



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

**MARIA ANA FERNANDES MATIAS NOBRE**

**UM COMPARATIVO ENTRE TELHADOS VERDES E TELHADOS CERÂMICOS:  
ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO, RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E  
CUSTOS ENTRE OS PROTÓTIPOS**

**ARARUNA – PB**

**2022**

**MARIA ANA FERNANDES MATIAS NOBRE**

**UM COMPARATIVO ENTRE TELHADOS VERDES E TELHADOS CERÂMICOS:  
ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO, RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E  
CUSTOS ENTRE OS PROTÓTIPOS**

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

**Área de concentração:** Meio Ambiente.

**Orientadora:** Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro.

**ARARUNA – PB**

**2022**

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.

N754u Nobre, Maria Ana Fernandes Matias.

Um comparativo entre telhados verdes e telhados cerâmicos [manuscrito] : análise do conforto térmico, retenção de águas pluviais e custos entre os protótipos / Maria Ana Fernandes Matias Nobre. - 2022.

70 p. : il. colorido.

Digitado.

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

"Orientação : Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Telhado. 2. Desempenho térmico. 3. Sustentabilidade. I.

Título

21. ed. CDD 695

MARIA ANA FERNANDES MATIAS NOBRE

UM COMPARATIVO ENTRE TELHADOS VERDES E TELHADOS CERÂMICOS:  
ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO, RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E CUSTOS  
ENTRE OS PROTÓTIPOS

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

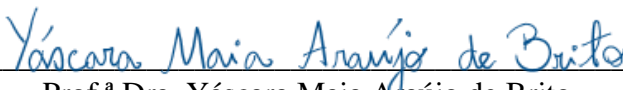
Área de concentração: Meio Ambiente.

Aprovado em: 14/12/2022.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.<sup>a</sup> Dra. Yáscara Maia Araújo de Brito  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Osires de Medeiros Melo Neto  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais, Avanira e Josaniel, que sempre fizeram de tudo para me proporcionar a realização desse sonho com todo carinho e amor que existem, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e a Nossa Senhora, pelo dom da vida, por nunca me desamparar e sempre me dar forças, sabedoria e discernimento para continuar nessa jornada, sabendo que até nos momentos mais difíceis, eu venceria porque nunca estive só.

Aos meus pais, Avanira e Josaniel, a quem serei sempre grata por acreditarem no meu potencial, sempre dispostos a buscar o melhor para nossa família e por me incentivarem à boas práticas de educação e caráter, foram muitos dias difíceis vencidos com a ajuda de vocês ao meu lado e que agora terão a filha caçula engenheira civil. Vocês são o meu exemplo de vida e os amores da minha vida!

Aos meus irmãos, Larissa e Niel, que sempre estiveram comigo nos melhores e piores dias, com todo cuidado. Larissa, sendo muitas vezes meu auxílio nos estudos, uma irmãzona, meu braço direito, e Niel, que por muitas vezes me recebeu em sua casa como “inquilina” para ter meus estudos remotos e sendo meu motorista particular de tantas viagens na universidade, amo vocês! Ao meu sobrinho, José Daniel, por ser a pessoa que tanto se preocupa com essa tia, que me abraça nos momentos difíceis e sempre diz que tia Maria Ana é muito inteligente, você será para sempre quem consegue me deixar mais tranquila e amada!

A minha avó Maria, que sempre foi um sinal de amor e carinho expresso em tantas conversas, lanches de vó, orações e boas risadas. A todos os meus familiares, por todo amor demonstrado e pela torcida; quem tem família tem tudo. E a minha amiga Pipi e a Witor por todas as orações para chegar até aqui e sempre viver os planos de Deus na minha vida. Gratidão a todos!

Ao meu namorado, Danilo Almeida, a pessoa que conseguiu meus melhores sorrisos nos momentos que mais precisei, que compreendeu meus momentos de ausência, que sempre foi paciente e que compartilhou de choros de alegria e de tristeza, que sempre divide os sonhos e planos comigo, que fez o que estava em seu alcance para que a realização desse sonho acontecesse, minha eterna gratidão a você!

Aos meus amigos que conquistei durante esse tempo de graduação, Albaniza Áurea, Alex Guedes, Alexandre Pimenta, Arthur Victor, Carlos Macedo, Eryclapton Gomes, Evandro Lúcio, João Vitor Guedes, Joel Victor, Maria Luiza Paulino, Pedro Targino, Victor Alcântara, William Carlos, Wilton Severiano, que por muitas vezes me trouxeram leveza nos dias mais difíceis. Obrigada por compartilharem comigo do conhecimento, das angústias, desesperos,

mas sempre foram muito solícitos, com empatia e muita alegria, vou ser eternamente grata por tê-los nessa linda etapa da minha vida, grata pelas risadas em meio aos medos, pelas piadas em meio as agonias de prova. Vou levar essa turma para sempre.

As minhas meninas do grupo Bate estaca, que nos meus momentos de desânimo foram sinônimo de leveza e alegria, onde me permitiram sempre boas conversas e boas risadas, Eduarda Freire, Gabriela Nobre, Gilmara Chagas, Izabel Cristina, Larissa Fernandes, Rafaelly Nobre, Ruana Ludgério e Tallyne Ribeiro, obrigada por toda amizade!

À minha equipe fantástica na aferição das temperaturas durante 72 horas seguidas, Adenilson, Danilo, Francielho, Geraldo Neto, Larissa, mainha, Niel, painho, tia Cota e tio Gil que dividiram comigo o peso desses dias durante a fase final do TCC. Em especial a Tio Adailson que foi muito solícito na compra dos materiais do telhado verde e a Francielho, Aline, Danilo e Larissa que nessa reta final foram um braço forte, onde as vezes achei que não ia aguentar, vocês contribuíram para que eu pudesse solucionar tudo com discernimento e me ensinaram a ser mais paciente e confiante.

À minha orientadora, Adriana Ribeiro, por ter aceitado estar comigo nessa caminhada, obrigada por ser essa pessoa de luz que carrega tanto amor naquilo que faz, sempre transmitindo o conhecimento com alegria, paz e paciência por onde passa. Sou muito grata por tudo, professora!

A todos os professores da UEPB que contribuíram com a minha formação, João Hugo Baracuy, Daniel Baracuy, Osires Neto, Igor Ogata, Raimundo Leidimar, Yáscara Brito, Gábio Stalin, Josyclesio, Alan Cavalcante, Alessandra, Rafael Brito, Luísa Eduarda, Ana Paula, Klefson, Altamir, Edvaldo Santos, Valdecir, Andressa, Arthur, Jardson, Edson, Leonardo Medeiros, Jamilton, Rômulo Thomaz, Carlos Cirino, Daysan, Rafaela Gonçalves, Loredanna, Weiller, Albaniza, Lauandes, Anderson, Talita, Karina, Lays Raianne, Rivaildo e Smyrna, vocês foram os melhores professores nessa etapa e me proporcionaram ótimas experiências acadêmicas.

Agradeço ainda, aos técnicos dos laboratórios da Universidade Estadual da Paraíba, Kaká e Divaldo, pelo conhecimento e técnicas compartilhadas. Aos colaboradores que participaram da construção dos protótipos desse estudo, Sr. Bené, Jacaré, Sr. Zé, Danilo, Silvano e a todos os seguranças, as meninas da cozinha, secretários e todos da UEPB, agradeço muito pela oportunidade de ingresso e formação, bem como a UFCG que disponibilizou o termômetro utilizado nesse estudo.

A todos, os meus sinceros agradecimentos, acreditem que todos vocês contribuíram a concretizar esse sonho, o meu muito obrigada!



*“Uma mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

*- Albert Einstein*

## RESUMO

No decorrer dos últimos anos a construção civil passou por mudanças em diversos segmentos, de modo que, houve aumento da população e, conseqüentemente, maior busca em satisfazer as necessidades que surgem, que muitas levam a um excesso de ocupação e de áreas impermeáveis. Entretanto, também se notou grande interesse por técnicas sustentáveis com propriedades que beneficiem os aspectos técnicos, sociais, ambientais e econômicos. Dentre essas práticas sustentáveis, estudos têm sido realizados visando desenvolver a aplicação do telhado verde, devido às camadas estruturais de impermeabilização, drenagem, filtragem, substrato e vegetação que em conjunto proporcionam muitos benefícios. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a eficiência do telhado verde em relação aos aspectos de conforto térmico e retenção de água pluvial, a partir da execução de protótipos residenciais, sendo um com telhado convencional e outro com telhado verde. Para tanto, construiu-se os protótipos e posteriormente foram aferidos os parâmetros para o conforto térmico, como sendo a temperatura do ar (TA), temperatura de globo preto (TG), umidade relativa (UR) e índice de bulbo úmido – termômetro de globo (IBUTG) através de um termômetro de globo, onde a análise ocorreu por três dias consecutivos com aferição dos parâmetros a cada hora do dia, sem pausas. Em seguida, foi realizada uma simulação de chuva para seguimentos dos ensaios de retenção que ocorreram às 22 horas de três dias consecutivos para obtenção dos valores escoados e, posteriormente, comparar os resultados com o software GreenRoofs e demonstrar uma análise de redução anual entre os protótipos, bem como seus coeficientes de escoamento. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o telhado verde esfriou o ambiente nos momentos mais quentes do dia com variações máximas de TA, TG, UR e IBUTG de 1,9 °C, 2,4 °C, 4,1% e 1,5 °C, respectivamente, comparado ao telhado convencional, enquanto que nos momentos mais frios, o telhado verde atua aquecendo o ambiente. Com relação a retenção de água pluvial, de acordo com os dados de precipitação e evapotranspiração do município de Araruna/PB inseridos no software GreenRoofs, o telhado verde apresentou maiores valores de água retida e menores coeficientes de escoamento, com uma redução anual de volume escoado de 663,1 litros em relação ao telhado convencional para um coeficiente de escoamento de 0,55 no telhado verde e 0,96 para a cobertura de telhas cerâmicas. Assim, destaca-se que a aplicação do telhado verde proporcionou um ambiente com características de conforto térmico e retenção de água pluvial satisfatórias, apresentando-se como uma alternativa viável em caráter técnico, ambiental e econômico, pois embora o custo de implantação do telhado verde ter sido R\$ 471,80 a mais, esse gasto é recompensado pela economia gerada a longo prazo, com a redução do uso de aquecedores e refrigeradores de ambiente.

**Palavras-Chave:** Cobertura vegetal. Coeficiente de deflúvio. Custos. Desempenho térmico. Escoamento superficial. Instrumentação. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Over the last few years, civil construction has undergone changes in several segments, so that there has been an increase in the population and, consequently, a greater search to satisfy the needs that arise, which many lead to an excess of occupation and impermeable areas. However, there was also great interest in sustainable techniques with properties that benefit technical, social, environmental and economic aspects. Among these sustainable practices, studies have been carried out to develop the application of the green roof, due to the structural layers of waterproofing, drainage, filtration, substrate and vegetation that together provide many benefits. In view of the above, the objective was to evaluate the efficiency of the green roof in relation to aspects of thermal comfort and rainwater retention, based on the execution of residential prototypes, one with a conventional roof and the other with a green roof. To this end, prototypes were built and later the parameters for thermal comfort were measured, such as air temperature (TA), black globe temperature (TG), relative humidity (RH) and wet bulb index - thermometer globe (IBUTG) through a globe thermometer, where the analysis occurred for three consecutive days with measurement of the parameters every hour of the day, without breaks. Then, a rainfall simulation was carried out to follow up the retention tests that occurred at 10 pm on three consecutive days to obtain the drained values and, later, compare the results with the GreenRoofs software and demonstrate an analysis of annual reduction between the prototypes, as well as their runoff coefficients. According to the results obtained, it was verified that the green roof cooled the environment in the hottest moments of the day with maximum variations of TA, TG, RH and IBUTG of 1.9 °C, 2.4 °C, 4.1% and 1.5 °C, respectively, compared to the conventional roof, while in the coldest moments, the green roof acts by heating the environment. Regarding the retention of rainwater, according to the data of precipitation and evapotranspiration of the municipality of Araruna/PB inserted in the GreenRoofs software, the green roof presented higher values of retained water and lower runoff coefficients, with an annual reduction in the runoff volume. of 663.1 liters compared to the conventional roof for a runoff coefficient of 0.55 on the green roof and 0.96 for the ceramic tile covering. Thus, it is noteworthy that the application of the green roof provided an environment with satisfactory thermal comfort and rainwater retention characteristics, presenting itself as a viable alternative in technical, environmental and economic terms, because although the cost of implementing the green roof having been BRL 471.80 more, this expense is rewarded by the savings generated in the long term, with the reduction in the use of room heaters and coolers.

**Keywords:** Vegetal cover. Deflection coefficient. Costs. Thermal performance. Surface runoff. Instrumentation. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Camadas de um telhado verde básico .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos realizados na pesquisa .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 3 - Local de estudo e da construção dos protótipos.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 4 - Modelagem da construção dos protótipos .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 5 – Estrutura dos protótipos A) Levantamento da alvenaria e B) Etapa de revestimento .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 6 - Cobertura e pintura dos protótipos A) Aplicação das telhas cerâmicas e B) Pintura dos protótipos.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 7 - Execução da camada de regularização .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 8 - Execução da camada de drenagem .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 9 - Execução da camada filtrante.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 10 - Execução da camada de substrato.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 11 - Execução da camada de vegetação.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 12 - Indicações para cálculos da área de contribuição .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 13 - Execução da camada de vegetação.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 14 - Termômetro de globo utilizado no estudo .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 15 - Simulador de chuva A) Estrutura do simulador e B) Sistema de bomba utilizado .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 16 - Interface do software GreenRoofs .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 17 - Local de inserção dos dados do software GreenRoofs .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 18 - Local de obtenção dos resultados do software GreenRoofs.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 19 - Valores da porcentagem mensal das horas de luz solar (p), para as latitudes Norte e Sul, segundo Blaney-Criddle.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 20 - Dados da temperatura do ar .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 21 - Dados da temperatura do ar interna e externa.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 22 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 23 - Dados da temperatura de globo preto .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 24 - Dados da umidade relativa .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 25 - Dados do índice de bulbo úmido e temperatura de globo.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 26 - Qualidade da água A) Água escoada do telhado convencional e B) Água escoada do telhado convencional.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 27 - Inserção da precipitação .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 28 - Inserção da evapotranspiração.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 29 - Inserção das características do telhado verde.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 30 - Inserção das características do telhado convencional .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 31 - Inserção da quantidade de água retida na cobertura vegetal.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 32 - Valores obtidos pelo software .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 33 - Inserção dos dados anuais de precipitação de Araruna/PB .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 34 - Inserção dos dados anuais de evapotranspiração média de Araruna/PB .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 35 - Resultados obtidos para o período de um ano .....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Classificação do telhado verde.....</b>	<b>25</b>
<b>Quadro 2 - Variáveis de conforto térmico e retenção de água pluvial .....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Materiais da estrutura dos protótipos residenciais .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 2 - Materiais das camadas do telhado verde .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 3 - Materiais do sistema de águas pluviais.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 4 - Avaliação da retenção de águas pluviais para o protótipo de telhado convencional .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabela 5 - Avaliação da retenção de águas pluviais para o protótipo de telhado verde ..</b>	<b>52</b>
<b>Tabela 6 - Custo da estrutura dos dois protótipos residenciais.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabela 7 - Custo das camadas do telhado verde .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabela 8 - Custo do sistema de águas pluviais dos dois protótipos residenciais .....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ac	Área de contribuição
Am	Área Molhada
C	Coefficiente de Escoamento
° C	Grau Celsius
cm	Centímetro
ETP	Evapotranspiração mensal
°	Grau
i	Declividade Mínima
I	Intensidade Pluviométrica
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo
IGRA	<i>International Green Roof Association</i>
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
mm	Milímetro
n	Coefficiente de Manning
NR	Norma Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
p	Porcentagem de horas diurnas do mês sobre o total de horas diurnas do ano
Pm	Perímetro molhado
PVC	<i>Polyvinyl Chloride</i>
Q	Vazão
R\$	Real
T	Temperatura Média Anual
TA	Temperatura do Ar
Te, máx.	Valor máximo diário da temperatura do ar no exterior da edificação
TG	Temperatura do Globo Preto
Ti, máx.	Valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação
TNT	Tecido não tecido
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UR	Umidade Relativa

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.1 Objetivo Geral</b> .....	18
<b>1.2 Objetivos Específicos</b> .....	18
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	19
<b>2.1 Telhados Convencionais</b> .....	19
<b>2.2 Telhado Verde</b> .....	20
<i>2.2.1 Breve Histórico</i> .....	20
<i>2.2.2 Prática do Telhado Verde no Brasil</i> .....	21
<i>2.2.3 Componentes do Telhado Verde</i> .....	22
<i>2.2.3.1 Camada de Impermeabilização</i> .....	23
<i>2.2.3.2 Camada de Drenagem</i> .....	23
<i>2.2.3.3 Camada de Filtragem</i> .....	24
<i>2.2.3.4 Substrato</i> .....	24
<i>2.2.3.5 Vegetação</i> .....	24
<i>2.2.4 Classificação do Telhado Verde</i> .....	25
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	27
<b>3.1 Tipologia do Estudo</b> .....	27
<b>3.2 Caracterização da Área de Estudo</b> .....	28
<b>3.3 Construção dos Protótipos Residenciais</b> .....	29
<i>3.3.1 Aplicação do Telhado Verde</i> .....	32
<i>3.3.1.1 Camada de Regularização</i> .....	33
<i>3.3.1.2 Camada de Drenagem</i> .....	34
<i>3.3.1.3 Camada Filtrante</i> .....	34
<i>3.3.1.4 Camada de Substrato</i> .....	35
<i>3.3.1.5 Camada de Vegetação</i> .....	36
<i>3.3.2 Sistema de águas pluviais</i> .....	37
<i>3.3.2.1 Determinação da área de contribuição</i> .....	37
<i>3.3.2.2 Determinação da calha</i> .....	38
<i>3.3.2.3 Dimensionamento do condutor vertical</i> .....	39
<b>3.4 Variáveis Analisadas e Metodologias para Avaliação dos Benefícios</b> .....	40
<i>3.4.1 Conforto Térmico</i> .....	41
<i>3.4.2 Retenção de Águas Pluviais</i> .....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	46
<b>4.1 Conforto Térmico</b> .....	46



<b>4.2 Retenção de Águas Pluviais .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 Custo de Produção dos Protótipos .....</b>	<b>59</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>62</b>
<b>5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O discernimento, por parte da população, acerca do desenvolvimento sustentável e da preservação ambiental cresce gradativamente. Desse modo, o interesse por alternativas ecológicas nos processos construtivos que favorecem o meio ambiente e a qualidade de vida das pessoas deve ser cada vez mais recorrente. Essa busca por novas tecnologias e alternativas ambientais surge para mitigar os impactos do processo de urbanização que resultam em transformações da paisagem e das condições ambientais em áreas urbanas (MARONEZ; CARRARO, 2017).

