



PROJETO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Sustentável

UTILIZAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA DE ORIGEM SOLAR PARA REDUÇÃO DE CUSTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

RELATÓRIO FINAL

Projeto de Pesquisa submetido ao Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa (NIP) do Centro Universitário ICESP, como requisito obrigatório para inserção no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

Aluna: Gisele Alves Fernandes

Orientador: Professor PhD Nilo Silvio Costa Serpa

Brasília, 2019

UTILIZAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA DE ORIGEM SOLAR PARA REDUÇÃO DE CUSTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

RESUMO — O presente projeto se destina a investigar a viabilidade de implantação de sistemas termossolares de abastecimento de energia elétrica baseados em painéis fotovoltaicos para o atingimento de metas de redução de custos em instalações prediais de ensino no Distrito Federal. O escopo será inicialmente limitado ao provimento parcial de eletricidade, sendo complementado pela rede elétrica pública usual. A viabilidade física da implementação do sistema é garantida pela elevada incidência anual de luz solar no Distrito Federal, além da quase inexistência de sombreamento local. Uma ampla revisão bibliográfica técnica apoiará a pesquisa necessária, assim como os levantamentos sobre fornecedores e custos. Grupos de estudo constituídos por alunos e professores do Centro Universitário ICESP serão, futuramente, incitados a participar de programas de pesquisa na área, sobretudo acerca de materiais e eco-inovação, com vistas ao desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso e à produção de artigos científicos.

Palavras-chave: energia solar; sustentabilidade; produção mais limpa; eletricidade; fontes renováveis.

USING SOLAR ENERGY FOR COST CONTAINMENTS AND REDUCTION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS

ABSTRACT – Present project is intended to investigate the feasibility of implantation of solar thermal power supply systems based on photovoltaic panels to achieve cost reduction goals in educational institutions at the Federal District. The scope shall initially be limited to the partial supply of electricity, complemented by the usual public power grid. The physical viability of the implementation of the system is guaranteed by the high annual incidence of sunlight in the Federal District, in addition to the almost non-existent local shading. A broad technical literature review shall support the required research, as well as supplier and cost surveys. Study groups made up of students and professors from the ICESP University Center shall in future be encouraged to participate in research programs in the area, especially on materials and eco-innovation, in order to develop course completion works and scientific articles.

Keywords: solar energy; sustainability; cleaner production; electricity; renewable sources.

1-INTRODUÇÃO

Um dos assuntos mais debatidos atualmente é o uso das chamadas fontes renováveis de energia como integrantes efetivas de uma matriz energética nacional híbrida. Semelhante matriz requer um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com os objetivos de minimizar a produção de gases de efeito estufa, reduzir a sobrecarga das hidrelétricas e aproveitar o potencial regional, visando à proteção dos recursos naturais e do meio ambiente. Tal como o tratamento do lixo, a implementação dessa matriz constitui uma etapa fundamental para o avanço das políticas globais de economia ecológica.

A implantação de um sistema híbrido de energia começa pela mudança da cultura institucional brasileira. Pode-se dizer que as entidades educacionais deveriam ser as primeiras a dar o exemplo, introduzindo a tecnologia solar em seu cotidiano de modo a alcançar economia de meios e, ao mesmo tempo, oferecer ao alunado acesso ao conhecimento do tema por meio de programas de iniciação científica com infraestrutura disponível *in loco*. Ressalte-se aqui a urgência da inclusão da energia térmica de origem solar na matriz energética do DF, tanto mais pela recente crise hidrológica que nos deixou a promessa de novas crises. Além disso, a disponibilidade solar no Brasil nos constrange diante de outras nações muito menos favorecidas pelo astro-rei, mas que já se encontram em franca utilização do escasso quinhão que lhes coube dessa fonte praticamente inesgotável.

O presente projeto deu ênfase à questão da gestão ambiental sustentável no que se refere ao uso de painéis fotovoltaicos, tendo por meta futura alcançar autossuficiência energética para o Centro Universitário ICESP, tomando por área-piloto aquela que corresponde às instalações próximas ao Aeroporto Internacional de Brasília. Ainda que se considere uma etapa inicial em que o emprego de energia solar seja parcial, há que se ter em mente as dimensões prediais locais e sua ocupação hoje incompleta, em vista do que o consumo atual deverá evoluir sensivelmente nos próximos anos. Não obstante, a região oferece condições propícias para um empreendimento que vise total independência energética em médio prazo.

