

# Geração de Painéis Fotovoltaicos em Fachadas com Diferentes Orientações

João Augusto Ferraz Balducci, Alexandre Saugo Mazzari, Lia Toledo Moreira Mota, Marcius Fabius Henriques de Carvalho, Cláudia Cotrim Pezzuto

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

**Resumo**— Um dos pilares das Smart Grids é a Geração Distribuída (GD). No contexto da GD, atualmente, no Brasil, a geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos é a mais utilizada. Pensando nisso, havendo grande adensamento populacional nas áreas urbanas, principalmente em edifícios, buscou-se estudar a geração de painéis fotovoltaicos em suas fachadas, tirando a cobertura dos prédios como o único local para geração fotovoltaica. Um sistema fotovoltaico é dividido em células, módulos e painel fotovoltaico. Os painéis têm sua eficiência afetada por alguns fatores: obstruções, temperatura e principalmente a irradiação solar. Não só dias nublados, mas também a orientação geográfica afeta a geração dos painéis, principalmente em fachadas, onde enquanto uma face recebe incidência solar direta, a oposta contaria apenas com reflexos de outras construções. Desta forma, de acordo com os embasamentos teóricos, o Plano de Trabalho de Iniciação Científica proposto visou a análise da influência da orientação na eficiência de painéis fotovoltaicos em fachadas com diferentes orientações na prática, com o intuito de realizar um levantamento de dados.

**Palavras-Chave**— Energia fotovoltaica, fachadas, geração distribuída.

## I. INTRODUÇÃO

Um dos pilares das Redes Modernas de Energia Elétrica é a Geração Distribuída (GD), na qual a energia elétrica é gerada próxima ao consumidor. Uma das formas de GD mais difundidas, no Brasil, na atualidade, é a geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos. A norma brasileira ABNT NBR 10899 de 2006 – revisada em 2013 – traz a classificação das partes componentes de um sistema fotovoltaico, tais como [11]:

- Células fotovoltaicas, que consistem em partículas de elemento semicondutor com a capacidade de gerar eletricidade a partir da energia solar;

- Módulos fotovoltaicos, que são aglomerações de células fotovoltaicas, encapsuladas e vedadas com material impermeável, pois elas estão interligadas para promover o fluxo da corrente elétrica;

- Painéis fotovoltaicos, que são as conexões de elementos menores, como os módulos fotovoltaicos, eletricamente conectados para fornecimento de energia e abastecimento de cargas.

A partir da Figura 1, é possível compreender as partições de cada elemento do arranjo fotovoltaico.

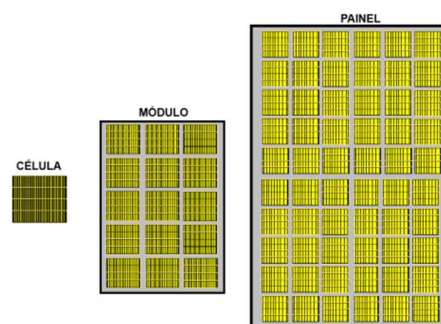


Fig. 1. Hierarquia dos elementos fotovoltaicos.

Sobretudo, os painéis Fotovoltaicos (FVs) têm seu funcionamento afetado por dois elementos climáticos: a temperatura ambiente e a irradiação solar. Portanto, para a geração de energia elétrica a partir da energia solar, a energia luminosa é irradiada pelo Sol e chega aos semicondutores localizados nas células FVs onde ocorre o processo de conversão da luz em energia elétrica através do efeito fotovoltaico.

Com o aumento populacional e o adensamento urbano das cidades, houve um considerável aumento da quantidade de edificações verticais, incluindo apartamentos, lojas, espaços comerciais e escritórios com reduzidas áreas de cobertura e amplas fachadas. Assim como a decorrente transformação da paisagem urbana trouxe diversas mudanças no modo de vida e nas edificações, se faz necessário, também, o desenvolvimento dos meios de geração de energia a partir da edificação, de modo a se adaptar a essa tendência de verticalização urbana, aproveitando, ao máximo, seu layout, complementando, de modo multifuncional, a envoltória dos edifícios, tornando-os mais sustentáveis e eficientes energeticamente.

Além disso, na última década, os sistemas fotovoltaicos passaram por evoluções que permitiram sua implantação em diversos tipos de telhados e superfícies de cobertura de edificações, estacionamentos, tetos de veículos elétricos e híbridos, superfícies flutuantes e plataformas em represas, lagos, rios e, até mesmo, no mar. Seguindo essa tendência, os sistemas fotovoltaicos se fundiram às edificações, de tal modo a se tornarem partes fundamentais de sua estrutura, sendo aplicados sobre parte ou sobre a totalidade de sua superfície, seja ela vertical ou horizontal e de variados materiais. A utilização de sistemas fotovoltaicos incorporados às edificações esteve, durante muito tempo, mais diretamente

voltada ao uso em coberturas e telhados, em posição próxima à horizontal, com ângulos que variam de acordo com a direção determinada pelo azimute e altura da incidência solar na superfície, conforme a localidade em que o sistema se encontra instalado.

