BANCO DE DADOS INMET 2018 PARA USO NO PROGRAMA SOL-AR

Anderson Antonio Ubices de Moraes (1); Victor Figueiredo Roriz (2)
(1) Doutor, Engenheiro Mecânico, ubices@ufscar.br, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Mecânica, (16) 3351-8626
(2) Doutor, Engenheiro Mecânico, vfroriz@gmail.com, Instituto de Arquitetura e Urbanismo - USP

RESUMO
A necessidade de construções mais sustentáveis incentiva o uso racional de energia e o esforço na redução dos impactos ambientais. Neste sentido, a qualidade do projeto arquitetônico se destaca, e a utilização de técnicas passivas de climatização tais como o emprego de dispositivos de sombreamento e uso extensivo da ventilação natural são métodos que permitem reduzir o consumo energético do edifício e ampliar o conforto térmico de seus ocupantes. O programa SOL-AR é uma ferramenta amplamente utilizada neste tipo de estudo, que permite avaliar simultaneamente as temperaturas do ar, a carta solar e a rosa dos ventos, sendo, entretanto, divulgado com um número limitado de climas. Neste artigo é apresentado um banco de dados de climas brasileiros, gerados pela compilação dos arquivos climáticos INMET 2018, em uma biblioteca com mais de 840 arquivos climáticos. Apresenta-se ainda um software livre para codificação de arquivos climáticos no formato EPW.

Palavras-chave: SOL-AR, INMET 2018, construções sustentáveis.

ABSTRACT
The need for more sustainable buildings encourages the rational use of energy and efforts to reduce environmental impacts. In this regard, the quality of architectural design stands out, and the use of passive cooling techniques such as shading devices and extensive use of natural ventilation are methods that allow for reducing the building's energy consumption and enhancing the thermal comfort of its occupants. The SOL-AR program is a widely used tool in this type of study, which allows for simultaneously evaluating outside air temperatures, solar charts, and wind roses, but it is only available for a limited number of climates. This article presents a database of Brazilian climates, generated by compiling the INMET 2018 climatic files, in a library with over 840 climatic files. Additionally, a free software for coding climatic files in the EPW format is also presented.

Keywords: SOL-AR, INMET 2018, Sustainable buildings.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, em 2022, o setor de edificações comerciais e residências foram responsáveis por 52% do consumo de energia Elétrica no Brasil, sendo parte desse consumo ocasionado pelos sistemas de climatização e iluminação artificial (Brasil, 2023)

Neste contexto, técnicas passivas de climatização, tais como o uso da ventilação natural e o sombreamento, podem ser facilmente aplicadas, sem a grande necessidade de grandes investimentos de tecnologia; além disso, essas técnicas podem contribuir para melhoria do conforto térmico interno e reduzir o seu consumo de energia, principalmente em climas quentes como o do Brasil (Castaño, 2017; Figueroa-Lopez et al., 2021; Song et al., 2021).

Para combinar eficientemente essas duas técnicas, é crucial considerar a orientação, localização e condições climáticas da região para construção de uma carta solar, que normalmente requer do projetista o conhecimento prévio da geometria solar e de alguns dados estatísticos de interesse como radiação solar, temperaturas e ventos de uma estação meteorológica local (Silva, Catelli e Dutra, 2021). Com os avanços tecnológicos destas últimas décadas, a literatura fornece diversos programas computacionais para avaliação de cartas solares e, no Brasil, têm-se disponível de forma intuitiva e prática o programa *Analysis SOL-AR* (Lamberts, Dutra e Pereira, 2013; Silva, Catelli e Dutra, 2021).

Entretanto, embora seja um programa extensivamente utilizado no Brasil em cursos de Arquitetura e Engenharia Civil, nota-se em diversos trabalhos acadêmicos e de ensino que seu emprego se resume apenas na carta solar sem uma análise aprofundada de temperatura, irradiação solar ou da orientação e direção dos ventos (Castro, Faro e Silva, 2022; Costa et al., 2020; Farias e Barbosa, 2022; Gonçalves et al., 2020; Holanda, Fernandes e Camargo, 2020; Lindemberg, Albuquerque e Mascarenhas, 2019; Mayara et al., 2021; Pires e Vargas, 2019; Silva, Catelli e Dutra, 2021; Stuchi e Barros, 2022; Valle, 2019).

