

CONSTRUÇÃO DE PRÓTOTIPO DE HABITAÇÃO SUSTENTÁVEL: AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS ORIENTAÇÃO SOLAR E DIREÇÃO DOS VENTOS NA INSERÇÃO DE TELHADO VERDE

1 INTRODUÇÃO

Nas décadas atuais, há um esforço mundial para que a temática ambiental esteja presente na tomada de decisões, devido à ocorrência de desastres ambientais ao redor do mundo, os problemas vivenciados nas cidades devido ao crescimento desordenado, adensamento populacional nas mesmas, aumento de áreas impermeáveis, pressão sobre os recursos naturais, ocupação desordenada do solo, e, conseqüentemente ocorrência de enchentes e outros problemas oriundo do cenário de degradação ambiental e falta de planejamento nas cidades (OLIVEIRA, 2009).

Diante dessa problemática, as exigências quanto às certificações ambientais atualmente no cenário mundial e busca pelo diferencial na construção civil, este estudo de caso visa realizar a definição de parâmetros para a tomada de decisões na construção de um protótipo de casa sustentável, pois estas influenciam no enquadramento da realidade das características locais em um projeto, evitam projetos standardizados, consumo de energia por meios mecânicos, e, indiretamente contribuem para a promoção de cidades sustentáveis.

O presente trabalho é composto por duas etapas maiores: planejamento e construção de um protótipo de casa sustentável e, verificação de atendimento de parâmetros pré-estabelecidos por meio do programa SketchUp 2018 e dados da literatura.

2 METODOLOGIA

2.1 Estudo de caso

Para este estudo, foi escolhida a cidade de Curitiba, capital do Paraná na região Sul do Brasil. A primeira etapa consistiu na definição do local, no qual seria construído o protótipo de casa sustentável, sendo definido na coordenada 25°26'56.3"S 49°14'58.2"W, no Laboratório de Engenharia Civil da Escola Politécnica (Figura 1) do Campus I da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Bloco 9, próximo à Área de Preservação Permanente (APP) do Rio Belém.

Figura 1 – a) Local definido para a construção do protótipo, visualização satélite; b) Identificação da APP do Rio Belém.



Fonte: Modificado de página do Google Maps, 2019; Autoria Própria.

2.2 Seleção dos parâmetros de conforto ambiental

A partir da revisão bibliográfica, foram escolhidos os parâmetros a se avaliar no estudo de caso do local definido: posicionamento do protótipo (POSSANI, 2015) e do telhado verde quanto aos fatores orientação solar (Parâmetro 1) e ao direcionamento dos ventos (Parâmetro 2).

2.3 Caracterização do local definido para a construção do protótipo

Iniciaram-se os estudos sobre o local definido. O conhecimento da classificação climática, orientação solar e direcionamento dos ventos são indicativos importantes para as atividades humanas, dentre elas a construção, pois edifícios bem orientados implicam no menor consumo de energia (KRUGER; SEVILLE, 2016; CAVIGLIONE et. al, 2000).

A localização de Curitiba no hemisfério sul, indica que a face norte da edificação é o local que recebe mais incidência solar, durante o inverno e o verão, devido à trajetória solar neste hemisfério, pois o sol nas primeiras horas da manhã banha a parte leste da edificação, ao meio-dia encontra-se predominante na face superior e norte da mesma, e posteriormente, desloca-se para a face oeste até se pôr. No solstício de inverno (21 de junho), a trajetória solar incide mais sobre a fachada da edificação voltada para o Norte, pois o ângulo do sol com a superfície da Terra é menor, enquanto no solstício de verão (21 de dezembro) a trajetória solar tem seu ponto mais alto, incide mais sobre a cobertura dos prédios, pois o ângulo do sol com a superfície da Terra é maior (MASCARÓ, 1986 apud POSSANI, 2015, p.18-19; POSSANI, 2015; PEREZ e MOTTA, 2016).