Devido a fatores como o desenvolvimento urbano, mudanças de morfologia e volumetria urbanas, bem como o aumento do consumo de energia elétrica nesse ambiente, as edificações apresentam, atualmente, uma tendência a se tornarem cada vez mais altas, buscando ganho de espaço na vertical em meio à cidade e se modernizando em busca de eficiência energética e autonomia sustentável, que atenda as demandas dos usuários da edificação, ocasionando o menor impacto ambiental possível. Junto a esta tendência, os módulos e sistemas fotovoltaicos vêm sendo cada vez mais utilizados em fachadas de modo independente ou complementar aos sistemas de produção de energia aplicados à cobertura da edificação. Esses módulos podem ser partes constituintes da edificação desde o projeto, como no caso de uma fachada em que os elementos construtivos sejam os painéis, ou podem ser instalados posteriormente sobre paredes ou janelas e superfícies envidraçadas, como forma de fechamento construtivo não estrutural ou complementar.

Assim, este Plano de Trabalho de Iniciação Científica visou a análise da geração de painéis fotovoltaicos em fachadas com diferentes orientações.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### A. Geração Distribuída

A Geração Distribuída (GD) de energia pode ser caracterizada pela produção de energia elétrica próxima ao seu local de consumo, como é o caso de grande parte da geração fotovoltaica, atualmente, nos telhados e coberturas de residências e edifícios, em sua maioria. “Esta peculiaridade é de grande relevância, pois minimiza perdas durante o transporte e pode evitar a necessidade de extensas linhas de transmissão” [3]. Além disso, é comum encontrar incentivos governamentais para o fomento da GD. No Brasil, por exemplo, foi criado o Programa de Geração Distribuída (ProGD) que garante diversos benefícios, como o crédito de energia entre consumidor-gerador e distribuidora. Caso a geração de energia seja maior do que o consumo mensal, o excesso de energia pode ser usado como crédito em pagamentos futuros para a distribuidora e, também, a isenção de ICMS e PIS/Cofins sobre a energia elétrica gerada.

### B. Geração Fotovoltaica em Fachadas

Devido ao grande adensamento populacional nas grandes cidades nas últimas décadas, se fez necessário o fenômeno de verticalização urbana, ou seja, houve o aumento e necessidade de construção de edifícios cada vez maiores e mais altos onde não há, necessariamente, a maior disponibilidade para a instalação de painéis fotovoltaicos em suas coberturas, ocupadas por equipamentos de ar-condicionado, ventilação, dentre outros. “Nesse cenário, uma alternativa é a integração dos painéis fotovoltaicos à construção através das fachadas, em função da sua área de exposição, e pela própria possibilidade de integração arquitetônica” [2]. A partir disso, surge o conceito de sistemas fotovoltaicos integrados a edificações e sistemas fotovoltaicos, do inglês *Building*

*Integrated Photovoltaics* (BIPV), que integram a geração fotovoltaica nas fachadas de edifícios a partir de sua construção, podendo trazer, inclusive, painéis semitransparentes que substituem o vidro comum das janelas, trazendo, além da geração, maior conforto térmico e a maior eficiência de aparelhos de ar-condicionado, reduzindo o consumo elétrico da edificação [4].

## III. METODOLOGIA

### A. Estrutura de Fixação

Com a intenção de analisar a geração de painéis FVs em fachadas em diferentes orientações, foi utilizado um suporte (estrutura), garantindo que o painel ficasse na posição correta (90° com relação ao solo), emulando sua colocação em uma fachada de uma edificação. Para isso, foi utilizada uma estrutura, ilustrada na Figura 2, feita em madeira deixando o painel com ângulo de 90° a uma altura de 1,20m do solo.

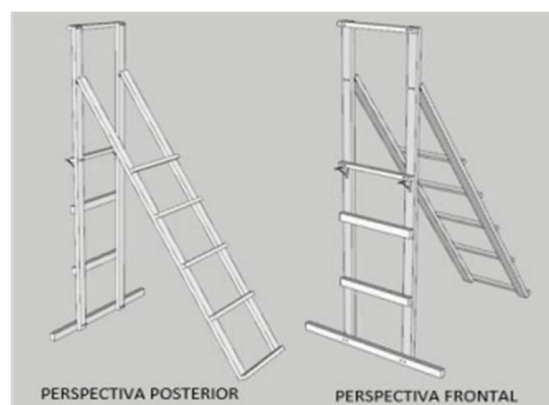


Fig. 2. Ilustração das perspectivas da estrutura de fixação do painel.