Uma das principais dificuldades encontradas diz respeito à limitação do número de climas brasileiros disponíveis no programa, que abrange somente 14 cidades do país, em sua maioria de capitais brasileiras. Em resposta a essa questão, Leite et al (2019) apresentaram uma proposta de expansão do banco de dados passiveis de serem utilizados pelo *software Analysis SOL-AR*, que contemplou 428 novos climas nacionais, tendo como base o banco de dados INMET 2016.

Neste sentido, uma opção viável é a aplicação de dados climáticos divulgados por instituições de referência e em repositórios creditados. O formato EPW (*EnergyPlus Weather*), adotado no *software EnergyPlus* (*U.S. Department of Energy*) e disponível na base do INMET, engloba 35 variáveis climáticas e tem sido adotado como formatação usual na divulgação de arquivos climáticos e referência para estudos na área.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi atualizar e ampliar a pesquisa realizada por Leite et al (2019) através da compilação de 847 arquivos climáticos disponíveis na biblioteca "INMET 2018" e desenvolver um *software* simples e de fácil aplicação, para conversão de qualquer arquivo climático tipo "*EPW"* para uso no *Analysis SOL-AR*.

3. MÉTODO

A metodologia deste trabalho foi composta em duas grandes fases. Na primeira, houve a compilação dos arquivos 847 arquivos climáticos disponíveis na base INMET de 2018 pela versão beta do programa; enquanto na segunda, no desenvolvimento de um programa com interface amigável para transpor qualquer arquivo climático deste formato para leitura do programa *SOL-AR*.

3.1. Compilação dos arquivos INMET 2018

A compilação dos arquivos envolve 4 passos definidos como: Desenvolvimento do algoritmo, criação do programa de compilação, na compilação dos dados e no teste de integridade. Eles são descritos a seguir.

- **Desenvolvimento do algoritmo**

A Figura 1 apresenta o fluxograma do processo adotado na compilação dos dados climáticos (epw) da localidade de interesse para geração do arquivo de saída (csv) utilizado pelo programa *SOL-AR 6.2*. O programa executável deve ser capaz de ler os principais parâmetros do arquivo de entrada, tais como localização, longitude, latitude, fuso horário, temperatura de bulbo seco (TBS), taxas de irradiação e outros e, organiza-los num arquivo de leitura (csv). Nesta etapa, aproveitou-se do algoritmo desenvolvido por Leite et al (2019).

- **Estrutura do programa**

O programa executável foi desenvolvido na plataforma *Force 2.0.9* na linguagem *Fortran 95*. Devido a limitação em aferir os tipos de precisão utilizados em alguns parâmetros, optou-se em utilizar todas as declarações no formato do tipo **CHARACTER** e com posterior utilização da função **TRIM** para corrigir os excessos de espaços vazios no arquivo de saída.

Devido a existência de novos arquivos climáticos em bases de análise diferentes do código inicial proposto por Leite et al (2019), fez-se necessário incrementar novas funcionalidades no programa para leituras de linhas de maiores extensão.

- **Compilação dos dados**

Para os dados de entrada utilizou-se dos arquivos climáticos INMET 2018 disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE, 2023). No total são fornecidos 847 arquivos climáticos no formato TRY, INMET, TMYx e TMYx compreendidos entre 2003 a 2017.

- **Teste de integridade**

Nesta etapa os arquivos compilados eram inseridos no programa *SOL-AR* para avaliação da sua integridade na geração mancha de temperaturas, radiação solar e rosa dos ventos.

