abatimento em outro consumo, no sistema *smart grid*.

É válido ressaltar a importância da base normativa, pois existem exemplos claros de países com características menos favoráveis que atualmente são reconhecidos como referência na geração da energia através de placas fotovoltaicas, como a Alemanha.

A legislação brasileira vem sofrendo alterações nos últimos anos, visando a facilitação e incentivo a implantação do sistema. O estudo de Aguiar Junior e Pinto (2017), compara as principais mudanças da Resolução 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2012) e a 687 (2016). Pode-se pontuar de forma geral que apesar da permanência de alguns entraves que dificultam a popularização da geração fotovoltaica, a resolução 687 trouxe grandes conquistas, como o prolongamento do prazo para uso dos créditos de energia, que de 36 meses passou para 60. Além disso, o uso dos créditos tornou-se do tipo múltiplo, onde o consumidor tem o direito de utilizar em outro imóvel, sendo ele seu ou de algum familiar/parceiro.

Entretanto, a questão do elevado investimento inicial ainda é um grande gargalo que só irá ser extinto verdadeiramente com a disseminação da tecnologia num processo de popularização. Para mitigar essa questão o governo proporciona taxas atrativas para financiamento do sistema como uma forma de incentivo. Outra ação para disseminação é a promoção periódica de leilões realizada pela ANEEL, que funcionam em regime de licitações a fim de conceder projetos de geração e transmissão de energia elétrica renovável (pontualmente, solar e eólica). Segundo Alves (2019), entre 2014 e 2018, 143 contratos foram firmados no setor solar.

### **2.2.2 Incidência solar na região**

De acordo com PEREIRA (2006), o Brasil apresenta boa uniformidade de insolação solar captada, que varia de 4,2 kWh/m<sup>2</sup>/dia e 6,7 kWh/m<sup>2</sup>/dia. O menor valor de insolação acontece na região do litoral norte do Estado de Santa Catarina (1500 kWh/m<sup>2</sup>/ano) e pode ser comparado ainda aos maiores valores de insolação na Alemanha (em média 1250 kWh/m<sup>2</sup>/ano), que já tem a tecnologia consolidada e atualmente é considerada referência na geração de energia solar.

O Brasil é um dos poucos países que recebem uma insolação superior a 3000 horas por ano, afirma Rella (2017), o que o coloca em posição de referência. O pesquisador também pontua que a utilização total da potência energética solar do país, se explorada, em sua plenitude, tem a capacidade de suprir a demanda doméstica atual em duas vezes, ou seja, o principal fator para que o Brasil ande a passos lentos na evolução do uso da energia solar é a falta de políticas que incentivem e viabilizem o processo.

### **2.2.3 Aspectos econômicos**

Vaz (2020) afirma que o custo inicial para implantação da geração solar pode chegar até a 50 vezes o custo para a instalação de uma central hidrelétrica de pequeno porte. Por outro lado, o custo da energia gerado é bem menor, tornando o sistema eficiente, principalmente em sistemas isolados. Como a previsão é a diminuição dos custos com a popularização do sistema, os autores defendem que em curto prazo a energia solar irá se tornar competitiva na matriz energética do Brasil.

O elevado custo inicial ocorre em grande parcela devido ao custo das placas fotovoltaicas. Em relação à matéria-prima para confecção das placas, o Brasil possui como patrimônio natural grandes reservas de jazidas de quartzo com qualidade elevada e um parque nacional que transforma o quartzo em silício grau metalúrgico (matéria prima bruta para produção dos painéis). Sendo assim, o custo da tecnologia para purificação e a matéria em si tem custos relativamente menores, pois dispensa o custo de importação de ambas as coisas, além de valorizar e elevar a indústria nacional.

Realizando uma análise de médio prazo, a viabilidade pode ser comprovada na economia real da conta de energia, que não chegará a zerar em hipótese alguma, devido aos valores de taxas e encargos, mas que dependendo da produção, será um valor muito pequeno.

Na literatura, podem-se encontrar alguns autores, como Bender et. al. (2020) e Rosa (2016), que defendem a implantação em empresas, entidades públicas, fábricas e afins, e abordam que o retorno para habitações comuns (unifamiliares) pode ser inviável, pois o tempo para amortização do investimento talvez seja muito prolongado. Entretanto, outros estudiosos apreciam a situação de forma mais cuidadosa, considerando a possibilidade de utilização de créditos para serem utilizados em outra conta do mesmo usuário.

Para Tolmasquim, presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a competitividade da energia solar no Brasil já é uma realidade que pode ser comprovada através dos resultados de um estudo elaborado pela (EPE). O pesquisador ainda afirma que com a vigência da regulamentação acerca da geração distribuída, a fonte fotovoltaica é viável (CABRAL E VIEIRA, 2012).

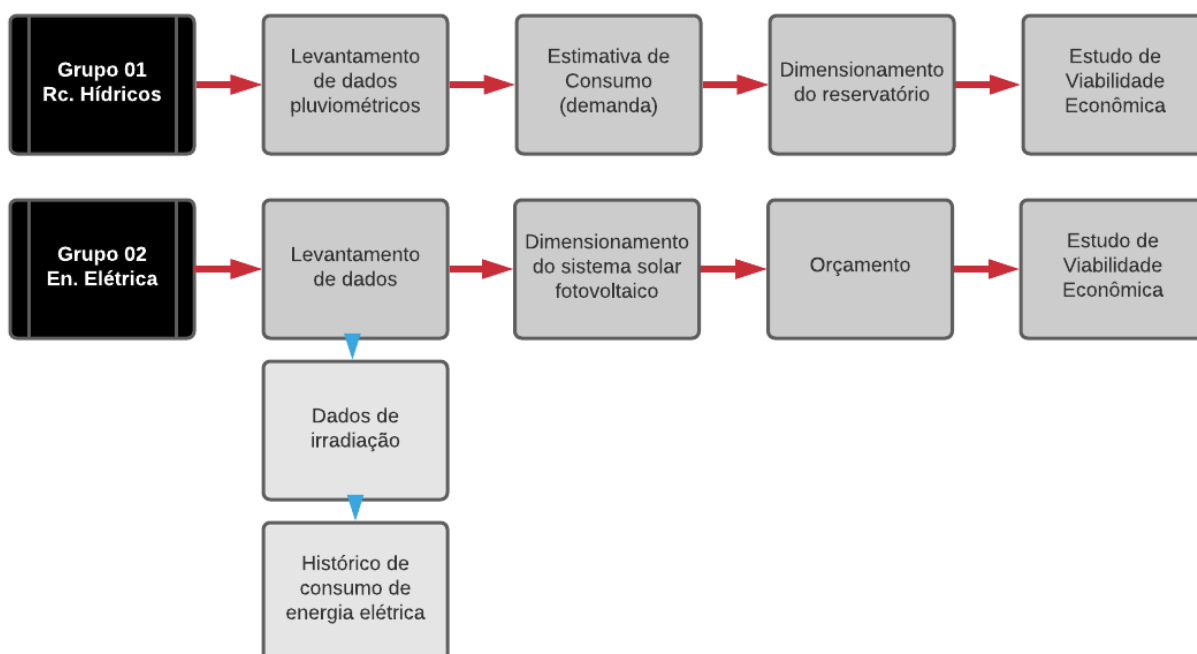
Entretanto, como já citado anteriormente, o projeto precisa ser avaliado tecnicamente, economicamente e financeiramente. Sendo assim, para a análise financeira existem métodos específicos e premissas importantes para classificar o empreendimento como viável ou não. Alguns são o *payback*, VPL (valor presente líquido) e TIR (taxa interna de retorno). De acordo com Famá e Brunni (2003), o *payback* nada mais é que o tempo necessário para o investimento “se pagar”, ou seja, zerar o valor investido. O VPL proporciona o valor presente de parcelas futuras descontados a uma taxa de juros apropriada (TMA), menos o custo inicial investido. Por fim, o método TIR consegue estipular qual será o retorno econômico máximo do investimento, e também o mínimo que é esperado (PILÃO e HUMMEL, 2002).

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa trata-se de um estudo de caso realizado no Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba, localizado na cidade de Araruna – PB. Esta é composta por duas propostas de intervenções no atual modelo de abastecimento hídrico e elétrico, objetivando melhorias sustentáveis para a instituição.

O fluxograma da Figura 3 sintetiza as principais etapas metodológicas adotadas para o estudo em questão. Para uma exposição de forma mais didática, dividiu-se as etapas de trabalho em dois grandes grupos. O primeiro refere-se à uma proposta de mudança na atual gestão dos recursos hídricos no campus e o segundo, volta-se para a demanda elétrica. Vale destacar que algumas etapas são presentes em ambos, como o levantamento de dados e o estudo de viabilidade.

**Figura 3- Fluxograma Metodológico**



**Fonte:** Elaborada pela autora.

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), objeto de estudo desta pesquisa, localiza-se na cidade de Araruna – PB, com coordenadas geográficas 06°32'06" de latitude sul e 35°43'52" de longitude oeste (Figura 4).

**Figura 4- Vista aérea do local de estudo**

Fonte: Google Earth (2021).

De acordo com Lima (2016), o município de Araruna não possui um manancial próprio para o seu abastecimento hídrico, fazendo uso da Barragem Canafístula II, localizada no município de Borborema, para solucionar esta situação. Todavia, a barragem entrou em colapso a alguns anos, tornando o abastecimento precário e irregular. Os munícipes da região convivem com o racionamento, além disso, parte da população faz uso de medidas alternativas como poços artesianos e cisternas, com o objetivo de possuir outras fontes de abastecimento.

A UEPB, semelhantemente, possui o abastecimento totalmente provido por um poço artesiano. Além disso, a distribuição de energia elétrica é proveniente da concessionária da Paraíba de energia não havendo nenhuma geração própria.