### B. Circuito de Medição e Armazenamento

Para a coleta dos dados (corrente e tensão) a serem utilizados para o cálculo da potência gerada pelo painel FV, foi usado o sensor INA219, conectado a uma resistência cerâmica de 100Ω, simulando uma carga alimentada pela tensão e corrente produzidas pelo painel. Os dados de tensão e corrente são enviados para um microcontrolador Arduino UNO, onde é feita a multiplicação de tais valores, para que seja obtida a potência gerada pelo painel.

A Figura 3 ilustra a placa de prototipagem (protoboard) com a montagem eletrônica (sensor INA, resistência de 100Ω, e microcontrolador Arduino UNO) utilizada para a determinação (baseada em dados de tensão e corrente coletados) da potência gerada pelo painel FV.

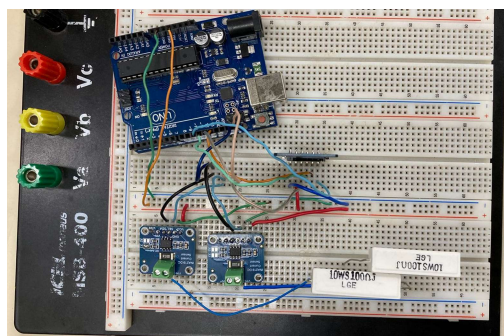


Fig. 3. Circuito de medição e armazenamento.

### C. INA219

Este sensor (Figura 4) é responsável por receber a tensão e corrente geradas pelo painel fotovoltaico e enviá-las para o Arduino, onde será feita a multiplicação dos valores, obtendo a potência gerada pelo painel no momento da coleta. O conector Vin- do sensor foi conectado à resistência, que por sua vez estava conectada ao painel FV e o conector Vin+, conectado diretamente ao painel FV.

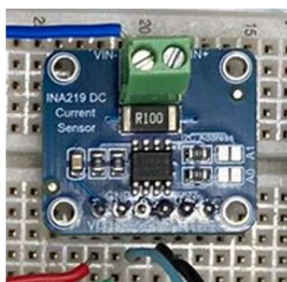


Fig. 4. Sensor INA219.

### D. Painel Fotovoltaico

O painel FV utilizado (Figura 5) possui 36 células de 156x65mm com eficiência de 12,5%. Pesando 5,5kg possui dimensões de 830x540x35mm e pode gerar uma potência nominal máxima de 55W.



Fig. 5. Painel fotovoltaico na estrutura.

### E. Arduino

Para a coleta e processamento dos dados obtidos, é usado o microcontrolador Arduino UNO (Figura 6), onde está conectado o sensor INA219, que fornece a tensão e a corrente gerada pelo painel, sendo o Arduino responsável pela multiplicação destes, resultando na potência gerada.

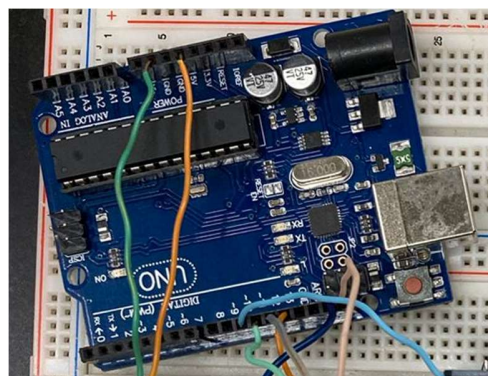


Fig. 6. Hardware Arduino UNO.

### F. Módulo Micro SD Card

Este dispositivo (Figura 7) é responsável pela conexão de um cartão micro SD no Arduino, sendo possível armazenar os dados coletados pelo sensor INA219 no cartão inserido no módulo. Para o armazenamento, foi utilizado um cartão micro SD de 4GB.



Fig. 7. Módulo Micro SD Card.

### G. Programação

Inicialmente, são incluídas as bibliotecas necessárias para o uso do sensor INA219 e para o módulo micro SD, a declaração das variáveis que são utilizadas para armazenar potência, corrente e tensão geradas pelo painel e, também, a inicialização do sensor, juntamente com uma verificação de funcionamento do cartão micro SD.

Na função *void loop*, são coletadas, do sensor INA219, a corrente e tensão geradas pelo painel FV, que são multiplicadas resultando na potência gerada. Também há a amostra dos valores obtidos na tela do computador, caso esteja conectado a um. Por fim, há o envio dos dados coletados no momento para um arquivo “.txt” armazenado no cartão de memória e é definido o intervalo entre as medições, no caso, de 10 minutos.

## IV. RESULTADOS

As coletas de dados foram realizadas entre os dias 23 e 26 de maio de 2023, um dia para cada orientação geográfica. Os dados foram armazenados com um intervalo de 10 minutos e a condição do clima era de céu majoritariamente limpo, com algumas nuvens, com uma temperatura média registrada de 27°C, durante a semana no horário das medições.

