

**Sistemas de Energia Fotovoltaica Implantados em Prédios Públicos
localizados no Município de São Paulo**

Joyce Éllen Santos de Oliveira

Mestre, Uninove, Brasil
jycellenso@gmail.com

Heidy Rodriguez Ramos

Professora Doutora, Uninove, Brasil
heidyrr@uni9.pro.br

RESUMO

Com o aumento do consumo de energia e as mudanças ambientais ocasionadas pela geração de energia, é fundamental que diversos setores da sociedade busquem meios alternativos, sustentáveis e eficientes para o desenvolvimento de suas atividades. Neste contexto, as energias renováveis geram menos poluição ambiental quando comparada com as fontes fósseis. Dentre as alternativas de energias renováveis, a energia solar tem crescido em todo o mundo, graças à novas tecnologias, fácil instalação e captação de energia, uma vez que é alimentado por uma fonte abundante com incidência inesgotável na superfície terrestre. Edifícios de grande porte, são considerados potenciais poluidores, uma vez que podem causar danos ao meio ambiente devido à quantidade de energia que utilizam. O presente trabalho teve como objetivo analisar o sistema solar fotovoltaico instalado num prédio público localizado no município de São Paulo, especificamente foi estudado o projeto instalado no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC). Um estudo qualitativo, de caso único, foi a metodologia adotada. A coleta dos dados se deu por meio de análises de documentos e por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores e responsáveis pelo projeto. Os resultados demonstraram que a geração de energia próximo ao local de consumo (geração distribuída) é um fator determinante para a economia de energia, minimizando impactos ambientais. Concluímos que políticas públicas de incentivos fiscais e regulatórios, são fundamentais para o crescimento da utilização de energia fotovoltaica em centros urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renovável. Energia solar fotovoltaica. Edifícios públicos.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial cresce de maneira constante e demanda de energia elétrica para o crescimento e desenvolvimento de centros urbanos e rurais. Com o aumento na utilização de energia, há um crescente consumo de recursos naturais, e um aumento na emissão de gases, como o dióxido de carbono (CO₂), durante os processos de geração de energia (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). Neste cenário, países desenvolvidos e em desenvolvimento encontram dificuldades para atender a progressiva demanda de energia e, ao mesmo tempo, fornecer recursos energéticos que supram seu crescimento econômico (ALTOÉ; COSTA, *et. al.*, 2017).

No campo de produção de energia, dois grandes sistemas são encontrados. Primeiramente, e utilizado de maneira abundante em todo o mundo, tem-se a energia advinda de fontes não renováveis, nas quais, estas fontes energéticas, que possuem reservas limitadas e necessitam de um longo período, cerca de milhares de anos, para que haja a renovação de sua reserva. E como menciona Nehring (2009), os maiores exemplos são os combustíveis fósseis líquidos provenientes do petróleo e carvão, que durante dezenas de anos foram a fonte predominante na produção de energia mundial, ao fornecer de 85 a 93% de energia para o planeta. Porém, devido ao aumento no consumo de energia e as alterações ambientais ocasionadas por estes processos, torna-se imprescindível que diversos setores da sociedade busquem meios alternativos, sustentáveis e eficientes para o desenvolvimento de suas atividades sem impactar o desempenho de atividades já exercidas.

Neste contexto, as fontes renováveis, produzem energia suficiente para manter o crescimento mundial, porém, causam menores impactos ambientais, uma vez que, possuem um ciclo renovável promovido naturalmente, o que possibilita uma drástica minimização da geração de poluição ambiental quando comparada aos índices da queima de combustíveis fósseis (BIZZARRI; MORINI, 2004; BIZZARRI; MORINI, 2006).

Dentre as fontes de energias renováveis, podem ser citadas, a energia eólica, proveniente da energia cinética das massas de ar, provocadas pelo aquecimento desigual na superfície da Terra. A energia de biomassa, que diz respeito a energia química produzida pelas plantas no processo de fotossíntese na forma de hidratos de carbono. A energia hídrica, advinda da energia cinética da água de rios enquanto fluem de altas altitudes sentido mar. Por fim, a energia solar, que é proveniente do sol, e que foi o foco deste trabalho (PACHECO, 2006).

A partir do ponto de vista do uso de energias renováveis dentro de grandes cidades, a discussão a respeito da sustentabilidade de edifícios construídos, se faz presente, visto que, grande quantidade de energia é destinada à ventilação, iluminação, aquecimento e resfriamento de sistemas. Na busca pela prática do Zero Energy Buildings (ZEB), conceito definido por Espinosa; Hernández e Espinoza (2018), de modo que, a quantidade total de energia anual utilizada por um edifício é igual à quantidade de energia renovável criada no local, elemento que propicia a mitigação das emissões de CO₂ a fim de tornar edifícios auto suficientes em energia.