É sabido que a urbanização é um processo fundamentado no crescimento da população urbana que está evidente na vida da sociedade, de modo que, de acordo com a Organização das Nações Unidas – ONU (2020), 56,2% da população total vive nas cidades, e todo o desenvolvimento das estruturas dessas cidades está intimamente ligada com o setor da construção civil. Assim, com a maior conscientização para o desenvolvimento sustentável, as construções, objetos e equipamentos devem ser analisados dentro de um novo contexto, onde as necessidades e solicitações de convivência com o ambiente estejam vinculadas a processos atualizados (TOMAZINI, 2021).

Uma preocupação recorrente que motiva esses novos processos construtivos diz respeito ao conforto térmico que está presente como aspecto de grande relevância para o bem-estar de um indivíduo em caráter físico e mental (ARAÚJO, 2022). Ele pode ser influenciado por dois grupos de variáveis, seja de natureza ambiental ou pessoal, de forma que, as variáveis consideradas de natureza ambiental incluem temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade relativa do ar e umidade relativa do ar ambiente; enquanto a vestimenta e atividade física compõem as variáveis de cunho pessoal (CARVALHO; MICHALOSKI, 2018).

Entretanto, muitas vezes, tem-se tornado um desafio conseguir, frente aos impactos da urbanização, práticas construtivas que sejam agradáveis termicamente e ambientalmente. De acordo com Carvalho (2018) as áreas construídas aumentam a temperatura, devido à alta condutividade térmica de alguns materiais, como por exemplo, telhas de barro, concreto e asfalto. Além disso, percebe-se que em conjunto com as temperaturas elevadas, a impermeabilização do solo, a falta de vegetação e a conseqüente diminuição da umidade relativa do ar prejudicam a qualidade do conforto térmico em edificações.

Outro grande aspecto associado ao desenvolvimento sustentável nas cidades é a preocupação com a gestão de águas pluviais. Segundo Canabrava Neto et al. (2021), o aumento da impermeabilização nas áreas urbanas é visto como um dos principais fatores que contribuem

para o aumento da temperatura, redução do tempo de concentração e conseqüente aumento do pico de escoamento superficial, de modo que, a água que precipita e escoar por telhados e pavimentos impermeáveis enfrenta dificuldade para infiltração no solo, favorecendo casos de inundações.

Visando a utilização de tecnologias sustentáveis nos processos construtivos, tem-se o telhado verde como uma técnica promissora, visto que apresenta benefícios potencialmente elevados em relação ao equilíbrio térmico nas áreas urbanas e de suas respectivas construções, melhorias no isolamento acústico e na umidade do ar, diminuição do escoamento de águas das chuvas, além de servir para abrigar algumas espécies de pássaros (ULCHAK; AYOUB; OLIVEIRA, 2020).

Diante do exposto e reconhecendo a importância da utilização do telhado verde nos processos construtivos para melhorar o desenvolvimento sustentável, o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência do telhado verde em relação ao conforto térmico e retenção de água pluvial, por meio do desenvolvimento de protótipo residencial substituindo o telhado convencional.

Compreende-se como relevantes estudos sobre a temática do uso de telhado verde, pois conhecer esta técnica auxilia para melhorar a qualidade de vida da população, buscando o uso mais racional de recursos naturais nas construções de modo a reduzir o comprometimento das condições climáticas e da drenagem urbana. Deste modo, com base nos resultados encontrados, este trabalho servirá de subsídio para que decisões sejam tomadas de maneira coerente no tocante ao uso de telhados nas construções, fazendo com que melhores índices de conforto térmico e retenção de água pluvial nas edificações sejam alcançados.

## **1.1 Objetivo Geral**

Avaliar a eficiência do telhado verde em relação ao conforto térmico e à retenção de água pluvial, por meio do protótipo residencial produzido substituindo o telhado convencional.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Medir variáveis de temperatura térmicas dos protótipos e associar com os parâmetros de conforto térmico das edificações;
- Obter o volume escoado nos diferentes protótipos e seus respectivos coeficientes de escoamento;
- Avaliar os custos de implantação dos dois protótipos;
- Apontar os benefícios visualizados do protótipo de cobertura vegetal proposto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Telhados Convencionais

De acordo com Moliterno (2010), desde sua origem o telhado é desenvolvido por meio da cobertura e da armação, com o intuito de proteger a edificação de intempéries, como raios solares, vento, chuva e neve, além de impossibilitar que seu interior sofresse com ruídos e poeiras, de modo que, foram analisados diversos materiais para uso nas coberturas. Nesta perspectiva, a incrementação de diferentes materiais, como telhas de cerâmica, concreto, vidro, fibrocimento, alumínio, aço, dentre outros, possibilitou a existência de uma grande variedade dos tipos de coberturas nos telhados (LENOTTI, 2010).

Dentre elas, a telha cerâmica é considerada uma das mais antigas e acessíveis para utilização, representando uma ótima opção para os lugares de clima tropical (COSTA, 2017). De acordo com Sá (2018) essa popularidade e alto consumo dar-se principalmente pelo custo-benefício por parte do consumidor, características de isolamento térmico e acústico, existência de porosidade, boa resistência ao fogo e fonte de redução da transferência de calor para o interior do ambiente, além de sua alta disponibilidade e variedade de formas.

Acerca da sua fabricação, a NBR 15310, de 2009 elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) determina que as telhas cerâmicas são fabricadas a partir da argila conformada, através de processos de prensagem ou extrusão, e posteriormente queimadas para atender às condições exigidas em norma. A ABNT NBR 15310:2009 indica ainda que a variedade que esse produto cerâmico possui acaba possibilitando diversas opções de tipos e modelos, como as telhas francesa, romana, colonial, paulista, pan, dentre outras e essas coberturas dependem diretamente dos critérios que estão incorporados nesta norma.

Um dos modelos mais comuns concentra-se nas telhas coloniais, representando o segundo tipo com maior utilização no Brasil, perdendo apenas para as telhas de fibrocimento, se fazendo presente em muitas residências por suas características de estética, economia e durabilidade (DEODATO, 2019). Além disso, é também o modelo de telhas com maior prevalência no município de Araruna/PB e nos demais municípios da microrregião do Curimataú Oriental.

Contudo, ao longo do tempo, e com a evolução das técnicas construtivas para coberturas, foram sendo pensadas novas formas que visam melhorias no meio ambiente e na

natureza, com características mais sustentáveis e ecológicas, o que possibilitou a origem das coberturas verdes nas edificações, tomando o espaço de muitas coberturas convencionais nas cidades mais urbanizadas (FRANCO; TREINOTI, 2021). Neste sentido, entende-se que o aprimoramento da construção de telhados verdes está ganhando espaço nas práticas sustentáveis, com resultados satisfatórios para o cenário harmônico entre o homem e a natureza.

## **2.2 Telhado Verde**

O telhado verde, telhado vivo, cobertura verde e jardim suspenso são expressões que tem sua ação desenvolvida em torno da mesma ideia: definem uma técnica construtiva para coberturas, principalmente com camada de gramíneas ou outras plantas, cuja aplicação de todo sistema se dá em lajes impermeabilizadas ou telhados convencionais, estando presente em determinadas coberturas de edifícios, habitações e estruturas de apoio (SILVA; DUARTE, 2017).

A prática do telhado verde consiste em proporcionar muitos serviços ecossistêmicos ou sociais, econômicos e ambientais, principalmente no tocante ao desenvolvimento urbano sustentável e planejamento urbano (FRANCIS; JENSEN, 2017). Os estudos na área direcionam para o uso do telhado verde tanto nas novas edificações, como em edificações já existentes, que podem ser utilizados com base no conhecimento da resistência da estrutura, da execução da impermeabilização e do sistema de drenagem, dentre outras (WILLES, 2014).

Neste sentido, sua abordagem vem sendo palco de muitos estudos e pesquisas devido às inúmeras vantagens, como benefícios estéticos, terapêuticos, lazer, social e econômicos, aumento na produção de alimentos, na retenção de água pluvial, termografia infravermelha, no conforto humano e índices de conforto térmico, além da diminuição dos efeitos das ilhas de calor e conseqüente melhoria do ar e conservação da biodiversidade (SILVA, 2019). Por sua importância, Almeida, Brito e Santos (2018) destacam a busca de maior adesão social dessa técnica, que devem ser empregados como elementos culturais necessários para a condição atual.

### **2.2.1 Breve Histórico**

Quando se fala nas primeiras obras a utilizar o método do telhado verde, é apropriado destacar que seu processo criador consistiu na construção de um jardim em cima do telhado, caracterizando o objetivo principal que era manter a qualidade de isolante e diminuir as conseqüências negativas da urbanização (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ; 2018). A história do

telhado verde tem seus pontos iniciais desde os tempos antigos, com desenvolvimento de jardins suspensos, construídos na antiga Mesopotâmia pelos zigurates, entre os anos de 600 a.C. e 450 a.C., sendo mais conhecido o “*Etimenanki*” (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015).

Conforme Rebollar et al. (2017), outro telhado verde importante é o intitulado “Jardins Suspensos da Babilônia”, que por sua beleza é denominado de uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo. Ademais, com o passar do tempo, se torna perceptível que o processo histórico do telhado verde também remonta o Império Romano com a prática de cultivo de árvores nas coberturas de edificações, e posteriormente, na Itália com o período do Renascimento e no México com período pré-colombiano, bem como na Índia e Espanha nos séculos XVI e XVII, e na França e na Escandinávia até metade do século XX (ARAÚJO, 2007).

É importante ressaltar que foi na Alemanha na década de 60 que essas técnicas de telhado verde foram passando por maiores desenvolvimentos tecnológicos (SILVA; DUARTE, 2017). Contudo, conforme Peck et al. (1999), foi na década de 70, que a preocupação com pesquisas técnicas em especial dos componentes de coberturas verdes se intensificou, trazendo à tona o estudo de agentes repelentes de raízes, membranas impermeáveis, drenagem e a análise de meios de cultivos leves e das plantas.

Nesse sentido, a prática do telhado não consiste em uma ideia nova. Contudo, embora sejam provenientes de técnicas antigas, continuam tendo sua influência nos telhados verdes modernos, pois devido sua importância, melhorias significativas acontecem atualmente, com maiores avanços tecnológicos, fazendo com que sua utilização tenha melhor eficiência e seus benefícios sejam favorecidos em relação aos equivalentes antigos, além de possibilitar a execução de sistemas mais práticos (VIJAYARAGHAVAN, 2016).

### ***2.2.2 Prática do Telhado Verde no Brasil***

Com base nos estudos de Rocha (2020), observou-se que apesar das primeiras práticas de telhado verde se fazerem presentes desde tempos antigos em torno de 500 a.C., essa técnica chegou em território brasileiro apenas por volta da década de 1920 com a chegada da arquitetura moderna, através do primeiro terraço jardim construído no prédio do Ministério da Educação e Saúde no Rio de Janeiro. Quando estudado por Saddi e Moura (2010), observou-se que a utilização dessa técnica foi realizada pelo paisagista Roberto Burle Marx, baseado no conceito do arquiteto e urbanista Le Corbusier, em dois marcos principais, sendo esses, a sala de exposição do Ministério da Educação e Saúde e também o Instituto de Resseguros do Brasil.

Sua expansão no cenário brasileiro intensificou-se desde a década de 1990, quando passou a ser uma cobertura mais utilizada, ainda que lentamente, se fazendo presente principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (FERRAZ, 2012). Silva e Kashiwa (2018) citam que a adoção de políticas públicas pelo plano diretor sobre sustentabilidade em território nacional ainda é pouco praticada, mas que já existem alguns projetos de lei que buscam a aplicação obrigatória do telhado verde em edificações habitacionais com mais de 400 m<sup>2</sup>.

Segundo Oliveira (2019) pode-se destacar algumas leis no território nacional em relação ao uso de telhado verde: Lei 14.243 de 2007 (Florianópolis) visa incentivos e parcerias do poder executivo para uso dessas coberturas em lugares urbanos e muito povoados; Lei 6.3490 de 2012 (Rio de Janeiro) impõe o uso desse sistema nos prédios públicos, em que o poder executivo é responsável por prever a execução nesses prédios, bem como nas autarquias e fundações do Rio de Janeiro; Lei complementar 235 de 2012 (Goiânia) conta com descontos no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU); Lei 18.112 de 2015 (Recife) obriga a prática do telhado verde nos projetos de edificações multifamiliares com mais de 4 pavimentos, além de edificações habitacionais com mais de 400 m<sup>2</sup> de área de cobertura superior.

Esse incentivo na Paraíba pode ser melhor percebido na capital do Estado, fato que está totalmente interligado com algumas opções de descontos no IPTU, desde descontos de 10% para manutenção de 30% de área impermeável, o que permite consequentemente a aplicação de tetos verdes; ademais, esses descontos também se adequam para outras situações, como os referentes a coleta e reaproveitamento de água pluvial de 10%, dentre outras medidas que tem sido adotadas, chegando a 50% de isenção em alguns casos (MENDES, 2014).

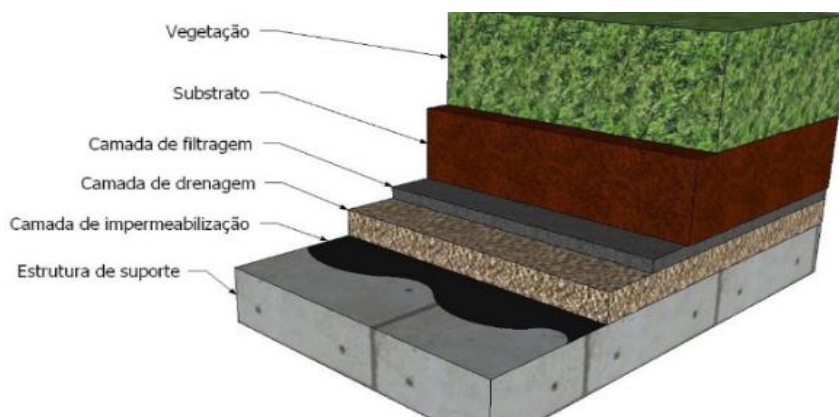
### ***2.2.3 Componentes do Telhado Verde***

Em se falando da composição do telhado verde, destaca-se as seguintes camadas: camada impermeabilizante que é relacionada com a proteção da superfície impermeável, podendo ser tanto de natureza betuminosa quanto sintética; camada drenante composta de britas, seixos ou argila expandida para drenar a água pluvial e separar os poluentes; camada filtrante que é onde as partículas ficam retidas e evitam ser levadas no escoamento superficial; camada de solo e substrato para a base do cultivo da vegetação; e por fim, a vegetação que leva em consideração vários fatores direcionados a quantidade de carga suportada pela estrutura,



clima e tipo de telhado selecionado (DHALLA; ZIMMER, 2010 apud CANABRAVA NETO et al., 2021, p.130). A Figura 1 apresenta a estrutura do telhado verde.

**Figura 1 – Camadas de um telhado verde básico**



Fonte: Canabrava Neto et al. (2021).

#### 2.2.3.1 *Camada de Impermeabilização*

A primeira camada de aplicação do telhado verde é caracterizada pela impermeabilização, cuja função é impedir a infiltração de água na edificação, aumentando sua vida útil e evitando desconforto aos usuários (SOUZA, 2016). A impermeabilização é uma camada de grande importância e quando aplicada em lajes de concreto pode ser constituída de diferentes tipos de aplicações, incluindo impermeabilizações betuminosas, sintéticas ou líquidas, com maior prevalência o acrílico, tinta impermeabilizante ou manta asfáltica, podendo ser optado em casos mais simples, o uso de três camadas de lona plástica de alta tração (CARMO, 2017 apud SANTANA, 2017, p. 49).