## **3.2 Metodologia – Grupo 01**

### **3.2.1 *Pluviometria***

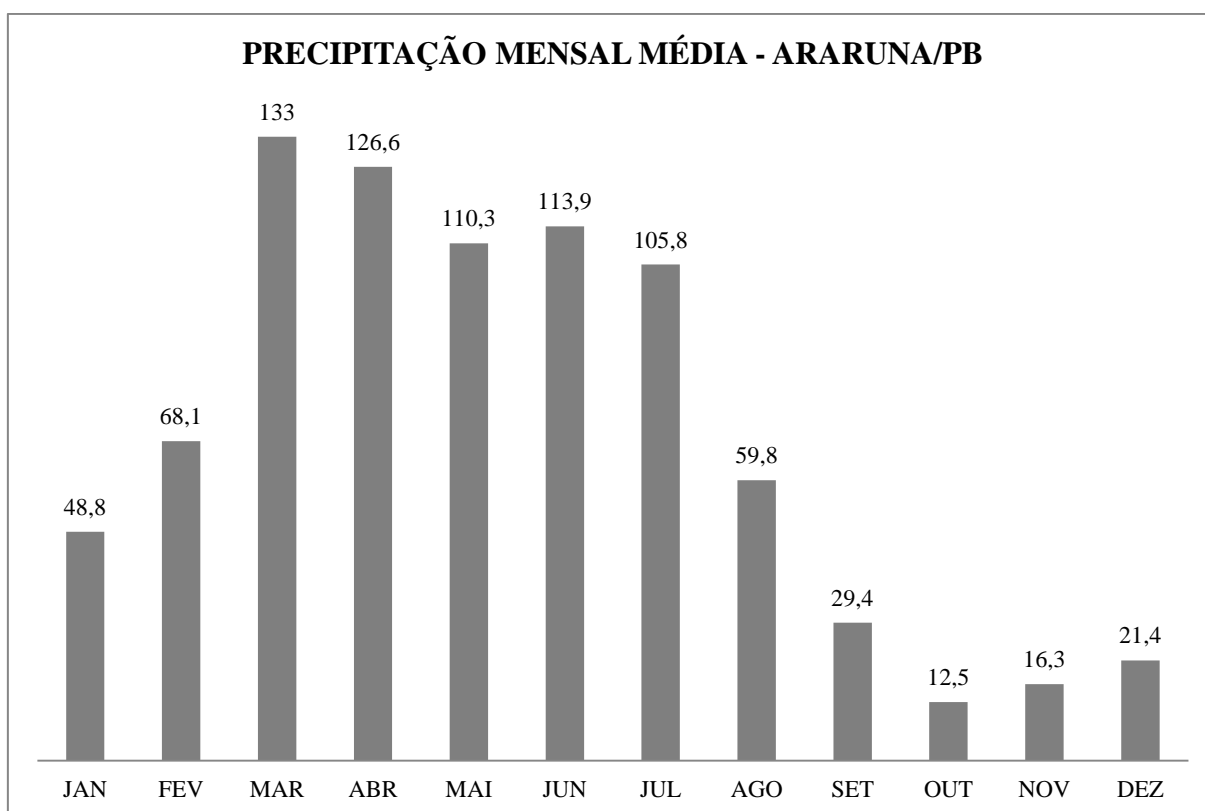
A obtenção dos valores pluviométricos foi proveniente do banco de dados do site da AESA, onde se realizou um levantamento das precipitações diárias, mensais e anuais de um período de aproximadamente 27 anos (de 1994 até 2021). O período de coleta foi determinado através do conceito de série histórica divulgado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que estabelece um intervalo mínimo de 30 anos para possibilitar a compreensão e a



formação de conclusões a respeito de acontecimentos da natureza hídrica. Como os registros na localidade estudada iniciou-se em 1994, decidiu-se coletar o máximo possível de dados, para desta forma estabelecer dados coerentes e seguros.

De acordo com a Figura 5, a precipitação do município de Araruna pode ser caracterizada como irregular. Os dados coletados passaram por tratamento que consistiu na seleção dos anos que possuíam medições coerentes mensais no período analisado e em seguida foram submetidos ao cálculo da média para posterior análise do regime pluviométrico segundo a época do ano. Pode-se afirmar que a região possui um período chuvoso (entre os meses de março e julho - 5 meses), e outro seco (de agosto a fevereiro – 7 meses). Em suma, verifica-se que a captação das águas pluviais na região tem como função principal o abastecimento no período seco.

**Figura 5- Precipitação mensal média de Araruna – PB**

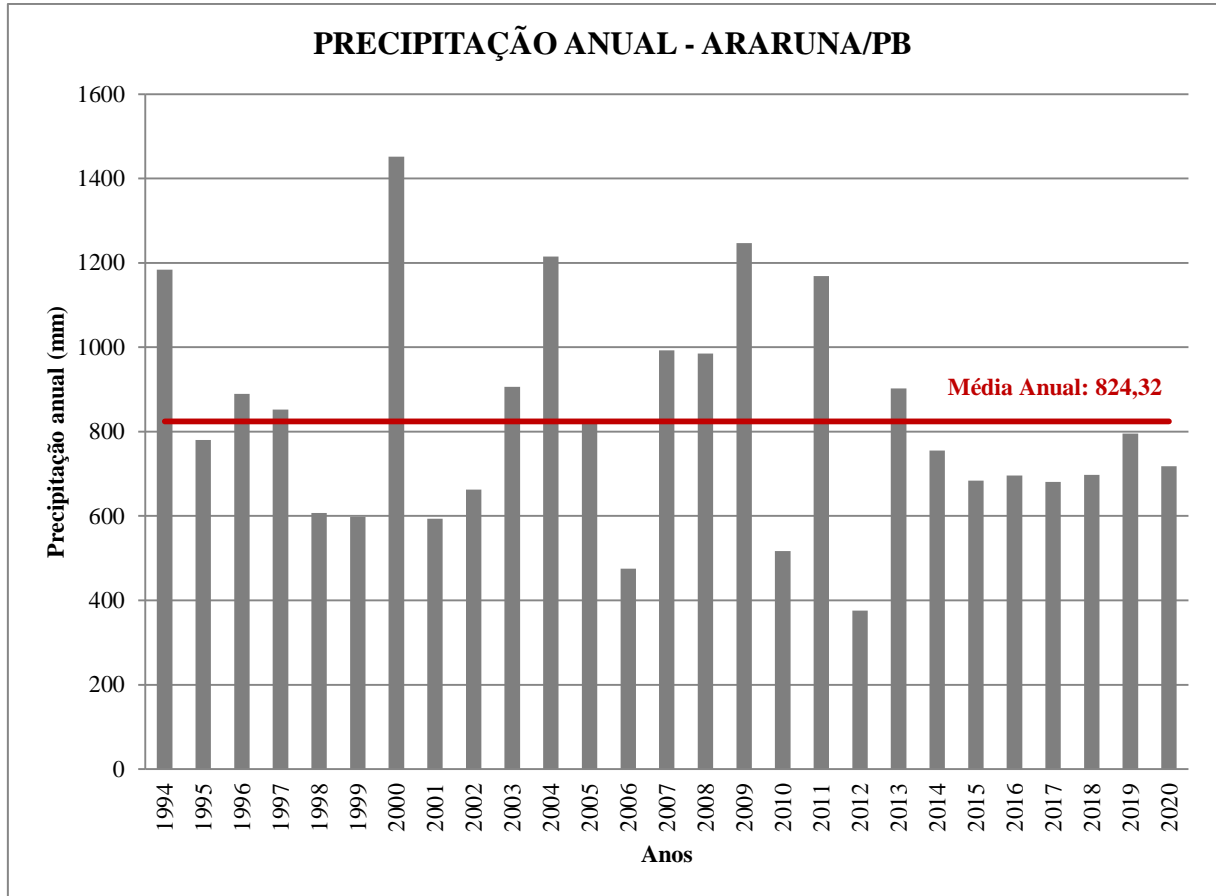


**Fonte:** Adaptado da AESA – Série de 1994 a 2021 (2021).

A Figura 6 apresenta a precipitação média anual (824,32 mm) com base na análise de 27 anos, onde o ano que mais choveu foi o ano 2000 (1451,7 mm) e o com a menor precipitação foi 2012 (375,9 mm). O tratamento desses valores para o cálculo da média anual proporciona o conhecimento primário do potencial hídrico da região, para assim,

posteriormente, ser possível estipular o percentual de substituição para os devidos fins propostos.

**Figura 6- Precipitação anual média**



Fonte: Adaptado da AESA (2021).

### 3.2.2 Estimativa do consumo

Como já mencionado, o consumo da UEPB é proveniente de poço artesiano. Desta forma, não existe histórico de medição de consumo. Portanto, buscaram-se métodos na literatura para determinação da demanda. Assim, através do levantamento teórico, escolheu-se adotar o Método de Berenhauser e Pulici (1983) *apud* Silva Júnior (2018) devido a suas considerações se assemelharem ao presente caso de estudo.

O método consiste no cálculo da demanda média *per capita* por dia em instituições de ensino superior, através de uma relação matemática (Equação 1) entre área construída, o número de funcionários e o número de bacias sanitárias. Todavia, no estabelecimento desenvolveram-se atividades específicas que demandam grande consumo, e que desta forma

não podem ser desprezadas. Então, decidiu-se incrementar o valor encontrado com o valor necessário para o desenvolvimento das atividades clínicas odontológicas, a irrigação de jardins/área verde do campus e a limpeza do campus.

$$\text{Demanda média} = 0,03 \times AC + 0,7 \times NF + 0,8 \times NBS + 50 \quad (1)$$

Através do histórico de atendimento disponibilizado pela coordenação do curso de Odontologia, calculou-se a média de atendimentos realizados diariamente. Com as taxas de atendimentos odontológicos (100 L/dia) e de rega de jardins (1,5 L/m<sup>2</sup>) adotadas segundo a literatura foi possível determinar o volume de cada atividade. Vale ressaltar que por ausência do valor de consumo para atendimento odontológico, adotou-se a atividade mais próxima (clínica médica).

Onde, AC corresponde à área construída, NF ao número de funcionários e NBS ao número de bacias sanitárias. O valor da área construída do campus foi obtido com o auxílio de software de desenho assistido por computador, o número de funcionários foi disponibilizado pela instituição e o valor do NBS foi proveniente do levantamento quantitativo.

Após o cálculo da demanda total diária, dividiu-se o valor pela população equivalente (PE) para determinação do valor *per capita*. A metodologia para o cálculo foi a mesma utilizada por Nakagawa (2009) e por Silva Júnior (2018) quando ambos pesquisaram sobre consumo per capita em instituições de ensino superior.

A fórmula utilizada consiste na ponderação através de pesos que são relacionados de acordo com classes, como alunos, professores e funcionários. De forma a proporcionar uma equivalência de acordo com as horas permanecidas na universidade. Sendo assim, um estudante com o curso de apenas 01 turno tem peso 0,5, enquanto que funcionários (carga de 8 h/dia) tem peso equivalente a 1,0. Analogamente, a classificação de aluno integral corresponde a média de 6 h/dia na instituição, portanto, peso 0,75 (Tabela 1).

**Tabela 1- Estimativa de População Equivalente**

| POPULAÇÃO EQUIVALENTE |      |
|-----------------------|------|
| Classificação         | Peso |
| Aluno integral        | 0,75 |
| Aluno 01 turno        | 0,5  |
| Funcionários em geral | 1,0  |

**Fonte:** Adaptada de Nakagawa (2009).

O quantitativo de alunos, professores e funcionários foi disponibilizado pelas coordenações de cada curso e pela coordenação geral.

### 3.2.3 *Volume do reservatório*

Devido à precipitação caracterizada como irregular na região estudada, a tendência é o dimensionamento de um reservatório “menos econômico”. Isso quer dizer que existirá momentos que o mesmo terá sua capacidade superdimensionada quando comparada a precipitação (época seca), enquanto que em outros meses o reservatório irá verter, não existindo a possibilidade de armazenamento total. Em justificativa desta premissa, é racional o estudo e dimensionamento do volume ótimo.

Adotou-se para o cálculo o Método Prático Alemão (preconizado pela NBR 15527/2019) como uma das possíveis fórmulas de estimar a capacidade para o reuso de águas pluviais, que foi o indicado como o mais coerente de acordo com o trabalho realizado por Cunha (2021), salientando que a área de estudo é a mesma para ambos os trabalhos. Além disso, é importante pontuar também que se decidiu realizar os cálculos ao invés de tão somente utilizar o volume encontrado pelo autor, pois apesar de concordar com o método indicado, as considerações para a determinação da demanda foram diferentes, podendo acarretar em resultados distintos.