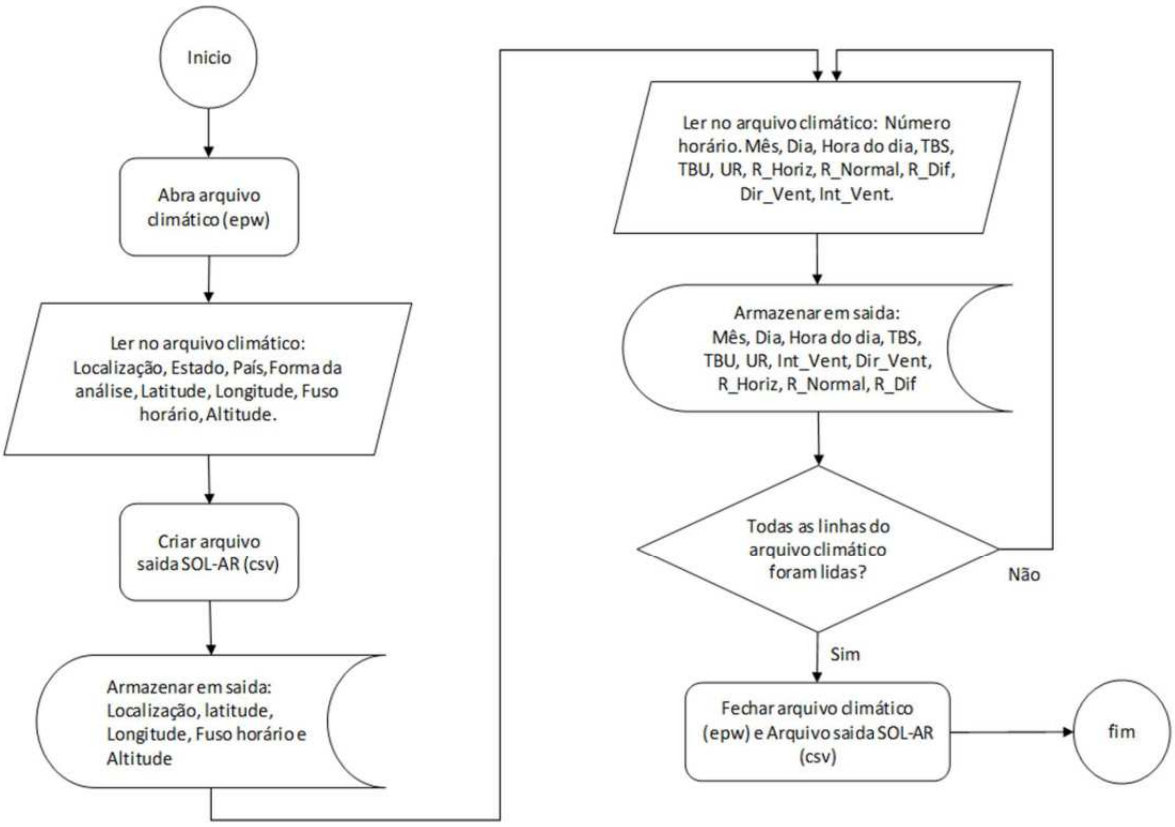


Figura 1 - Fluxograma do processo do executável para compilação dos dados climáticos para estrutura do arquivo de entrada do programa *SOL-AR*, fonte:(Leite et al., 2019).

3.2. Desenvolvimento Interface

Para geração da interface amigável, o processo de transcrição de formatos dos arquivos climáticos foi automatizado conforme os passos definidos no processo descrito em 3.1 e compilados em um *software* desenvolvido em linguagem *Visual Basic*.

4. RESULTADOS

4.1. Compilação dos arquivos e teste de integridade

Os 847 arquivos foram compilados com sucesso pelo programa desenvolvido neste trabalho e, durante esta fase, foi realizado o teste de integridade e avaliou-se os arquivos um a um, corrigindo quando necessário a programação do software e quaisquer eventuais detalhes nos arquivos de saída. A Figura 2 apresenta

fragmentos representando os dados climáticos INMET, superior, de entrada para o compilador no formato epw e de saída csv, na porção inferior.



Figura 2 – Esquema dos dados climáticos de entrada acima (epw) e de saída abaixo (csv)da cidade de São Carlos-SP INMET.

Observa-se na Figura 2, que o programa de compilação rearranja a ordem de apresentação das variáveis ambientais no formato de leitura do programa SOL-AR.