#### 2.2.3.2 *Camada de Drenagem*

Segundo Baldessar (2012), a camada de drenagem é aquela composta de material de origem sintética ou granulada de maior permeabilidade, de modo a desenvolver um papel fundamental na construção do telhado verde, visto que sua é ela responsável por recolher a água que não consegue ser absorvida pelas pelo substrato ou pelas plantas, encaminhando essa água para o sistema de águas pluviais presente na estrutura.

Esta camada visa obter o melhor encaminhamento da água para evitar o saturamento completo do solo, além de ser responsável pelo armazenamento da água para as vegetações constituintes do sistema, diminuindo a necessidade de rega constante. Por isso, é importante

entender que esta camada deve ser coberta com uma manta de retenção de substratos ou manta não tecida, fazendo com que a terra do substrato não chegue à camada de drenagem e gere problemas ao sistema (SAVI, 2012).

#### 2.2.3.3 *Camada de Filtragem*

Alberto et al. (2012) destacam que a responsável por evitar que a água pluvial e a água das regas carreguem as partículas do solo é a camada filtrante do telhado verde, composta normalmente por uma manta geotêxtil. Também é importante mencionar que a manta que constitui esta etapa do sistema influi de modo direto na constância da umidade do substrato, sendo responsável por proporcionar maior conforto para as raízes da grama, além de dificultar o crescimento de ervas daninha no sistema (BASTOS et al., 2020).

#### 2.2.3.4 *Substrato*

O substrato no telhado verde é definido como a camada utilizada de material granular, com dimensões de partículas maiores que areias, silte e argila, tais que tenham toque arenoso para evitar o aspecto lamacento e pegajoso ao serem molhados, de modo a facilitar a permeabilidade do meio pelo fato de não se compactar com seu próprio peso (SNODGRASS; MCLNTYRE, 2010). A espessura da camada do substrato é resultado da vegetação utilizada, fato que justifica o uso de camadas de solo mais robustas em plantas de maior magnitude (BEZERRA; CURI, 2009).

Quando se fala no substrato, temos o que é chamado de apoio da vegetação, que é a camada que vai oxigenar e alicerçar as plantas desta vegetação, tendo como fatores principais para sua escolha: a absorção, peso, resistência e valor econômico (PENDIUK; MOISÉS; PEREIRA, 2017). Assim, pode-se dizer que a camada de substrato é aquela que está entre a camada filtrante e a vegetação, sendo responsável por conceder suporte e nutrientes necessários para as plantas.

#### 2.2.3.5 *Vegetação*

Pertencente à estrutura do telhado verde, encontra-se dentre as camadas mais importantes pela sua função de absorver parte da água precipitada para posterior evapotranspiração, o que favorece a retenção de água pelo solo (SANTOS et al., 2017). Com grande variedade, a escolha da vegetação está intimamente relacionada com o clima, o tipo de

solo e de manutenção e a estrutura de suporte e, em geral, são escolhidas aquelas espécies nativas ou que não exige manutenção e irrigação constantes (BEZERRA; CURI, 2009).

Em território brasileiro há muitas espécies que são cultivadas e que podem diferir no tamanho, forma, coloração, dentre elas pode-se citar o Amendoim-rasteiro, Bulbine, Cacto-margarida, Dicondra, Estrelinha-gorda, Gota-de-orvalho, Grama azul, Grama preta, Grama batatais, Grama Inglesa, Maria-sem-vergonha, Margaridinha rasteira, Rosinha-de-sol e Grama esmeralda, sendo a última a que representa uma grande prática na região nordeste (LORENZI; SOUZA, 2001). Dentre todas as variedades, a Grama esmeralda é a que apresenta uma maior resistência ao pisoteio, bem como um aspecto mais rústico e coloração própria para resistir a climas mais secos, como na região Nordeste.

#### 2.2.4 Classificação do Telhado Verde

De acordo com a classificação estabelecida na *International Green Roof Association* – IGRA (2011), o telhado verde é classificado em três tipos: extensivo, intensivo e semi-intensivo; o extensivo é caracterizado por menores espessuras, com plantas mais leves que não causam danos à estrutura, bem como sem necessidade de manutenções periódicas; o intensivo com espessura mais robustas, plantas mais variadas que inferem maior peso na estrutura e consequentemente necessitam de maior constância nas manutenções; e o tipo semi-intensivo que como o próprio nome sugere, apresenta características intermediárias e plantas de médio porte. O Quadro 1 representa a classificação do telhado verde.

**Quadro 1 - Classificação do telhado verde**

<b>Item</b>	<b>Telhado Verde Extensivo</b>	<b>Telhado Verde Semi-Intensivo</b>	<b>Telhado Verde Intensivo</b>
<b>Manutenção</b>	Baixo	Periodicamente	Alto
<b>Irrigação</b>	Não	Periodicamente	Regularmente
<b>Plantas</b>	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
<b>Altura do Sistema</b>	60 a 200 mm	120 a 250 mm	150 a 400 mm
<b>Peso</b>	60 – 150 kg/m <sup>2</sup>	120 – 200 kg/m <sup>2</sup>	180 – 500 kg/m <sup>2</sup>
<b>Custos</b>	Baixo	Meio	Alto
<b>Uso</b>	Camada de proteção ecológica	Projetado para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

Fonte: Adaptado de *International Green Roof Association* (2011).

Outra classificação necessária a ser realizada é em relação ao modo de aplicação do telhado verde (incluindo contínuo, módulos pré-elaborados e aéreo). No tipo contínuo, o substrato é aplicado diretamente na base impermeabilizada e protegida, com variações de camada a depender do clima da região; no tipo de telhado verde em módulo pré-elaborados, a cobertura sendo ela de rápida aplicação, essa execução é comercializada geralmente por empresas especializadas, com bandejas contendo o substrato e as plantas; já em um telhado verde do tipo aéreo, a vegetação é separada da base de aplicação, apresentando benefícios de manuseio, mas sem atingir os mesmos índices de isolamento térmico que os demais tipos (FERREIRA, 2008).

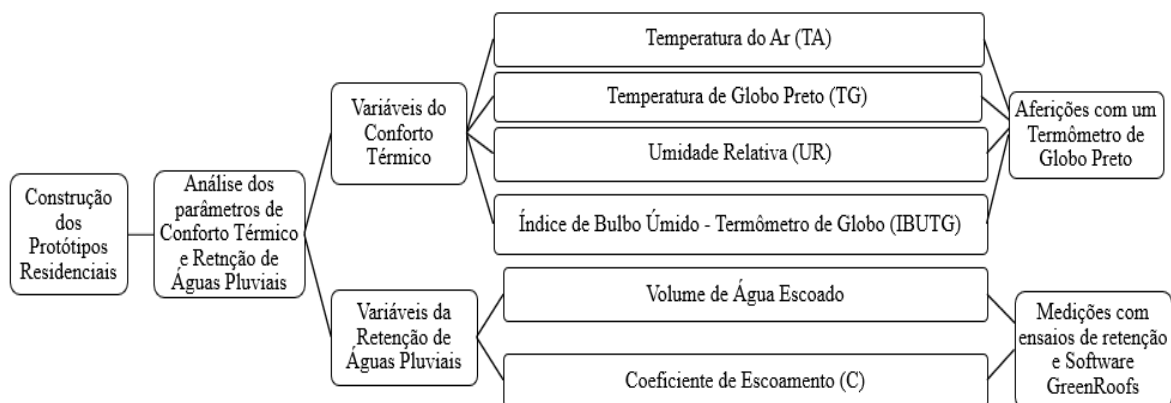
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Tipologia do Estudo

Trata-se de uma pesquisa aplicada de abordagem quantitativa e caráter experimental para mensurar os dados obtidos na análise do conforto térmico (temperatura do ar, temperatura do globo preto, umidade relativa e temperatura global com termômetro úmido) e na retenção de água pluvial (volume de águas pluviais escoado e o coeficiente de escoamento) por meio da utilização de dois protótipos residenciais, sendo um com telhado de telha cerâmica e o outro com aplicação de telhado verde. A construção dos protótipos, a análise do conforto térmico e os ensaios de retenção foram realizados na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campus VIII, na cidade de Araruna/PB.

O fluxograma dos procedimentos realizados na pesquisa pode ser visualizado na Figura 2, iniciando pela construção dos protótipos residenciais para posterior análise dos parâmetros de conforto térmico e retenção de águas pluviais, com as variáveis devidamente descritas e destacados os métodos de análise, onde para as variáveis do conforto térmico foi utilizado termômetro de globo preto; e em relação as variáveis de retenção de águas pluviais, contou-se com os ensaios de retenção e com o Software GreenRoofs para comparação dos dados.

**Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos realizados na pesquisa**

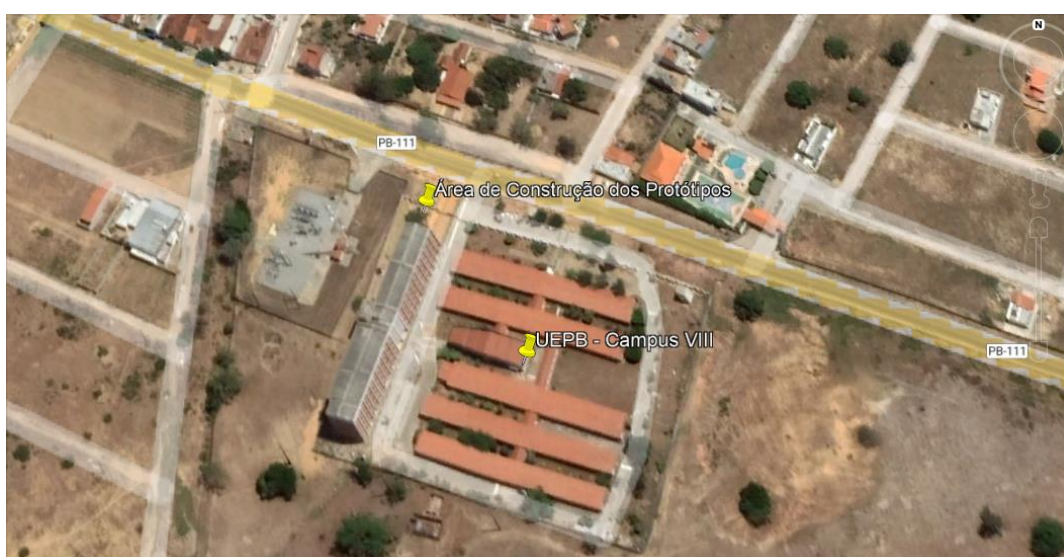


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

### 3.2 Caracterização da Área de Estudo

O experimento foi realizado em uma determinada área do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba que está situada na Avenida Coronel Pedro Targino na cidade de Araruna/PB, próximo ao bloco de Engenharia Civil e Física. Suas coordenadas geográficas são caracterizadas por latitude de 06°32'06" Sul e longitude de 35°43'57" Oeste. A Figura 3 representa a localização do Campus VIII da UEPB e a área de construção dos protótipos.

**Figura 3 - Local de estudo e da construção dos protótipos**



Fonte: Google Earth Pro (2022).

De acordo com Medeiros et al. (2015) o município de Araruna/PB possui um clima seco subúmido, megatérmico com excesso de água relativamente pequeno. Todavia, pode-se dizer que seu clima apresenta características peculiares, diferindo dos demais municípios do Curimataú, em virtude de sua elevada altitude que confere maiores valores na umidade relativa do ar e nos índices pluviométricos quando comparados aos aspectos da microrregião em que está inserida (CAVALCANTE, 2012).

Em geral, essas variações relacionadas ao clima se estendem ao longo de todo território brasileiro. Devido a isso, a ABNT NBR 15.520-3:2005 demonstra a divisão do país em oito zonas que apresentam características climáticas relativamente próximas e homogêneas, com o intuito de conferir maiores informações técnica-construtivas que viabilizem o desempenho térmico das edificações. Assim, mediante as classificações dessa norma, o local de estudo no Campus VIII da UEPB no município de Araruna/PB se enquadra na zona bioclimática 8, de

modo que, buscou-se satisfazer ao máximo as diretrizes construtivas para atender o desempenho térmico desta zona.

### 3.3 Construção dos Protótipos Residenciais

No intuito de analisar os parâmetros de conforto e desempenho térmico destacados na ABNT NBR 15.575-1:2013, foram desenvolvidos os protótipos residenciais com telhado de telha cerâmica e com telhado verde a base de alvenaria convencional a partir de blocos cerâmicos de 8 furos, além de calhas e condutores verticais para coletar a água pluvial que escoava do telhado. A estrutura desses protótipos foi elaborada seguindo a metodologia utilizada por Maronez e Carraro (2017), com algumas adaptações.

Para isso, inicialmente foi realizada modelagem 3D dos protótipos, adotando medidas adequadas para sua estrutura e especificando todas as etapas da construção do telhado verde com o intuito de tornar mais eficiente o processo de execução. Os dois protótipos foram elaborados com dimensões internas de 1,00 x 1,20 m (área interna de 1,20 m<sup>2</sup>), com altura de 1,0 m e declividade de 35%. A modelagem foi realizada através do software Revit – versão estudantil (2020), que se trata de um software BIM da Autodesk. A Figura 4 representa a modelagem realizada.

**Figura 4 - Modelagem da construção dos protótipos**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Após a obtenção das dimensões dos protótipos residenciais evidenciadas com base na planta baixa e na modelagem 3D, foi possível realizar a compra dos materiais com maior precisão. Na Tabela 1 estão descritos os materiais utilizados para a execução da estrutura e suas

respectivas quantidades que foram adquiridos nas lojas de materiais de construções na cidade de Araruna/PB.

**Tabela 1 - Materiais da estrutura dos protótipos residenciais**

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>
Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação de 8 furos (14,0 x 19,0 x 19,0 cm)	300
Areia média (m)	Meio metro
Cimento Portland CP II – F – 32 (50,0 kg)	2
Telhas de barro/cerâmica, tipo colonial	140
Caibros de madeira mista (m)	15

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Para a execução, os dois protótipos foram realizados igualmente em relação a base e vedação, com processo construtivo de alvenaria convencional, cujas paredes foram construídas com tijolo cerâmico de oito furos circulares, assentados com argamassa de cimento e areia.

Vale salientar que a área referente a construção dos protótipos foi ideal, tendo em vista que antes era um espaço utilizado para comportar algumas caixas d'água da instituição e que ao passar do tempo foram transferidas para outro local, deixando a base e o piso propícios para a construção desse estudo. Além disso, o local também permite que a incidência solar ocorra diretamente nos protótipos sem nenhum tipo de influência de outras coberturas, pois apesar de existir uma árvore próxima, levou-se em consideração a orientação solar adequada, de modo a não permitir a influência desta árvore sobre os protótipos.

Assim, logo após a verificação da base, iniciou-se primeiro o levantamento da estrutura com a alvenaria convencional, deixando um espaço para a aferição das temperaturas. Posteriormente a argamassa para o revestimento foi incorporado a estrutura. O processo de levantamento da alvenaria e o revestimento podem ser visualizados nas Figuras 5-A e 5-B, respectivamente.



**Figura 5 – Estrutura dos protótipos A) Levantamento da alvenaria e B) Etapa de revestimento**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Em seguida, foi realizada a etapa de cobertura com telhas cerâmicas do modelo colonial apoiadas em estrutura de madeira em ambos os protótipos para posteriormente ser aplicado o telhado verde. Ademais, foram confeccionadas as portas de PVC e os protótipos foram pintados com a cor branca, tendo em vista que conforme a ABNT NBR 15.520-3:2005, a cor externa das edificações também desempenha grande importância, pois interfere diretamente no aquecimento dos ambientes, dessa forma, optou-se por uma cor clara para absorver menor quantidade de radiação solar. Na Figura 6-A pode ser visualizada a etapa de cobertura e na Figura 6-B destaca-se as portas produzidas e os protótipos após a pintura.

**Figura 6 - Cobertura e pintura dos protótipos A) Aplicação das telhas cerâmicas e B) Pintura dos protótipos**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

É importante mencionar que os dois protótipos foram desenvolvidos com a mesma orientação solar, com inclinação de 35% para o oeste, sendo a única direção possível para execução, tendo em vista que se fossem nas direções norte ou sul, um protótipo sofreria influência do outro, enquanto que se fossem direcionados para o leste, o protótipo com telhado verde sofreria influência de uma árvore localizada próximo ao espaço do estudo.

Em relação a escolha da inclinação de 35%, foi considerada por ser um valor usual nas telhas cerâmicas do modelo colonial e recomendação dos fabricantes, bem como pelo fato de que, conforme Jesus (2018), 35% é o máximo valor de inclinação permitida para aplicação do telhado verde.

Além disso, um dos protótipos foi submetido a aplicação do telhado verde para que a análise dos dados de conforto térmico e retenção de água pluvial pudesse ser realizada. Desta forma, para executar o telhado verde, utilizou-se de cinco camadas, com exceção das telhas cerâmicas que lhe serviram de base. Ainda, uma questão foi analisada sobre o tipo de vegetação e a classificação do telhado verde que indica sobre os dois principais fatores que diferenciam sua aplicação: manutenção e método de aplicação.

### ***3.3.1 Aplicação do Telhado Verde***

Para a instalação do telhado verde, as camadas evidenciadas consistem na regularização, camada de drenagem, camada filtrante, substrato e vegetação. O telhado verde utilizado no estudo foi do tipo extensivo por compreender um tipo de cobertura mais simples e de alta resistência, sem necessidade de manutenções frequentes, com uma aplicação contínua.