Em síntese, trata-se de um método empírico que propõe que o volume deve ser 6% do menor valor entre o volume consumido anualmente e o volume de precipitação aproveitável anual. Dessa forma, é necessário a determinação de duas variáveis de consumo para posteriormente escolher a menor e substituir na Equação 02. Utiliza-se o mínimo entre os dois consumos para não ocorrer superdimensionamento da estrutura, acarretando gastos desnecessários.

$$V = \text{Mínimo} (\text{vol. consumo}, \text{vol. precipitação aproveitável}) \times 0,06 \quad (2)$$

O volume anual de precipitação é calculado através da área de captação, da precipitação média e do coeficiente de aproveitamento, considerando que o início da chuva não é aproveitada devido ao grande carreamento de finos e por sua maior acidez, como exposto na seção 2.1.5. Por este motivo, o coeficiente de aproveitamento adotado é de 70%.

Após a determinação da capacidade do reservatório, utilizou-se como ferramenta o software Netuno 4.0 para a determinação do percentual de aproveitamento de água pluvial e

para a simulação do volume ótimo gerado pelo programa, objetivando uma análise prévia entre o aumento do volume do reservatório e o quanto isso irá aumentar no potencial de aproveitamento, para assim, não onerar a execução sem grandes diferenças na real eficiência. O parâmetro adotado para análise foi a cada 0,05%/m<sup>3</sup>, com intervalos de 20000 L (volume de cada tanque de polietileno).

### **3.2.4 Viabilidade do projeto**

A viabilidade da implantação do sistema será analisada em parâmetros técnicos e econômicos. Inicialmente deverá ser verificada a possibilidade de locação dos reservatórios no campus (tanques de polietileno), observando a área ocupada e o espaço disponível na instituição. Os aspectos técnicos para o funcionamento adequado do sistema não serão contemplados na presente pesquisa, tendo em vista que não é o objeto de estudo. Todavia, é possível afirmar que a execução é de baixa dificuldade, podendo ser desenvolvida por profissionais capacitados e mão de obra local.

A verificação econômica, por sua vez, consistiu no levantamento do gasto com os tanques de armazenamento, que é a parcela mais onerosa do projeto. Devido à instituição não consumir água da rede pública é inviável o estudo do tempo de retorno (*payback*) pela ausência de valores gastos com a “compra” de água na concessionária, ou seja, a proposta se enquadra como um investimento de melhoria, não gerando economia financeira, haja vista que o custo atual com o abastecimento é nulo. Dessa forma, o valor dado é apenas uma forma de estimar o custo, ressaltando que gastos com tubulações, bombas, filtro de areia e caixas de areia não foram inclusos nesta pesquisa.

## **3.3 Metodologia – Grupo 02**

### **3.3.1 Especificações da rede elétrica**

Para o entendimento das características da rede instalada na UEPB, observou-se e destacaram-se algumas informações obtidas na fatura de energia (Figura 7). Após esse procedimento, as características foram sintetizadas na Tabela 2.

Figura 7- Fatura de energia do Campus VIII

| <b>UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB</b><br><b>Domicílio de Entrega:</b><br>AV. DAS BARAUNAS, 351 BODOCONGO CEP: 58109763<br>CAMPINA GRANDE PB (AG: 62)                                   |   | <b>UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA CAMPUS VIII</b><br>RUA GEL PEDRO TARGINO, S/N<br>JD CID UNIV<br>ARARUNA (AG: 62)    |                    | <br>ENERGISA PARAÍBA - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A<br>Br 230, Km 25 - Cristo Redentor - João Pessoa / PB - CEP 58071-681<br>CNPJ 09.095.183 / 0001-40 Insc.Est. 16.015.823-1<br>Nota Fiscal/Conta de Energia Elétrica:<br>Nº.: 031.863.411 |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
|---|---|---|--------------------|--|-------------------|-----------------------|------------|------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|
| Classe/Subcls.: PPU MTV A4-85317/PODER PÚBLICO-POD. PÚB. ESTADUAL<br>Roteiro: 026 - 0062 - 000 - 5007<br>Nº do Medidor: 00009028058<br>MATRÍCULA: 0009980264-2019-09-6<br>DOM. ENT.: 9999316001 |   | LIGAÇÃO: TRIFÁSICO<br>DOM. BANC.:<br>CNPJ/CPF: 12.671.814/0001-37<br>Insc. Est.: -                                      |                    |  |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
| Atendimento ao Cliente ENERGISA<br>Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta.  |   |  <b>0800 083 0196</b> ligação gratuita |                    | Acesse: <a href="http://www.energisa.com.br">www.energisa.com.br</a>   |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
| SEGUNDA VIA   |   | Emissão: 25/09/2019   |                    | Identificador para Débito Automático: 0009980264-7   |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
| <b>CONTA REFERENTE A</b><br><b>Setembro/2019</b>  |   | <b>APRESENTAÇÃO</b><br><b>03/10/2019</b>  |                    | <b>DATA PREVISTA DA PROXIMA LEITURA</b><br><b>24/10/2019</b>   |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
|   |   |   |                    | <b>UC - UNIDADE CONSUMIDORA</b><br><b>5/9980264-7</b>  |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
| DEMONSTRATIVO   |   |   |                    |  |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
| CCI   | Descrição                                 | Quantidade  | Tarifa s/ Tributos | Tarifa c/ Tributos   | Valor Total (R\$) | Base Calc. ICMS (R\$) | Aliq. ICMS | ICMS (R\$) | Base Calc. PIS/COFINS (R\$) | PIS(R\$) (0,9912%) | COFINS(R\$) (4,5657%) |
| 0601  | Consumo em kWh - Ponta                    | 4.200,000   | 1,867760           | 2,689620   | 11.296,43         | 11.296,43             | 25         | 2.824,12   | 11.296,43                   | 111,97             | 515,76                |
| 0601  | Consumo em kWh - Fora Ponta               | 22.050,000  | 0,266350           | 0,383540   | 8.457,30          | 8.457,30              | 25         | 2.114,32   | 8.457,30                    | 83,83              | 386,13                |
| 0601  | Adic. B. Vermelha                         |   |                    |  | 1.512,02          | 1.512,02              | 25         | 378,00     | 1.512,02                    | 14,98              | 69,03                 |
| 0601  | Energia Reativa Exced em kWh - Fponta     | 1.750,000   | 0,230950           | 0,332570   | 582,00            | 582,00                | 25         | 145,50     | 582,00                      | 5,77               | 26,57                 |
| 0602  | Demanda de Potência Medida - Fora Ponta   | 108,500   | 19,862580          | 28,602660  | 3.103,38          | 3.103,38              | 25         | 775,84     | 3.103,38                    | 30,76              | 141,69                |
| 0602  | Demanda Potência Ativa - Ultrap - F Ponta | 18,500  | 39,725160          | 57,205330  | 1.058,29          | 1.058,29              | 25         | 264,57     | 1.058,29                    | 10,49              | 48,33                 |
| <b>LANÇAMENTOS E SERVIÇOS</b>   |   |   |                    |  |                   |                       |            |            |                             |                    |                       |
| 0807  | CONTRIB ILUM PUBLICA                      |   |                    |  | 886,06            | 0,00                  | 0          | 0,00       | 0,00                        | 0,00               | 0,00                  |
| 0904  | COMPENSAÇÃO POR DICRI 07/2019             |   |                    |  | -133,51           | 0,00                  | 0          | 0,00       | 0,00                        | 0,00               | 0,00                  |

Fonte: Acervo da UEPB (2021).

Tabela 2- Características Técnicas da rede elétrica do Campus VIII

| INFORMAÇÕES DO SISTEMA                                 |           |
|--|-----------|
| Classe: Grupo A (A4) – ALTA TENSÃO – Ligação Trifásica |           |
| Demanda contratada ponta (kW)                          | 0         |
| Demanda contratada fora ponta (kW)                     | 90        |
| Tarifa TE ponta (TEP)                                  | 0,382     |
| Tarifa TE fora ponta (TEFP)                            | 0,207     |
| Consumo médio ponta (kWh)                              | 2129,167  |
| Consumo médio ponta (kWh)                              | 14670,833 |
| Fator TEP/TEFP   | 1,845     |

Fonte: Elaborada pela autora.

Pode-se observar que a ligação do sistema é trifásica e a mesma pertence ao grupo A, isto implica dizer que existe uma demanda contratada pela UEPB, e que os gastos não são apenas de consumo, como também de demanda. Ao analisar a potência fora ponta medida (108,50 kW) e a ultrapassada (18,50 kW), conclui-se que a demanda contratada é de 90 kW. Os valores de tarifa ponta e fora ponta foram coletados através do site da ANEEL, referente

ao presente ano. Enquanto que o fator TEP/TEFP foi calculado por meio da razão entre as duas respectivas tarifas (TEP – Tarifa TE na ponta / TEFP – Tarifa TE fora ponta)

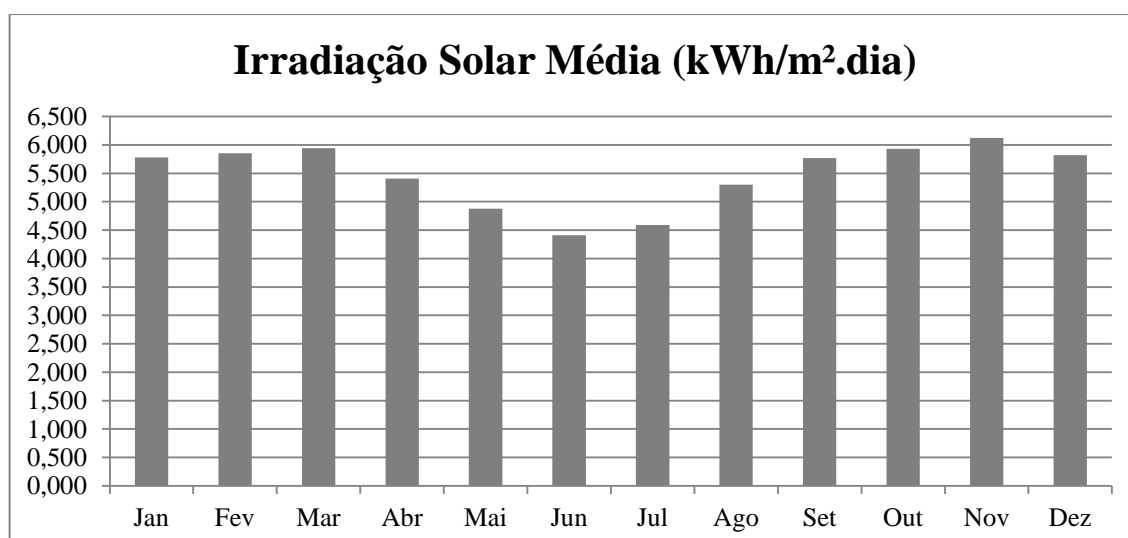
Devido a demanda contratada da UEPB, pode-se inferir que a maior capacidade do sistema fotovoltaico é de 90 kW, podendo esta não condizer com a maior possível, entretanto, para instalação de um sistema com maior potência deve-se verificar a da potência do transformador, e se necessário, a mudança do mesmo por um maior. Todavia, existe viabilidade para implantação do sistema de 90 kW, pois a redução no valor final da conta é relevante. Além disso, deve-se levar em consideração também que a conta nunca irá zerar, devido as taxas que não são abatidas, como a contribuição de energia pública, a demanda contratada e a energia reativa excedente.