### A. Orientação Norte

As Figuras 8, 9, 10 e 11 ilustram os resultados obtidos para a orientação Norte.

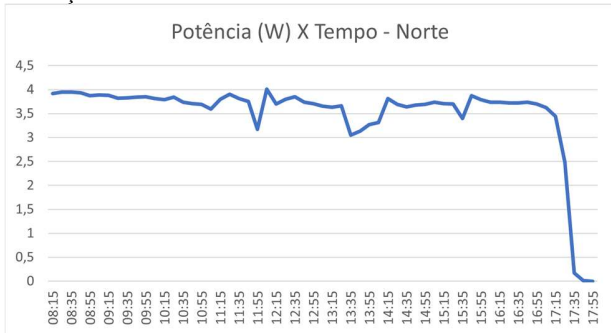


Fig. 8. Relação da potência com o tempo – Norte.

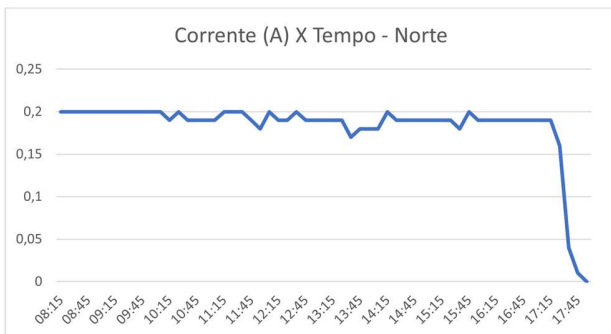


Fig. 9. Relação da corrente com o tempo – Norte.

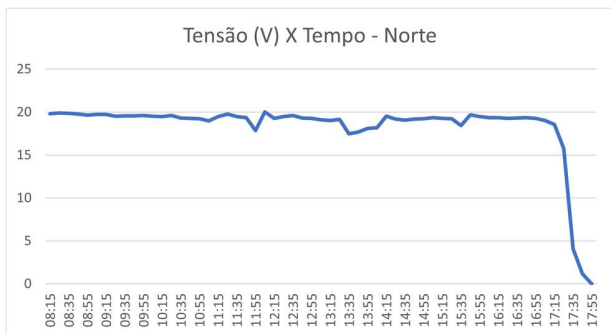


Fig. 10. Relação da tensão com o tempo – Norte.

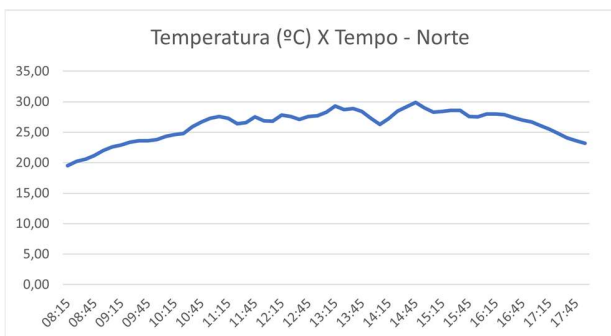


Fig. 11. Relação da temperatura com o tempo – Norte.

momentos de queda devidos à passagem de nuvens que bloquearam o sol, senso que o fim da geração deu-se às 17:55hs. Também pôde-se perceber que a tensão e corrente geradas pelo painel possuem curvas com comportamento bastante similar.

### B. Orientação Leste

As Figuras 12, 13, 14 e 15 ilustram os resultados obtidos para a orientação Leste.

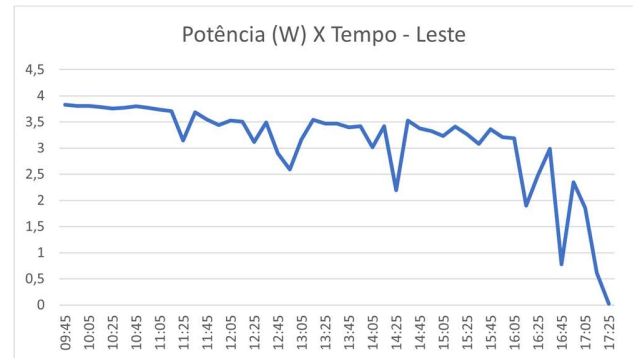


Fig. 12. Relação da potência com o tempo – Leste.

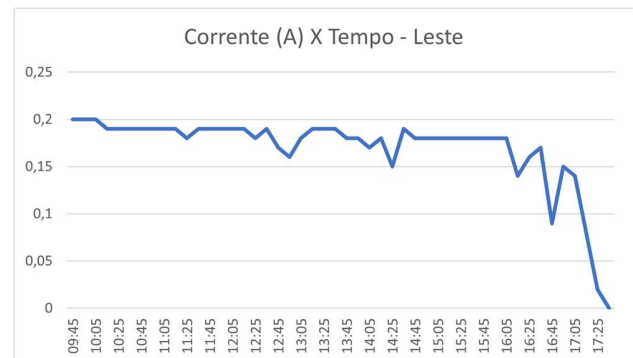


Fig. 13. Relação da corrente com o tempo – Leste.

