

19ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

ENERGIA FOTOVOLTAICA:

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO NO METRÔ SP

1. Introdução

A crescente preocupação mundial com as mudanças climáticas deu origem a ações globais da Organização das Nações Unidas (ONU), amplamente debatidas em suas conferências sobre o desenvolvimento sustentável, como a RIO + 20, realizada em 2012 no Rio de Janeiro. As iniciativas da ONU têm sido desdobradas em legislações e programas dos países membros.

No Brasil, houve a publicação da Política Nacional sobre Mudança do Clima, da Política Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo e da Política de Mudança do Clima do Município de São Paulo, estabelecendo metas de redução das emissões de gases de efeito estufa, sendo estas fortemente relacionadas ao consumo de energia.

Um dos pontos principais destes programas é o uso de fontes de energias renováveis. O Brasil tem à disposição uma grande diversidade de fontes de energia consolidadas e possui alternativas que despontam como promissoras nos cenários de médio e longo prazo. Uma das fontes que tem recebido bastante atenção do governo é a energia solar, na forma global, direta e difusa. Os valores de irradiação solar global incidente no território brasileiro são superiores aos da maioria dos países da União Europeia que utilizam esta fonte em maior escala, como Alemanha, França e Espanha. Nesses países, existem incentivos bastante generosos para a geração de energia fotovoltaica pelos usuários, especialmente para produção em lotes urbanos que ocupam pequena parcela do território, como nos telhados dos edifícios. Esses incentivos incluem a diminuição gradativa da tarifação e a compra da energia excedente pelo governo.

Os materiais mais utilizados hoje para a fabricação das células fotovoltaicas são o silício monocristalino, policristalino e filmes finos (silício amorfo, microcristalino, dentre outros). Os filmes finos são os menos eficientes, mas possuem as vantagens de serem flexíveis e possuírem melhor aproveitamento da energia do sol em condições de baixa irradiação ou de altas temperaturas. No entanto, a indústria avança rapidamente com inovações tecnológicas

surgindo a todo tempo. Por exemplo, nos últimos anos a tecnologia dos sistemas de alta concentração fotovoltaica HCPV (*High Concentration Photovoltaic*) teve uma evolução muito rápida comparada às demais, chegando a atingir eficiência real de 43% contra cerca de 20% do silício monocristalino.

No Brasil, em 2012, foi instituída a Resolução Normativa 482 da ANEEL, que estabeleceu as bases legais para a construção de um sistema nacional de incentivos à geração de energia a partir de fontes renováveis. Esta resolução define condições para que as centrais de micro e minigeração de energia fotovoltaica possam injetar o excedente produzido na rede local de distribuição a título de empréstimo à concessionária, recebendo em troca créditos que devem ser compensados da energia consumida por essas centrais em até três anos.

Nesse âmbito, no estado de São Paulo, a Secretaria de Energia apresentou recentemente o estudo “Energia Solar Paulista - Levantamento do Potencial”, no qual analisa dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e detalha o potencial de uso desta alternativa em São Paulo. A meta do governo estadual é alcançar uma produção de 50 MWp proveniente de energia fotovoltaica até o ano 2020. Uma das pontas deste projeto é a aplicação da tecnologia fotovoltaica nas instalações do Metrô de São Paulo, um dos desafios relevantes da empresa para a próxima década.

2. Experiências já implantadas no Brasil

No Brasil, já existem várias experiências efetivas de geração de energia renovável, dentre as quais se destacam dois modelos de centrais de minigeração já em operação no país: a usina do Estádio de Pituaçu em Salvador e a usina Tanquinho em Campinas. O Estádio do Pituaçu foi o primeiro estádio da América Latina autossuficiente em produção de energia, com o aproveitamento da energia fotovoltaica gerada diariamente como estratégia para o atendimento de sua demanda pico, localizada em alguns poucos horários ao longo da semana. Seu projeto

fez parte do Programa de Eficiência Energética da Coelba, que foi aprovado pela ANEEL em 2010 como um projeto inovador e de grande relevância.