Ademais, o tipo de telhado verde também foi escolhido pela abordagem de Saddi e Moura (2010), em que a vegetação do tipo extensivo deve ser bem resistente ao frio, calor e seca, como gramas, ervas e etc., que são mais presentes no local de estudo. Na forma de aplicação, optou-se pelo tipo contínua com a instalação direta na base de telha cerâmica. Os materiais utilizados nas camadas do telhado verde estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Materiais das camadas do telhado verde**

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>
Lona plástica preta (m)	3,0
Tecido Não Tecido (TNT) (m)	4,0
Argila expandida (kg)	86,0
Manta de drenagem Bidim (unidade)	4,0
Terra vegetal (kg)	36,0
Grama esmeralda (m)	3,0

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Esses materiais utilizados para o desenvolvimento das camadas do telhado verde foram adquiridos em lojas de materiais de construções e empresas de paisagismo no município de João Pessoa/PB, durante o mês de setembro de 2022 em virtude de sua ausência no comércio de Araruna/PB. É importante mencionar que o quantitativo de materiais foi sendo realizado inicialmente com base em valores médios de estudos anteriores para protótipos de áreas semelhantes, bem como do bom senso do projetista, de modo a não faltar material nem gerar desperdícios, evidenciando a viabilidade técnica e econômica.

### *3.3.1.1 Camada de Regularização*

Em relação a primeira camada, sua constituição corresponde a implantação de três camadas de lona plástica preta complementadas de uma camada de Tecido Não Tecido (TNT) para evitar o excesso de umidade no contato com a telha cerâmica. Tem-se, portanto, uma camada impermeável, evitando problemas de umidade na estrutura e consequente desconforto aos moradores. Essa etapa pode ser evidenciada na Figura 7.

**Figura 7 - Execução da camada de regularização**

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

### 3.3.1.2 *Camada de Drenagem*

Na camada de drenagem destacou-se a utilização da argila expandida com espessura de 2,0 cm, verificando-se sua eficiência na condição de drenante e como um material mais leve para a estrutura, uma vez que conforme Kreutzfeld (2018), as argilas expandidas tem menor peso específico, pelo fato de conseguirem absorver boa parcela de água, além de auxiliar a vegetação em período de estiagem e evitar rupturas na manta for seu aspecto arredondado. A execução da etapa de drenagem é apresentada na Figura 8.

**Figura 8 - Execução da camada de drenagem**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

### 3.3.1.3 *Camada Filtrante*

Em relação à camada filtrante, optou-se pela utilização de uma manta geotêxtil germinadora permeável, servindo de filtro para que a água passe e que a terra do substrato fique retida. Assim, tendo a função de filtrar a água, essa manta geotêxtil também reduz as chances de entupimento dos drenos e tem grande relevância na estrutura do telhado verde (RODRIGUES et al., 2020). Na Figura 9 está apresentada a aplicação da manta geotêxtil como camada filtrante.

**Figura 9 - Execução da camada filtrante**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

#### *3.3.1.4 Camada de Substrato*

Em se tratando da camada de substrato, utilizou-se uma mistura de terra composta e terra vegetal para unir os nutrientes presentes em ambas com espessura de 3,0 cm. Segundo o fabricante da “Fértil Vida – Produtos Agrícolas”, essa terra vegetal corresponde a um produto natural e com preparo proveniente de areia e composto orgânico e matéria orgânica, sem pragas e sem ervas daninhas. Neste sentido, a mistura proposta foi realizada para satisfazer todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento da grama esmeralda aplicada no telhado verde. Quanto à aplicação do substrato na estrutura do telhado verde, pode-se verificar na Figura 10.

**Figura 10 - Execução da camada de substrato**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

### 3.3.1.5 Camada de Vegetação

Com base nas condições climáticas local de estudo e de sua disponibilidade, o tipo de vegetação utilizada foi a grama esmeralda (*Zoysia japônica*), pois possui pouca necessidade de irrigação e manutenção, além de apresentar boa resistência e ser mais comum na região Nordeste, com menor custo. Contudo, nas questões relacionadas à irrigação dos primeiros dias após o plantio, Raats (2005) constatou em seu estudo, a necessidade de irrigação diariamente para auxiliar o desenvolvimento da grama esmeralda, essencialmente no período da manhã e no final da tarde ou à noite, caso necessário em dias muito quentes. Assim, para melhor aplicá-la, essas recomendações foram seguidas, com irrigação no início da manhã e no final da tarde. A Figura 11 representa a camada de grama esmeralda.

**Figura 11 - Execução da camada de vegetação**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Também foi necessário considerar o peso do telhado verde desse tipo extensivo para certificar que de fato a base de telha cerâmica suportaria essa aplicação, com isso, foi verificado que o protótipo construído suporta a carga do telhado verde, tendo em vista que o telhado extensivo apresenta um peso em média de  $80 \text{ kg/m}^2$  (SILVA, 2011) e de acordo com a ABNT NBR 15.310:2009 a telha cerâmica do modelo colonial apresenta uma carga de ruptura superior.

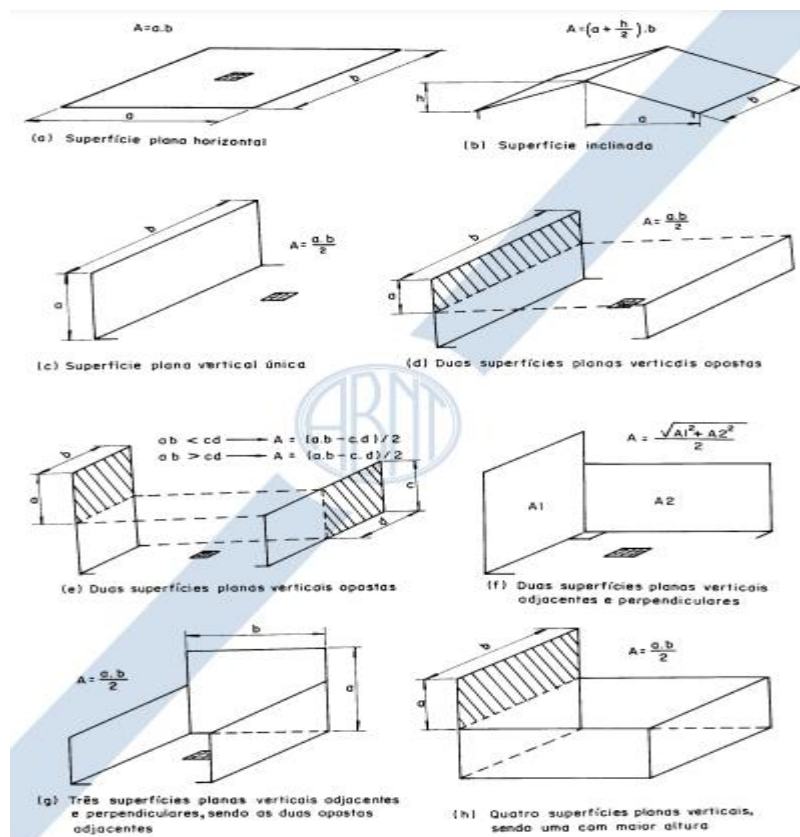
### 3.3.2 Sistema de águas pluviais

Na continuação da construção dos protótipos foram abordadas questões acerca do sistema de águas pluviais que são relevantes no processo de execução da calha e do condutor vertical para suportar a vazão estimada. Para tal, apropriou-se das recomendações da ABNT NBR 10.844:1989 que trata das instalações prediais de águas pluviais que consiste em um sistema com tubulações responsáveis por recolher e conduzir a vazão de projeto para os locais adequados, compreendendo aspectos de intensidade pluviométrica, tempo de retorno, tempo de duração e tempo de concentração. Assim, alguns pontos importantes são a determinação da área de contribuição para o dimensionamento da calha e do condutor vertical.

#### 3.3.2.1 Determinação da área de contribuição

A referência utilizada para verificar a área de contribuição do telhado para o sistema de águas pluviais foi considerada com base nas recomendações da Figura 12 da ABNT NBR 10.844:1989 para uma superfície plana inclinada.

**Figura 12 - Indicações para cálculos da área de contribuição**



Fonte: ABNT NBR 10.844 (1989).

Assim, considerando o telhado de superfície inclinada para o cálculo da área de contribuição, pode-se destacar a utilização da Equação “d” da norma ABNT NBR 10.844:1989, resultando em uma área de 1,83 m<sup>2</sup>.

$$A = \left(1,50 \text{ m} + \frac{0,05\text{m}}{2}\right) \times 1,20 \text{ m} = \mathbf{1,83 \text{ m}^2}$$

### 3.3.2.2 Determinação da calha

Para dimensionamento da única calha existente no projeto, também se seguiu as recomendações da ABNT NBR 10.844:2009 com a Fórmula de Manning-Strickler como descrita posteriormente. Vale ressaltar que devido à carência de dados do município de Araruna/PB, as determinações de tempo de retorno e intensidade pluviométrica com base na cidade de João Pessoa/PB que é a capital do estado e por ser a localidade mais próxima com acesso a esses dados na norma citada.

Assim, conforme a ABNT NBR 10.844:2009, a cidade de João Pessoa/PB para uma precipitação fixada de 5 minutos e um tempo de retorno de 5 anos para coberturas e terrações, tem-se uma intensidade pluviométrica de 140 mm/h. A calha foi adotada com formato circular de 100 mm de diâmetro que atende as especificações de projeto, com o cálculo da vazão de projeto menor que a vazão suportada. Neste sentido, para verificar essa constatação, foi realizado o cálculo da vazão de projeto com base na Equação 1.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

Onde I e A são, respectivamente, a intensidade pluviométrica e a área de contribuição.

$$Q = \frac{140 \text{ mm/h} \times 1,83 \text{ m}^2}{60} = \mathbf{4,27 \text{ Litros/minuto}}$$

Já em relação à vazão suportada, esta foi calculada com base na Equação 2 que representa a Fórmula de Manning-Strickler que foi idealizada por meio de hipóteses em relação à precipitação pluvial. Como mencionado anteriormente, o dado de intensidade pluviométrica foi utilizado com base na cidade de João Pessoa/PB, além disso, a área e o perímetro molhado foram calculados com base no formato circular escolhido com o diâmetro de 100 mm, com



declividade mínima de 0,005 e coeficiente de Manning de 0,011 que equivale ao material plástico.

$$Q = \frac{K}{n} \times \left( \frac{A_m^{5/3}}{P_m^{2/3}} \right) \times i^{1/2} \quad (2)$$

Onde: K = Constante de 60000;

$A_m$  = Área Molhada;

$P_m$  = Perímetro Molhado;

n = Coeficiente de Manning de 0,011;

i = Declividade Mínima = 0,005.

$$Q = \frac{60000}{0,011} \times \frac{(0,002599\text{m})^{5/3}}{(0,10472\text{m})^{2/3}} \times (0,005)^{1/2}$$

$$Q = 85,29 \text{ Litros/minuto}$$

Neste sentido, a calha adotada circular de diâmetro de 100 mm para cada protótipo atende as especificações de projeto, pois a vazão suportada de 85,29 Litros/minuto foi superior que a vazão calculada de 4,27 Litros/minuto, constatando um resultado satisfatório.

### 3.3.2.3 Dimensionamento do condutor vertical

Para o dimensionamento do condutor vertical, foi considerado um único condutor vertical já que a vazão não foi tão excessiva. Assim, considerando a vazão de 4,27 litros/minuto, foi adotado um cano de 40 mm que atende a vazão calculada. Por fim, foram utilizados baldes plásticos graduados para que a água pluvial proveniente do telhado pudesse ser armazenada e contabilizada. Os materiais utilizados nesse processo foram adquiridos nas lojas de materiais construções na cidade de Araruna/PB e estão representados na Tabela 3, enquanto na Figura 15 está demonstrado o sistema de águas pluviais nos protótipos residenciais.

**Tabela 3 - Materiais do sistema de águas pluviais**

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>
Cano de diâmetro de 100 mm (m)	3,0
Cano de diâmetro de 40 mm (m)	1,5
Tê 100 x 50 mm	2,0
Redução 50 x 40 mm	2,0
Tampão de 100 mm	4,0
Balde plástico (7 L)	2,0

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

**Figura 13 - Execução da camada de vegetação**

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

### **3.4 Variáveis Analisadas e Metodologias para Avaliação dos Benefícios**

A coleta de dados desse estudo foi dividida em duas partes: na primeira parte contendo as variáveis que representa todas as formas de transferências de calor e que podem influenciar no conforto térmico, como temperatura do ar, temperatura de globo preto, umidade relativa e temperatura global com termômetro úmido com a intenção de evidenciar a diferença entre os protótipos em relação ao conforto térmico; e na segunda parte, identificar o volume escoado e nos telhados, bem como seus respectivos coeficientes de escoamento.

Logo, a primeira parte do estudo estava direcionada para questões relativas ao conforto térmico e embasou-se na pesquisa de Chagas et al. (2018), enquanto a segunda parte foi voltada para retenção de água pluvial, com base no estudo de Correia Filho (2014). Para melhor compreensão, as descrições dessas variáveis estão representadas no Quadro 2.

**Quadro 2 - Variáveis de conforto térmico e retenção de água pluvial**

Variável	Descrição	Autores
<b>Conforto Térmico</b>		
Temperatura do Ar (TA)	Representa a temperatura ao redor do corpo humano, relacionada com a transferência de calor entre o homem e o ambiente que o envolve.	Torres (2016)
Temperatura de Globo Preto (TG)	Trata-se da temperatura de equilíbrio aferida com base no centro da esfera oca de cobre.	Oliveira et al. (2014)
Umidade Relativa (UR)	Caracteriza-se pela relação entre a quantidade de vapor de água na atmosfera e a umidade potencial.	Araújo (2022)
Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG)	Caracteriza-se pela avaliação da exposição ocupacional ao calor, considerando temperatura, velocidade e umidade do ar, bem como o calor radiante.	NHO 06 (2017)
<b>Retenção de Água Pluvial</b>		
Volume de Águas Pluviais Escoado	Trata-se do escoamento excedente da precipitação pluvial.	Maronez e Carraro (2017)
Coefficiente de Escoamento (C)	Diz respeito ao percentual da precipitação que se transforma em escoamento.	Collischonn e Dornelles (2013)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

### 3.4.1 Conforto Térmico

O estudo voltado para análise do conforto térmico ocorreu durante três dias consecutivos, com aferições de temperaturas no interior dos a cada hora, entre 6 horas até 5 horas da manhã do dia seguinte, fechando as 24 horas por dia, no período de 02, 03 e 04 de novembro de 2022, os quais foram favoráveis para a coleta de dados por terem sido dias ensolarados e sem eventos de chuva. Com base nos valores dos três dias, foi realizada uma média de cada hora para melhor análise dos dados. O instrumento de coleta dessas temperaturas foi composto por um termômetro de globo, do tipo ITWTG-2000 da Instrutemp, concedido pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), demonstrado na Figura 14.

**Figura 14 - Termômetro de globo utilizado no estudo**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

### 3.4.2 Retenção de Águas Pluviais

A segunda parte do estudo foi direcionada para questões referentes à retenção de águas pluviais analisadas a partir de dois métodos, sendo eles o ensaio de retenção e o Software GreenRoofs. Para os ensaios de retenção, foi confeccionada uma estrutura de simulação de chuvas, tendo em vista que não foi possível executar os ensaios com a precipitação em tempo real, já que o período de análise não contou com uma quantidade representativa de eventos chuvosos.

Assim, foi realizado um simulador de chuvas e tais simulações ocorreram durante três dias consecutivos às 22:00 horas de cada dia, nos dias 20, 21 e 22 de novembro de 2022, levando em consideração o fato de que no período da noite, a evapotranspiração é praticamente desprezível e pode-se posteriormente utilizá-la como nula para comparação no Software GreenRoofs, sempre com o valor de 18 litros para cada protótipo em cada dia, de modo que a simulação foi cessada após a simulação de chuva com esses 18 litros. A água escoada foi armazenada no balde plástico e posteriormente foram analisados os valores escoados e realizada uma média dos três dias, além de calcular os coeficientes de escoamento pela razão entre o volume escoado e o volume precipitado, conforme Equação 3.

$$C = \frac{\text{Volume Escoado}}{\text{Volume Precipitado}} \quad (3)$$

Onde: C = Coeficiente de escoamento.

Com os dados de precipitação e evapotranspiração foi possível calibrar o Software utilizado e comparar com os volumes escoados e os coeficientes de escoamento. A Figura 15-A apresenta a estrutura do simulador de chuva utilizado na pesquisa e a Figura 15-B indica o sistema de bomba utilizado.