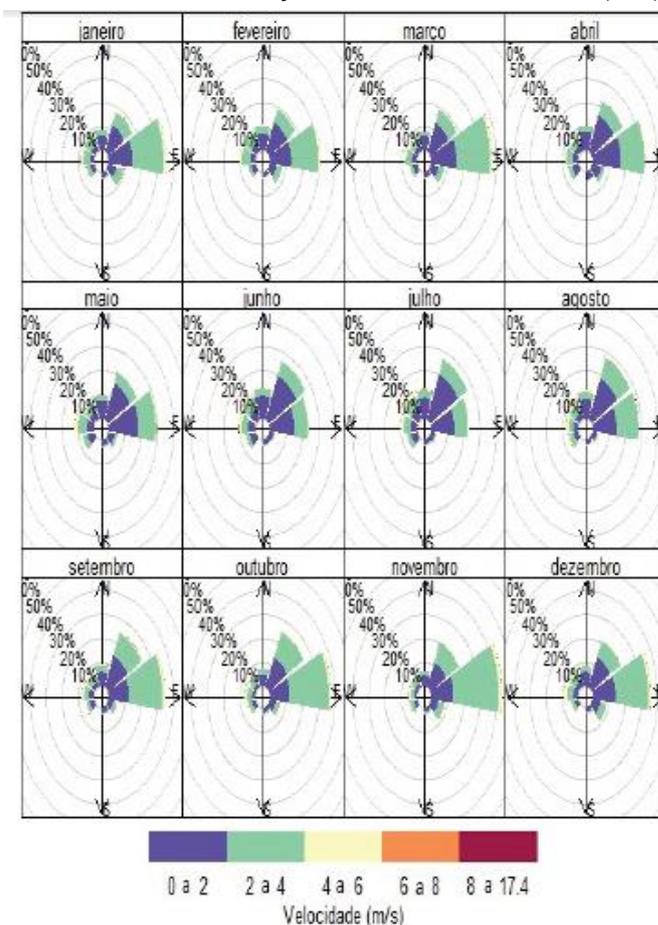
Perez e Motta (2016) quantificaram a radiação solar incidente em uma edificação no hemisfério Sul, na cidade do Rio de Janeiro, e perceberam que no solstício de verão a radiação incidente na cobertura do edifício é a maior, correspondendo a 46,752% da carga térmica total, enquanto na fachada ficou no valor de 6,208%, já no solstício de inverno a fachada apresenta um valor aproximado de 34% da carga térmica total, e em segundo lugar, a cobertura com 33,028%.

No estudo realizado pelo Instituto Agrônômico do Paraná (CAVIGLIONE et. al, 2000) utilizando dados até 1998 e o sistema de classificação climática de Köppen, Curitiba foi enquadrada no tipo climático Cbf, o qual corresponde ao clima temperado que no mês mais frio apresenta temperatura média abaixo de 18°C , com verões frescos, enquanto que no mês mais quente a temperatura média mensal fica abaixo de 22°C e não apresenta estação seca definida.

Segundo dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) do período de 1981 a 2010, a direção predominante do vento em Curitiba durante o ano é Nordeste, em outro estudo, Caviglione et. al (2000) a partir de dados de 1972 e 1998 do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), realizaram a carta climática com a direção predominante do vento em diversas cidades do Paraná, e para a cidade mais próxima de Curitiba, Pinhais, foi verificado a predominância de ventos no sentido leste, seguido de nordeste e norte.

Posteriormente, Castelhana e Roseghini (2018) por meio de dados do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) durante o período de 2004 a 2015, estudaram a velocidade e direção dos ventos em Curitiba, traçando panoramas mensal e horário, e perceberam a prevalência de ventos do leste, em segunda posição, ventos do nordeste (Figura 2), durante o ano todo, assim como ao longo do dia, com poucas variações. Os autores também notaram que a velocidade do vento ao longo do dia é influenciada pela radiação solar e que o período com maior intensidade é de 12h e 14h, enquanto o período de 04h e 06h tem-se a menor velocidade.

Figura 2 – Oscilação média mensal da direção/velocidade dos ventos (m/s) em Curitiba – 2004-2015.