### 3.3.2 Irradiação local

Uma das variantes mais importantes para o posterior dimensionamento e a viabilidade do projeto é a análise dos dados de irradiação solar. Estes foram coletados através da base de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar, que foi produzido a partir de um total de 17 anos de imagens de satélite (1999 a 2015), o que garante a segurança e confiabilidade das informações.

De acordo com os dados, a maior incidência ocorre no mês de novembro (média de 6,120 kWh/m<sup>2</sup>.dia) e a menor em junho (4,410 kWh/m<sup>2</sup>.dia), com uma radiação solar média no município de Araruna – PB de 5,483 kWh/m<sup>2</sup>.dia (Figura 8).

**Figura 8— Irradiação Solar Diária Média – Plano Horizontal de Araruna - PB**



Fonte: CRESESB (2021).

### 3.3.3 Consumo de energia elétrica

O histórico do consumo de energia elétrica é imprescindível para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, pois são através deste que se torna possível entender a demanda e almejar um sistema capaz de reduzir de forma total ou parcial o custo com a geração.

Na própria fatura de energia existe um tópico com o histórico de consumo dos últimos 12 meses (Figura 9). Desta forma, solicitou-se a equipe responsável pelas finanças da UEPB uma conta de um período anterior ao início da pandemia do Covid-19, esse cuidado foi necessário para garantir a veracidade dos dados, tendo em vista que durante a pandemia a universidade passou a atuar de forma remota, afetando diretamente o valor demandado. Agora, em meados de 2021, a instituição já tem data prevista para o retorno total das aulas presenciais, então, optou-se por realizar a análise de um sistema que fosse capaz de responder as necessidades reais da universidade.

**Figura 9- Histórico de consumo do Campus VIII da UEPB**

| Consumo dos últimos doze meses |                  |            |                  |            |       |     |               |     |           |     |
|--------------------------------|------------------|------------|------------------|------------|-------|-----|---------------|-----|-----------|-----|
| MÊS/ANO                        | PONTA            |            | FORA DE PONTA    |            | PONTA |     | FORA DE PONTA |     | RESERVADO |     |
|                                | CONSUMO FATURADO | DEM.MEDIDA | CONSUMO FATURADO | DEM.MEDIDA | ERE   | DRE | ERE           | DRE | CONSUMO   | ERE |
| AGO/19                         | 2100             | 84,00      | 15050            | 101,50     | 0     |     | 2800          |     | 0         | 0   |
| JUL/19                         | 1400             | 42,00      | 9100             | 42,00      | 0     |     | 3150          |     | 0         | 0   |
| JUN/19                         | 3150             | 108,50     | 19950            | 126,00     | 0     |     | 2800          |     | 0         | 0   |
| MAI/19                         | 2800             | 105,00     | 21000            | 133,00     | 0     |     | 2100          |     | 0         | 0   |
| ABR/19                         | 2450             | 70,00      | 16100            | 84,00      | 0     |     | 2450          |     | 0         | 0   |
| MAR/19                         | 1750             | 63,00      | 13300            | 77,00      | 0     |     | 3150          |     | 0         | 0   |
| FEV/19                         | 1400             | 66,50      | 10500            | 66,50      | 0     |     | 3500          |     | 0         | 0   |
| JAN/19                         | 1050             | 24,50      | 8050             | 28,00      | 0     |     | 4550          |     | 0         | 0   |
| DEZ/18                         | 1750             | 42,00      | 11550            | 63,00      | 0     |     | 3150          |     | 0         | 0   |
| NOV/18                         | 2450             | 84,00      | 16800            | 101,50     | 0     |     | 3150          |     | 0         | 0   |
| OUT/18                         | 2800             | 84,00      | 17500            | 101,50     | 0     |     | 2450          |     | 0         | 0   |
| SET/18                         | 2450             | 80,50      | 17150            | 91,00      | 0     |     | 2450          |     | 0         | 0   |

#### Estrutura do consumo

Período de Leitura: **24/08/2019 a 24/09/2019** Dias: **31** Demanda Contratada Ponta: Fora Ponta: **90**

| UN. Posto   | Dados da leitura |          |     |           |           |               |        | Dados do consumo |  |
|-------------|------------------|----------|-----|-----------|-----------|---------------|--------|------------------|--|
|             | Atual            | Anterior | K   | Perdas(%) | Fat. Pot. | Aj. Fator Pot | Medido | Faturado         |  |
| KWH Ponta   | 46               | 34       | 350 | 0         | 0         | 0             | 4200   | 4200             |  |
| KWH FPonta  | 295              | 232      | 350 | 0         | 0         | 0             | 22050  | 22050            |  |
| KW Ponta    | 0,28             | 0        | 350 | 0         | 0         | 0             | 98     | 0                |  |
| KW FPonta   | 0,31             | 0        | 350 | 0         | 0         | 0             | 108,5  | 108,5            |  |
| ULTP FPonta | 0,31             | 0        | 350 | 0         | 0         | 0             | 108,5  | 18,5             |  |
| ERE Ponta   | 2                | 2        | 350 | 0         | 0         | 0             | 0      | 0                |  |
| ERE FPonta  | 43               | 38       | 350 | 0         | 0         | 0             | 1750   | 1750             |  |
| DRE Ponta   | 0,26             | 0        | 350 | 0         | 0         | 0             | 91     | 0                |  |
| DRE FPonta  | 0,29             | 0        | 350 | 0         | 0         | 0             | 101,5  | 0                |  |

Fonte: Acervo da UEPB (2021).



### **3.3.4 Viabilidade Econômica**

A viabilidade econômica pode ser avaliada através de diversos parâmetros e métodos. Na presente pesquisa, após o dimensionamento do sistema, fez-se a sondagem com uma empresa da região para obtenção de um orçamento com profissionais da área, onde os custos com mão de obra, instalação e equipamentos já foram considerados. Posteriormente, foi realizado o cálculo do *payback* com o reajuste da taxa de juros, simulando um parcelamento real do sistema.

A partir daí foi realizada a análise do tempo de retorno em conformidade com a vida útil estimada do projeto, para assim a viabilidade do projeto ser definida. O cálculo do *payback* foi realizado considerando inicialmente o saldo negativo de mesmo valor que o investimento para implantação do sistema. Em seguida, calculou-se a geração elétrica do sistema anual e multiplicou-se pelo respectivo preço da energia (R\$/ kW) para obter o valor de economia por ano. Então, com o auxílio de uma planilha descontou-se ano após ano a economia do saldo devedor (investimento para implantação) até que o sistema conseguisse zerar o custo, indicando o tempo de retorno. Consequentemente, a partir desse ano, o sistema passa a gerar lucro.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Resultados – Grupo 01**

#### **4.1.1 Cálculo da demanda**

Os dados de área construída (AC) resultaram em um total de 6244,46 m<sup>2</sup>, dado através do somatório de cada compartimento construído do Campus, o número de funcionários (NF) disponibilizado pela coordenação foi de 100 pessoas, e o número de bacias sanitárias (NBS) definido através de contagem, 81 (Tabela 3)

Tabela 3- Cálculo da demanda

| MÉTODO DE BERENHAUSER E PULICI (1983) |         |                        |                                  |       |
|---------------------------------------|---------|------------------------|----------------------------------|-------|
| Área Construída                       |         | Número de Funcionários | Número de Bacias Sanitárias      |       |
| Bloco 01 (m <sup>2</sup> )            | 973,41  | 100                    | Bloco 01                         | 13    |
| Bloco 02 (m <sup>2</sup> )            | 866,79  |                        | Bloco 02                         | 0     |
| Bloco 03 (m <sup>2</sup> )            | 903,11  |                        | Bloco 03                         | 0     |
| Bloco 04 (m <sup>2</sup> )            | 833,96  |                        | Bloco 04                         | 19    |
| Bloco 05 (m <sup>2</sup> )            | 799,47  |                        | Bloco 05                         | 11    |
| Bloco 06 (m <sup>2</sup> )            | 329,17  |                        | Bloco 06                         | 10    |
| Bloco Eng. (m <sup>2</sup> )          | 1538,55 |                        | Bloco Engenharia                 | 28    |
| Área Total (m <sup>2</sup> )          | 6244,46 |                        | Quant. Total                     | 81    |
| Consumo Mensal                        | 372,13  |                        | Consumo Diário (m <sup>3</sup> ) | 16,92 |

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o cálculo da demanda substitui-se os dados na Equação 1 (Método de Berenhauser e Pulici /1983), o valor proveniente é em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

$$\text{Consumo mensal} = 0,03 \times AC + 0,7 \times NF + 0,8 \times NBS + 50$$

$$\text{Consumo mensal} = 372,13 \text{ m}^3$$

Dividiu-se o consumo mensal por 22 (dias de funcionamento da instituição) para obter a média do consumo diário, 16,92 m<sup>3</sup>. Com a finalidade de posteriormente comparar com os resultados da literatura e verificar a veracidade do valor.

Em seguida, calculou-se o incremento da demanda para compensar as atividades não contempladas pelo método utilizado, por serem específicas do campus, como os atendimentos odontológicos, atividades de limpeza e rega dos jardins.

Tabela 4 – Cálculo do incremento do consumo

| INCREMENTOS DO CONSUMO           |        |                 |                     |
|----------------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo                             | Quant. | Consumo (L/dia) | Cons. Total (L/dia) |
| Atend. Odontol. (Quant./dia)     | 47     | 100             | 4700                |
| Jardins (m <sup>2</sup> )        | 3728   | 1,5             | 1118,4              |
| Limpeza do Campus (média diária) |        |                 | 2097,6              |

Fonte: Elaborada pela autora.

A quantidade dos atendimentos odontológicos adotado refere-se a uma média do histórico de atendimentos, disponibilizado pela instituição. Para a definição numérica do quantitativo gasto para a limpeza no campus realizou-se a coleta de informações através dos funcionários que desempenham o serviço, questionando a periodicidade das atividades de limpeza no campus e quantos baldes eram utilizados em média para cada espaço da universidade. Sendo assim, foi determinado que o volume de um balde seria de 12 litros, então o cálculo foi procedido, verificando o quantitativo de espaços limpos e a frequência dessa limpeza, assim como apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5- Dados de limpeza no campus**

| LIMPEZA DO CAMPUS             |              |                      |
|-------------------------------|--------------|----------------------|
| Local                         | Frequência   | Gasto (n. de baldes) |
| Banheiro                      | 1x na semana | 2                    |
| Corredor                      | 5x na semana | 4                    |
| * Cada balde com 12 L de água |              |                      |

**Fonte:** Elaborada pela autora.

Sendo assim, o consumo total (consumo pelo método + incrementos) resultou em 24,83 m<sup>3</sup>. Para determinação do consumo *per capita* ponderou-se a quantidade de alunos, funcionários e professores da instituição (Tabela XXX).