**Figura 15 - Simulador de chuva A) Estrutura do simulador e B) Sistema de bomba utilizado**

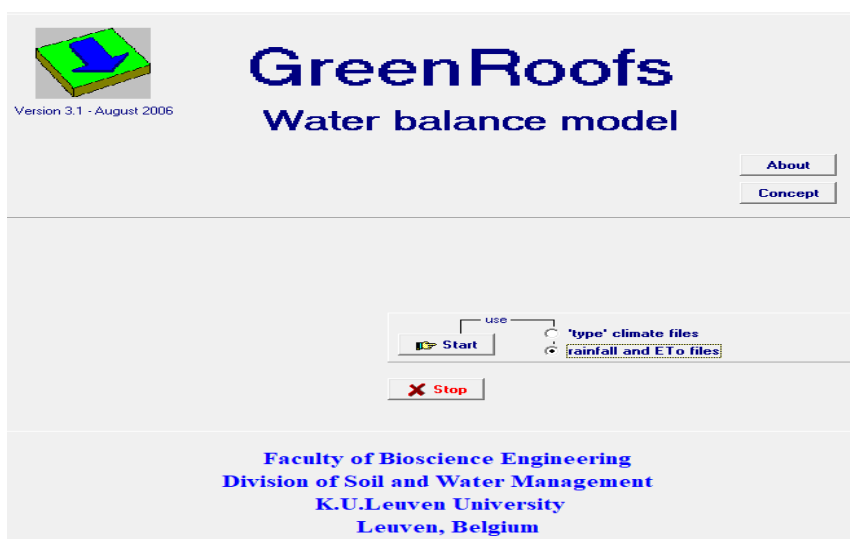


Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Outro ponto importante é que foi necessária a realização deste simulador ao invés dos regadores, para tornar a precipitação mais uniforme. Por isso, foram utilizadas tubulações de 30 mm de diâmetro para a área externa de 1,30 x 1,50 m (1,95 m<sup>2</sup>), com seis canos na parte superior e 129 furos em cada cano, espaçados de 3 cm na vertical e 1,5 cm na horizontal.

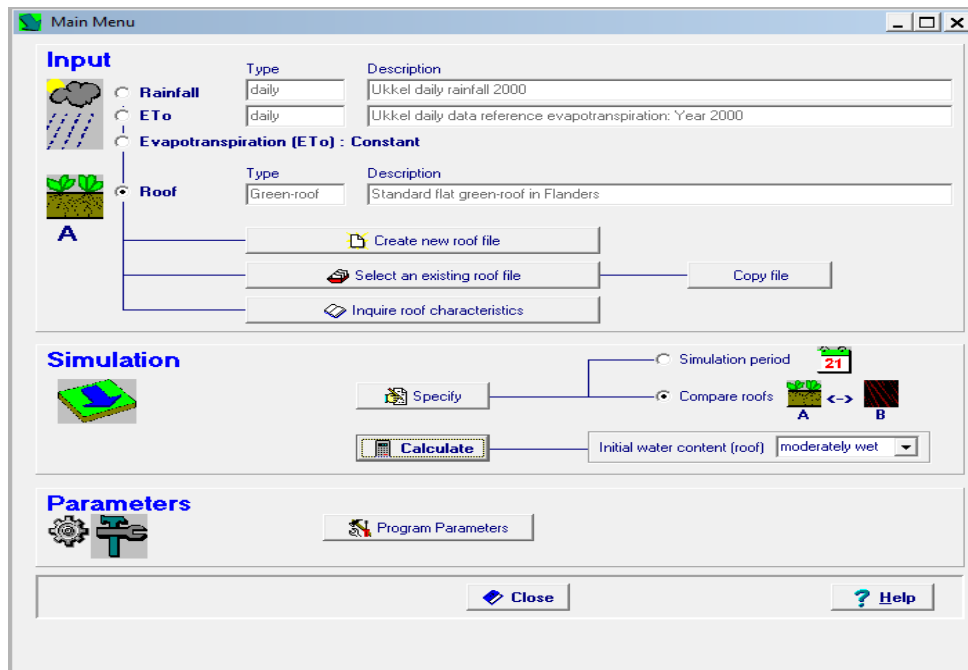
Com isso, para comparar os dados obtidos nos ensaios de retenção, foi utilizado o Software GreenRoofs com dados de precipitação e evapotranspiração do município de Araruna/PB. Além disso, o software também estima a diferença na quantidade de água retida entre o telhado de telha cerâmica e o telhado verde durante o período de um ano, favorecendo o entendimento deste benefício estudado. A Figura 16, 17 e 18 demonstram a interface do software, o local de inserção dos valores e o local de obtenção dos resultados, respectivamente.

**Figura 16 - Interface do software GreenRoofs**



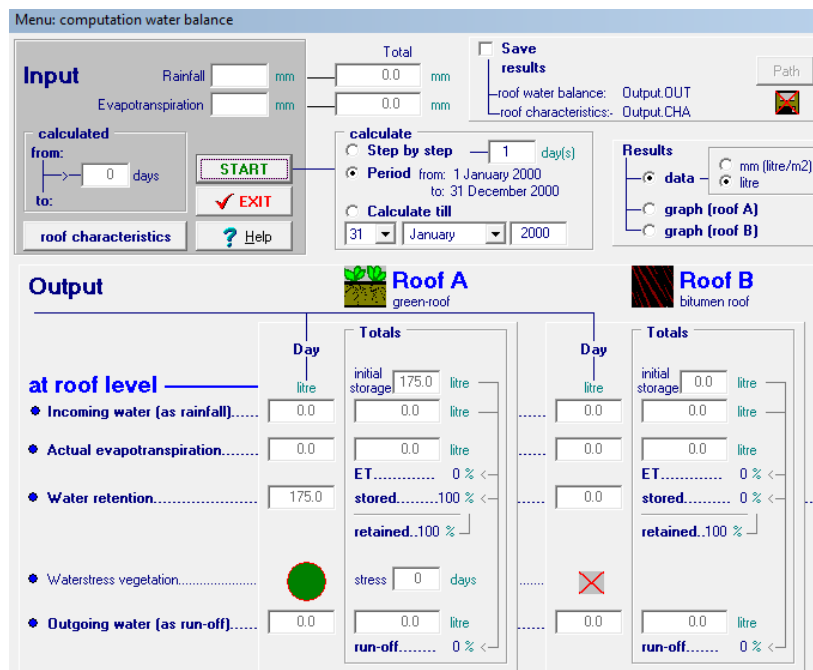
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 17 - Local de inserção dos dados do software GreenRoofs



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 18 - Local de obtenção dos resultados do software GreenRoofs



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

O software utilizado intitulado de GreenRoof - Water balance model - version 3.1 - august - (2006), foi idealizado e criado na *Faculty of Bioscience Engineering, Division of Soil and Water Management, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium*. Através da referida

metodologia, foi possível aplicar os dados de precipitação e evapotranspiração da cidade de Araruna/PB.

Neste sentido, os dados de precipitação do município foram obtidos da Estação hidrometeorológica do Campus VIII/CCTS, que fornece dados de temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento. Assim, para obtenção dos dados de evapotranspiração, foi realizada a estimativa através da formulação do Método de Blaney-Criddle, resultando um valor médio mensal. A Equação 4 representa a Fórmula do Método Blaney-Criddle.

$$ETP = (0,457 \times T + 8,13) \times p \quad (4)$$

Onde: ETP = Evapotranspiração mensal;

T = Temperatura média anual;

p = Porcentagem de horas diurnas do mês sobre o total de horas diurnas do ano.

Como mencionado anteriormente, os dados de temperaturas mensais foram obtidos através da Estação hidrometeorológica do Campus VIII/CCTS e o valor de “p” foi obtido para cada mês considerando conforme a Figura 19, para a coordenada geográfica de latitude de Araruna/PB que chega a aproximadamente 36° S.

**Figura 19 - Valores da porcentagem mensal das horas de luz solar (p), para as latitudes Norte e Sul, segundo Blaney-Criddle**

lat N	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
48°	6,1	6,4	8,3	9,2	10,6	10,8	10,8	9,9	8,4	7,5	6,2	5,8
44	6,4	6,6	8,3	9,0	10,3	10,4	10,5	9,7	8,4	7,6	6,5	6,2
40	6,7	6,8	8,3	8,9	10,0	10,1	10,2	9,5	8,4	7,8	6,7	6,5
36	7,0	6,9	8,3	8,8	9,8	9,8	10,0	9,4	8,4	7,9	6,9	6,8
32	7,2	7,0	8,4	8,8	9,7	9,6	9,8	9,3	8,3	8,0	7,1	7,0
28	7,4	7,1	8,4	8,7	9,5	9,4	9,6	9,2	8,3	8,0	7,3	7,2
24	7,6	7,2	8,4	8,6	9,3	9,2	9,4	9,0	8,3	8,1	7,4	7,4
20	7,8	7,3	8,4	8,5	9,2	9,0	9,3	8,9	8,3	8,2	7,6	7,6
16	7,9	7,4	8,4	8,4	9,0	8,8	9,1	8,8	8,3	8,2	7,7	7,8
12	8,1	7,5	8,4	8,4	8,9	8,7	8,9	8,8	8,3	8,3	7,9	8,0
8	8,2	7,6	8,5	8,3	8,7	8,5	8,8	8,7	8,2	8,4	8,0	8,2
4	8,4	7,7	8,5	8,3	8,6	8,4	8,6	8,6	8,2	8,4	8,1	8,3
0	8,5	7,7	8,5	8,2	8,5	8,2	8,5	8,5	8,2	8,5	8,2	8,5
lat S	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
4°	8,6	7,8	8,5	8,2	8,4	8,1	8,4	8,4	8,2	8,5	8,3	8,7
8	8,8	7,9	8,5	8,1	8,3	7,9	8,2	8,3	8,2	8,6	8,5	8,8
12	8,9	8,0	8,5	8,0	8,1	7,7	8,1	8,2	8,2	8,7	8,6	9,0
16	9,1	8,0	8,6	8,0	8,0	7,6	7,9	8,1	8,2	8,7	8,7	9,1
20	9,3	8,1	8,6	7,9	7,8	7,4	7,8	8,0	8,1	8,8	8,9	9,3
24	9,4	8,2	8,6	7,8	7,7	7,2	7,6	7,9	8,1	8,9	9,0	9,5
28	9,6	8,3	8,6	7,7	7,5	7,0	7,4	7,8	8,1	8,9	9,2	9,8
32	9,9	8,4	8,7	7,7	7,4	6,8	7,2	7,6	8,1	9,0	9,4	10,0
36	10,1	8,5	8,7	7,6	7,2	6,6	7,0	7,5	8,0	9,1	9,5	10,3
40	10,3	8,6	8,7	7,5	6,9	6,3	6,8	7,3	8,0	9,2	9,7	10,5

Fonte: Adaptado de Doorenbos e Fruitt, 1977.

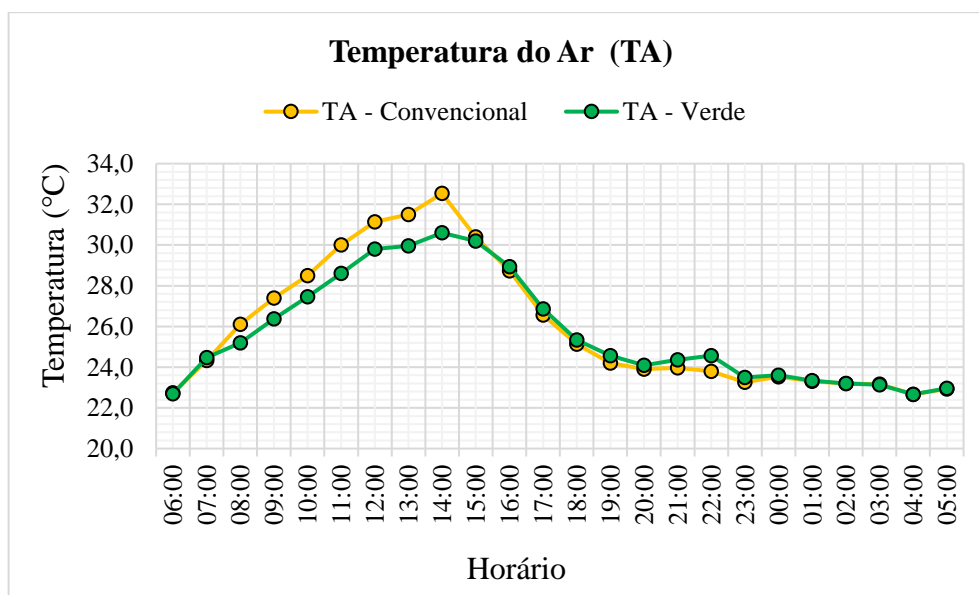
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Conforto Térmico

O surgimento da aplicação de telhados verdes como alternativa para a melhoria de edificações em relação ao conforto térmico vem tornando-se cada vez mais frequente. Para constatar essas melhorias, a verificação de alguns indicadores é de grande relevância, como Temperatura do Ar (TA), Temperatura de Globo (TG), Umidade Relativa (UR) e Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG), uma vez que elas acabam englobando todas as formas de transferência de calor necessárias ao conforto térmico.

Como todas as análises foram realizadas em triplicata (três dias consecutivos), foram calculadas as médias de todos os parâmetros a cada hora para uma melhor confiabilidade e realizar a análise dos resultados ao longo do dia. Na Figura 20 podem ser visualizados os resultados da análise da temperatura do ar nos protótipos residenciais com e sem o telhado verde.

**Figura 20 - Dados da temperatura do ar**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

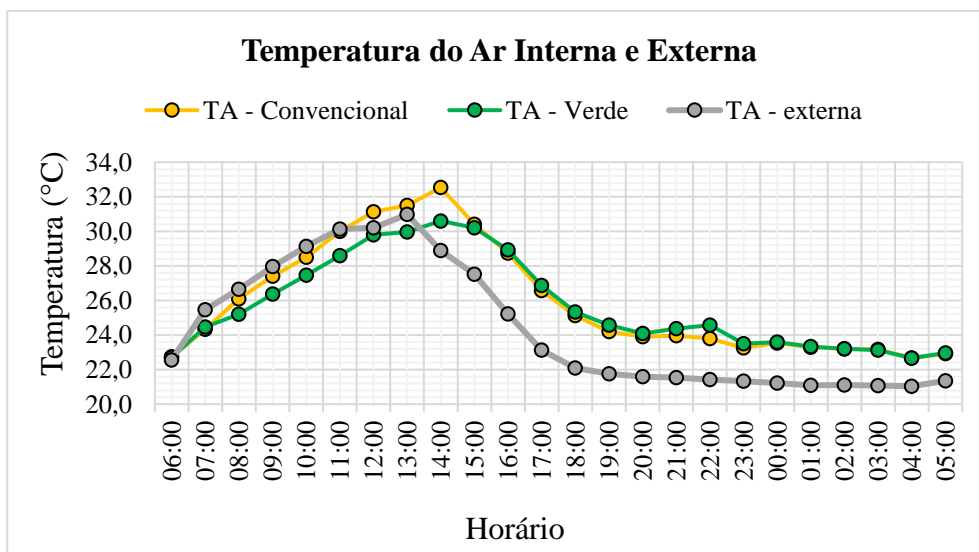
A temperatura do ar apresentou diferenças notórias entre os dois protótipos no período entre 7 horas e 16 horas, sendo observada redução de até 1,4 °C às 11 horas. Esses valores demonstram a redução de temperatura do telhado verde em relação ao telhado convencional nos horários de maior temperatura, ao passo que se mantiveram mais quentes nos momentos



mais frios do dia. Uma das principais questões que influenciam a TA é a perda de calor pela diferença de temperatura entre o corpo e o ar, ou seja, com transferência de calor pela convecção. Logo, isso explica o fato tal qual as coberturas vegetais tendem a ter valores de TA menores aos de telhado convencional em momentos mais quentes, pois com as altas temperaturas superficiais, aumenta-se a variação em relação à temperatura ambiente, além de ter menor rugosidade da superfície e pelo “aprisionamento de ar” que ocorre no interior da vegetação no telhado verde (DIAS, 2016).

Ademais, para verificar o desempenho térmico dos protótipos, deve-se satisfazer os limites apresentados das temperaturas do ar interna e externa, pela ABNT NBR 15.575-1:2013. Para isso, foram considerados os valores de temperatura do ar externa com base nos dados da Estação Hidrometeorológica citada na metodologia e esses valores estão comparados com os de temperatura interna na Figura 21. Já na Figura 22 estão os critérios de desempenho térmico nos patamares de Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S).

**Figura 21 - Dados da temperatura do ar interna e externa**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

**Figura 22 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão**

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1 \text{ } ^\circ\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$

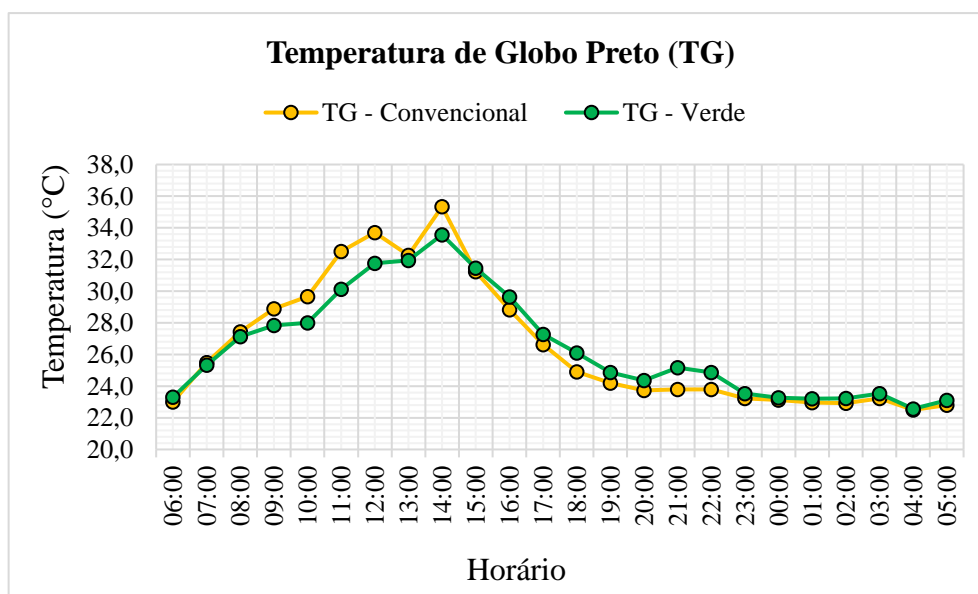
$T_{i,máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 $T_{e,máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 $T_{i,mín.}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 $T_{e,mín.}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: ABNT NBR 15.575-1 (2013).

