

Análise da Capacidade e Aproveitamento de Geração Fotovoltaica em Áreas Urbanas Centrais de Campinas

Palavras-Chave: Energia fotovoltaica; centros urbanos; eficiência energética

Autores/as:

Hélio dos Santos Neves Barbosa¹, Leonardo Colombo¹, Pedro Policano Falsetti¹, Renan Paulo Santos¹, Beatriz Silva Paulino¹, Maria Vitória dos Santos Barboza¹, Williane P. de Lima Oliveira¹, Prof.^(a) Dr.^(a) Heloisa H. Müller (orientadora)¹ DPMEC¹, COTUCA¹

INTRODUÇÃO:

A energia solar fotovoltaica (PV) é uma tecnologia modular que pode ser obtida em grandes plantas de geração, o que remete a uma economia de escala, mas também pode ser obtida em quantidades menores em plantas em escalas inferiores. O Brasil que possui um clima favorável, as fontes de geração fotovoltaica ultrapassam 42,4 GW de capacidade instalada no país. (VILLALVA, 2021) (ENERGIA, 2024). A potência instalada de energia solar em geração distribuída em Campinas ultrapassa 84 MW (ANEEL, 2025). Entretanto a sua presença nas áreas urbanas pode ser menos promissora devido às dificuldades de implantação de seus projetos, considerando fatores como limitação de espaço para a instalação de painéis, a necessidade de integração com a infraestrutura existente, o sombreamento por edifícios, a poluição atmosférica, altas temperaturas, e a modelagem urbana 3D. Também considera-se e a falta de conscientização e incentivos, a intermitência da geração solar, dependendo das condições climáticas, e a necessidade de

sistemas de armazenamento de energia que podem ser obstáculos adicionais (SAILOR; ANAND; KING, 2021). As dificuldades do aproveitamento energético da luz solar foram vivenciadas em um projeto anterior onde as áreas de sombra urbana no COTUCA juntamente com as restrições impostas pelo CONDEPHAAT - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo, criaram dificuldades para o aproveitamento da luz solar de forma efetiva. Estes desafios provocaram interesse e objetivo de estudar a prospecção e previsão do uso de energia fotovoltaica OFF-GRID em alguns pontos do centro da cidade. O objetivo é mapear estes endereços e verificar as suas possibilidades de geração de energia fotovoltaica, considerando o cinturão COTUCA, CIS-GUANABARA e o novo local do projeto "Unicamp na Cidade" (PROEEC,2024). Também tem como objetivo ampliar a geração de energia fotovoltaica no COTUCA de maneira OFF-GRID, disponibilização de um quiosque de carregamento de celulares e lâmpadas de emergência, rastreador solar portátil para coleta de dados de radiação solar, uma base de

informações para a divulgação do uso de energia fotovoltaica, e do uso sustentável de energia.

METODOLOGIA

A análise da geração fotovoltaica de áreas centrais seguiu o seguinte roteiro: (a) Seleção de prédios com terraços e coleta de endereços, (b) Marcação de área utilizável com o Google Earth e criação de polígonos de referência, (c) Localização geográfica com coleta de coordenadas geográficas SIRGAS 2000, (d) Levantamento da altura aproximada dos prédios pelo número de andares do prédios e outras instalações, (e) Estimar distância do fluxo de água do térreo até a caixa (conforme Figura 1), (f) Selecionar bombas d' água candidatas, (g) Estimar geração necessária mínima em Watts, (h) Estimar tensão necessária mínima em Volts, (i) Estimar número de módulos fotovoltaicos necessários, (j) Estimar área dos módulos em m², (k) Estimar potência dos módulos em Watts, (l) Comparar o necessário e o possível de ser instalado. Todas as prospecções devido a quantidade de dados foram realizadas em POWER BI. A ideia principal é prospectar se seria possível instalar uma bomba d'água fotovoltaica em alguns prédios da região central.