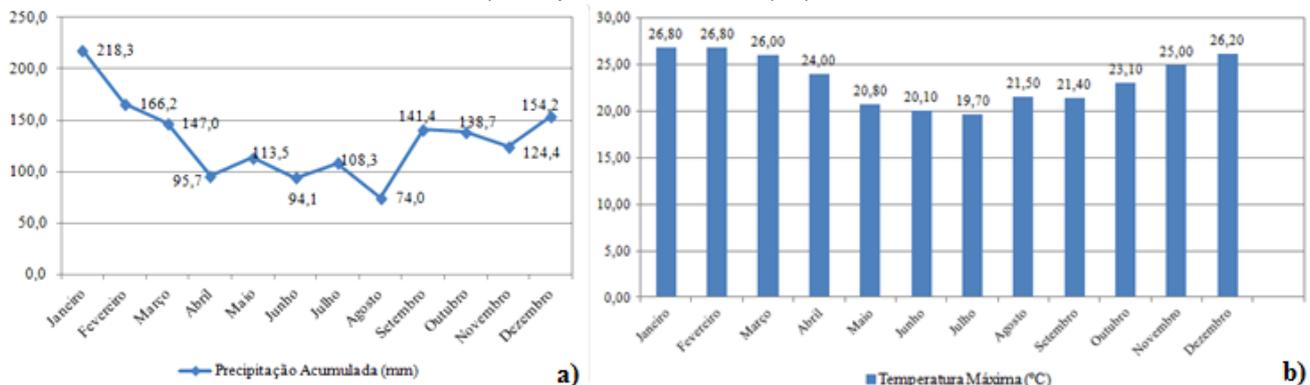


Fonte: Castelhana e Roseghini, (2018).



No que tange ao comportamento das chuvas em Curitiba, segundo dados do INMET (1981-2010) há uma alta incidência das mesmas nos meses de janeiro a março, e de setembro a dezembro (Figura 3a), essa tendência é verificada também para a temperatura (Figura 3b), a qual segundo Castelhana e Roseghini (2018) influencia no regime de chuvas de modo que a incidência de chuvas são altas no verão e diminuem no inverno, então o mês mais chuvoso (INMET, 1981-2010) é janeiro e o menos chuvoso é agosto.

Figura 3 – Normal Climatológica de Curitiba 1981-2010: a) Precipitação Acumulada (mm); b) Temperatura Máxima (°C).



Fonte: Elaborado pelos autores, dados do INMET, 1981-2010.

2.4 Planejamento

A partir do estudo das características locais e a escolha do posicionamento adequado do protótipo quanto aos parâmetros foi finalizado o projeto. As etapas do processo construtivo foram delimitadas buscando abranger as técnicas mais utilizadas em uma construção de alvenaria para dar embasamento aos alunos sobre estas, excetuando-se a etapa de fundação que não foi realizada, pois o protótipo foi confeccionado sobre o piso do Laboratório de Engenharia Civil da PUCPR. Com as etapas delimitadas foi confeccionado o cronograma da obra.

2.5 Construção do protótipo de casa sustentável

A execução do protótipo de casa sustentável, foi uma atividade prática realizada nas aulas de Introdução a Engenharia Civil, realizadas no bloco 9 da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, com início dia 02/10/2017 e término no dia 07/11/2017, sob a orientação do Prof. Dr. José Fernando Arns.

Marcação do terreno e assentamento dos tijolos

Visualizou-se o posicionamento definido em projeto, e, demarcou-se o terreno. Fez-se a massa de argamassa e água, com o auxílio da colher de pedreiro e balde. Iniciou-se o processo de assentamento de tijolos de cada fiada (Figura 4a), primeiramente alinhando-se os tijolos dispostos nos cantos com o nível, fio de prumo e linha com pregos para fixar a posição de alinhamento, e, utilizando-se a massa para assentar os tijolos. Destinando-se espaços vagos para a colocação dos moldes das janelas e portas.