Segundo a ABNT NBR 15.575-1:2013, para a zona bioclimática 8, o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação ( $T_{i,máx.}$ ) deve ser menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar no exterior da edificação ( $T_{e,máx.}$ ) para ter um desempenho térmico mínimo. Portanto, apenas o protótipo com telhado verde atende a essa exigência, pois verifica-se que  $30,6\text{ °C}$  é inferior a  $31\text{ °C}$ . O cumprimento dos critérios de desempenho térmico foi realizado apenas para a condição de verão, pois de acordo com a norma, na zona bioclimática 8, esse critério não precisa ser verificado.

Após a verificação da temperatura do ar no interior dos protótipos, foram aferidos os valores de temperatura de globo preto. Na Figura 23 podem ser visualizados os resultados da análise da temperatura de globo preto nos protótipos residenciais com e sem o telhado verde.

**Figura 23 - Dados da temperatura de globo preto**



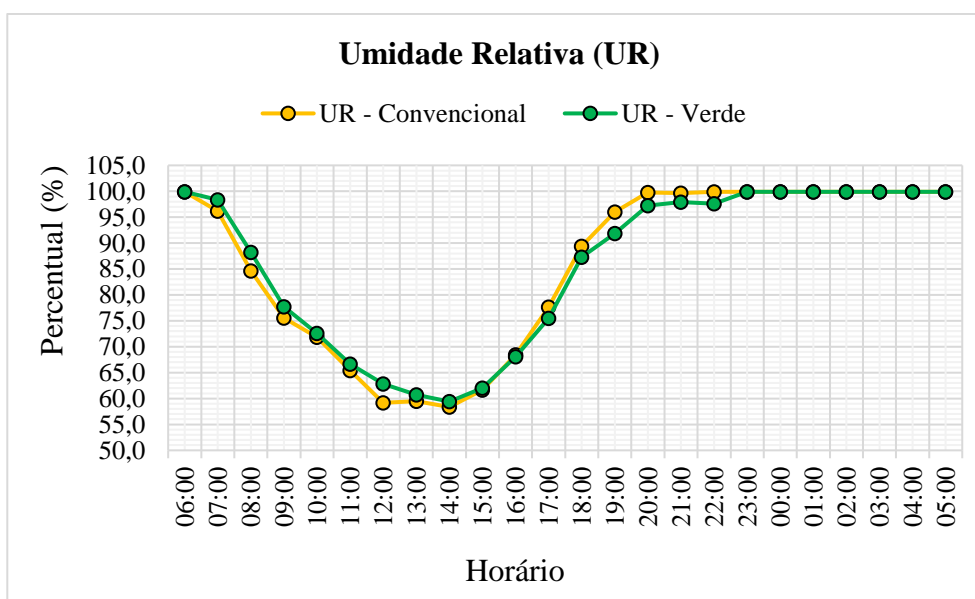
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A partir do gráfico representado na Figura 23, observou-se que a temperatura de globo preto do telhado verde diferiu consideravelmente, apresentando também menores valores que o telhado convencional entre os horários de 7 horas às 15 horas (com diferença máxima de  $2,5\text{ °C}$  às 11 horas). Já a partir das 16 horas, os valores do telhado convencional foram inferiores ao telhado verde. Diante dos resultados, infere-se que a presença da vegetação influenciou na redução da temperatura em momentos mais quentes do dia, pois segundo Maronez e Carraro (2017) a cobertura vegetal tende a reduzir a radiação solar, podendo-se ser justificado pelo processo da evapotranspiração.

De acordo com Ferreira (2008) a cobertura apresenta um dos aspectos mais importantes na absorção de radiação no processo de fotossíntese, uma vez que pode captar grande parte da energia e liberar na evapotranspiração, além da espessura da cobertura verde que também atua como uma manta isolante, pois quanto maior a espessura do telhado verde mais fácil a temperatura interna sofre redução. Neste sentido, a partir das 16 horas como se tem uma inversão térmica, com o telhado verde portando maiores temperaturas que o telhado convencional, compreende-se que as temperaturas tendem a aumentar à medida que diminui a evapotranspiração.

Já em relação ao parâmetro de umidade relativa, deve-se entender que ela provem de aspectos fundamentais relacionados à vegetação e ao ciclo hídrico, logo, ao buscar regular o regime pluviométrico e a maior concentração de áreas verdes, há uma intervenção na umidade através da evaporação e evapotranspiração, respectivamente (LAMBERTS, 2016). Com o intuito de analisar o comportamento que compõe a umidade relativa, os dados foram dispostos em um gráfico que está apresentado na Figura 24.

**Figura 24 - Dados da umidade relativa**



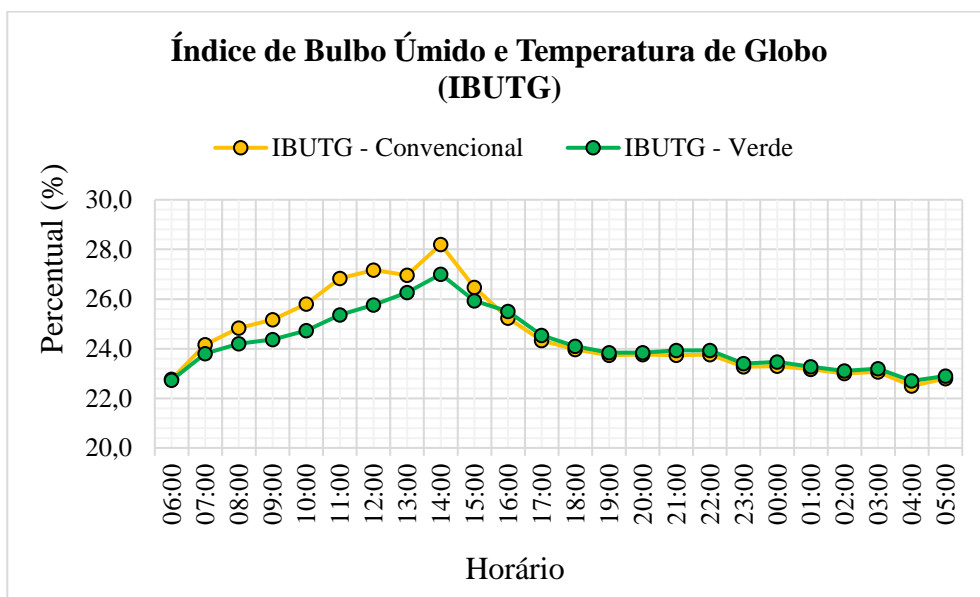
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Observou-se que houve diferença de UR entre os protótipos, apresentando comportamento inversamente proporcional à temperatura, de forma que, os protótipos obtiveram uma umidade relativa menor com temperaturas mais elevadas (diferença máxima de 3,7% às 12 horas) e conseqüentemente uma umidade relativa maior com temperaturas mais amenas (variação de até 4,1% às 19 horas).

Ademais, percebeu-se que o protótipo com cobertura vegetal obteve valores maiores no período mais quente comparados ao telhado convencional, ao passo que entre 16 horas e 22 horas, os valores do telhado convencional foram superiores. Já no período da madrugada, não houve variação entre os protótipos, esse comportamento está atrelado ao processo de menor eficiência da evaporação em períodos mais frios quando a umidade relativa externa é mais elevada, pois o fato da umidade externa aumentar, resulta em uma maior dificuldade de remoção do calor pela evaporação (LAMBERTS, 2016).

Por fim, observou-se o parâmetro de Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo que é o mais importante desse estudo de conforto térmico, tendo em vista que é utilizado para demonstrar a sensação térmica, reunindo e avaliando o *stress* térmico que um indivíduo está exposto tanto em situações ambientais extremas de calor como de frio (ARANTES, 2013). Os valores encontrados para o IBUTG nos protótipos residenciais estão apresentados na Figura 28.

**Figura 25 - Dados do índice de bulbo úmido e temperatura de globo**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

No que diz respeito à análise do IBUTG, observou-se que houve uma diferença entre os dois protótipos, apresentando uma redução de temperatura do telhado verde comparado ao telhado convencional nos momentos mais quentes, com uma variação máxima de 1,5 °C no horário de 11 horas.

Esses resultados são menores que encontrados por Chagas et al. (2018) que teve os valores variando em média de 2° C nos momentos mais quentes, com variação máxima de 3° C às 11 horas. Esse valor pode se dá em razão da estrutura e do tipo de cobertura utilizada, uma

vez que em seu estudo as telhas eram de fibrocimento e a estrutura era de madeira e tem-se o entendimento de que, as telhas de fibrocimento apresentam maior absorção de calor (XAVIER, 2021). Nesse sentido, por conseguir absorver maior quantidade de calor, proporciona temperaturas mais elevadas e conseqüentemente sua variação em relação ao telhado verde tende a ser maior do que a que ocorre entre a cobertura vegetal e as telhas cerâmicas, demonstrando que as telhas cerâmicas apresentam melhor desempenho térmico que as de fibrocimento.

Silva (2021) cita que o tipo de estrutura também interfere no conforto térmico, logo, estruturas constituídas de madeira tendem a proporcionar um maior conforto térmico e equilíbrio ao ambiente, em virtude da característica de isolante térmico melhores que as telhas cerâmicas. Essas características conferem melhor desempenho térmico às edificações e também justificam as diferenças encontradas com o estudo de Chagas et al. (2018).

Contudo, o comportamento ocorreu de forma semelhante, com uma redução de temperatura no telhado verde em comparação ao telhado convencional nos momentos mais quentes e uma inversão térmica a partir das 16 horas, onde telhado verde passou a aquecer os protótipos de forma mais eficiente que o telhado convencional. Entretanto, no período mais frio, a vegetação atua como um isolamento sobre o substrato, de modo a auxiliar na redução das perdas de calor entre a cobertura e o exterior (DIAS, 2016). Dessa forma, pode-se apontar a melhor eficiência do telhado verde para diminuir a sensação térmica diante de temperaturas muito elevadas e proporcionar maior aquecimento nos momentos mais frios do dia.

## **4.2 Retenção de Águas Pluviais**

Na segunda parte do estudo foram analisados os volumes escoados nos ensaios de retenção e em seguida foram calculados os coeficientes de escoamento ou de deflúvio para ambos os protótipos para que pudessem ser comparados com os valores calculados pelo Software GreenRoofs.

Os resultados obtidos para os volumes escoados nos ensaios de retenção foram obtidos com base na simulação de chuva realizada nos dois protótipos durante três dias consecutivos às 22 horas que foi o horário em que a evapotranspiração pode ser considerada praticamente nula para calibrar o software. Para os valores obtidos de volumes escoados e, conseqüentemente, dos volumes retidos foi considerada uma média dos três dias e podem ser verificados na Tabela 4 para o protótipo de telhado convencional e na Tabela 5 para o protótipo de telhado verde.

**Tabela 4 - Avaliação da retenção de águas pluviais para o protótipo de telhado convencional**

<b>Ensaio</b>	<b>Volume de Precipitação (Litros)</b>	<b>Volume de Água Escocado (Litros)</b>	<b>Volume de Água Retido (Litros)</b>
Primeiro Ensaio	18	16,8	1,2
Segundo Ensaio	18	16,7	1,3
Terceiro Ensaio	18	16,1	1,9
<b>Média</b>	<b>18</b>	<b>16,5</b>	<b>1,5</b>

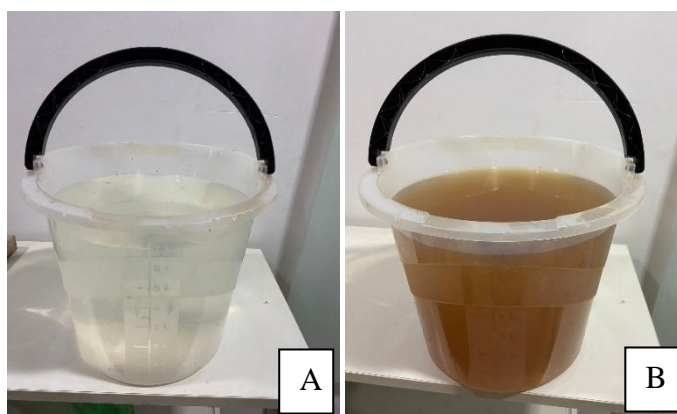
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

**Tabela 5 - Avaliação da retenção de águas pluviais para o protótipo de telhado verde**

<b>Ensaio</b>	<b>Volume de Precipitação (Litros)</b>	<b>Volume de Água Escocado (Litros)</b>	<b>Volume de Água Retido (Litros)</b>
Primeiro Ensaio	18	8,47	9,53
Segundo Ensaio	18	10,01	7,99
Terceiro Ensaio	18	8,58	9,42
<b>Média</b>	<b>18</b>	<b>9,02</b>	<b>8,98</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Durante o período dos ensaios de retenção, verificou-se a qualidade da água que escoou dos telhados. No caso do telhado verde, embora tenha sido utilizado um filtro de garrafa pet com algodão, areia e britas de granulometrias variadas, a água foi visualizada com um aspecto escuro, conforme analisado nas Figuras 26-A e 26-B demonstram a água escoada do telhado convencional e do telhado verde, respectivamente.

**Figura 26 - Qualidade da água A) Água escoada do telhado convencional e B) Água escoada do telhado verde**

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Deste modo, com a análise do volume de água retido obteve-se a média de 8,98 Litros para o telhado verde e 1,5 Litros para o telhado convencional. Em seguida, foi calculado o coeficiente de deflúvio que é a razão entre o volume escoado e o volume precipitado, para melhor compreender a eficiência dos telhados na retenção de águas pluviais, em que C1 e C2 são os coeficientes de escoamento do telhado convencional e do telhado verde, respectivamente.

$$C1 = \frac{16,5 \text{ Litros}}{18 \text{ Litros}} = 0,92 = 92\%$$

$$C2 = \frac{9,02 \text{ Litros}}{18 \text{ Litros}} = 0,50 = 50 \%$$

Assim, foi possível calibrar o Software GreenRoofs, onde inicialmente, a precipitação foi devidamente colocada como 9,0 mm/dia conforme Figura 29, pois o valor precipitado foi de 18 Litros para uma área de cobertura de 1,95 m<sup>2</sup> (aproximadamente 2 m<sup>2</sup>), então, ao adotar a convenção de que 1 mm/dia equivale a 1 L/m<sup>2</sup>, tem-se uma precipitação de 9,0 mm/dia. Neste caso, foi adotada a evapotranspiração como nula pelo fato de os ensaios serem realizados durante o período da noite. Ademais, registrou-se a condição “seco”, uma vez que nos dias de ensaio, eles foram regados apenas no período da manhã. A Figura 27 demonstra o valor de precipitação e a Figura 28 apresenta o valor da evapotranspiração e condição do telhado.

**Figura 27 - Inserção da precipitação**

Update climatic data Menu: rainfall data

File name: LocaldeEstudo.PLU

Description: Diário

Data: 1

Buttons: Delete, Add, data

Data	Day	Month	Year	Rainfall
1	22	November	2022	9.0

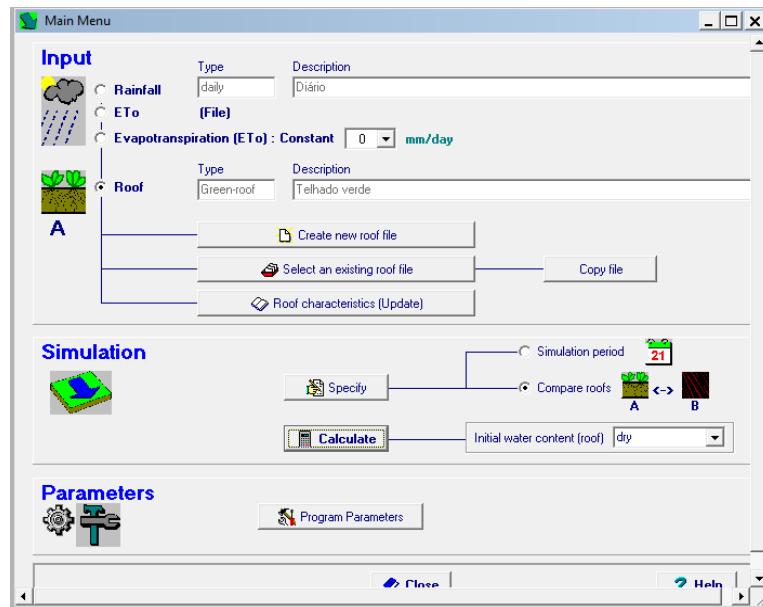
Buttons: Fill, Empty cells, 0.0 mm/day

Plot:  daily,  10-daily,  monthly,  yearly

Buttons: Cancel, Main Menu

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

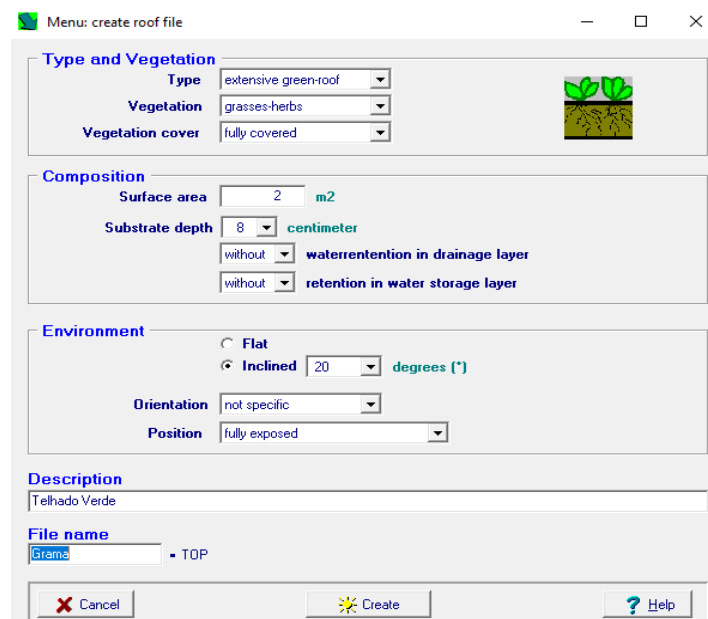
**Figura 28 - Inserção da evapotranspiração**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Logo após, foram incorporados os dois telhados a serem comparados, adicionou-se primeiro as características do telhado verde de grama, área de 2 m<sup>2</sup>, altura do sistema de telhado de 8 cm, inclinação de 20°, tendo em vista que 35% equivale a cerca de 19° e 20° é o valor mais próximo disponibilizado pelo software e em posição de totalmente exposto. A Figura 29 indica as características do telhado verde e a Figura 30 representa os aspectos do telhado convencional com a mesma inclinação e mesma área e também totalmente exposto.