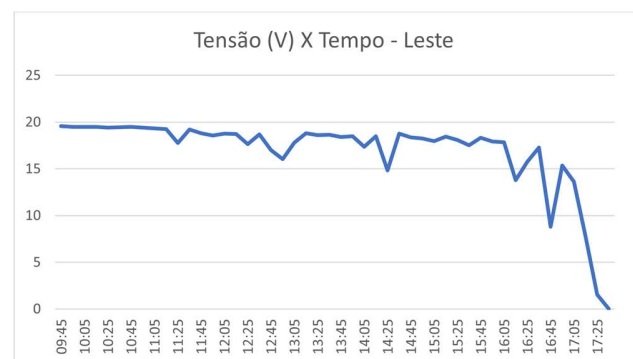


Fig. 14. Relação da tensão com o tempo – Leste.

Com o painel fotovoltaico orientado para o norte, notou-se uma geração estável, com potência média de 3,56W, e alguns

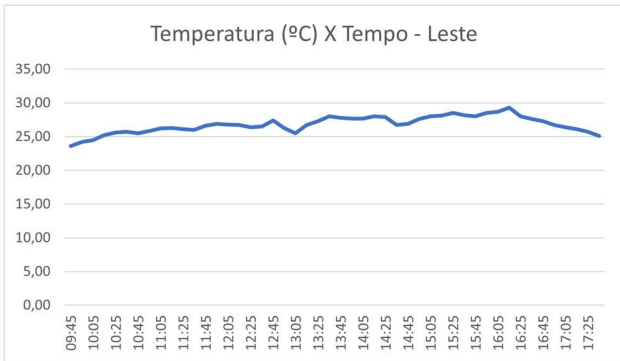


Fig. 15. Relação da temperatura com o tempo – Leste.

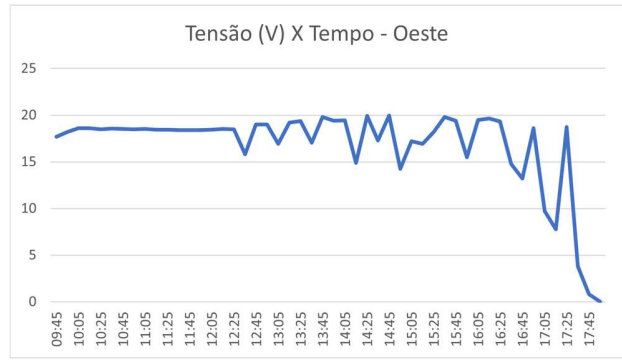


Fig. 18. Relação da tensão com o tempo – Oeste.

Nas medições voltadas para o leste, notou-se uma geração menos estável, com potência média de 3,1W, sendo que o fim da geração deu-se às 17:25hs. Percebe-se que a partir das 16:05hs, a geração é afetada, pois o Sol se encontra no lado oposto à face geradora do painel, sendo interessante notar que mesmo que o Sol não esteja incidindo diretamente no painel, ainda há uma pequena geração elétrica.

C. Orientação Oeste

As Figuras 16, 17, 18 e 19 ilustram os resultados obtidos para a orientação Oeste.

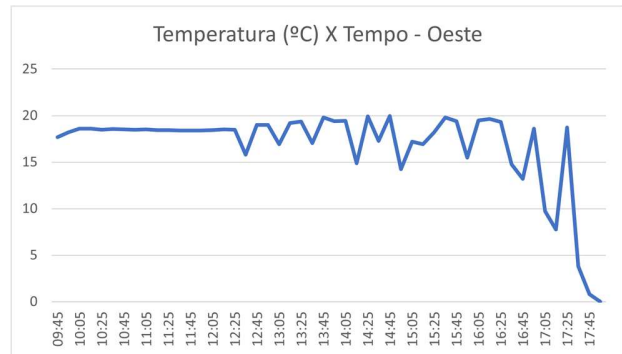


Fig. 19. Relação da temperatura com o tempo – Oeste.

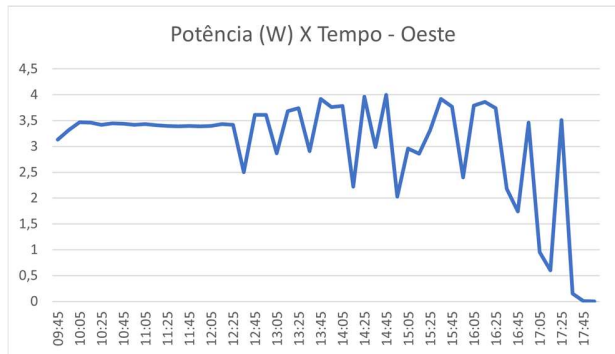


Fig. 16. Relação da potência com o tempo – Oeste.