Confecção dos moldes e chapisco

Confeccionaram-se moldes das portas e janelas, com madeira e auxílio de torno de bancada fixo nodular 6" e serrote de 8 dentes por polegada. Arranjaram-se os moldes nas posições predefinidas, nos quais na face superior colocou-se ferragem para alinhá-los (Figura 4b) e uma camada sucessiva de tijolo. Assentaram-se os tijolos até a última fiada. Após a secagem, os moldes foram retirados. Preparou-se a massa de cimento e água, com a colher de pedreiro em um recipiente, e, realizou-se o processo de chapisco nas paredes (Figura 4c) com o auxílio de rolo com esponja de poliéster.

Confecção e concretagem das vigas de amarração

Iniciou-se o corte de barras de aço com espessura de $\frac{1}{4}$, usando o alicate de 36", com comprimento de 1,10 m e 30 cm, as primeiras originaram os vergalhões, enquanto as segundas foram dobradas originando os estribos. Os vergalhões foram posicionados dentro dos estribos, iniciou-se a amarração das ferragens com arame recozido e o auxílio de alicate 10". As ferragens foram distribuídas nas últimas fiadas de tijolos (Figura 4c) e posicionaram-se tábuas de madeira formando fôrmas ao redor para receber o concreto fresco. Com o auxílio da betoneira, realizou-se a confecção do concreto, o qual foi vibrado e depositado nas fôrmas.

Reboco

Preparou-se a massa constituída de argamassa e água, aplicaram-se as camadas de material nas paredes com colher de pedreiro e com a desempenadeira de madeira para o acabamento. Nas paredes e janelas, no lado externo e interno de cada, posicionaram-se as peças de madeira com auxílio do esquadro e do nível, e, fixaram-nas com grampos metálicos, nas quais posteriormente realizou-se o preenchimento com massa de reboco. Após a secagem, foram retirados os grampos e moldes.

Calafinação e Revestimento

Confeccionou-se o material com cal fino e água, o qual foi aplicado com a espátula e a colher de pedreiro nas paredes (Figura 4e), portas e janelas, antes da secagem, ocorria o alisamento do material com auxílio de uma esponja úmida. Parte das paredes internas foram revestidas com azulejo (Figura 4f)

Telhado e Pintura

Fixaram-se ripas de madeira para a estrutura do telhado (Figura 4g), o qual foi fechado com compensado (Figura 4h), confeccionou-se a calha com PVC, a qual foi fixada no telhado. Realizou-se a pintura de paredes externas e internas com auxílio de rolo de pintura, utilizando cal colorida na cor amarelo dissolvida em água. Foi usada placa de grama natural – representando o telhado verde - e fixada no madeiramento do telhado na lateral voltada para a fachada da casa (Figura 4i), para o experimento do parâmetro 1, na outra lateral foram arranjadas telhas cerâmicas (Figura 4j).

Figura 4 – Etapas da construção da casa protótipo.



Fonte: Autoria Própria.