A Figura 3 exemplifica o resultado obtido para o município de São Carlos-SP. Observa-se a possibilidade de utilização das manchas de temperaturas e radiação global horizontal para o primeiro semestre e as rosas do vento por intensidade e frequência. A possibilidade de visualização dos dados climáticos, temperatura, radiação e velocidade do vento, na forma de cores na carta solar era um indicativo de integridade da compilação.

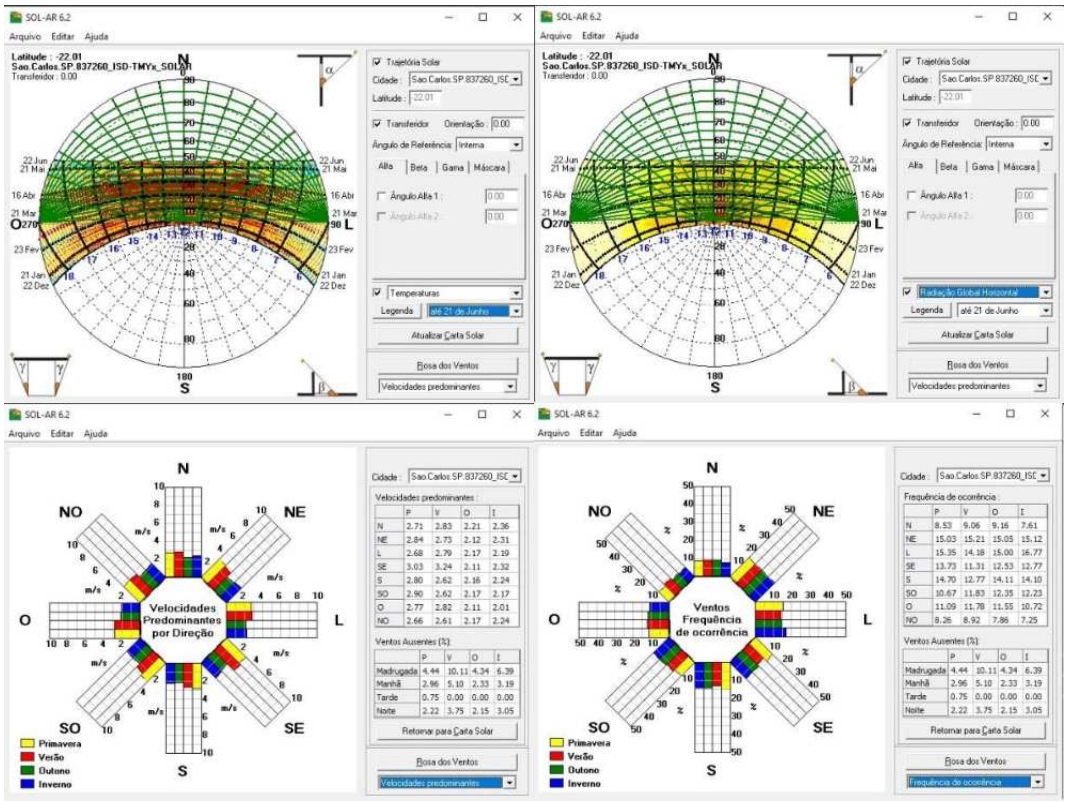


Figura 3 – Manchas de temperatura e radiação global até 21 de junho sobre a carta solar e velocidades predominantes e frequência de ocorrência sobre carta dos ventos do arquivo climático São Carlos 837260.

4.2. Programa de interface

A Figura 4 apresenta à esquerda a interface do programa para escolha do programa climático a ser compilado e à direita da criação do arquivo e pasta com os arquivos.