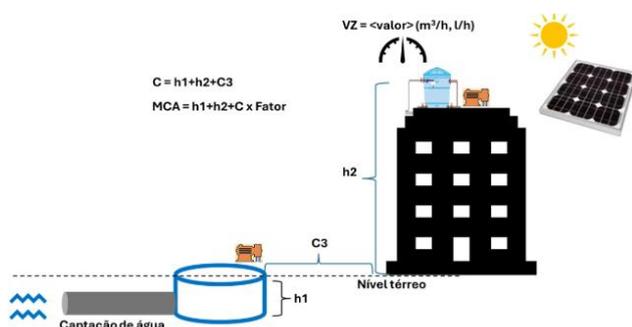


Figura 1: Esquema de captação e fluxo de água em prédios

A segunda parte do trabalho foi a comunicação com os controladores fotovoltaicos e extração de dados nas instalações do COTUCA (Figura 2) seguindo o seguinte roteiro: (a) Instalação do controlador de Carga MPPT Epever 20A 12/24V (XTRA2210N-XDS 2), do Painel Solar Fotovoltaico Resun RS M100P (100Wp), do Inversor Senoidal Epever IPower IP1500-11-PLUS (T-BR) 12Vcc/ 127Vca, da Bateria Estacionária Fulguris FGCL150 D (150Ah); (b) Instalação do ambiente de coleta de dados, computador Windows11, linguagem Python 3.13.5, biblioteca PyModbus 4.0 para a comunicação via protocolo Modbus RTU, biblioteca sqllite3 db-api2.0, (c) Leitura dos dados do controlador do endereços de interesse entre 3000-331C, e 9000-9070 via cabo de comunicação RS485-USB, e armazenamento de conteúdo no banco de dados sqllite, para cada endereço, (d) Detecção dos erros mais comuns, conflitos de versão dos modos seriais, código disponibilizado na página do projeto.

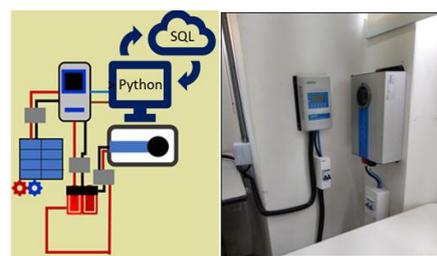


Figura 2: Esquema ligação do controlador bateria e inversor



Figura 3: Bateria e placa fotovoltaica

O sistema fotovoltaico da bomba d'água tem previsão de geração de 435Wp. As

seguintes etapas estão previstas: (a) Conexão e operação da bomba fotovoltaica com 2 painéis Solar Fotovoltaico LONGI LR5-54HTH-435M BACK CONTACT (435WP) com Bomba Solar ZTROON – ZTHF6-24-48-550 (Figura 4). A ligação efetiva será realizada por equipe terceirizada pois será necessário subir em uma laje para realizar a conexão das placas fotovoltaicas e estudantes não podem realizá-la pelas regras de segurança do colégio. (b) Conferência de itens relevantes de instalação como, verificação da metragem de 5 metros de Cabo fotovoltaico LAFBER 6mm PRETO, conectores necessários padrão MC4 – PROAUTO (PAR) – VER, cuidado nas instalações para não inverter cabo + com cabo - e a tensão de circuito aberto Voc, que não pode ser maior que a tensão da bomba neste caso de 60-90Vcc. (c) Acompanhamento das instalações com registro fotográfico; (d) Conexão ao controlador e procedimento de coleta de dados dos painéis e da bomba depois de sua instalação.

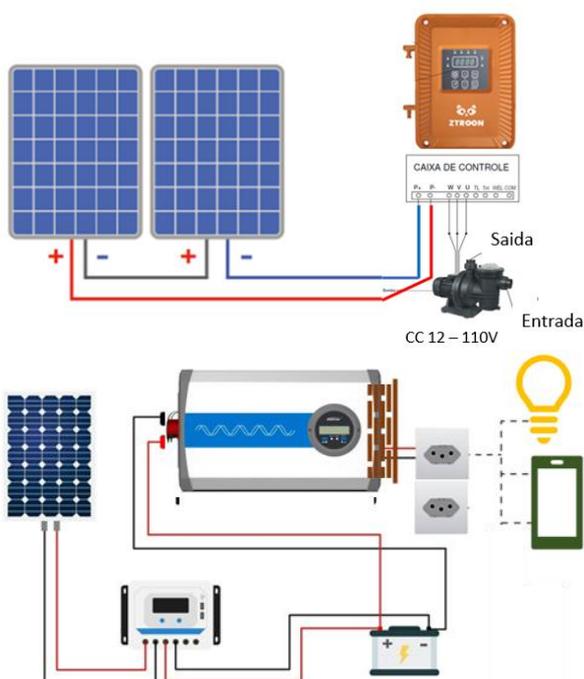


Figura 4: Sistema 1 e sistema 2 com ligação da bomba fotovoltaica, e ligação do quiosque.