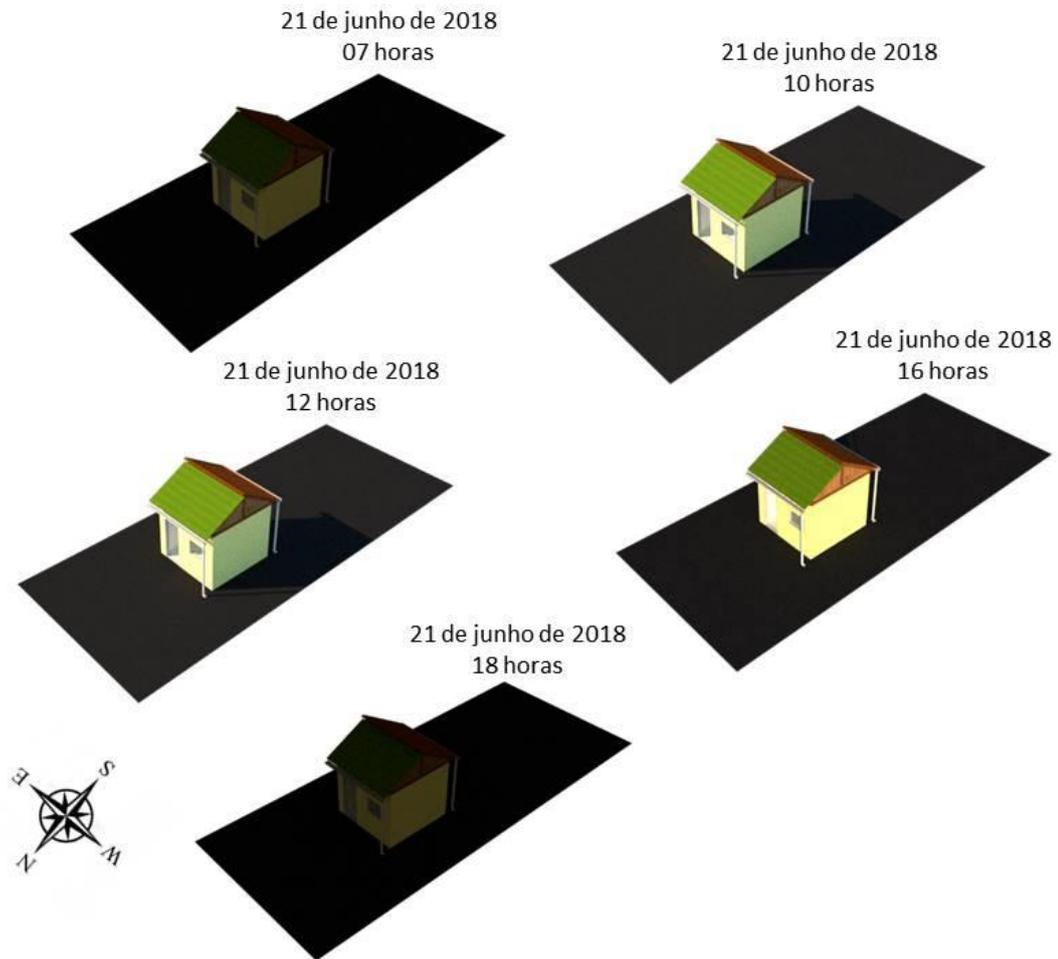
2.6 Verificação do atendimento aos parâmetros

Utilizou-se o software ScketchUp 2018 para representar em formato 3D o protótipo de casa sustentável na coordenada definida, e, analisar o parâmetro pré-estabelecido para orientação solar (Parâmetro 1) no protótipo, utilizando as opções de horário, solstício de inverno e solstício de verão. O parâmetro 2, semelhante ao realizado por POSSANI (2010) foi efetuado com base na literatura sobre os ventos predominantes em Curitiba-PR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do estudo bibliográfico e com o uso do software ScketchUp 2018, buscou-se um posicionamento do protótipo que pudesse atingir de forma mais satisfatória os dois (2) parâmetros analisados, portanto, foi realizado o posicionamento da fachada do protótipo para o norte e a inserção do telhado verde na "queda" do telhado para o norte. Usando como referências os dias 21 de Junho e o dia 21 de dezembro, as figuras 5 e 6 retratam nos horários de 07:00, 10:00, 12:00, 16:00, 18:00 horas a orientação solar local, respectivamente, no solstício de Inverno e solstício de verão.