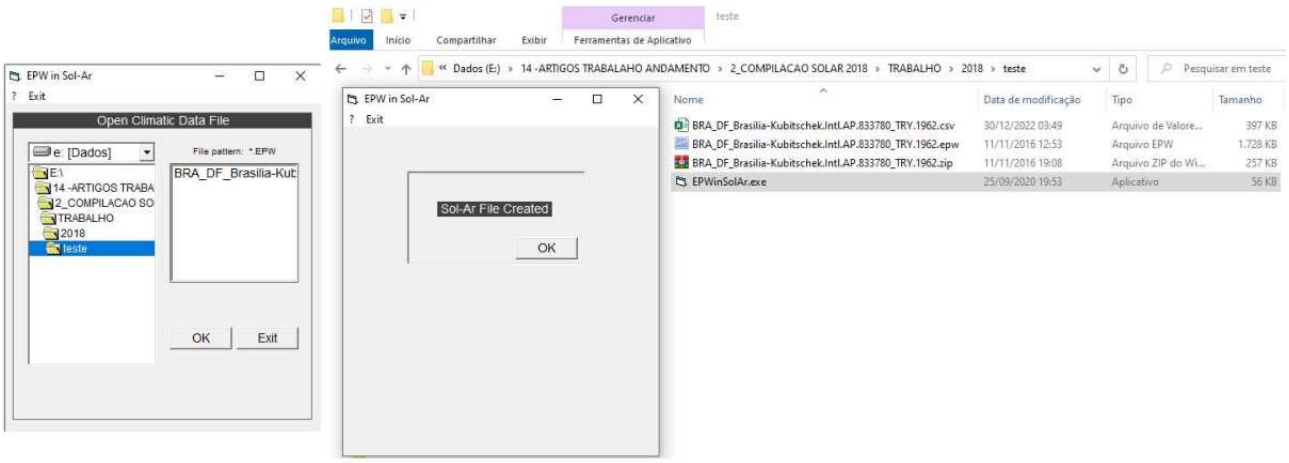


Figura 4 – Interface do programa para escolha do arquivo climático a ser compilado, à esquerda, e arquivo *csv* gerado para leitura no programa *SOL-AR,* à esquerda.

Entre os passos propostos para compilação tem-se: 1) Através do programa **EPW in Sol-AR**, procure na pasta pessoa o arquivo climático desejado; 2) Na mesma pasta do arquivo climático será criado um novo arquivo com extensão .csv e mesmo nome do arquivo climático; 3) No programa *SOL-AR*, e na aba arquivo, procure "Incluir Nova Cidade", e inclua a cidade desejada. Este processo inclui, na aba Cidade, o novo arquivo climático. Posteriormente, seguir os passos propostos pelo programa *SOL-AR* para gerar manchas de temperaturas ou radiação, ou para avaliação da Rosa dos Ventos.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi possível aperfeiçoar a compilação de arquivos climáticos disponíveis no INMET 2018, aumentando o número de arquivos utilizáveis no programa *SOL-AR*. Além disso, foi desenvolvido um programa de compilação de arquivos climáticos com interface amigável, capaz de gerar arquivos de saída compatíveis com o programa *SOL-AR* para ser utilizado para qualquer arquivo climático não presente nesta compilação. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a efetividade do programa desenvolvido e para contribuição dos trabalhos que utilizem este *software*.

Os arquivos climáticos INMET 2018 compilados podem ser encontrados no seguinte endereço eletrônico:
https://mega.nz/file/aToTyRwY#_JTX-LGobpbotY_Bhz5tiRHNCKxM5ZCxDBuOl8-a4GQ
Enquanto a do programa EPW in Sol-AR:
https://mega.nz/file/7Khy3CzT#o74HyIXhvw1ETz2VWUron7LjNwekJGYdnuuZb9yUDXs

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro.** 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/boletins-mensais-de-energia.

CASTAÑO, Héctor Fabián Marín. Impacto de dispositivos de sombreamento externos e muro na ventilação natural e no desempenho térmico de uma habitação de interesse social térrea. 178f p. - Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

CASTRO, Renata; FARO, Andrea; SILVA, Nayane. Avaliação de estratégias bioclimáticas aplicadas em habitação de interesse social pós pandemia. **Revista Projetar Projeto e Percepção do Ambiente**, [s.l.], v. 7, no 2, p. 161–176, 2022.

COSTA, Iara Ferreira de Rezende et al. Análise de uma habitação multifamiliar sobre os aspectos de conforto ambiental e ergonomia no município de Teófilo Otoni/MG. In: **VIII Encontro Nacional Sobre Ergonomia do Ambiente Construído e IX Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral.** Natal RN: [s.n.], 2020. DOI: 10.5151/eneac2020-99.