Para as medições voltadas para o oeste, notou-se uma geração instável, com potência média de 3,07W, sendo que o fim da geração deu-se às 17:55hs. É interessante observar que houve uma geração estável até 12:25hs e, a partir deste horário, devido a uma quantidade maior de nuvens, houve grande oscilação nos valores medidos. Percebe-se que os picos de medição chegaram a até 4W de potência, o que era esperado, pois o Sol se encontrava à frente do painel.

D. Orientação Sul

As Figuras 20, 21, 22 e 23 ilustram os resultados obtidos para a orientação Sul.

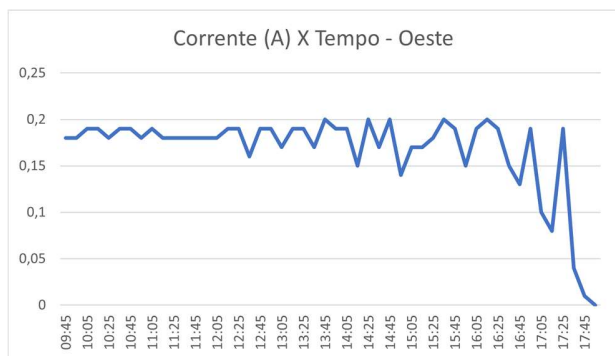


Fig. 17. Relação da corrente com o tempo – Oeste.

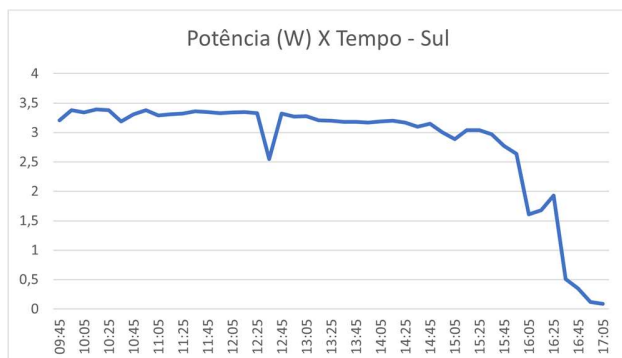


Fig. 20. Relação da potência com o tempo – Sul.

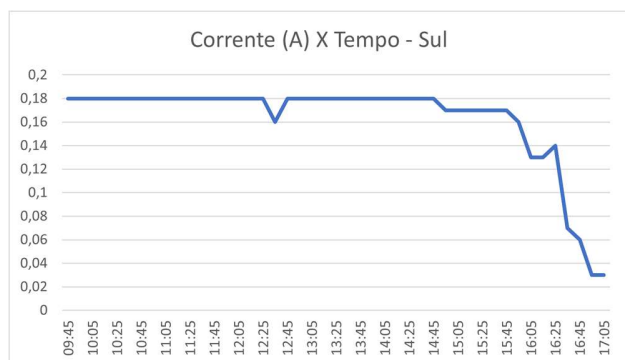


Fig. 21. Relação da corrente com o tempo – Sul.

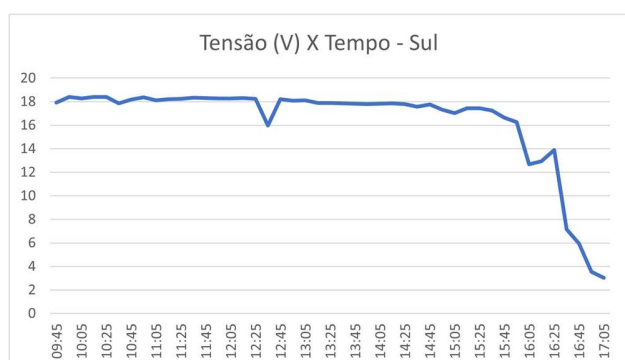


Fig. 22. Relação da tensão com o tempo – Sul.

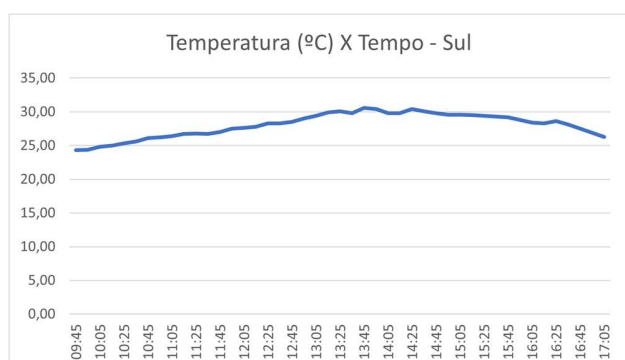


Fig. 23. Relação da temperatura com o tempo – Sul.