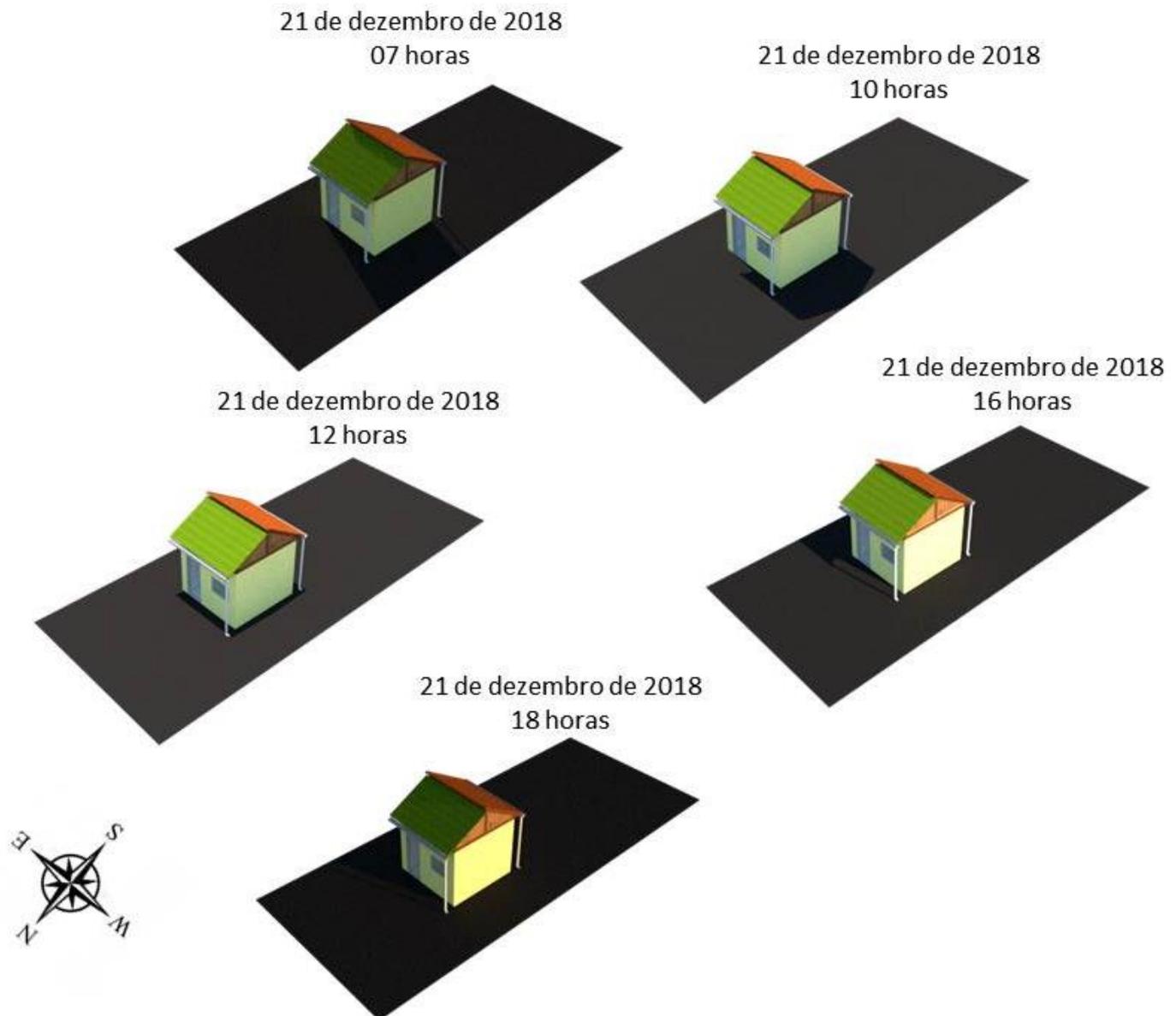
Figura 5 – Análise da orientação solar na edificação no solstício de Inverno.



Fonte: Autoria Própria.



Figura 6 – Análise da orientação solar no solstício de Verão.



Fonte: Autoria Própria.

Na cidade de Curitiba, o posicionamento verificado nas Figuras 5 e 6, conseguiu atingir o Parâmetro 1, que conforme o estudo bibliográfico visou: o melhor aproveitamento da trajetória solar no hemisfério sul; valer-se da carga térmica que incide sobre a cobertura e que será absorvida em grande parte pelo telhado verde, para aproveitar a capacidade do telhado verde de dissipar essa energia lentamente para que no período noturno haja um conforto térmico melhor para o clima temperado, assim como promover uma estabilidade durante o dia para a temperatura ao interno da edificação e evitar/diminuir o consumo de equipamento mecânicos para a promoção do conforto térmico.