FARIAS, Bianca Emanuelle Cardoso; BARBOSA, Luana Sibeli Mira. Centro de educação infantil na cidade de Macapá. **Revista Científica Multidisciplinar do CEAP**, [s.l.], v. 4, no 2, p. 1–9, 2022.

FIGUEROA-LOPEZ, Anna et al. Evaluation of passive strategies, natural ventilation and shading systems, to reduce overheating risk in a passive house tower in the north of Spain during the warm season. **Journal of Building Engineering**, [s.l.], v. 43, p. 102607, 2021. ISSN: 23527102, DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102607.

GONÇALVES, Mariana et al. **Meio Ambiente (Brasil)** Eficiência energética nas cidades: uma análise dos fluxos de ventilação em uma proposta de edificação sustentável. Meio Ambiente (Brasil), [s.l.], v. 2, no 1, p. 8–24, 2020.

HOLANDA, Elisa Sayure Tanima de; FERNANDES, Isabella Maria Martins; CAMARGO, Maína Sevioli de. Utilização de jardim vertical para conforto térmico e harmonia paisagística no bloco de salas de aula sul da universidade de Brasília. 60 p. - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) - Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**.** Arquivos Climáticos. 2023. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos. Acesso em: 23/jan./23.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. Eficiência Energética na Arquitetura. In: **ELETROBRAS** (Org.). 3a ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013. 366 p.

LEITE, Lucas Mendes et al. Desenvolvimento de banco de dados para o programa SOL-AR a partir de dados climáticos INMET 2016. WIPEX, : : IV (Org.). In: **WORKSHOP DE INOVAÇÃO, PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO.** São Carlos: IFSC, 2019.

LINDEMBERG, Emanuel; ALBUQUERQUE, Silva; MASCARENHAS, Luciano. Arquitetura escolar, condições térmicas e ensino-aprendizagem: análises e reflexões. **Revista Contexto & Educação**, [s.l.], v. 34, no 107, p. 234–248, 2019. DOI: https://doi.org/10.21527/2179-1309.2019.107.234-248.

MAYARA, Thais et al. Analysis of thermal comfort in multifamily dwellings in the municipality of Teófilo Otoni / MG under the aspect of solar orientation and area of openings. **International Journal of Geoscience, Engineering and Technology**, [s.l.], v. 3, no 2017, p. 60–66, 2021.

PIRES, Felipe Emerick Mendes; VARGAS, Amanda Santos. Análise bioclimática da microrregião de Manhuaçu-MG. 22 p. - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Ciências de Manhuaçu, Manhuaçu, 2019. Disponível em: http://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/repositoriotcc/article/view/1675/1296.

SILVA, Fernando Siqueira da; CATELLI, Francisco; DUTRA, Carlos Maximiliano. Geometria solar na escola: uma prática com cartas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 43, 2021. ISSN: 1806-1117, DOI: 10.1590/1806-9126-rbef-2020-0520.

SONG, Yan ling et al. A review on conventional passive cooling methods applicable to arid and warm climates considering economic cost and efficiency analysis in resource-based cities. **Energy Reports**, [s.l.], v. 7, p. 2784–2820, 2021. ISSN: 23524847, DOI: 10.1016/j.egyr.2021.09.010.

STUCHI, Pedro Victor Souza; BARROS, Raquel Regina Martini Paula. Desempenho térmico e lumínico no projeto da habitação social em Indaiatuba, SP: estudos de caso / Thermal and luminous performance in social housing design in Indaiatuba, SP: case studies. **Brazilian Journal of Development**, [*s. l.*], v. 8, n. 2, p. 10117–10134, 2022.

VALLE, Alba Catarina Lobato do. Projeto para implantação de um condomínio vertical híbrido. 2019. 56p . - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Arquiteturea e Urbanismo, centro universitário UNINOVAFAPI, Teresina, [*s. l.*], 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o departamento de Engenharia Mecânica da UFSCar, a Pró-Reitoria de extensão da UFSCAR através do processo 23112.006212/2021-71 e ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP de São Carlos pela disponibilidade de recursos para desenvolvimento deste trabalho.