A Usina do Pituaçu possui uma área de geração de 4.000 m², sendo que 67% correspondem à cobertura metálica das arquibancadas, onde foram aplicados painéis flexíveis revestidos com finos filmes de silício amorfo, material leve que não necessita de grandes obras estruturais; e 33% por painéis rígidos de silício monocristalino aplicados na cobertura dos vestiários, do estacionamento da tribuna de honra e da subestação de energia. A usina possui capacidade de 400 kWp e uma geração anual média estimada em 630 MWh. Desta capacidade, 60% são gerados pelas placas flexíveis e 40% pelas rígidas. Essa usina, por estar conectada diretamente à rede da concessionária, não necessitou de baterias para armazenamento da energia produzida.



Foto 1: Cobertura das estruturas metálicas e estacionamento do Estádio de Pituaçu.
(Fonte: Gehrlicher Ecoluz Solar do Brasil S.A – 2012)

Em novembro de 2012, a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL implantou a Usina de Tanquinho, a primeira usina de energia solar do estado de São Paulo. Esta é dividida em duas plantas que totalizam 1 MWp e há projeção de se associar futuramente uma outra fonte energética renovável, provavelmente a eólica. A instalação foi feita em duas plantas: 60% da área total é formada por placas de silício amorfo microcristalino instaladas de forma a simular

telhados residenciais convencionais; e 40% por placas de silício monocristalino, algumas delas móveis com mecanismo “*Tracker Control System*”, um sistema pré-programado que acompanha o movimento do sol de forma a obter a máxima incidência dos raios solares desde o período da manhã até o pôr do sol, otimizando-se assim a geração. Toda a energia que é gerada em corrente contínua é transformada em alternada e injetada na rede de distribuição de 11,4 kV. Este projeto fez parte do programa de incentivo específico, as Chamadas Públicas da ANEEL, que asseguram os recursos advindos do faturamento das concessionárias de energia.



Foto 2: Usina Fotovoltaica de Tanquinho, da CPFL – Campinas SP.
(Fonte: Massaru Saito – Maio/2013)

3. Experiências de outros metrô (CoMET)

O Metrô de São Paulo faz parte de um programa internacional de *benchmarking* chamado CoMET (*Community of Metros*), do qual atualmente também fazem parte os metrô de Pequim, Berlim, Cantão, Hong Kong, Londres, Cidade do México, Paris, Santiago, Xangai, São Paulo, Taipé, Madri, Moscou e Nova Iorque. Dentre este grupo de metrô, o *Metropolitan Transit Authority* – MTA, de Nova Iorque, foi o primeiro a utilizar energia fotovoltaica no mundo. A primeira usina fotovoltaica do MTA foi instalada em 2005 no Terminal *Coney Island-Stilwell Avenue*, em Brooklyn. Além dessa, existem outras usinas no complexo de estações *Jackson Heights – Roosevelt Avenue / 74th Street – Broadway* e no pátio de manutenção e de lavagem

de trens em Corona, Queens. Este último foi o primeiro edifício da rede da MTA a receber o certificado LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*), destinado a obras e edifícios construídos em acordo com as demandas ambientais e sustentáveis.

No Terminal *Coney Island-Stilwell Avenue* foram instaladas 2.800 placas de película fina (silício amorfo), ocupando uma área de 7.100 m². Esta é uma central de microgeração, que produz uma potência total de 210 kWp.

O MTA, seguindo uma portaria que trata sobre diretrizes para a construção (*Executive Order N° 111*) baseado em fontes de energia verde e limpa, firmou acordo com a concessionária de distribuição de energia NYPA (*New York Power Authority*) de utilizar até 20% de seu consumo através de energias renováveis para as iluminações e outros serviços auxiliares, sem considerar o sistema de tração elétrica.