A terceira etapa do desenvolvimento compreende a criação do rastreador solar portátil, como as regiões podem ter áreas de sombra pensou-se em poder levar o rastreador para realizar pequenas inspeções durante períodos específicos. As seguintes atividades foram desenvolvidas: (a) Montagem do rastreador portátil de madeira e verificação de problemas; (b) Instalação de Mini-placa solar; (c) Instalação de medidor de tensão e corrente; Acoplamento de Bateria 9V recarregável; (d) Configuração Arduino R4 WIFI com celular com internet; (e) Avaliação da geração da mini-placa; (f) Criação do ambiente de IOT com Matlab Thingspeaks com criação de canais e campos; (g) Transferência de dados com código da API no canal; (h) Construção de um novo Rastreador; (i) Desenho e protótipo no software Solid Edge; (j) Fatiamento de todas as peças desenhadas para PETG; Impressão das peças na impressora 3D Creality K1 Max; (k) Montagem e testes.

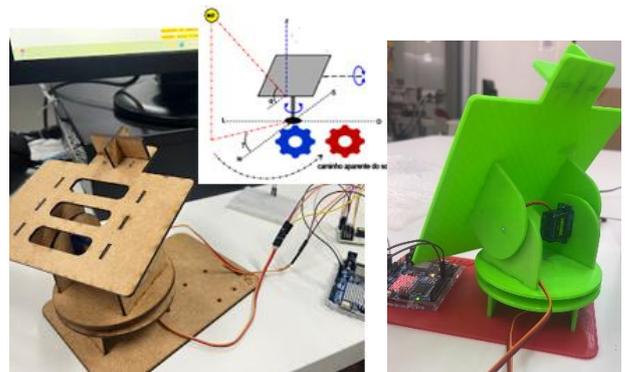


Figura 5: Rastreador de MDF (Medium Density Fiberboard)

Foi construído um site denominado **epvcotuca**, e todas as iniciativas do projeto foram disponibilizadas no mesmo como rotinas, banco de dados, arquivos POWER BI, endereços de edifícios prospectados e formulações, informações de bombas d'água e painéis solares, software para sistema de

rastreamento, arquivos para construção do rastreador em formato de madeira ou PETG (Polietileno Tereftalato Glicol). As seguintes etapas foram cumpridas: (a) Estudos e bibliografias sobre energia fotovoltaica; (b) Elaboração de conteúdo; (c) Criação de ícones, cores e projeto visual do site; (d) Criação de menus, abas e assuntos de interesse; (e) Criação de conteúdos relacionados à energia fotovoltaica; (f) Criação do site *epvcotuca* e QR-CODE, hospedagem da página inicial; (g) Criação de menus para acomodação das iniciativas desenvolvidas no projeto que além de instruções de uso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise das bombas fotovoltaicas OFF GRID, verificou-se que é complicado comprar painéis e bombas separadamente, os kits já são previamente concebidos e testados para maior eficiência do projeto com custos acessíveis e dimensionados para aplicações específicas. Para exemplificar as prospecções escolheu-se um prédio conforme Figura 6, e foi analisada a possibilidade de instalação de uma bomba d'água considerando a área disponível do terraço, além da potência fornecida pelos painéis e a exigida pela bomba. O rastreador nos ajudou em algumas prospecções fora do COTUCA coletando informações e enviando ao Thingspeaks conforme Figura 8. Dados foram coletados nos controladores fotovoltaicos em alguns dias do ano conforme gráfico da Figura 9. A coleta em registros em banco de dados com formato da linha com endereço, descrição, conteúdo, data/hora facilita a análise de desempenho das placas fotovoltaicas durante um período mais amplo confrontando com os dados dos fornecedores e de

temperatura. A potência gerada foi 559 W para o dia 30/07/2025 e 629 W para 21/01/2025. O QR-CODE de acesso ao projeto está na Figura 9.