**Figura 29 - Inserção das características do telhado verde**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).



**Figura 30 - Inserção das características do telhado convencional**

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

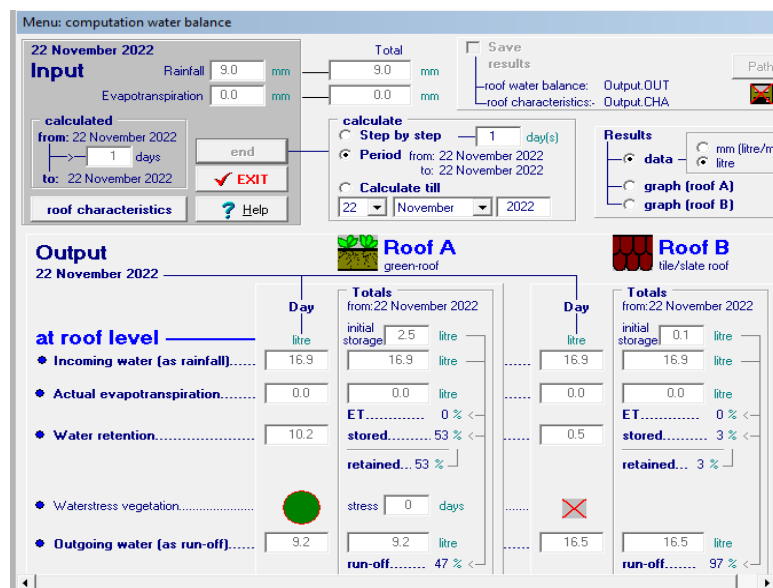
Em seguida, para obtenção da quantidade de água retida no telhado verde, foi considerado a razão entre o volume retido de 8,98 L e a área do telhado de 2 m<sup>2</sup>, obtém-se o valor de 4,49 litros/m<sup>2</sup> que equivale a aproximadamente 4,5 mm.

Assim, esse valor foi inserido no software, considerando um valor de 0,10 L./m<sup>2</sup> para a retenção de água na superfície da cobertura vegetal por indicação do próprio software e consequentemente, 4,4 mm foi considerado como retido no substrato, como indicado na Figura 31, e os valores escoados e coeficientes de escoamento são observados na Figura 32.

**Figura 31 - Inserção da quantidade de água retida na cobertura vegetal**

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

**Figura 32 - Valores obtidos pelo software**



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Deste modo, foi possível observar que os valores de escoamento e do coeficiente de deflúvio apresentaram valores muito próximos aos resultados encontrados no ensaio de retenção, em que o volume de escoamento obteve um valor de 9,02 litros no ensaio e no software um valor de 9,2 litros para o protótipo de telhado verde, enquanto que no protótipo de telhado convencional o valor do ensaio e o valor doo software coincidiram, chegando a um valor de 16,5 litros.

Além disso, pode-se visualizar que os coeficientes de deflúvio também demonstraram proximidade entre os valores, em que para o telhado verde os valores do ensaio e do software foram respectivamente 0,5 e 0,47, enquanto que para o telhado convencional no ensaio foi de 0,97 e no software de 0,92. Neste sentido, verifica-se que os resultados foram compatíveis, com diferença de apenas uma casa decimal que pode ser compreendido pela maior precisão do software e alguma perda de água que pode ter sido gerada durante o ensaio.

Após esse processo inicial, foram inseridos os dados de precipitação e de evapotranspiração do município de Araruna/PB para o período de um ano (22 de novembro de 2021 a 22 de novembro de 2022), para que esse trabalho tenha um maior alcance e mais respaldos para justificar a importância da utilização do telhado verde para retenção de águas pluviais. Os dados de precipitação foram obtidos da Estação Hidrometeorologia do Campus VIII da UEPB e os de evapotranspiração média mensal foram calculadas pelo Método de Blaney-Criddle. A inserção dos dados está representada nas Figuras 33 e 34, respectivamente.

**Figura 33 - Inserção dos dados anuais de precipitação de Araruna/PB**

Update climatic data Menu: rainfall data

File name: Dado.PLU  
Description: Ano

Data: 366

Buttons: Delete, Add, Last data, 1 data

				Rainfall
Data	Day	Month	Year	mm/day
1	22	November	2021	0.0
2	23	November	2021	0.0
3	24	November	2021	0.0
4	25	November	2021	0.0
5	26	November	2021	0.0
6	27	November	2021	8.0
7	28	November	2021	0.0
8	29	November	2021	0.0

Buttons: Fill, Empty cells, 0.0 mm/day

Buttons: Cancel, Main Menu, Plot

Plot options: daily, 10-daily, monthly, yearly

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

**Figura 34 - Inserção dos dados anuais de evapotranspiração média de Araruna/PB**

Update climatic data Menu: ETo data

File name: Evapotranspiração000.f  
Description: Novo

Data: 366

Buttons: Delete, Add, Last data, 1 data

				ETo
Data	Day	Month	Year	mm/day
1	22	November	2021	6.2
2	23	November	2021	6.2
3	24	November	2021	6.2
4	25	November	2021	6.2
5	26	November	2021	6.2
6	27	November	2021	6.2
7	28	November	2021	6.2
8	29	November	2021	6.2

Buttons: Fill, Empty cells, 0.0 mm/day

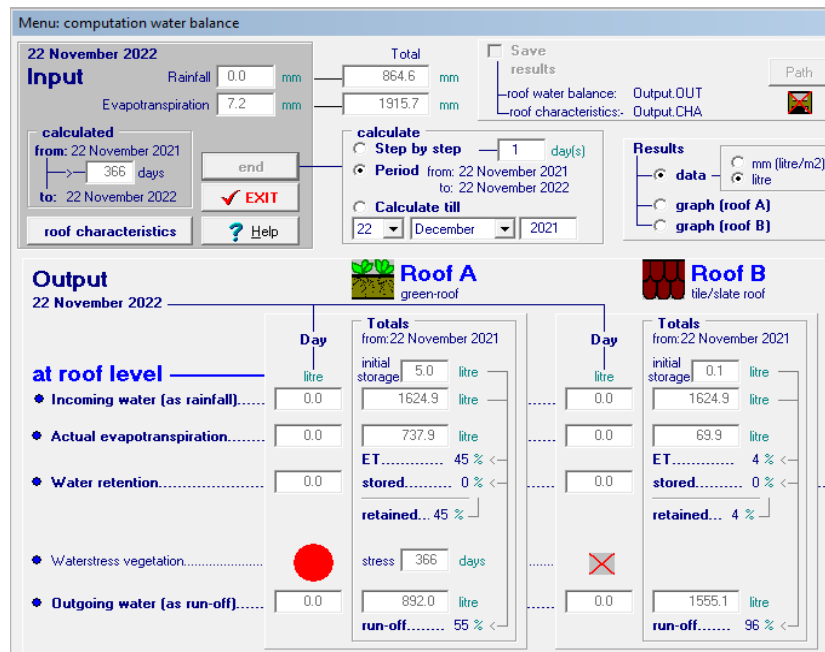
Buttons: Cancel, Main Menu, Plot

Plot options: daily, 10-daily, monthly, yearly

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Por fim, os telhados foram comparados para ampliar essa análise em um período de um ano, um adendo é que nesse ponto foi substituído a condição do telhado para “moderadamente molhado”, levando em consideração que ele continuará sendo regado duas vezes ao dia. Assim, os resultados calculados pelo software podem ser visualizados na Figura 35.

Figura 35 - Resultados obtidos para o período de um ano



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

No que diz respeito à análise do volume de água escoado, foi possível observar que houve uma diferença considerável entre os dois protótipos, demonstrando um volume de 892 litros no telhado verde e 1551,1 litros no telhado convencional, resultando em uma redução de 663,1 litros.

Verifica-se que esses resultados são inferiores aos encontrados por Correia Filho (2014) que teve os valores variando em 932 litros para protótipos de 2 m<sup>2</sup> e 466 litros para uma análise de 1 m<sup>2</sup>, tendo em vista que em sua análise o protótipo de telhado convencional era de fibrocimento e o telhado verde era apoiado em uma laje. Nesta perspectiva, segundo Mendonça e Melo (2020), as telhas de fibrocimento não conseguem absorver a mesma quantidade de água que as telhas cerâmicas, pois de acordo com ensaios realizados em seu estudo, as telhas de fibrocimento e isso pode ter feito com que a diferença dos estudos de Correia Filho (2014) tenha sido superior. Além disso, outro ponto que diverge dessa análise é que apresentam características bastante diferentes.

De acordo com Canabrava Neto et al. (2021) as coberturas vegetais tem grande relevância para controlar o escoamento e melhorar as condições de drenagem, evitando problemas nos centros urbanos, como aumento de temperatura, diminuição do tempo de concentração e aumento da vazão superficial. Com isso, infere-se que o telhado verde desempenha um papel fundamental para análise da redução do escoamento superficial que é um fator que merece atenção, pois muitas vezes esses elevados escoamentos causam problemas

mais sérios, que ocorrem em grande parte pelo grande número de áreas impermeabilizadas que dificultam a infiltração de água no solo e chegam a provocar inundações, perda de materiais e em casos mais extremos a própria vida.

### 4.3 Custo de Produção dos Protótipos

Para avaliar a viabilidade econômica da utilização do telhado verde foi realizado um levantamento do custo de produção dos protótipos que foram construídos nesse trabalho, considerando apenas como insumos os materiais. Na Tabela 6 está disposta a composição da estrutura dos protótipos que foi o mesmo custo para os dois, com valores referentes ao comércio local de Araruna/PB.

**Tabela 6 - Custo da estrutura dos dois protótipos residenciais**

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Blocos cerâmicos para alvenaria	300	0,60	180,00
Areia média (m)	½	Concedida pela UEPB	Concedida pela UEPB
Cimento Portland CP II - F - 32 (50 kg)	02	33,00	66,00
Telhas de barro/cerâmica, tipo colonial	140	0,60	84,00
Caibros de madeira (m)	15	6,00	90,00
<b>Custo Total</b>	-	-	<b>420,00</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Em relação ao custo com a cobertura vegetal, pode-se evidenciar seus materiais, quantidades e respectivos custos na Tabela 7, com valores referentes ao comércio de João Pessoa/PB, em virtude da ausência desse tipo de material no comércio local do município de Araruna/PB.

**Tabela 7 - Custo das camadas do telhado verde**

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Lona plástica preta (m)	3,0	9,50	28,50
TNT (m)	4,0	4,00	16,00
Argila expandida (kg)	86,0	2,32	199,50
Manta de drenagem Bidim	4,0	26,90	107,60
Terra vegetal (kg)	36,0	2,00	72,00
Gramma esmeralda (m)	3,0	16,00	48,00
<b>Custo Total</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>471,60</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Por fim, para analisar o custo com a estrutura de sistema de águas pluviais, foram contabilizados os materiais, as quantidades e também seus custos e destacados na Tabela 8, com valores referentes ao comércio local de Araruna/PB. Vale ressaltar que para essa etapa alguns materiais foram concedidos pela própria UEPB e não foram contabilizados no custo.

**Tabela 8 - Custo do sistema de águas pluviais dos dois protótipos residenciais**

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Cano de diâmetro de 100 mm (m)	3,0	16,00	48,00
Cano de diâmetro de 40 mm (m)	1,5	Concedido pela UEPB	Concedido pela UEPB
Tê 100 x 50 mm	2,0	14,00	28,00
Redução 50 x 40 mm	2,0	2,50	5,00
Tampão de 100 mm	4,0	6,00	24,00
Balde plástico (7 L)	2,0	18,00	36,00
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>141,00</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Assim, pode-se perceber que o custo total de todas essas etapas para o protótipo residencial de telhado convencional foi de R\$ 280,50, considerando a metade do valor total gasto na estrutura e a metade do valor total do sistema de águas pluviais, tendo em vista que esse custo total foi referente aos dois protótipos (R\$ 210,00 + R\$ 70,50 = R\$ 280,50), enquanto

que para o protótipo com telhado verde foi de R\$ 752,10 (R\$ 210,00 + R\$ 471,60 + R\$ 70,50 = R\$ 752,10). Isso demonstra uma variação expressiva entre os dois protótipos de R\$ 471,60, tendo em vista que os materiais para montar as camadas do telhado verde apresentam valores muito elevados.

Desta forma, de início pode-se pensar que sua aplicação não desempenha vantagem econômica, contudo, deve-se levar em consideração que os benefícios econômicos chegam a médio e longo prazo, uma vez que como comprovado nesse estudo, o telhado verde desempenha um papel fundamental de aquecimento em horários mais frios e resfriamento do ambiente diante de temperaturas elevadas. Nesse sentido, ao longo do tempo, essa economia é constatada, pois consegue reduzir o consumo de equipamentos aquecedores e refrigeradores do ambiente.

De acordo com Correia Filho (2014) para uma repartição genérica de 1 m<sup>2</sup>, foi estimada uma economia de energia elétrica em torno de R\$ 43,80 por ano com a utilização de telhado verde, além de reduzir os problemas por drenagem ineficaz nos municípios, que surgem, principalmente, com a impermeabilização dos asfaltos. Esse resultado serve como um parâmetro inicial, pois com isso, pode-se analisar que o protótipo construído de telhado verde nesse estudo de 2 m<sup>2</sup> acarretou um gasto de R\$ 752,10, então, proporcionalmente para 1 m<sup>2</sup> esse gasto reduziria para R\$ 376,05, o que de acordo com o parâmetro de Correia Filho (2014) levaria cerca de 8 anos e meio para compensar o custo da implantação.

Dessa forma, entende-se que o telhado verde realmente desempenha um grande papel no conforto térmico e retenção de água pluvial, entretanto, um ponto que precisa ser melhor compreendido é sobre o prazo para compensação financeira, visto que é um prazo longo que pode desanimar os proprietários a realizarem a implantação em suas edificações. Vale ressaltar que há ganhos maiores quando considerados os incentivos por parte dos municípios de redução do IPTU, por exemplo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se valores satisfatórios para os parâmetros analisados no conforto térmico essencialmente para o telhado verde, onde foi perceptível que em períodos mais quentes do dia, a cobertura vegetal cumpria o papel de esfriar o ambiente, enquanto que nos momentos mais frios, verificou-se uma inversão térmica, passando a aquecer o ambiente interno.

Em se tratando do desempenho térmico foi percebido que o protótipo com telhado verde atende aos requisitos de condição mínima para a zona bioclimática 8. Para a variável de temperatura do ar houve uma diminuição de temperatura do telhado verde em relação ao telhado convencional de 1,9 °C. Já para a temperatura de globo preto foi verificada uma maior influência do telhado verde, com uma variação de até 2,4 °C entre os protótipos, gerando maior influência na forma de calor por radiação.

O resultado da umidade relativa implica um comportamento inversamente proporcional à temperatura, de modo que, o telhado verde apresenta maior umidade relativa em relação ao telhado convencional quando as temperaturas ficam mais amenas, o que indica a dificuldade de remover o calor por evaporação nesses momentos mais frios do dia. Ademais, observou-se também nessa análise sobre o IBUTG com diferença entre os protótipos de até 1,5 °C e constatando melhor conforto no telhado com cobertura vegetal.

Os volumes escoados e retidos nos telhados apresentaram valores semelhantes aos obtidos com o Software GreenRoofs, onde a diferença para o telhado verde no ensaio de retenção e com o software foi de 0,2 litros, enquanto que para o telhado convencional esses valores não divergiram. É importante ressaltar que o coeficiente de escoamento calculado e o do software também foram muito próximos, onde o protótipo com telhado verde apresentou menor valor por conseguir absorver maior quantidade de água.