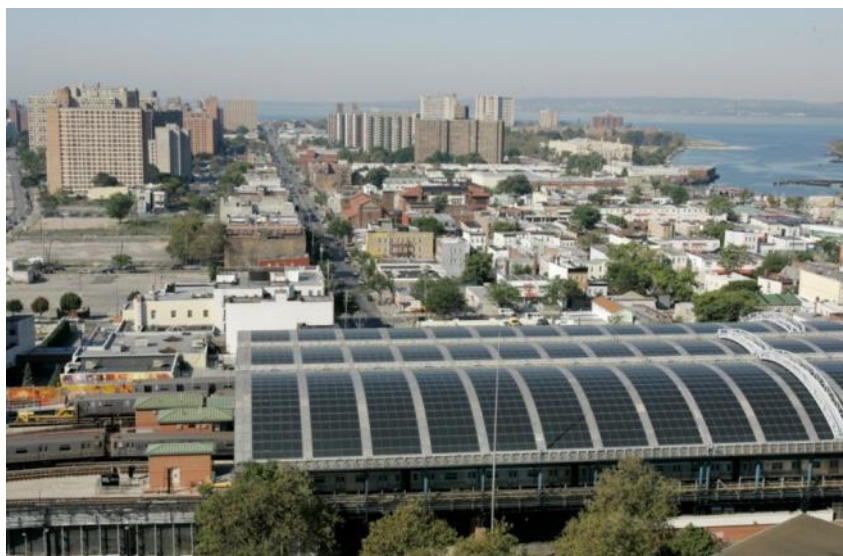


Foto 3: Estação *Stillwell Terminal* do metrô de Nova Iorque.
(Fonte: prweb.com)

A maioria dos metrô do CoMET tem avaliado a geração de energia solar. A eficiência das instalações de painéis solares e o período de retorno de investimento dependem das condições específicas de cada metrô, tais como: as condições climáticas (função da localização da

instalação), os preços de eletricidade, recursos financeiros e, sobretudo, o incentivo do governo.

De modo geral, considera-se o período de retorno para esses projetos demasiadamente longo. Além disso, as restrições financeiras têm limitado a disponibilidade de fundos de investimento atuando neste tipo de projeto, apesar de que os benefícios futuros da energia limpa e renovável sejam inegáveis, melhorando muito as credenciais ambientais e imagem pública de um metrô.

4. Análises de viabilidade no Metrô SP

O Metrô-SP, engajando-se neste tema inédito no setor metroferroviário nacional, está estudando a viabilidade técnico-econômica de implantação de sistemas de geração de energia fotovoltaica nas estações, nos terminais e nos pátios de estacionamento nos projetos de expansão da rede de metrô de São Paulo.

A princípio, está sendo estudado o impacto da implantação das centrais de geração de energia fotovoltaica sobre os processos e custos historicamente estabelecidos para projeto, obra, operação e manutenção do sistema metroviário. Este estudo leva em consideração a área a ser ocupada, a infraestrutura necessária e o custo de aquisição e instalação de equipamentos, considerando os programas de estímulo existentes em nível federal e estadual.

Por ocasião da elaboração do projeto básico da extensão da Linha 2-Verde, o Metrô-SP adotou a futura estação Água Rasa e seu terminal de ônibus urbano, ambos em projeto, como estudo de caso, analisando o grau de viabilidade para implantação, o potencial energético e o custo-benefício. Estimou-se uma área de 5.858 m² passível de ser ocupada pelas placas fotovoltaicas, distribuídas da seguinte forma:

Tabela 1 – Estudo do potencial energético para a estação Água Rasa – Linha 2 Verde.

ESTAÇÃO ÁGUA RASA	ÁREA	POTÊNCIA INSTALADA	GERAÇÃO ANUAL MÉDIA
Terminal de ônibus	3.475 m ²	260 kWp	136 MWh
Área do acesso/salas técnicas	2.383 m ²	190 kWp	100 MWh
= Total	5.858 m²	450 kWp	236 MWh

OBS: Esses valores foram estimados considerando-se módulos com células policristalinas.

O estudo de viabilidade econômica em desenvolvimento sinaliza que, se considerar a comparação direta da tarifa de energia que o Metrô-SP paga no mercado livre, no momento, parece não ser vantajoso. Atualmente, a empresa tem adquirido energia com custo em torno de 25% menos que um consumidor cativo, estendendo-se, ainda mais, o período de retorno de investimento com a energia fotovoltaica.