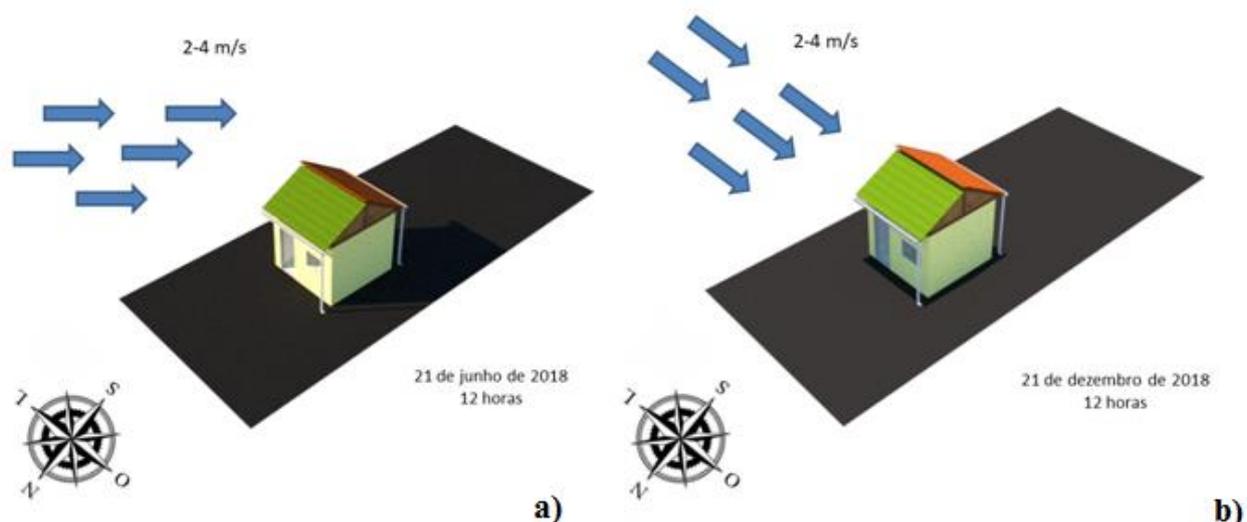
O Parâmetro 2 foi atingido, pois o estudo das características locais possibilitou a intervenção no projeto quanto à realidade local, como demonstra na Figura 7 o posicionamento em relação aos ventos dominantes no horário de 12 horas dentro da faixa





diária de maior intensidade. A predominância de ventos a Leste e Nordeste em Curitiba, atuando diretamente na lateral direita da casa, a colocação de ventilação cruzada no sentido Norte e Sul, juntamente com a inexistência de abertura no lado leste do protótipo foram estratégias realizadas para evitar a perda de calor no inverno, pois segundo Godoi (2010, p.34), em Curitiba "a posição Norte-Sul seria ideal para o controle excessivo de ventilação no sentido Leste, evitando e reduzindo a solução por aquecimento artificial", ou seja, é interessante aproveitar o calor na lateral leste da casa protótipo e localizar aberturas de ventilação natural cruzada no sentido Norte-Sul como ferramentas contra o desconforto ao frio devido ao clima temperado.

Figura 6 – Direcionamento e velocidade do vento: a) Solstício de inverno; b) Solstício de verão.



Fonte: Autoria Própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta prática permitiu aos estudantes uma maior compreensão das técnicas, dificuldades e etapas na construção de uma casa sustentável.

Foi perceptível que implementar maneiras sustentáveis em uma construção demanda planejamento prévio e estudo das características locais. Foi possível aplicar de forma eficaz a técnica de ventilação forçada com janelas opostas.

A parte frontal da edificação voltada para o Norte e janelas opostas no sentido Norte-Sul, possibilita um maior conforto térmico para a região de Curitiba-PR.

Através do estudo de caso realizado, foi possível atingir os dois parâmetros pré-estabelecidos, sendo possível verificar a importância do planejamento e adequação do projeto quanto às características locais de incidência solar, direcionamento e velocidade dos ventos, temperatura, clima para a tomada de decisão projetual e concepção de um projeto personalizado e com valorização da identidade regional, evitando casos em que haja uma standardização projetual e que prejudique a qualidade e conforto da habitação para os moradores. Foi possível notar a necessidade de enquadrar o protótipo a estratégias projetuais para que se utilizassem menor quantidade de equipamentos mecânicos na promoção de conforto térmico no clima temperado. Notou-se a importância de inserir na



construção civil ferramentas de construções sustentáveis, pelo fato de que engenheiros e arquitetos, de acordo com as decisões projetuais e dos materiais que escolhem, causam impacto no meio ambiente e contribuem ou não para a promoção de cidades sustentáveis.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço à Arquiteta Beatriz Azulay pela colaboração, aos alunos Bruno Souza Lobo de Sousa Bello, André Henrique Carstens Ramos e Diego Baggio pela participação no planejamento e construção do protótipo de casa sustentável e, ao Prof. Dr. José Fernando Arns por abordar o assunto de forma didática através da construção do protótipo de casa sustentável.