Com isso, entende-se a importância do telhado verde para melhor diminuição do escoamento superficial, que muitas vezes geram sérios problemas aos centros urbanos, pois a água ao encontrar áreas muito impermeáveis, como pavimentos, não consegue infiltrar e acabam gerando os empoçamentos, causando transtornos ambientais, sociais e econômicos.

Assim, o trabalho realizado gera satisfação de acordo com os resultados obtidos para os indivíduos na adoção da prática do telhado verde tanto para o conforto térmico, como para a harmonia do regime das águas nas cidades e que apesar de ter tido um custo mais elevado para sua construção, os benefícios econômicos podem ser observados a longo prazo por meio da redução nos gastos de energia com aquecedores e refrigeradores de ambiente.



## 5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como direcionamento de pesquisas futuras para um estudo mais profundo das constatações desse estudo, aponta-se:

- Realizar um estudo comparativo em uma sala da Universidade Estadual da Paraíba, Campus VIII para verificar a economia com equipamentos de refrigeração e de aquecimento;
- Promover um estudo mais detalhado sobre a qualidade da água que escoar do telhado verde para promover seu reaproveitamento;
- Ampliar o estudo para a área do Curimataú Oriental, para com isso ter uma verificação dos benefícios do telhado verde no conforto térmico dessa microrregião.

## REFERÊNCIAS

ALBERTO, E. Z. *et al.* Estudo do Telhado Verde nas Construções Sustentáveis. **XII Safety, Health and Environment World Congress**, São Paulo, v. 1, ed. 1, p. 171-173, 2012.

ALBERTO, E. Z. *et al.* Uma análise e proposta de implantação de telhado verde e reaproveitamento de água da chuva para uma residência de luxo na região metropolitana de Belo Horizonte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, ed. 4, p. 18961- 18996, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/341224935\\_Uma\\_analise\\_e\\_proposta\\_de\\_implantacao\\_de\\_telhado\\_verde\\_e\\_reaproveitamento\\_de\\_agua\\_da\\_chuva\\_para\\_uma\\_residencia\\_de\\_luxo\\_na\\_regiao\\_metropolitana\\_de\\_Belo\\_Horizonte](https://www.researchgate.net/publication/341224935_Uma_analise_e_proposta_de_implantacao_de_telhado_verde_e_reaproveitamento_de_agua_da_chuva_para_uma_residencia_de_luxo_na_regiao_metropolitana_de_Belo_Horizonte). Acesso em: 6 dez. 2022.

ALMEIDA, S. P. C. de; BRITO, G. P. de; SANTOS, S. M. Revisão Histórica dos Telhados Verdes: da Mesopotâmia aos dias atuais. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, [s. l.], v. 2, ed. 1, p. 42-51, 2018.

ARANTES, Beatriz. **Conforto térmico em habitações de interesse social**: um estudo de caso. Orientador: Alcides Padilha. 2013. 114 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista), Bauru, 2013.

ARAÚJO, Matheus Henrique de Lima. **Conforto Térmico: Estudo de Caso na População do Rio Grande do Norte**. Orientador: Profa. Dra. Tásia Moura Cardoso do Vale. 2022. 42 p. Monografia (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2022.

ARAÚJO, Sidney Rocha de. **As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos**. Orientador: Luciene Pimentel da Silva. 2007. 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844/1989: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, p. 13. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3/2005: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, p. 30. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310/2009: Componentes cerâmicos — Telhas — Terminologia, requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, p. 47. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, p. 60. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, p. 73. 2013.

AUTODESK (Empresa norte-americana). **Revit**. Estudantil 2020. [S. l.], 2000. software BIM para arquitetura, urbanismo, engenharia e design.

BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. **Telhado Verde e Sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoada**. Orientador: Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares. 2012. 125 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BASTOS, C. R. da S. *et al.* Uma análise e proposta de implantação de telhado verde e reaproveitamento de água da chuva para uma residência de luxo na região metropolitana de Belo Horizonte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, ed. 4, p. 18961- 18996, abr 2020. Disponível em: 10.34117/bjdv6n4-169. Acesso em: 6 dez. 2022.

BEZERRA, Izabelle Marie Trindade; CURI, Rosires Catão. Telhado Verde Como Alternativa Para o Aproveitamento da Água de Chuva. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande, 2009

CANABRAVA NETO, Ethel Geraldo *et al.* Telhado Verde: Alternativa Sustentável Para A Drenagem Do Escoamento Superficial. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 7, ed. 2, p. 125-136, abr 2021.

CARVALHO, Gustavo de Castro. **Avaliação de Sistemas de Telhados Verdes: Análise Térmica e Hídrica nos Diferentes Sistemas Cultivados com *Callisia repens***. Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Tonello. 2018. 117 p. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2018.

CARVALHO, M.; MICHALOSKI, A. Fatores que influenciam no conforto térmico no ambiente do trabalho: uma revisão sistemática. 2018. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

CARVALHO, Matheus Teodoro Soares De. **Fatores Que Influenciam No Conforto Térmico No Ambiente Do Trabalho: Uma Revisão Sistemática**. Orientador: Prof. Prof. Ariel Orlei Michalowski. 2018. 18 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Engenharia e Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

CAVALCANTE, Márcio Balbino. **PARQUE ESTADUAL DA PEDRA DA BOCA (ARARUNA/PB): uma avaliação sobre as atividades turísticas e as ações de gestão territorial**. Orientador: Prof.a Dr.a Edna Maria Furtado. 2012. 147 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2012.

CHAGAS, G. R. S.; MACEDO, A. S.; CAVALCANTI, A. B.; OGATA, I. S. Conforto Térmico em Protótipos Residenciais de Madeira Utilizando Telhado Verde. In: **III CONGRESSO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES DE EDIFÍCIOS**, 2018, João Pessoa. Anais - Resumos de Trabalhos. João Pessoa: Editora da UFPB, 2018. v. 3. p. 21-29.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2013. 336 p.

COSTA, Mariane Rodrigues. **Estudo Comparativo Entre a Telha Cerâmica Paulista e a Telha de Concreto Clássica**. Orientador: Prof.a Esp. Laurêmia Soares da Silva. 2017. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Formiga, MG, 2017.

DEODATO, Effenson Cayro Mendes. **O Setor Ceramista e as Inovações Tecnológicas na Região de Russas, no Vale do Jaguaribe – CE**. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel. 2019. 13 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Ufersa, Mossoró, 2019.

DHALLA, S.; ZIMMER, C. Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide. Toronto and Toronto and Region Conservation Authority: Toronto, ON, Canadá, v. 300, 2010.

DIAS, Adriano Ethur. **O Desempenho Térmico De Uma Coberturas Verde Em Simulações Computacionais Em Três Cidades Brasileiras**. Orientador: Prof. Roberto Lamberts, PhD. 2016. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

FACULTY OF BIOSCIENCE ENGINEERING (Division of Soil and Water Management, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium). **GreenRoof - Water balance model**. Versão 3.1. Bélgica, 12 dez. 2022. O modelo GreenRoof pesa o balanço hídrico de dois telhados um contra o outro.

FERRAZ, Iara Lima. **O Desempenho Térmico de um Sistema de Cobertura Verde em Comparação ao Sistema Tradicional de Cobertura com Telha Cerâmica**. Orientador: Profa. Dra. Brenda Chaves Coelho Leite. 2012. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FERREIRA, Manoela de Freitas. **Teto Verde: O uso de coberturas vegetais em edificações**. Orientador: Alfredo Jefferson de Oliveira e Fernando Betim Paes Leme. 2008. Departamento de Artes e Design, 2008.

FILHO, José Evaldo Correia. **Estudo de Implantação do Sistema de Cobertura Verde na Cidade de Boa Vista/RR**. Orientador: Prof. MSc. Alex Bortolon de Matos. 2014. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Roraima, Departamento de Engenharia, Boa Vista, RR, 2014.

FRANCIS, L. F. M.; JENSEN, M. B. Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s. l.], v. 28, p. 167–176, 2017.

FRANCO, Giovana Tafuri; TREINOTI, Thais Adriane de Souza. Análise Comparativa entre Telhado Convencional e Telhado Verde com Uso do Método Multicriterial. Orientador: Heitor Berger Campos. 2021. Artigo (Engenharia Civil) - Graduação, Universidade São Francisco, 2021. p. 19.

GONÇALVES, Thayane Barreira. **Análise De Desempenho Térmico Segundo A Nbr 15.575/2013 Em Protótipos Em Palmas-To: Comparação Entre A Telha Cerâmica E A Telha De Concreto**. Orientador: Dra. Mariela Cristina Ayres de Oliveira. 2020. 61 p. Trabalho

de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2020.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. **Global Networking for Green**. Roofs Disponível em: < <http://www.igra-world.com/>>. Acesso em: 01 novembro 2022.

JESUS, Laina Maria Santana de. **Telhado Verde “Revisão Bibliográfica”**. Orientador: Prof. Dr. Renê Medeiros de Souza. 2018. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência Exatas e Tecnológicas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA, 2018.

KREUTZFELD, Mariele. **Simulação da Capacidade de Retenção da Água da Chuva em Telhados Verdes Para o Município de Toledo- PR**. Orientador: Prof. Dr. Wagner A. Pansera. 2018. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2018.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de Edificações**. Disciplina ECV 5161 - Curso de Engenharia Civil. Data completa 2016. Universidade Federal De Santa Catarina.

LENOTTI, J. Tipos de telhas para cobertura de edificações. Trabalho de organização e instalações das edificações I. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de engenharia civil. p. 1-10. Maringá, 2010.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. *Plantas Ornamentais no Brasil: Arbustivas, Herbáceas e Trepadeiras*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001; 1122p.

MARONEZ, Keity Mariana; CARRARO, Mariana Estela. **Análise do Telhado Verde em Relação ao Telhado Convencional Quanto ao Conforto Térmico e Retenção de Água Pluvial**. Orientador: Profa. Dra. Dangel Maria Fernandes. 2017. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2017.

MEDEIROS, R. M. de *et al.* Caracterização agroclimática e aptidão de culturas para diferentes municípios e regiões da Paraíba. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, [s. l.], v. 11, ed. 2, p. 99-110, abr/jun 2015.

MENDES, Bruno Henrique Emmanuel. **Tetos verdes e políticas públicas: uma abordagem multifacetada**. Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino. 2014. 348 p. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

REBOLLAR, Nora Alejandra Patricia et al (Org.). **Telhados Verdes: uma abordagem multidisciplinar**. Florianópolis: Ledix, 2017. Supervisão de: Larissa Hemkemeier Webber de Mello.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de Projetos de Telhados em Estruturas de Madeira**. 4. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2010. 251 p. ISBN 9788521205548.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL. – NHO 06. **Procedimento técnico - Avaliação da exposição ocupacional ao calor**. FUNDACENTRO, 2022.

OLIVEIRA, R. G. de *et al.* Um Estudo De Caso Com Embalagens Longa Vida Para Análise Do Conforto Térmico Em Protótipos Ambientes. In: **VIII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, 2014, Uberlândia. Anais - Resumos de Trabalhos. Uberlândia: Editora da UFPA, 2014. p. 8.

OLIVEIRA, Sílvia Helena Rêgo de. **Telhado Verde: Uma possibilidade Sustentável**. Orientador: Prof. Dr. Luiz Alessandro Pinheiro da Camara de Queiroz. 2019. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2019.

PECK, Steven W. et al. **VERDES DE TELHADOS VERDES: FORJANDO UMA NOVA INDÚSTRIA NO CANADÁ**: benefícios, barreiras e oportunidades para telhado verde e jardim vertical difusão de tecnologia. Canadá: Peck & Associates, 1999. 78 p.

PENDIUK, F.; MOISÉS, I. C.; PEREIRA, M. P. Telhado Verde: A Evolução da Tecnologia e Suas Funcionalidades. **Gestão, Tecnologia e Inovação**, [s. l.], v. 1, ed. 3, p. 19-37, set/dez 2017.

RAATS, Luís Eduardo de Sousa. **Estudos de Diferentes Sistemas de Plantio (Placas E Plugs) Para Grama Esmeralda**. Orientador: Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva. 2005. 42 p. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

RANGEL, A. C. L. da C.; ARANHA, K. C.; SILVA, M. C. B. C. da. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Formiga, MG, v. 35, p. 397-409, dez 2015.

ROCHA, Ranny Scarllet Tavares Marcolino da. **Desempenho Térmico de Telhado Verde Ecológico de Baixo Custo em Clima Semiárido**. Orientador: Profa. Dra. Sylvana Melo dos Santos. 2020. 134 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

RODRIGUES, B. *et al.* Telhado Verde: Desenvolvimento de um Protótipo Utilizando a Aprendizagem Baseada em Projetos. **Revista Educação em Foco**, Indaiatuba, ed. 12, p. 31-39, 2020.

SÁ, Renê Alexssandro Brito de. **O Telhado Verde no Clima Semiárido: Um Estudo de Viabilidade Para Construções em Pau dos Ferros**. Orientador: Prof. Ms. Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues. 2018. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros, 2018.

SADDI, Karielle Garrido; MOURA, Rúbia Oda. **Coberturas Verdes: Análise do Impacto de Sua Implantação Sobre a Redução do Escoamento Superficial**. Orientador: Prof. MSc. Ricardo Prado Abreu Reis. 2010. 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010.

SANTANA, Amanda Cibele Farias de. **Os Desafios Projetuais e Construtivos dos Telhados Verdes**. Orientador: Profa. Dra. Maria Luíza Macedo Xavier de Freitas. 2017. 105 p. Trabalho

de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2017.

SANTOS, Leonildo Rasec Lima et al. **TELHADO VERDE: UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. Caderno de Graduação** : Ciências exatas e tecnológicas, Alagoas, ano 2017, v. 4, n. 2, p. 195-206, 2017.

SAVI, Adriane Cordonni. **Telhados Verdes: Análise Comparativa de Custo com Sistemas Tradicionais De Cobertura**. Orientador: Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares. 2012. 128 p. Trabalho de Conclusão de Monografia (Especialista em Construções Sustentáveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SHAFIQUEUMA, M.; KIM, R.; RAFIQ, M. Benefícios, oportunidades e desafios do telhado verde – Uma revisão. **Revisões de energia renovável e sustentável**, [s. l.], v. 90, p. 757–773, 2018.

SILVA, Marina Constante da; DUARTE, Sheila. **Concepção e Projeto de Métodos Construtivos Sustentáveis: Aplicação de Telhado Verde e Aproveitamento de Água Pluvial em um Ambiente Escolar**. Orientador: Prof. Rangel Pereira dos Santos, Esp. 2017. 97 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

SILVA, Neusiane da Costa. **Telhado Verde: SISTEMA CONSTRUTIVO DE MAIOR EFICIÊNCIA E MENOR IMPACTO AMBIENTAL**. Orientador: Adriana Guerra Gumieri. 2011. 63 p. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG) - Curso de Especialização, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, Renan da Silva E. **Telhado Verde e Sua Influência Micrometeorológica**. Orientador: Prof.a Dr.a Cristiane Guiselini. 2019. 65 p. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2019.

SILVA, V. L. A.; KASHIWA, L. Sustentabilidade e conforto: a aplicação do telhado verde como solução sustentável. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 4, ed. 1, p. 117-122, mar. 2018.

SILVA, Wanderley. **Estudo De Caso Aplicado A Construção Em Madeira Nos Eua**. Orientador: Esp. Aurélio Caetano Feliciano. 2021. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - UNIEVANGÉLICA, Anápolis, 2021.

SNODGRASS, E. e MCINTYRE, L. (2010). **The Green Roof Manual: Um Guia de Design Profissional para Design, Instalação e Manutenção**. Timber Press, Portland, Oregon.

SOUZA, Cássia Rafaela Brum. **Telhado Verde e Sua Contribuição Para a Redução da Temperatura Ambiente em Construções Para Cascavel-PR**. Orientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza. 2016. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

TOMAZINI, Alex Sandro. **TURISMO E SUSTENTABILIDADE EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE BARÃO DE MELGAÇO/MS**. Educação Ambiental em Ação, [s. l.], ano 2021, n. 75, 8 jun. 2021. Disponível em: <https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4160>. Acesso em: 30 jul. 2022.

TORRES, Manoel Geronimo Lino. **Conforto Térmico E Desempenho Nos Ambientes De Ensino Com Inovações Tecnológicas - Estudo De Multicasos No Nordeste Brasileiro.** Orientador: Dr. Luiz Bueno da Silva. 2016. 162 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2016.

ULCHAK, G. C. G. de L.; AYOUB, J. P.; OLIVEIRA, M. R. N. de. **Sustentabilidade na Construção Civil: telhado verde e seus benefícios nas áreas urbanas.** 1. ed. São Luís: Editora Pascal, 2020.

VIJAYRAGHAVAN, Krishnaswamy. Telhados verdes: Uma revisão crítica sobre o papel dos componentes, benefícios, limitações e tendências. **Comentários sobre energia renovável e sustentável**, [s. l.], v. 57, p. 740–752, 2016.

WILLES, Jorge Alex. **Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.** Orientador: Prof. Dr. Klaus Reichardt. 2014. 70 p. Tese (De Doutor em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

XAVIER, Joyce Ramos. **Análise De Desempenho Termoacústico De Telhas Em Barreiras – Bahia.** Orientador: Msc. Esp. Marcus Lessandro Costa Delazzeri. 2021. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário Regional do Brasil, Barreiras, 2021.