**Tabela 6 – Cálculo da população equivalente**

| POPULAÇÃO EQUIVALENTE - CAMPUS VIII |      |                 |                        |
|-------------------------------------|------|-----------------|------------------------|
| Peso                                |      | Quantidade Real | Quantidade Equivalente |
| Aluno integral                      | 0,75 | 900             | 675                    |
| Aluno 01 turno                      | 0,5  | 0               | 0                      |
| Funcionários em geral               | 1,0  | 100             | 100                    |
| TOTAL:                              |      |                 | 775                    |

**Fonte:** Elaborada pela autora.

O consumo per capita então foi calculado pela razão da demanda total e da população equivalente, chegando ao valor de 32,04 L/hab.dia.

#### 4.1.2 Cálculo do volume do reservatório

O cálculo do volume para o reservatório foi calculado primeiramente através do Método Prático Alemão, a Tabela 7 sintetiza os valores das etapas de cálculo. O resultado por este método foi de 230 m<sup>3</sup>, como os tanques são de 20.000 L, o valor comercial adotado foi de 240 m<sup>3</sup>.

**Tabela 7- Determinação do volume do reservatório pelo Método Prático Alemão**

| <b>MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO – VOLUME DO RESERVATÓRIO</b> |         |  |                |
|---|---------|--|----------------|
| Consumo diário (m <sup>3</sup> )                      | 24,831  | Coefficiente de aproveitamento (%)                             | 70             |
| Consumo anual (m <sup>3</sup> )                       | 9063,31 | Área de captação (m <sup>2</sup> )                             | 6470           |
| Substituição almejada (%)                             | 50%     | Precipitação (mm)  | 844,50         |
| Volume Anual de Consumo (m <sup>3</sup> )             | 4531,65 | <b>Vol. Anual de precipitação aproveitável (m<sup>3</sup>)</b> | <b>3824,74</b> |
| <b>Volume do reservatório: 240 m<sup>3</sup></b>      |         |  |                |

**Fonte:** Elaborada pela autora.

Para transparência do procedimento efetuado o Anexo A apresenta a memória de cálculo. Além disso, registra-se aqui que a porcentagem almejada de substituição foi determinada visando o suprimento total da rega de jardins, limpeza do campus e mais da metade da demanda destinada ao abastecimento populacional (através do abastecimento das bacias sanitárias, torneiras, pias e aparelhos semelhantes).

Após a determinação por um método preconizado pela NBR 15527/2019, realizou-se a simulação de volume ótimo através do Netuno 4.0. O software gerou uma curva (Figura 10) que relaciona o potencial de aproveitamento e o custo, indicando qual o volume é mais viável, que nesse caso coincidiu com o valor comercial gerado pelo Método Prático Alemão, 240 m<sup>3</sup>, não sendo necessário, portanto, fazer qualquer reajuste. Entretanto, o máximo de aproveitamento viável é de 28,83%, ficando abaixo do valor almejado inicialmente.

Em seguida, refez a simulação, agora com o volume já conhecido, para assim apresentar de forma minuciosa o percentual de atendimento total, parcial, e a porcentagem de dias não atendidos (Figura 11).

Figura 10 - Simulação Volume ótimo – Gráfico

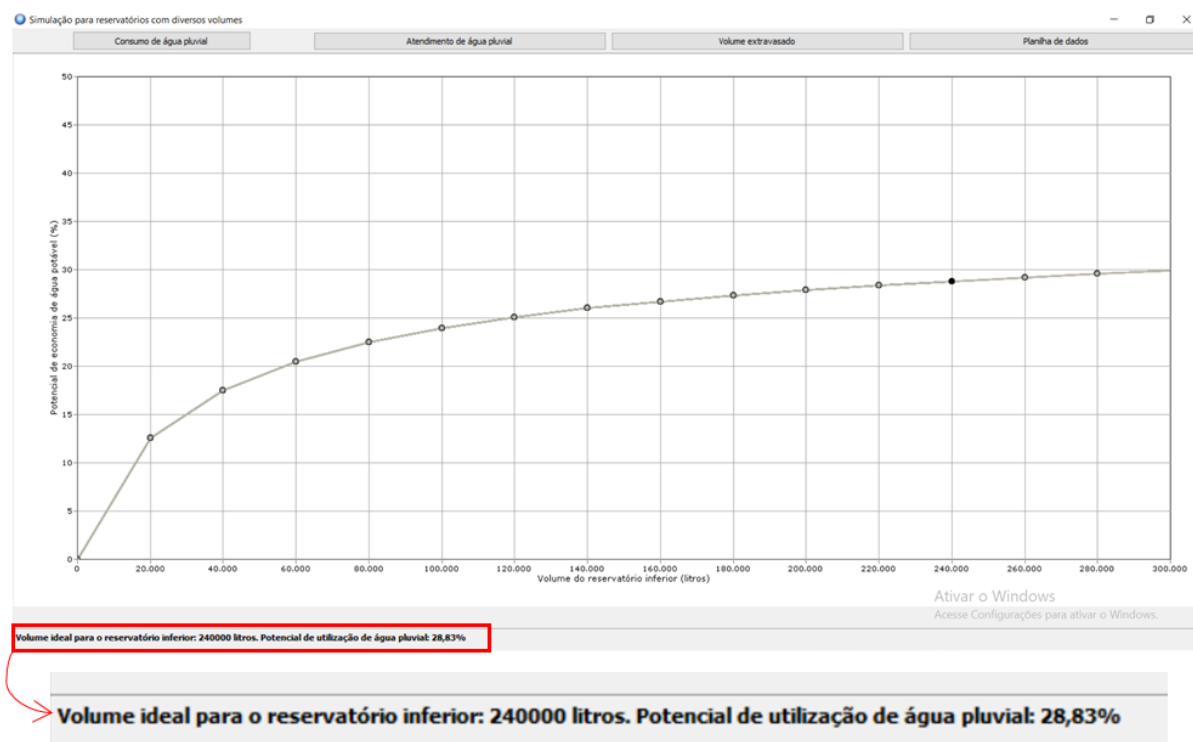


Figura 11 – Detalhamento do percentual de aproveitamento

| Resultado mensal da simulação |   |   |   |                             |                          |                         |                     |                           |
|-------------------------------|---|---|---|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Mês                           | Potencial de utilização de água pluvial (%) | Volume consumido de água pluvial (litros) | Volume consumido de água potável (litros) | Volume extravasado (litros) | Atendimento completo (%) | Atendimento parcial (%) | Sem atendimento (%) | Média diária de recalques |
| Janeiro                       | 23,85                                       | 5921,84                                   | 18909,33                                  | 6305,76                     | 44,59                    | 5,88                    | 49,54               | 0,00                      |
| Fevereiro                     | 31,51                                       | 7824,34                                   | 17006,83                                  | 8491,94                     | 59,80                    | 5,56                    | 34,64               | 0,00                      |
| Março                         | 40,29                                       | 10003,90                                  | 14827,27                                  | 9264,94                     | 78,57                    | 3,80                    | 17,63               | 0,00                      |
| Abril                         | 42,57                                       | 10570,77                                  | 14260,40                                  | 9895,42                     | 83,33                    | 3,45                    | 13,21               | 0,00                      |
| Maio                          | 42,80                                       | 10627,76                                  | 14203,41                                  | 5791,65                     | 83,29                    | 4,03                    | 12,67               | 0,00                      |
| Junho                         | 44,71                                       | 11101,48                                  | 13729,69                                  | 9908,93                     | 87,38                    | 3,45                    | 9,17                | 0,00                      |
| Julho                         | 43,82                                       | 10881,69                                  | 13949,48                                  | 7499,98                     | 84,91                    | 5,07                    | 10,02               | 0,00                      |
| Agosto                        | 32,28                                       | 8015,36                                   | 16815,81                                  | 2553,14                     | 60,74                    | 7,67                    | 31,59               | 0,00                      |
| Setembro                      | 16,13                                       | 4005,28                                   | 20825,89                                  | 1075,14                     | 29,01                    | 6,05                    | 64,94               | 0,00                      |
| Outubro                       | 5,23  | 1299,47                                   | 23531,70                                  | 0,00                        | 7,53                     | 5,73                    | 86,74               | 0,00                      |
| Novembro                      | 9,06  | 2249,44                                   | 22581,73                                  | 626,98                      | 15,56                    | 4,57                    | 79,88               | 0,00                      |
| Dezembro                      | 13,83                                       | 3433,83                                   | 21397,34                                  | 2187,68                     | 24,73                    | 5,50                    | 69,77               | 0,00                      |
| <b>Média</b>                  | <b>28,83</b>                                | <b>7157,78</b>                            | <b>17673,39</b>                           | <b>5273,06</b>              | <b>55,36</b>             | <b>5,06</b>             | <b>39,58</b>        | <b>0,00</b>               |
| <b>Total ano</b>              |   | <b>2,61259E6</b>                          | <b>6,45079E6</b>                          | <b>1,92467E6</b>            |                          |                         |                     |                           |

Fonte: Netuno 4.0 (2021).

#### 4.1.3 Levantamento orçamentário

Para o levantamento dos custos com os tanques de polietileno, realizou-se o levantamento do valor de caixas de 20.000 L disponíveis no mercado, e calculou-se a média entre os preços. Cada tanque custa em média R\$ 1.3000,00, totalizando um investimento de R\$ 15.600,00 para o volume determinado.

Como o campus VIII não tem gastos com água para abastecimento atualmente, o levantamento orçamentário foi realizado com o intuito de embasar o valor do investimento inicial, não sendo considerada a mão de obra, frete, instalação, filtro de areia e tubulações.

Não é viável o cálculo do *payback* para esta situação, pois não existe geração de economia financeira, este projeto deve ser enxergado como uma obra de melhoria para o campus, justificada através da garantia hídrica proporcionada.

## 4.2 Resultados– Grupo 02

### 4.2.1 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Através dos cálculos, obteve-se a necessidade de um gerador solar fotovoltaico de 185,72 kWp. Sendo necessária para a geração 230 placas de 460 W e 148 de 540 W, ocupando uma área estimada de 907 m<sup>2</sup>. Ressalta-se que o dimensionamento foi realizado para capacidade máxima, com o objetivo de zerar o custo com o consumo FP (fora ponta), e o excedente mitigar o consumo na ponta, não sendo este o objetivo principal, pois o dimensionamento para abatimento total do consumo ponta onera muito o projeto, sendo inviável economicamente.

Além disso, adotou-se como premissa a instalação dos painéis fotovoltaicos no telhado, tendo em vista que a área disponível é superior a necessária. A Figura 12 apresenta a vista aérea da cobertura do campus.

**Figura 12 – Vista aérea do Campus VIII da UEPB.**



Fonte: Google Maps (2021).

#### 4.2.2 Análise financeira

Para o projeto de implantação do sistema fotovoltaico no campus VIII solicitou-se o orçamento em uma empresa consolidada e especializada da área, localizada no estado da Paraíba. Segundo a empresa, o investimento total equivale a R\$ 754.000,00 (setecentos e cinquenta e quatro mil reais), incluindo os gastos com os painéis, estrutura de fixação, aterramento, inversor, calhas e eletrodutos, frete (empresa de Campina Grande - PB), instalação e projeto. Apenas o custo do transformador não está incluso, pois é necessária a vistoria ao local para verificar a capacidade do atual. O detalhamento do orçamento está representado no Quadro 1.