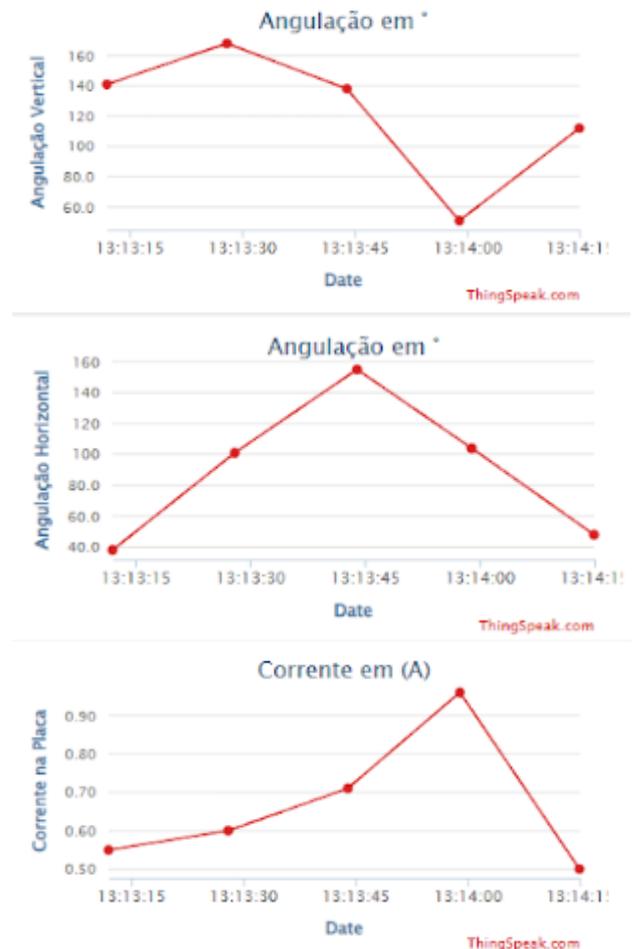


Figura 7: Dados coletados do rastreador

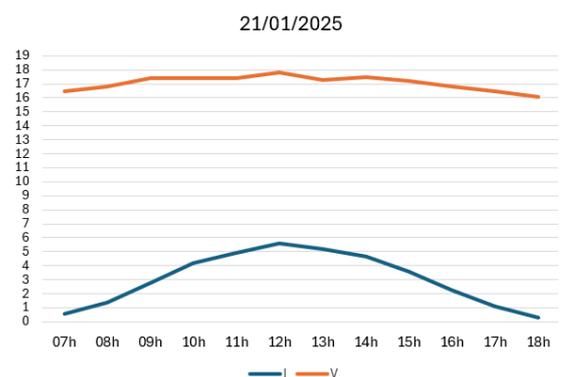
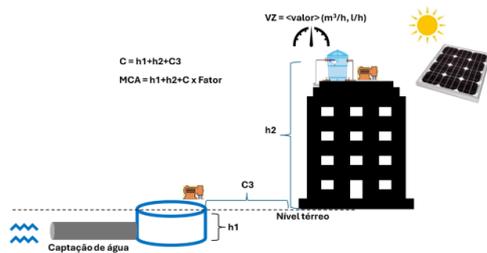


Figura 8: Gráficos da geração fotovoltaica do sistema 100Wp



Figura 9: QR-CODE do site www.epvcotuca.com



Poligono	Nome	Numero	Municipio	VZmin	MCA
P1	Culto à Ciência	177	Campinas	75,54	11,20
P10	Rua Culto à Ciência	202	Campinas	1.133,14	53,80
P100	Edifício Open Sky	415	Campinas	1.133,14	56,84
P101	Edifício San Diego	70	Campinas	1.284,23	61,82
P102	Edifício San Diego	70	Campinas	1.284,23	60,40
P103	Dot Office	97	Campinas	755,43	39,06
P104	Dot Office	97	Campinas	755,43	41,04
P105	Classic Residence	170	Campinas	1.057,60	55,20
P106	Condomínio Montreal	51	Campinas	1.359,77	65,28
P107	Classic Residence	170	Campinas	1.057,60	52,90
P108	Edifício Solar das Fontes	1875	Campinas	982,06	48,61
P109	Edifício Solar das Fontes	1875	Campinas	982,06	51,36
P11	Edifício Quartier	136	Campinas	377,71	24,20