2-OBJETIVO GERAL

Consolidar um corpo de conhecimentos técnicos que permitam construir uma infraestrutura fotovoltaica capaz de prover energia elétrica suficiente para as necessidades diárias de uma

instituição de ensino dentro dos padrões mais avançados hoje em voga. No presente estudo, tomou-se como alvo a Unidade Aeroporto do Centro Universitário ICESP.

3-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Todos os objetivos específicos descritos na proposta foram atendidos, à exceção do quarto, **“Publicar os resultados das pesquisas desenvolvidas em periódicos nacionais e internacionais, inclusive no periódico CALIBRE”**, ainda em andamento. O quinto objetivo específico, **“Promover estudos continuados sobre os aprimoramentos da tecnologia solar, hoje em franca evolução”**, tem se consumado na pesquisa dos efeitos quânticos em células fotovoltaicas, do qual faremos uma breve resenha na última seção.

4-REFERENCIAL TEÓRICO E JUSTIFICATIVA: BREVE DISCUSSÃO SOBRE A SITUAÇÃO ATUAL

A fundamentação científica do uso da energia solar para a produção de eletricidade encontra-se na moderna termodinâmica via engenharia de sistemas térmicos. Uma vez que a energia térmica proveniente da luz do sol não polui o meio-ambiente durante o seu uso, e que a própria fabricação dos equipamentos necessários à construção dos painéis solares é totalmente controlável quanto à emissão de resíduos, as centrais fotovoltaicas têm sido consideradas como peças fundamentais para projetos de matrizes energéticas combinadas e ecologicamente sustentáveis, não apenas pelo fato das centrais necessitarem de manutenção mínima, mas também porque os painéis solares vêm se tornando mais potentes, ao mesmo tempo em que seus custos diminuem a cada ano. Além disso, a energia solar é uma ótima opção para lugares remotos, uma vez que a sua implantação em pequena escala não suscita os grandes investimentos típicos das linhas de transmissão. Há que se destacar, entretanto, que as formas de armazenamento da energia solar ainda são pouco eficientes se comparadas a outras fontes energéticas, ainda que os progressos recentes sejam encorajadores. Não obstante esse fato, a utilização da luz solar tem ajudado a diminuir a demanda energética pelas fontes convencionais, reduzindo os custos da perda de energia no processo de transmissão. Diversos institutos de pesquisa ao redor do mundo têm se dedicado à melhoria da eficiência das células fotovoltaicas, tanto pelas técnicas de dopagem do silício, principal material constituinte das células, quanto pela consideração de materiais alternativos.

Por último, vale lembrar que a pertinência do uso da energia solar no Brasil se confirma pela notável marca de aproximadamente 300 dias de céu claro (Natal, por exemplo), correspondendo em média a 2000 kWh/m²/ ano (Fig. 1).

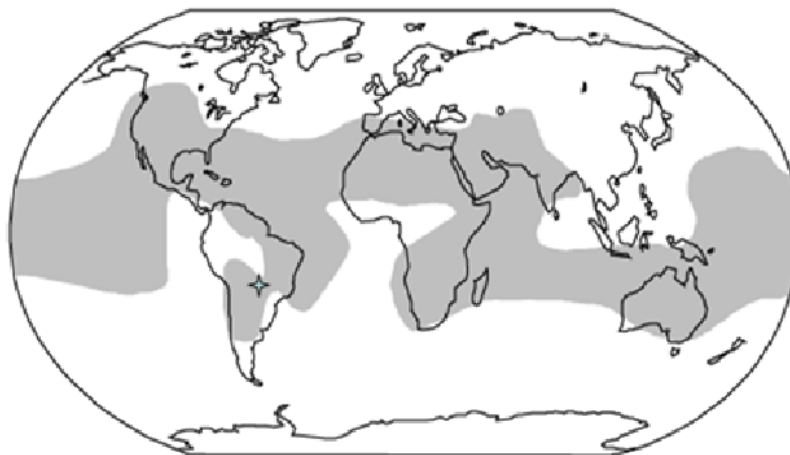


Fig. 1 – Mapa da faixa planetária de máxima insolação. A estrela marca a situação de Brasília.