Como esperado, para as medições do Sul, notou-se uma geração estável, com potência média de 2,83W, sendo que o fim da geração deu-se às 17:05hs. Já era esperado que houvesse não só uma geração menor, mas também um menor tempo de geração, porém, observa-se que também há a geração em uma placa orientada para o Sul.

### E. Discussão

Analisando os dados coletados, percebe-se que é possível gerar energia elétrica em todas as fachadas de um edifício, porém, como já era esperado, o Norte obteve o resultado mais satisfatório, enquanto o Sul, o pior, como mostrado na Figura 24. Comparando os resultados, houve uma geração de aproximadamente 87% (Leste), 86% (Oeste), 79% (Sul) em relação ao Norte.

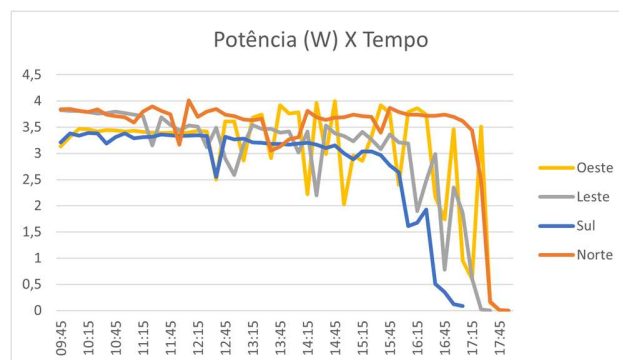


Fig. 24. Relação da potência com o tempo de todas as orientações.

Trazendo esses dados para um cenário prático, pode-se imaginar um edifício de 50 metros de altura, com 20 metros de largura e profundidade. Na cobertura de tal edifício haveria menos de 400m<sup>2</sup> para a instalação de painéis fotovoltaicos, já em suas fachadas, assumindo que metade dela seria composta por janelas, e que não seriam colocados painéis na frente de nenhuma janela, haveria 2000m<sup>2</sup> disponíveis para a instalação de painéis solares. Considerando que os painéis a serem instalados no edifício fossem iguais aos utilizados para realizar as medições desse trabalho, haveria espaço suficiente para instalar 4462 painéis, enquanto na cobertura, 892 considerando os 400m<sup>2</sup> disponíveis para instalação e ignorando a inclinação ideal para o posicionamento dos painéis. Ou seja, no meio urbano, onde as edificações são verticais, as fachadas devem ser consideradas para a instalação de painéis fotovoltaicos, permitindo o uso dessas áreas, além da cobertura, podendo contribuir significativamente com a geração total da edificação.

## V. CONCLUSÃO

A partir dos estudos sobre *Smart Grids* e Geração Distribuída, entende-se a necessidade e vantagens da geração de energia elétrica mais próxima ao seu consumidor e, com isso, a maior implementação da geração fotovoltaica em estabelecimentos, residenciais e comerciais, torna-se uma excelente opção, dada sua baixa manutenção e grande longevidade, apesar de seu custo atual. Assim, buscam-se novos meios desta geração, sendo a geração em fachadas uma boa opção, como alternativa ou complementação aos painéis posicionados na cobertura de casas e prédios, modo mais utilizado para geração local.

Este trabalho teve como objetivo estudar a geração de painéis fotovoltaicos em fachadas e como as diferentes orientações geográficas impactam. Diante dos resultados obtidos observou-se que, como esperado, houve uma diferença notável entre as diferentes orientações geográficas para as quais o painel fotovoltaico estava virado, no entanto, considerando a maior disponibilidade de superfície para a instalação dos painéis em fachadas, em relação à cobertura de prédios comerciais e residenciais, a instalação em fachada se mostrou uma opção interessante para a geração fotovoltaica.