**Quadro 1 - Orçamento**

| DESCRIÇÃO  | QUANT.  |
|--|---------|
| PLACAS FOTOVOLTAICAS JINKO / JINKO - 460 / 540 W   | 230/148 |
| INVERSOR GROWATT / GROWATT - MAX 75KTL3 LV / MAC 60KTL3-X<br>LV                                    | 1/1     |
| MONITORAMENTO WIFI   | 1       |
| ESTRUTURAÇÃO DE FIXAÇÃO DOS PAINÉIS  | 1       |
| SISTEMA DE ATERRAMENTO   | 1       |
| CALHAS E ELETRODUTOS   | 1       |
| SERVIÇOS   |         |
| PROJETO DE ENGENHARIA COM APROVAÇÃO NA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA E ACOMPANHAMENTO DE TODO PROCESSO | Incluso |
| INSTALAÇÃO DE ESTRUTURA DE FIXAÇÃO, PAINÉIS E INSTALAÇÃO ELÉTRICA                                  | Incluso |
| FRETE  | Incluso |

**Fonte:** Elaborada pela autora.

O tempo de vida para o projeto foi considerado de 25 anos. Para a análise financeira considerou-se inflação de 8,00 % e perda de eficiência do sistema de 12,00 %, sendo de 0,80% ao ano. Considerou-se 14 anos para a troca dos equipamentos. O *payback* resultante foi de 5 anos e 6 meses, comprovando a viabilidade e retorno a médio prazo (Quadro 2).

Quadro 2 – Análise do tempo de retorno

| Ano | Geração (kWh) | Preço da Energia | Economia       | Investimento    | Fluxo de caixa acumulado |
|-----|---------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------------|
| 0   | 283.461       | R\$ 0,38         | R\$ 95.715,45  | -R\$ 754.000,00 | -R\$ 658.284,55          |
| 1   | 281.193       | R\$ 0,41         | R\$ 101.889,42 | R\$ -           | -R\$ 556.395,13          |
| 2   | 278.943       | R\$ 0,45         | R\$ 110.524,74 | R\$ -           | -R\$ 445.870,39          |
| 3   | 276.712       | R\$ 0,48         | R\$ 117.595,16 | R\$ -           | -R\$ 328.275,23          |
| 4   | 274.498       | R\$ 0,52         | R\$ 125.933,14 | R\$ -           | -R\$ 202.342,10          |
| 5   | 272.302       | R\$ 0,56         | R\$ 135.614,36 | R\$ -           | -R\$ 66.727,74           |
| 6   | 270.124       | R\$ 0,61         | R\$ 145.398,44 | R\$ -           | R\$ 78.670,70            |
| 7   | 267.963       | R\$ 0,65         | R\$ 155.404,44 | R\$ -           | R\$ 234.075,14           |
| 8   | 265.819       | R\$ 0,71         | R\$ 165.765,69 | R\$ -           | R\$ 399.840,83           |
| 9   | 263.693       | R\$ 0,76         | R\$ 177.903,58 | R\$ -           | R\$ 577.744,41           |
| 10  | 261.583       | R\$ 0,82         | R\$ 190.649,95 | R\$ -           | R\$ 768.394,37           |
| 11  | 259.490       | R\$ 0,89         | R\$ 204.153,24 | R\$ -           | R\$ 972.547,61           |
| 12  | 257.414       | R\$ 0,96         | R\$ 218.570,78 | R\$ -           | R\$ 1.191.118,38         |
| 13  | 255.355       | R\$ 1,04         | R\$ 234.068,34 | R\$ -           | R\$ 1.425.186,72         |
| 14  | 253.312       | R\$ 1,12         | R\$ 250.820,87 | R\$ -           | R\$ 1.676.007,59         |
| 15  | 251.286       | R\$ 1,21         | R\$ 269.013,94 | -R\$ 150.800,00 | R\$ 1.794.221,53         |
| 16  | 249.276       | R\$ 1,31         | R\$ 288.845,81 | R\$ -           | R\$ 2.083.067,34         |
| 17  | 247.281       | R\$ 1,41         | R\$ 309.312,22 | R\$ -           | R\$ 2.392.379,55         |
| 18  | 245.303       | R\$ 1,53         | R\$ 330.664,34 | R\$ -           | R\$ 2.723.043,89         |
| 19  | 243.341       | R\$ 1,65         | R\$ 354.355,65 | R\$ -           | R\$ 3.077.399,54         |
| 20  | 241.394       | R\$ 1,78         | R\$ 379.453,82 | R\$ -           | R\$ 3.456.853,36         |
| 21  | 239.463       | R\$ 1,92         | R\$ 407.422,03 | R\$ -           | R\$ 3.864.275,39         |
| 22  | 237.547       | R\$ 2,08         | R\$ 436.216,31 | R\$ -           | R\$ 4.300.491,71         |
| 23  | 235.647       | R\$ 2,24         | R\$ 467.344,71 | R\$ -           | R\$ 4.767.836,42         |
| 24  | 233.762       | R\$ 2,42         | R\$ 500.008,55 | R\$ -           | R\$ 5.267.844,97         |

Fonte: Elaborada pela autora.

A taxa de retorno do investimento, de acordo com a empresa, é de 38,89%, ou seja, para que outro investimento seja melhor financeiramente que o proposto, o mesmo deve ter uma taxa superior a esta. Além disso, o VPL foi de R\$ 995.719,45. Segundo Nogueira (2011), o VPL igual ou maior que 0 já classifica o investimento como rentável. O resultado do VPL é 1,3x superior ao investimento inicial.



## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Discussão– Grupo 01

Em comparação a valores encontrados por outros trabalhos (Tabela 8), é possível perceber a representatividade e coerência do valor do consumo *per capita* encontrado, pois de acordo com os cálculos realizados para a Universidade Federal da Bahia (NAKAGWA, 2019) e para a Universidade Federal de Alagoas (Silva Júnior, 2018), o consumo de modo geral se aproxima de 30 L/hab.dia. Salientando novamente que no presente estudo houve o incremento de atividades específicas da instituição, sem esse incremento o valor de consumo bruto (apenas pelo método) daria aproximadamente 26 L/hab.dia, que continua sendo próximo aos estudos citados e que satisfaz o intervalo dado por Tomaz (2000).

O parâmetro de consumo de 210 L/hab.dia para funcionários não foi satisfeito, pois para a presente pesquisa não foi considerado distinção de consumo entre alunos/funcionários/professores. Levando em consideração que as atividades desenvolvidas por todos são, de forma geral, as mesmas.

Além disso, para a região de estudo, o consumo médio por dia para habitantes em levantamentos domiciliares é de cerca de 78 L (AMORIM, 2016), por ser uma área de baixa disponibilidade hídrica. Então, é incoerente adotar-se um consumo tão alto, tendo em vista que apenas parte do dia dos usuários é dado no recinto analisado e que atividades como banho e lavagem de automóveis não são realizadas no local.

**Tabela 8- Comparação com a literatura**

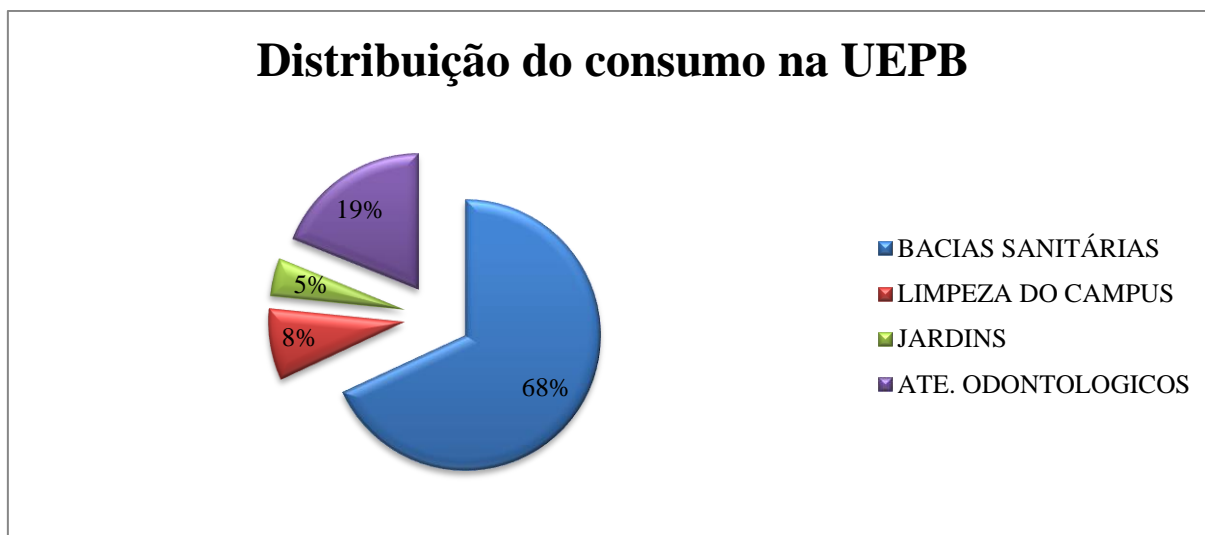
| CONSUMO PER CAPITA (L/hab.dia) |  |
|--------------------------------|--|
| Tomaz (2000)                   | Alunos - Entre 10 e 50                 |
|                                | Funcionários - 210                     |
| Silva Júnior (2018)            | Método de Nakagwa - 33,14              |
| Silva Júnior (2018)            | Método de Berenhauser e Pulici - 34,81 |
| Nakagwa (2009)                 | UFBA - 30                              |

**Fonte:** Elaborada pela autora.

Para finalização do tópico, apresenta-se nesta seção as análises ilustradas por 3 gráficos que ilustram as mudanças que a instalação do projeto provocaria na instituição. A Figura 13 apresenta a distribuição percentual atual do consumo na UEPB, onde percebe-se

que a maior demanda (68%) é respectiva ao uso de bacias sanitárias (e demais usos pelos indivíduos, generalizou-se somente a BS por esta ser a maior contribuição).