6 REFERÊNCIAS

CASTELHANO, F. J.; ROSEGHINI, W. F. F. Caracterização da dinâmica dos ventos em Curitiba-PR. Geosp -Espaço e Tempo (Online): Curitiba, 2018.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM. Acesso em: 25 set. 2017.**

GODOI, G. **Conforto térmico nas edificações escolares públicas: Análise da implantação do projeto padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná.** Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2010. Disponível em : <https://hdl.handle.net/1884/34343>

GOOGLE MAPS (Curitiba). Google. **Bloco 9 - PUCPR: Laboratório de Engenharia Civil da Escola Politécnica.** 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/25%C2%B026'56.3%22S+49%C2%B014'58.2%22W/@-25.44897,-49.249498,16z?hl=pt-br>. Acesso em: 25 set. 2017

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carll. Construção verde: Princípios e práticas na construção residencial. São Paulo/SP: Cengage Learning, 2016. 664 p.

MASCARÓ, Lúcia R. **Energia na Edificação.** Projeto Editores Associados, 1986. **apud POSSANI, R. Estudo da implantação de unidades habitacionais do programa minha casa minha vida em relação à parâmetros de conforto ambiental.** Universidade Tecnológica do Paraná: Campo Mourão, 2015, p.18-19.

Normais Climatológicas do Brasil: Normais Climatológicas de Curitiba. 1981-2010. Banco de dados. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 25 set. 2017.

OLIVEIRA, Eric Watson Netto de. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico..** 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Saneamento Ambiental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em : <http://www.btd.uerj.br/handle/1/11000>. Acesso em: 25 set. 2017.

PEREZ, M.; MOTTA, A. **Estudo de insolação para tomada de decisões projetuais em fachadas verdes.** XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão: Rio de Janeiro, 2016.

POSSANI, Rodolfo Domingues. **Estudo da implantação de unidades habitacionais do programa minha casa minha vida em relação à parâmetros de conforto ambiental.** 2015. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. CAMPO MOURÃO, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6308>. Acesso em: 15 de jul. 21.

CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF SUSTAINABLE HOUSING: EVALUATION OF PARAMETERS SOLAR ORIENTATION AND WIND DIRECTION IN THE INSERTION OF GREEN ROOF

Abstract: *The case consists of a Prototype of Sustainable housing - measuring 1.20 meters by 1.20 meters - with a green roof, in which the location for the construction was defined, in the Civil Engineering Laboratory from the Polytechnic School of the Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR) Paraná, Southern Brazil. Prior to construction, parameters to be studied were defined: positioning of the prototype and the green roof in terms of solar orientation factors (Parameter 1) and wind direction (Parameter 2). A bibliographic review was carried out for the knowledge of the local characteristics in which it would be inserted, and, for the choice of the positioning of the prototype. After choosing the proper positioning of the prototype regarding the parameters, the project was finalized and the work schedule was carried out. Then, the steps of building the prototype were carried out. As final results, the positioning that obtained the best results for the selected parameters was demonstrated in the SketchUp 2018 software, which was the insertion of the prototype with the facade and the green roof in the North direction and cross ventilation openings in the North-South direction; and, the conception of a prototype of sustainable housing respecting the local peculiarities, avoiding the standardization in the civil construction, demonstrating the importance of the planning and use of sustainable strategies in the taking of project decisions in the comfort of the dwelling for the residents and in the construction of sustainable cities .*

Keywords: *Prototype of Sustainable housing. Solar Incidence. Wind direction. Green roof.*