5-ÁREA GEOGRÁFICA DO PROJETO

Abrangência	Áreas
<input type="checkbox"/> Nacional	
<input type="checkbox"/> Estadual	
<input type="checkbox"/> Regional	
<input checked="" type="checkbox"/> Distrital	Centro Universitário ICESP, Unidade Aeroporto
<input type="checkbox"/> Não se Aplica	

6-CASUÍSTICA E MÉTODO

Foi efetuada uma revisão bibliográfica com foco nos principais casos de sucesso registrados na literatura internacional. Também foi conduzida uma pesquisa junto aos atuais prestadores de serviço e fornecedores de equipamentos solares no Brasil. O estudo de caso foi realizado a partir dos custos de consumo levantados na Unidade Aeroporto do Centro Universitário ICESP.

7-RESULTADOS

As estimativas de custo incluíram a aquisição e a instalação do inversor para conexão à rede (ou *grid connected inverter*), dispositivo eletrônico que permite a interligação do aparato fotovoltaico com a rede da concessionária, possibilitando injetar na rede o excedente de energia produzido pelo sistema. Desse modo, com base na análise da conta de consumo mensal da unidade Aeroporto, foi possível estimar um custo total de R\$1.316.440,42 (um milhão, trezentos e dezesseis mil, quatrocentos e quarenta reais e quarenta e dois centavos), correspondentes a 1.708 m² de painéis fotovoltaicos para implantação do sistema completo (contra apenas 664 m² de painéis fotovoltaicos anteriormente previstos para a unidade Águas Claras), o qual, em seu máximo desempenho, representará uma economia por conta mensal de cerca de R\$ 16.223,43 + adequação da demanda contratada (esta última responsável por uma redução imediata em torno de R\$ 2.000,00 por conta mensal, isto é, economia de R\$ 24.000,00 por ano). A forma de pagamento para um sistema com tais dimensões é negociável, embora seja costumeira a entrada de 65% do montante, para o custeio da parte principal, e 35% no fechamento do contrato, parceláveis em duas vezes. O tempo de recuperação do investimento é estimado em cerca de 68 meses. É importante registrar que o belo pôr do sol de Brasília na época seca é sintomático quanto à saúde da atmosfera, porquanto se sabe que o céu alaranjado ou avermelhado significa a presença de muita poeira na atmosfera. Essa característica climática acarreta seguramente maior frequência de manutenções para remoção da poeira acumulada nos painéis solares. Os ensaios de acúmulo de poeira no período de seca realizados ao longo da pesquisa apontaram para perdas de eficiência acima de 18%, fato que exigiria inspeções de limpeza a cada 40 dias entre os meses de maio e outubro.

8-ESTUDOS EM ANDAMENTO MOTIVADOS PELO PROJETO

A tecnologia de células fotovoltaicas está em desenvolvimento, com foco na melhoria gradativa da eficiência de transformação energética. De modo geral, temos duas frentes principais de produção:

- Células clássicas (desde 1954) – feitas de materiais semicondutores; produção cara; limite superior teórico de 33% para eficiência de conversão de luz solar em eletricidade.
- *Quantum dots* – estruturação de células de terceira geração; eficiência de 60% ou mais na produção de eletricidade; US\$ 100 ou menos por metro quadrado de painéis.

Atualmente, cerca de 90% das células fotovoltaicas são produzidas com silício. O silício não é um bom condutor de eletricidade; dopado com fósforo, gera um elétron livre na última camada (tipo N); dopado com boro, deixa uma lacuna a ser ocupada por um elétron (tipo P). A Junção P-N gera campo elétrico na medida em que a incidência de fótons cria fluxo de elétrons \rightarrow ddp + corrente.

Quantum dots são semicondutores que estão na escala nanométrica (Fig. 2); são nanocristais que, por sua forma e tamanho, determinam poços de potencial, confinando elétrons em estados discretos de energia. Mais precisamente, um *quantum dot* contém um pequeno número de elétrons de banda de condução e de “buracos” de banda de valência (quase-partículas ou *éxcitons*). Parte considerável da energia é perdida na forma de calor em virtude do espalhamento de elétrons. Procura-se compensar as perdas pelo ajuste fino dos *bandgaps* ao espectro solar.