**Figura 13 – Distribuição do consumo na UEPB**

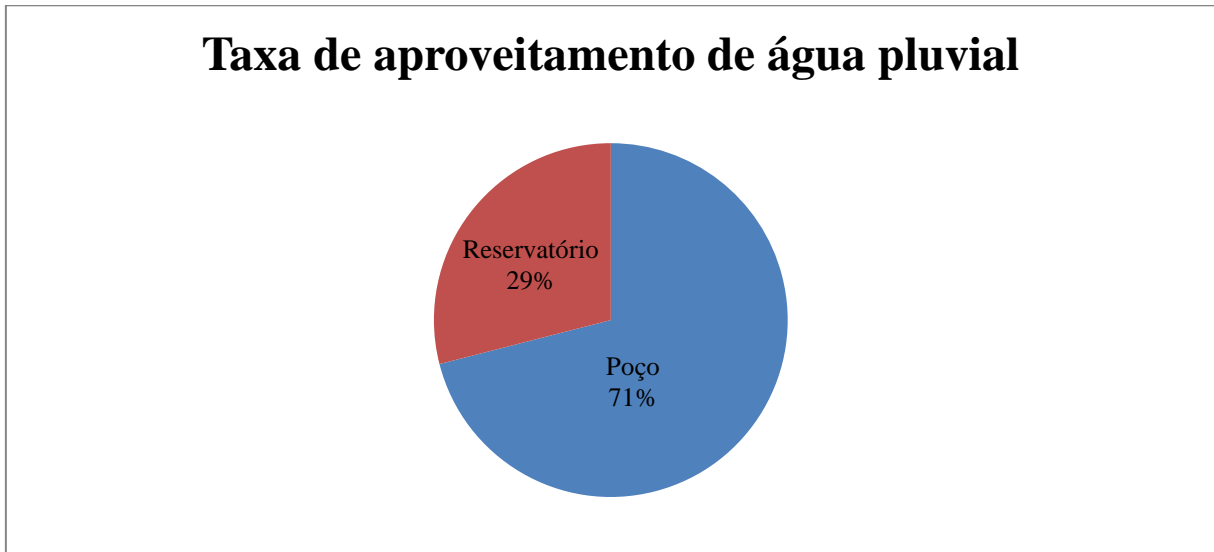


**Fonte:** Elaborada pela autora.

A Figura 14 representa a taxa de aproveitamento de água pluvial no universo atual da universidade (consumo total de águas subterrâneas), que é um valor significativo. A instalação dos reservatórios no campus é viável, pois garante a diversificação das fontes de abastecimento, amortiza a sobrecarga do subsolo, e proporciona uma reserva hídrica para ocasiões em que o poço esteja seco ou tenha o seu nível rebaixado, como está acontecendo atualmente. Além disso, a inserção do sistema é uma medida completamente sustentável, e que causará baixo impacto no espaço da instituição, cada tanque tem diâmetro médio de 3,5 m, ocupando uma área inferior a 120 m<sup>2</sup>.

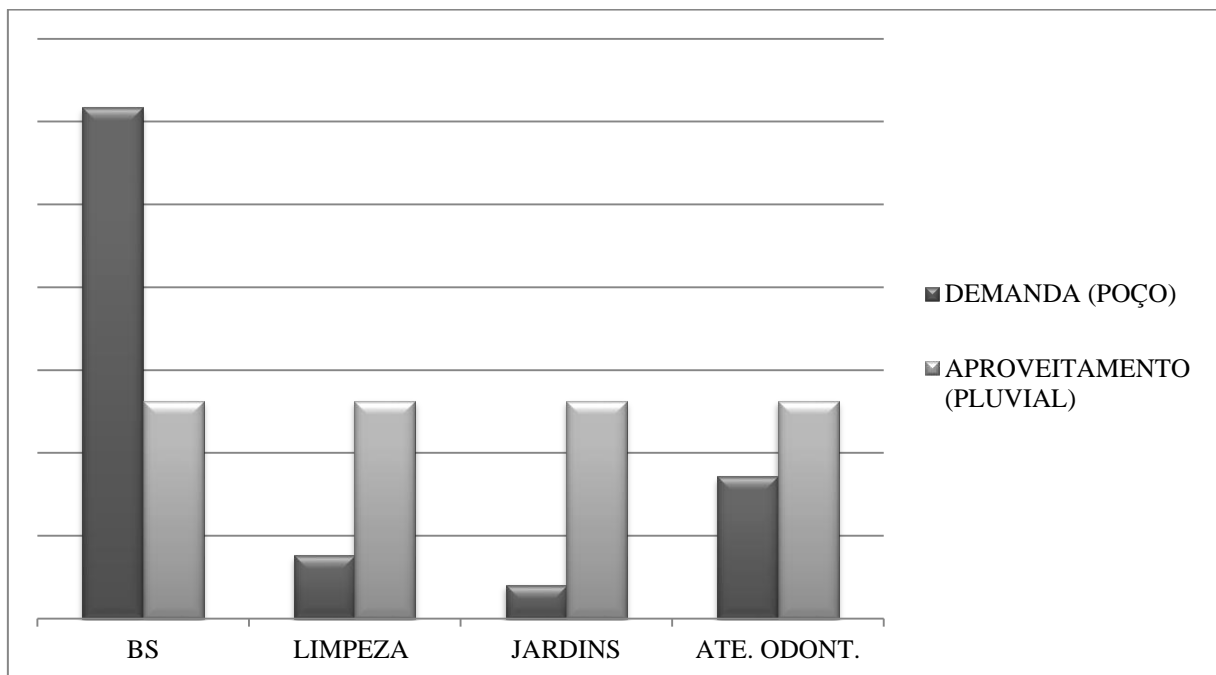
Outra perspectiva da viabilidade é analisar o que este percentual atingido consegue suprir em comparação com as atividades desempenhadas no campus. Observando a Figura 15, todas as atividades quando analisadas separadamente são inferiores a reserva de aproveitamento pluvial, exceto o uso das BS (maior demanda). Entretanto, a redução desta é brusca. O percentual de aproveitamento obtido pelos cálculos consegue suprir totalmente o volume necessário para a limpeza do campus e a rega dos jardins e ainda sobra para substituir parte da parcela do gasto com as bacias sanitárias e demais aparelhos. Não se indica a substituição da parcela utilizada para atendimentos odontológicos, a menos que exista um sistema de tratamento prévio da água.

**Figura 14 - Taxa de aproveitamento de água pluvial**



**Fonte:** Elaborada pela autora.

**Figura 15 - Aproveitamento de acordo com a demanda da UEPB**



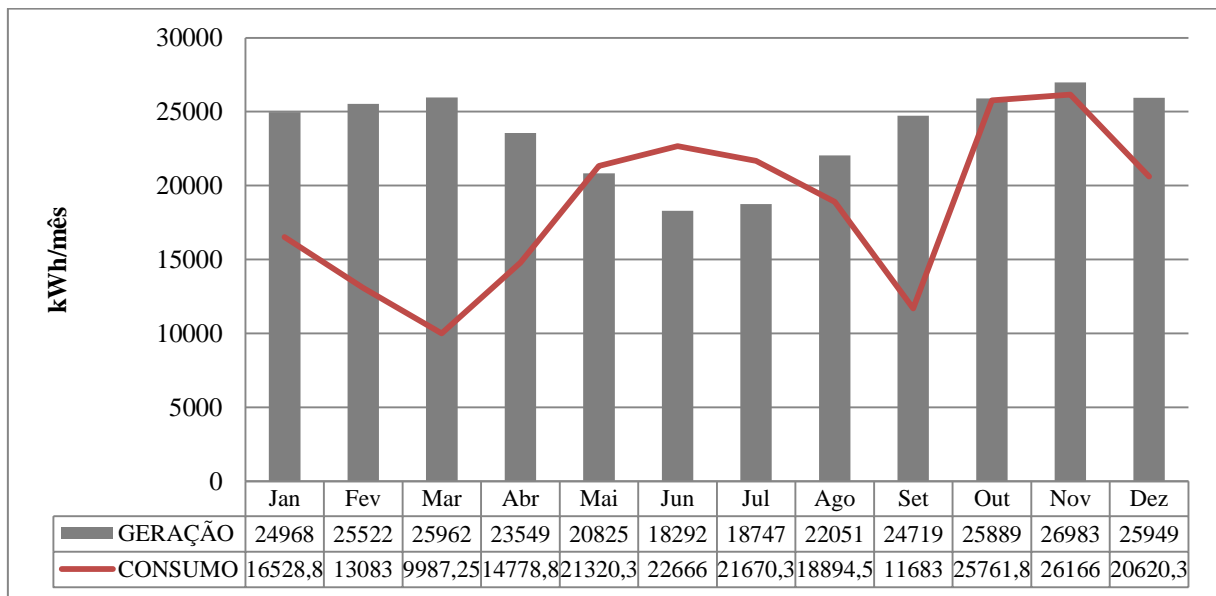
**Fonte:** Elaborada pela autora.

## 5.2 Discussão– Grupo 02

A irradiação média consultada no SunData do CRESESB foi de 5,483 kWh/m<sup>2</sup>.dia, com a potência de pico 185,72 kWp, estima-se produção de 23.622 kWh/mês, sendo a produção mínima de 18.292 kWh/mês (junho) e a máxima de 26.983 kWh/mês (novembro).

Plotou-se um gráfico com a geração média estipulada para o primeiro ano após a instalação e uma curva com o consumo para o mesmo período (Figura 16), através desta é possível perceber que em alguns meses a geração é inferior ao consumo, são os meses de menor irradiação solar. Todavia, na maioria dos meses a geração consegue suprir todo o consumo, gerando créditos para os meses de menor eficiência.

**Figura 16 - Relação entre Geração x Demanda**



**Fonte:** Elaborada pela autora.

O dimensionamento realizado teve como base o mês de maior consumo fora ponta do histórico. A figura 16 representa a relação entre a geração estimada e o histórico de consumo do período de setembro/18 a agosto/19. O consumo neste gráfico já está totalizado fora ponta e o ponta (com o fator de ajuste).

Em síntese, o orçamento e o cálculo do *payback* indica a viabilidade do projeto, pois consegue ser quitado em 5 anos e 6 meses, sendo os demais meses de lucro, num horizonte de projeto de 25 anos. Além disso o VPL calculado foi 1,3x o valor do custo inicial.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como escopo propor o desenvolvimento de práticas sustentáveis no setor de água e de energia no Campus VIII da UEPB. Para o grupo de recursos hídricos, foi realizada a coleta de dados pluviométricos no banco de dados da AESA, para posterior tratamento e conhecimento do potencial de captação de água pluvial na instituição. Em seguida, calculou-se o consumo médio através do Método de Berenhauser e Pulice (1983), e o incrementou com atividades singulares presentes na universidade que demandam um percentual representativo no consumo. Por fim, foi dimensionado o volume do reservatório através do Método Prático Alemão (NBR 15527:2019) e em seguida confrontado com o valor de volume ótimo determinado pelo software Netuno 4.0.

Em síntese, ambos os valores ficaram muito próximos, indicando a coerência ao método adotado, o percentual de substituição obtido foi de aproximadamente 28%, que corresponde ao suprimento total do volume demandado para a limpeza do campus e a rega dos jardins, ainda sobrando recurso para reserva, proporcionando segurança hídrica ao campus.

Em relação ao outro grupo analisado, o de energia elétrica, o procedimento consistiu na análise dos custos atuais, e a proposta foi a implantação de um sistema de geração solar fotovoltaica. Buscou-se uma empresa especializada da região para realização de um orçamento real, que comprovou a viabilidade financeira, pois o investimento de R\$ 754.000,00 consegue ser compensado após 5 anos e 6 meses, considerado um investimento com retorno a médio prazo.

Destaca-se por fim que o sistema dimensionado visou zerar o consumo fora ponta da instituição que é alto, indicando-se a necessidade do reajuste da demanda contratada para 135 W, pois a atual é baixa para o consumo real. Para o possível reajuste deve ser realizada a análise da atual capacidade do transformador.

Por fim, indica-se para futuros trabalhos a necessidade de analisar com maior precisão a capacidade da atual subestação da UEPB, e na área hídrica, indica-se a necessidade de comparação de mais de um tipo de reservatório, para assim, apontar e de melhor custo x benefício.

## REFERÊNCIAS

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba**. Disponível em: <<https://www.aesa.pb.gov.br/legislação/leis/>>, Acesso em: 06/10/2021.