Por outro lado, há outros meios para implantação de geração fotovoltaica que não podem ser desconsiderados. Uma possibilidade são os programas de incentivo da eficiência energética, sendo que o projeto deve ser desenvolvido em conjunto com uma empresa concessionária de energia elétrica para plena utilização dos recursos incentivados. E outra são os programas de incentivo específico, como exemplo, as Chamadas Públicas da ANEEL, que asseguram os recursos advindos do faturamento das concessionárias de energia.



Figura 4 – Projeto da Estação e Terminal de ônibus Água Rasa – Linha 2 Verde.
(Fonte: Arquivo Metrô-SP)

5. Conclusão

Atualmente, as principais empresas de transporte metroferroviário no mundo (CoMET) avaliam a possibilidade de aproveitamento de fontes renováveis de energia como estratégia de desenvolvimento sustentável e gestão ambiental. Nova Iorque é um destaque nesse quesito, já que o MTA foi o primeiro sistema metroviário a adotar a energia fotovoltaica e também o primeiro a conseguir a certificação LEED já no ano de 2006.

Os países europeus, em geral, investem bastante no desenvolvimento de novas tecnologias e no aproveitamento energia solar, mas os níveis satisfatórios de geração de energia que eles apresentam decorrem de incentivos generosos oferecidos pelos governos para compensar o longo período de retorno dos investimentos necessários.

O Brasil, que possui condições climáticas e ambientais privilegiadas para geração de energia a partir de fontes renováveis, ainda precisa avançar significativamente em sua política de incentivos. Os programas existentes, principalmente os incentivos dados pela ANEEL, ainda estão em desenvolvimento e constante modificação, de forma que se deve estar atento para acompanhar as alterações na legislação vigente e nas futuras resoluções a serem adotadas.

Para implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica no Metrô-SP, é necessário que os estudos iniciais evoluam e vários cenários de aplicação sejam avaliados para que se conclua sobre a adequada equação técnica e econômica necessária à implantação de tal sistema. Contudo, entende-se que deve ser fortemente considerado o atual cenário dos projetos da expansão da rede para viabilizar um projeto piloto que auxilie na eficaz definição da aplicabilidade do sistema de aproveitamento de energia solar no Metrô de São Paulo.

Autores:

Eng. Fabio Santos Bernardes: engenheiro da Gerência de Projetos e Concepção de Sistemas (GCS)/ Departamento de Concepção de Sistemas Elétricos, Sistemas Eletromecânicos e de Instalações (CSM); fsbernardes@metrosp.com.br

Arq. Ivan Lubarino P. dos Santos: Coordenador da Gerência de Concepção de Projetos Cíveis (GCI)/ Departamento de Concepção de Projetos de Arquitetura (CIA); isantos@metrosp.com.br

Arq. Laércio Monteiro Junior: arquiteto da Gerência de Concepção de Projetos Cíveis (GCI)/ Departamento de Concepção de Projetos de Arquitetura (CIA); lmonteiro@metrosp.com.br

Eng. Massaru Saito: Especialista da Gerência de Projetos e Concepção de Sistemas (GCS)/ Departamento de Concepção de Sistemas Elétricos, Sistemas Eletromecânicos e de Instalações (CSM); msaito@metrosp.com.br

Bibliografia:

- “Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações”, Marcelo Gradela Villalva e Jonas Rafael Gazoli; 2012 - Editora Érica Ltda
- “Energia Solar Paulista, Levantamento do Potencial – 2012” – Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo.
- “Projeto de Geração Solar Fotovoltaica no Estádio de Pituaçu em Salvador-BA”
Rio +20 Ana Mascarenhas - Neoenergia
- Pesquisas CoMET – “*short questions*” sobre energia fotovoltaica 2013.
- Relatório da “*Energy Saving Strategies CoMET 2012 Case Study*”
- “Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira”, Junho de 2012 - ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica).
- “Energia Renovável na Alemanha (*Renewable energy in Germany*)”:

Endereço: http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/english/pdf/application/pdf/ee_in_deutschland_graf_tab_en.pdf