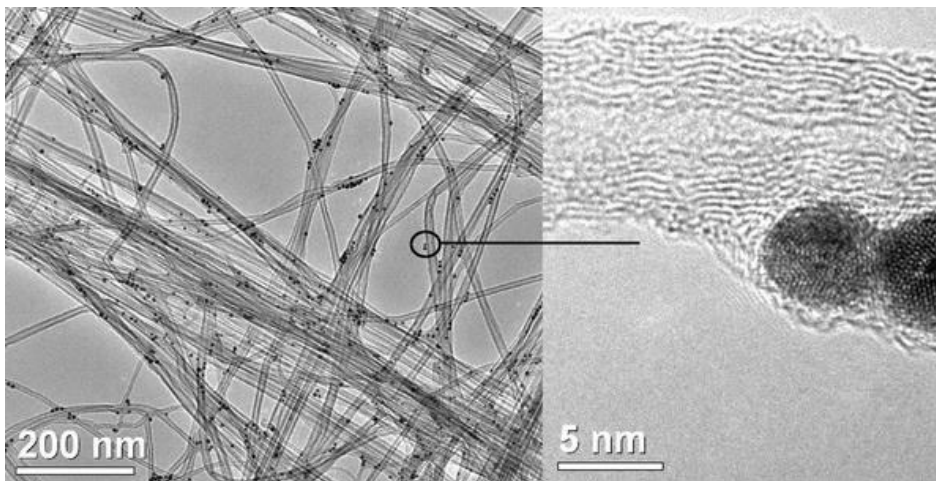


Fig. 2

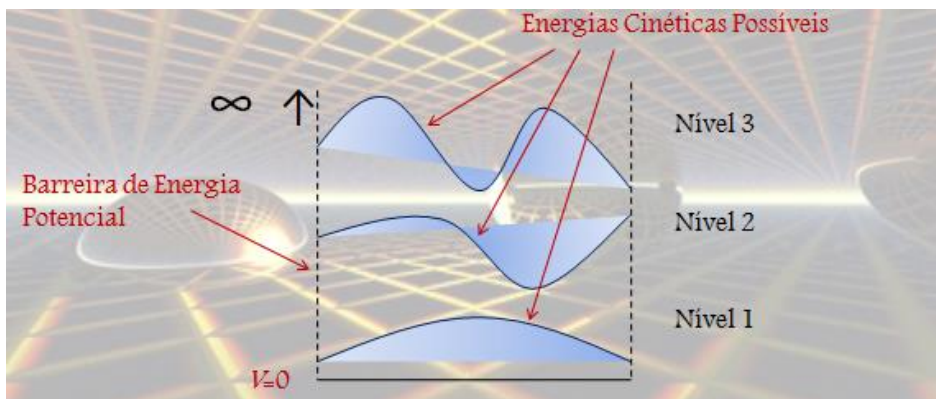


Fig. 3

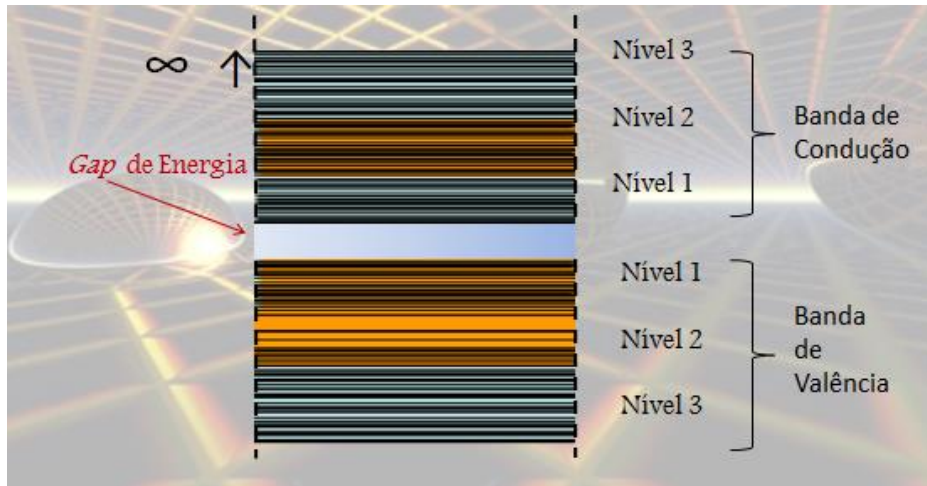


Fig. 4

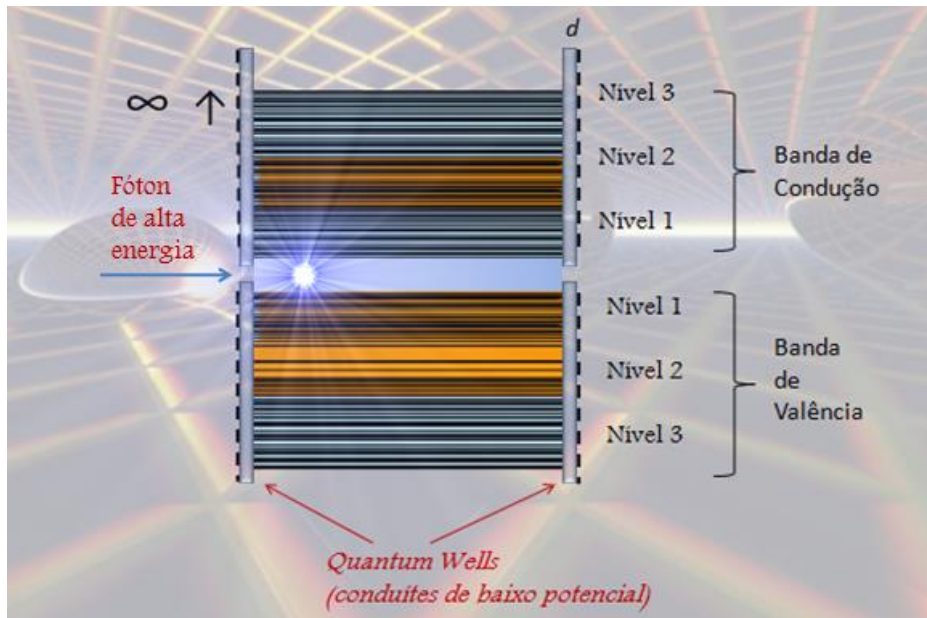


Fig. 5

O estudo em andamento prevê a análise de eficiência do *quantum dot* a partir do entendimento da organização dos níveis de energia de seus átomos (Fig. 3), dos *gaps* de energia entre as bandas de condução e de valência (Fig. 4) e do tunelamento quântico (Fig. 5). Para a contabilização da diferença de energia entre o elétron excitado e o “buraco” que deixou no nível anterior será empregada a fórmula

$$DE = E_{bg} + \frac{h^2(n_1^2 + n_2^2 + n_3^2)}{8m_e d^2} + \frac{h^2(n_1^2 + n_2^2 + n_3^2)}{8m_h d^2} = \frac{hc}{l}$$

9-OBSERVAÇÕES FINAIS

O plano de publicação prevê a submissão do trabalho em outubro próximo, com possível desmembramento do conteúdo em dois artigos, o primeiro com os resultados práticos da pesquisa, e o segundo com a expansão do tema sobre aplicações de nanotecnologia. Enfatizamos que a ideia é executar esse projeto dentro das perspectivas acadêmicas de atuação inovativa, tornando o Centro Universitário ICESP um exemplo de sucesso em economia energética e sustentabilidade na região do Distrito Federal.



9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAMIZU, J. Modelagem e Análise de desempenho de um Sistema Fotovoltaico em operação isolada e em paralelo com uma rede de distribuição de Energia Elétrica. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

PINHO, J.; GALDINO, M. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPTEL – CRESESB, 2014, 530p.