AGUIAR JUNIOR, E. A.; PINTO, V. M. Breve Avaliação do cenário regulamentar da geração distribuída no Brasil. *In: XIV SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, v. 26. 2017. **Anais**. Online. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos17/28625363.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

ALVES, L. D.; SOUZA, C. M.; ALMEIDA, J. C. A.; BASTOS, G. P.; DOMINGOS, R. R.; SILVA, G. N.; BILA, D. M.; OHNUMA JR, A. A. Avaliação da qualidade da água de chuva do fenômeno first flush e de volumes armazenados em reservatórios de sistemas de águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro – RJ. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 9, n. 2, p. 193 – 204, 2021.

ALVES, M. O. L. **Energia Solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Ouro Preto. João Monlevade, 2019.

AMORIM, D. L. **Análise das perdas físicas de água em um sistema de abastecimento de água: estudo de caso no município de Araruna – PB**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2016.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Distribuição de água por regiões no Brasil**. Brasília: ANA, 2010.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2018.

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

ASA. **Articulação Semiárido Brasileiro**. P1CM. Disponível em: <<https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>, acesso em: 06/10/2021.

ARAGÃO, T. Z. B.; MARCOM, G. S.; ZANGARINI, D. C. Ciclos Biogeoquímicos: uma proposta de atividade para a educação não formal. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**. v. 2, p. 1 – 16, 2021.

ARAÚJO, M. A. **A Moderna Construção Sustentável**. Revista digital: AECweb, 2016. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/a/a-moderna-construcao-sustentavel\\_589](https://www.aecweb.com.br/cont/a/a-moderna-construcao-sustentavel_589)>. Acesso em: 05 out. 2021.

BENDER, L. V.; LEITZKE, R. K.; FREITAS, J. R.; CUNHA, E. G.; SALAMONI, I. T. Estudo da paridade Econômica e do desempenho energético de fachadas solares fotovoltaicas no extremo sul do Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, p. 489 – 508, out./dez. 2020.

BORDALO, C.A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v.21, n. 1, p, 120-137, abril. 2017. ISSN 2179- 0892. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/107531>>. Acesso em: 10 out. 2021.

BREGINSKI, A. L. P.; TEIXEIRA, E. K. C.; COELHO, P. M. B. R. **Qualidade da água pluvial no campus alto paraopeba – UFSJ: análise de parâmetros físicos e químicos**. 2015. Originalmente apresentado como monografia, Universidade Federal de São João Del-Rei. Ouro Branco, 2015.

BURSZTYN, M. Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. **Ambiente e desenvolvimento**. Estudos Avançados [online]. 2020, v. 34, n. 98. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.011>> Acesso em: 12 dez 2021.

CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. *In*: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia. **Anais**. Online. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/X-003.pdf> >. Acesso em: 08 dez. 2021.

CAVALCANTE JÚNIOR, R. G. **Exploração de águas subterrâneas na redução associada a fontes renováveis de energia na vulnerabilidade hídrica no nordeste brasileiro: o caso do programa água doce no Rio Grande do Norte**. 2021. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2021.

CARVALHO, I. N. C.; OLIVEIRA, D. J. C.; MODESTO, H. J.; ROMÃO, H. A.; SILVA, M. C. Importância da captação e reaproveitamento de água pluvial como forma de minimizar a escassez de água potável. *In*: Jornada de Iniciação Científica, Seminário Científico do UNIFACIG. **Anais**. Online, n.6, 2020. Disponível em: <<http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/2025/1798> >. Acesso em: 08 dez. 2021 .

COSTA, W. D. Barragem Subterrânea: uma obra de redenção no semiárido. **Águas subterrâneas**, 2001.

CUNHA, F. R.; COUTO, E. A. Avaliação de técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água da chuva em uma universidade pública. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.** [online], 2020, vol. 7, n. 16, p. 789-807, ago/2020.

CUNHA, G. F. L. **Análise do potencial de captação de águas pluviais: estudo de caso do campus VIII da UEPB**. 2021. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual da Paraíba. Araruna 2021.

DIAS, I. C. S. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. 2007. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

FAMÁ, R; BRUNI, A. L. **As decisões de Investimentos**. V. 2. São Paulo: Atlas, 2003.

FARIAS, T. S. U. DE. **As experiências de reuso de água no nordeste: elaborações em torno da emergência de uma “questão hídrica”**. 2017. 139f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional – PPGDR) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, 2017.

FERREIRA, P. G. C.; OLIVEIRA, F. L. C.; SOUZA, R. C. **Energy Economics**. V. 49, ScienceDirect, 2015.

FONSECA, P. F.; SILVA, J. R.; FONSECA, E. S. Análise da viabilidade da separação de água de chuveiros e pias para reúso. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, e14921938, 2020.

GARCIA, G. Brasil enfrenta a pior crise energética da história. **O Globo**, Rio de Janeiro, 20 jan. 2015. Geral. Disponível em: <https://noblat.oglobo.globo.com/geral/noticia/2015/01/> Acesso em: 12 dez. 2021.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, In Press. v. 41, p. 1544 – 1550. Nov, 2006.

GOLDEMBERG, J. LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados** 21 (57), 2007.

GOMES, K. M F. **Modelagem da poluição difusa em uma bacia de drenagem urbana**. 2014. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

KORZENIEWICZ, M. D. B. V. **Análise da matriz energética brasileira e a participação das energias renováveis a partir das políticas ambientais energéticas**. 2021. Dissertação (Pós graduação em Economia do desenvolvimento) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3a ed., Campinas, Ed: Átomo, 2010.

LIMA, C. A. de. **Barragem de Canafístula II e o abastecimento hídrico em Araruna - PB**. 2016. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)- Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2016.

LIMA, K. L. B. A.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. Análise da viabilidade de implantação de captação de águas pluviais em escola pública no Recife – PE. *In*: XIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, 2017, Tupã. **Anais**. Online. Disponível em: <<https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/2644/form338475.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

LIRA, M. A. T.; MELO, M. L. S.; RODRIGUES, L. M.; SOUZA, T. R. M. Contribuição dos sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica para a redução de CO<sub>2</sub> no estado do Ceará. **Revista brasileira de Meteorologia**. v. 34, n. 3, pag. 389 – 397, 2019.

LUCENA, C. Y. D. S.; SANTOS, D. J. R. DOS; SILVA, P. L. S. DA; COSTA, E. D. DA; LUCENA, R. L. O reúso das águas residuais como meio de convivência com a seca no



semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 23 maio 2018.

MARINOSKI, L. D.; SALAMONI, I. T.; RUTHER, R. Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC. In: **Anais 1º Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, e 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo: ENTAC, 2004.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Avaliação De Viabilidade Ambiental E Econômica De Sistemas De Aproveitamento De Água Pluvial Em Habitações De Baixo Padrão: Estudo De Caso Em Florianópolis Sc. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 423-443, jan./mar. 2018.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R.; FONTENELE, D. A seca plurianual de 2010-2017 no nordeste e seus impactos. **Parc. Estrat.** Brasília – DF, v. 22, n. 44, p. 17-40, jan-jun, 2017.

MATOS, A. P. **Aproveitamento da água da chuva para fins de irrigação em condomínio fechado: proposta para obtenção do selo leed**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete – RS. Alegrete, 2021.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINIKOWSKI, M.; GONÇALVES, A. M. Sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Irati (PR). **Revista acadêmica Ciência Animal**, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 181-188, abr 2009.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA**. UFBA, 2009. 207f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Construtivo).

NEVES, F. G. .G. R.; ROCHA, C. F. D. A evolução da energia Solar na matriz elétrica brasileira.: perspectivas de implementação de impacto positivo na sustentabilidade. 1 ed. Curitiba: **Appris**, 2021.

NOGUEIRA, D. Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro. **Sustentabilidade em Debate** – Brasília, v. 8, n. 3, p. 22-36, dez/2017.

NOGUEIRA, E. **Introdução a Engenharia Econômica**. São Carlos: Ufscar, 2011.

OLIVEIRA, M. S.; ROSA, R. J. N. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em uma residência. **Anais**, FEPEMIG. 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/637>.

PENA, R. F. A. **Consumo de água no mundo**. Mundo Educação, 2021. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/consumo-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 13 dez 2021.

PEREIRA, E. B.; et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 1 ed. São José dos Campos: Swera, 2006.

PILÃO, N. E. ; HUMMEL, R. V. P. **Matemática Financeira e Engenharia Econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2002.

RELLA, R. Energia fotovoltaica no Brasil. **Revista de Iniciação Científica**. v. 15, n. 1, p. 28 – 38, 2017.

RESENDE, R.; PIZZO, H.S. Estimativa de suficiência de água de chuva para fins não nobres em residência unifamiliar na cidade de Juiz de Fora – MG. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte. **Anais**, Belo Horizonte: ABES, 2007.

ROSA, A. R. O.; GASPARIN, F. P. Panorama de energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**. Ano 7. v. VII, n. 2, pag. 140 – 147. Dez, 2016.

SALLA, M. R.; LOPES, G. B.; PEREIRA, C. E.; NETO, J. C. M.; PINHEIRO, A. M. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, abr./jun. 2013.

SANTOS, F. R. **Tratamento da água da chuva por radiação ultravioleta usando energia fotovoltaica**. 2018. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SILVA, A. F. **Análise de viabilidade técnica e econômica de adaptação para implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas**. 2019. 23f. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SILVA JÚNIOR, J. C.; FERREIRA, I. V. L.; GOMES, M. Consumo per capita de água em instituição de ensino superior: estudo de caso. *In*: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2018, Maceió. **Anais**. Online. Disponível em: <[https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/88\\_cpdc%20A1eides.pdf](https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/88_cpdc%20A1eides.pdf)>. Acesso em: 05 dez. 2021.

SILVA, U. O.; FREITAS, W. P. **O aproveitamento de águas pluviais e os impactos sobre o sistema de drenagem urbana**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Doctum de Caratinga. Caratinga, 2018.

VAZ, A. H. S. **O direito e a energia fotovoltaica**, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Direito) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

**WOSNIAK, A. J. Avaliação em escala piloto do uso de membrana de osmose reversa para o tratamento de água para uso industrial.** 2016. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

### ANEXO A – Memória de cálculo

- Volume anual de consumo:

O volume consumido no total de um ano é dado por:  $24,831 \text{ m}^3 \times 365 = 9063,31 \text{ m}^3$ .

Almejando uma substituição de 50%, o valor anual passa a ser:  $4531,65 \text{ m}^3$ .

- Volume anual de precipitação aproveitável:

$$\text{Volume} = \text{Coef. aproveitamento} \times AC \times \text{precipitação} \quad (3)$$

$$\text{Volume} = 0,70 \times 6470 \text{ m}^2 \times 844,50 \text{ mm}$$

$$\text{Volume} = 3824,74 \text{ m}^3$$

- Determinação do volume:

$$V = \text{Mínimo} (\text{vol. consumo}, \text{vol. precipitação aproveitável}) \times 0,06 \quad (2)$$

$$V = \text{Mínimo} (4531,65 \text{ m}^3, 3824,74 \text{ m}^3) \times 0,06$$

$$V = (3824,74 \text{ m}^3) \times 0,06$$

$$V = 229,48 \text{ m} (230 \text{ m}^3)$$

Arredondou-se o volume para o comercial mais próximo, tendo em vista que a indicação de execução é através de tanques de polietileno. Então, o volume adotado foi de  $240 \text{ m}^3$ ,