## REFERÊNCIAS

- [1] Bühler, Alexandre José. Determinação de Parâmetros Fotovoltaicos a partir de Ensaios de Curva Característica sem Iluminação. 2007, 89 f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- [2] MORAES, A. L. R. Sistemas fotovoltaicos integrados à fachada de edifícios corporativos na cidade de São Paulo: caracterização e orientações de projeto. São Paulo, 2019.
- [3] MIRANDA, Raul Figueiredo Carvalho. Análise da Inserção de Geração Distribuída de Energia Solar Fotovoltaica no Setor Residencial Brasileiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2013.
- [4] LÓPEZ, Cristina S. Polo; SANGIORGI, Marco. Comparison assessment of BIPV façade semi-transparent modules: further insights on human comfort conditions. Freiburg, Alemanha, 2013.
- [5] Arduino (2010) - Open-source electronics prototyping platform. Disponível online em <http://www.arduino.cc/> Acesso em 17/08/2023.
- [6] BLOODSHED Dev-C++ (2010). Full-featured Integrated Development Environment (IDE) for the C/C++ programming language. Disponível online em <http://www.bloodshed.net/devcpp.html> Acesso em 16/10/2023.
- [7] BOYLESTAD, R.L., NASHESKY, L. (2004). Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. Prentice Hall. São Paulo (SP).
- [8] CANTOR, Guillermo Andrés Rodríguez. Influência dos Fatores Climáticos no Desempenho de Módulos Fotovoltaicos em Regiões de Clima Tropical. 2017, 176 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 2017.
- [9] MALVINO, A.P. (1986). Eletrônica. McGraw Hill. São Paulo (SP).
- [10] NEVES, Guilherme Marques. Influência do Espectro da Radiação Solar em Módulos Fotovoltaicos. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, São Paulo, 2016.
- [11] ORTEGA, Lisbeth Lucia Martinez. Conversão Fotovoltaica: Comparação de Modelos de Desempenho. 2013, 116 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Metrologia para Qualidade e Inovação, Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.
- [12] PRIEB, César Wilhelm Massen. Desenvolvimento de um Sistema de Ensaio de Módulos Fotovoltaicos. 2002, 67 f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.
- [13] REIS, M.C. (2002). Eletrônica Básica. Letron. Caraguatuba (SP).
- [14] ROUHOLAMINIA, A.; POURGHARIBSHAHIA, H.; FADAEINEDJADA, R.; ABDOLZADEHB. M. Temperature of a Photovoltaic Module Under the Influence of Different Environmental Conditions – Experimental Investigation. International Journal of Ambient Energy, V. 37, I. 3, pp. 266 - 272, 2016.
- [15] THOMAZINI, D., Albuquerque, P. (2007). Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações. Editora Érica. São Paulo (SP).



**João Augusto Ferraz Balducci** está cursando o 2º ano de Engenharia de Software na PUC-Campinas, lá é monitor de Algoritmos e Linguagem de Programação, de Estrutura e Recuperação de Dados I e também participa do programa de Iniciação Científica pela

bolsa FAPIC/Reitoria.

Além disso, atuou como capitão programador da equipe de robótica OGEL entre 2016 e 2019 pela qual conquistou, dentre outros, o prêmio de vice-campeão na Olimpíada Brasileira de Robótica Estadual e 4º lugar na Olimpíada Brasileira de Robótica Nacional, em 2017.



**Alexandre Saugo Mazzari** está cursando o 4º ano de Engenharia Elétrica na PUC-Campinas, participa do programa de Iniciação Científica com bolsa

FAPIC/Reitoria. Além disso, trabalha na área de automação industrial na Endress + Hauser.



**Lia Toledo Moreira Mota** é Engenheira Eletricista formada pela Universidade Estadual de Campinas (1998), com mestrado em Engenharia Elétrica (2001), doutorado em Engenharia Elétrica (2005) e Pós-doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (2006); em Engenharia Elétrica pela McGill University (2006-2007), Montreal, Canadá; e em Eficiência Energética pela Universidade Estadual de Campinas (2010). Atualmente, é Professora Doutora, em Regime de Dedicção (40h), da Pontifícia Universidade Católica de Campinas; membro do IEEE e da SOBRAPO; Docente permanente do PPG em Engenharia Elétrica da PUC-Campinas; Docente permanente do PPG em Sistemas de Infraestrutura Urbana da PUC-Campinas; Foi Coordenadora do PPG em Sistemas de Infraestrutura Urbana da PUC-Campinas (2016-2018); Atualmente, é Coordenadora do PPG em Engenharia Elétrica da PUC-Campinas; Consultora Ad-hoc FAPESP. Atua, também, como revisora de periódicos científicos nacionais e internacionais, dentre eles: o IEEE Transactions on Education, a revista Sba: Controle & Automação da Sociedade Brasileira de Automatica, o IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution e o IEEE Transactions on Power Systems. Tem experiência na área de Sistemas de Energia Elétrica, com ênfase nas áreas de Automação, Operação e Planejamento de Sistemas Elétricos; Automação Predial; Edifícios Inteligente; Instalações Elétricas Prediais e Industriais; Modelagem da Carga; Eficiência Energética; Eletrotécnica e Ensino em Engenharia. Desenvolve, também, a título de consultoria e prestação de serviços de Engenharia, trabalhos técnicos relacionados a projetos de instalações elétricas de baixa, média e alta tensão. (Fonte: Currículo Lattes).



**Claudia Cotrim Pezzuto**, atualmente, é Docente Permanente do PPG em Sistemas de Infraestrutura Urbana da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Possui doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas, mestrado em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos e graduação em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário Moura Lacerda. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: conforto térmico urbano, clima urbano, eficiência energética, transporte cicloviário, transporte não-motorizado, e desempenho térmico em edificações.



**Marcus Fabius Henriques de Carvalho**, possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora, mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e

doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1986). É Professor Titular da PUC-Campinas nos Programas de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana e Engenharia Elétrica. Tem como áreas de interesse aplicações de técnicas de pesquisa operacional a solução de problemas associados à Infraestrutura.