WURFEL, P.; WURFEL, U. Physics of solar cells: from basic principles to advanced concepts. United Kingdom: Wiley, 2009, 256p.

LUQUE, A.; HEGEDUS, S. Handbook of photovoltaic science and engineering, United Kingdom: Wiley, 2011, 1164p.

SERPA, N.; COSTA, I.; GONÇALVES, R. A Thermal System Based on Controlled Entropy for Treatment of Medical Waste by Solar Energy. IFIP Advances in Information and Communication Technology, v. 488, 2016, p. 789-797.

FADIGAS, E. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica. Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo, 2012.

LOPES, R. Efeito do sombreamento nos painéis fotovoltaicos. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013, 111p.

MICHELS, R. *et al.* A influência da temperatura na eficiência de painéis fotovoltaicos em diferentes níveis de incidência da radiação solar. Revista Agrogeoambiental, v.2, n.3, 2010, p.105-110.

NAWATA, Y.; SADATOMI, M. Prediction of photovoltaic (PV) power output considering weather effects. Colorado: Solar, 2006.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS (EPE). Análise da inserção da geração solar na matriz energética brasileira. Nota Técnica. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2012, 58p.

NGUYEN, D.; LEHMAN, B. Modeling and simulation of solar PV arrays under changing illumination conditions. IEE COMPEL, 2006, p.16-19.

KASIM, N.; AL-WATTAR, A.; ABBAS, K. New technique for treatment of the dust accumulation from PV solar panels surface. Iraqi Journal of Physics, v.8, nº12, 2010, p.54-59.