Distância total em metros	Vazão com HSP Mínimo
32,00	377,71
Área m²	Vazão com HSP Máximo
411,59	217,86
MCA - Metros de Coluna de Água	Vazão com HSP Médio
24,20	272,11

BombasSel	Capacidade (m)	Litros_por_hora	Potência_W	Voltagem_Vcc	Desc
	77	250,00	210	48	Bomba Solar ZTROON 3" - 77r
10	75	1.083,33	750	150	Bomba Solar ZTROON 3" - 75r
9	45	1.041,67	500	90	Bomba Solar ZTROON 3" - 45r
6	180	791,67	1500	150	Bomba Solar ZTROON 3" - 180
7	150	416,67	750	150	Bomba Solar ZTROON 3" - 150
8	125	1.250,00	500	150	Bomba Solar ZTROON 3" - 125
	109	354,17	500	90	Bomba Solar ZTROON 3" - 109
13	25	416,67	210	48	Bomba Solar Superficie ZTROON
2	255	1.250,00	2250	400	Bomba Solar Híbrida ZTROON
3	203	1.000,00	1500	400	Bomba Solar Híbrida ZTROON
4	125	2.916,67	2250	400	Bomba Solar Híbrida ZTROON
5	100	2.395,83	1500	400	Bomba Solar Híbrida ZTROON
	42	122,50	180	12	Bomba Solar 12V Shurflo 8000

- Localização**
- P104 - Edifício - Dot Office - 97 - Campinas
 - P105 - Edifício - Classic Residence - 170 - Campinas
 - P106 - Edifício - Condomínio Montreal - 51 - Campinas
 - P107 - Edifício - Classic Residence - 170 - Campinas
 - P108 - Edifício - Edifício Solar das Fontes - 1875 - Campinas
 - P109 - Edifício - Edifício Solar das Fontes - 1875 - Campinas
 - P11 - Edifício - Edifício Quartier - 136 - Campinas
 - P110 - Edifício - Edifício Solar das Fontes - 1875 - Campinas
 - P111 - Edifício - Edifício Solar das Fontes - 1875 - Campinas
 - P112 - Edifício - Edifício Solar das Fontes - 1875 - Campinas

Selecione as bombas habilitadas tecnicamente

BombasSel	BombasHabilitadas
10	150 - 750 - Bomba Solar ZTROON 3" - 75m ou 26m³/dia 3ZTPC5.2-75-96-750W - 10
5	400 - 1500 - Bomba Solar Híbrida ZTROON 4" - 100m ou 57.5m³/dia 4ZTLR11.5-100-200-150
3	400 - 1500 - Bomba Solar Híbrida ZTROON 4" - até 203m ou 24m³/dia 4ZTSC4.8-203-200-150
4	400 - 2250 - Bomba Solar Híbrida ZTROON 4" - até 125m ou 70m³/dia 4ZTPC14-125-200-225

Qtde Módulos Fotovoltaicos estimados por Tensão da Bomba	Potência (W) dos módulos fotovoltaicos estimada pela potência da bomba
17,00	3.375,00

menor igual



Área Útil da cobertura (m²)	Área do módulos fotovoltaicos em m²
411,59	28,05

Potência (W) calculada dos módulos
4.250,00

Figura 6: Prospecção de Edifícios

CONCLUSÕES

Existe uma dificuldade de empreendimentos em geração fotovoltaica em centros urbanos. Pretende-se construir uma base para análise financeira com NPV (Netwok Present Value) e IRR (Internal Rate of Return) dos projetos de instalações de bombas d'água OFF GRID. A meta é aperfeiçoar este projeto, para servir aos estudantes e que outras pessoas possam usufruir dos trabalhos realizados.

BIBLIOGRAFIA

VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 2. ed. São

Paulo, SP: Érica, 2015. 224 p., il. ISBN 9788536514895 (broch.).

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. 17/01/2023. ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Acesso em 02/02/2024.

SAILOR, D.J.; ANAND J.; KING, R. R. Photovoltaics in the built environment: A critical review, Energy and Buildings, Volume 253, 2021,111479,ISSN0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111479>. Acesso em 24/03/2025.

PROEEC. Unicamp na Cidade. [Unicamp na Cidade - ProEEC - Pró-reitora de Extensão, Esporte e Cultura](#), 2024, Acesso em 10/07/2025.