Como mencionado pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2015) o consumo de energia elétrica nas edificações brasileiras, até 2015 correspondia a aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país. Logo, os edifícios, além de grandes consumidores de água e geradores de um grande volume de resíduos, são responsáveis por cerca de um terço de toda a emissão de CO₂ de grandes cidades (MEMON, 2014).

Construções deficientes, equipadas com aparelhos elétricos de baixa eficiência, combinados com práticas ineficientes de conservação de energia, são os principais fatores que contribuem para o alto consumo de eletricidade (OPOKU, ADJEI, *et al.*, 2020). Com isso, o custo de eletricidade devido ao alto consumo em instituições públicas é um grande desafio para diversas nações em todo o mundo, especialmente para países em desenvolvimento (GYAMFI; DIAWUO, *et al.* 2018).

Torna-se visível que intervenções e políticas de eficiência energética para reduzir o consumo e o custo de eletricidade devem, portanto, ser exploradas em edifícios construídos (EL-DARWISH; GOMAA, 2017). O setor público pode se beneficiar com a implantação de energia solar fotovoltaica, com o propósito de melhor explorar seu potencial econômico e liberar recursos para outros propósitos (Müller, 2014). Ao utilizar estas tecnologias e dispositivos de gestão de energia, poderá ser alcançada uma redução significativa no consumo de energia da construção (ALHAGLA; MANSOUR, *et al.*, 2019).

Nesta pesquisa, optou-se pelo estudo de edifícios públicos localizados na região Sudeste do Brasil, na cidade de São Paulo, capital do Estado de São Paulo, local que possui mais de 45 milhões de habitantes, e representa o maior parque fabril da América Latina. Devido a sua proporção, em 2017 o Estado foi responsável por 27% do consumo da energia utilizada no país (PURIFICAÇÃO; RAMOS, *et al.*, 2020).

Diante da importância crescente da utilização de energias renováveis em edifícios, formulou-se a seguinte questão norteadora para a presente pesquisa: Como a implementação do projeto de energia solar fotovoltaica contribuiu para o Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo? Portanto, o objetivo do estudo é analisar a contribuição do sistema solar fotovoltaico instalado no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC) localizado no município de São Paulo.

Considerando os critérios determinados, que serão apresentados na metodologia, decidiu-se pelo desenvolvimento deste estudo no Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC), local que apresenta grande relevância ambiental em função da vegetação nativa e nascentes presentes. Localizado na zona leste do município de São Paulo, o PNMFC desenvolveu o primeiro edifício público sustentável da cidade de São Paulo, com um projeto que buscou, por meio da instalação de placas solares fotovoltaicas, a geração de sua própria energia, com o intuito de minimizar os impactos ambientais locais (SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE, 2014).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Dentre as fontes renováveis de energia, a energia solar apresenta um alto potencial energético e a maior abundância, visto que as radiações solares que atingem a superfície da Terra variam de 0,06 kW/m² em altas latitudes a 0,25 kW/m² em baixas latitudes (GÓMEZ; CARLESSO, *et al.*, 2018).

Utilizada desde os primórdios da humanidade como fonte de energia a fim de fazer fogo e aquecer casas, água e alimentos, a energia solar por certo período do século XX perdeu a importância devido ao aumento na utilização de combustíveis fósseis (BELESSIOTIS; PAPANICOLAOU, 2012). A partir da década de 1970 com o aumento dos preços da comercialização dos combustíveis fósseis e após guerras que levaram a crises energéticas, o interesse em energia solar como alternativa voltou a aumentar, com estimativas que esta fonte representará mais de 25% da matriz elétrica global em 2040 (ANEEL, 2008).

Com uma maior diversificação da matriz energética que busca auxiliar no suprimento crescente de energia limpa, a geração de energia solar cresce exponencialmente desde o início da década. É utilizada para produzir corrente elétrica pelo efeito fotovoltaico, que compreende a conversão direta da luz solar captada em energia elétrica. Por meio de controladores e conversores que coletam e processam, a corrente pode ser utilizada diretamente ou armazenada em baterias (VILLALVA, 2012; SANTOS; JABBOUR, 2013).

Capaz de transformar a energia advinda de uma fonte de luz em energia elétrica, as células solares são dispositivos utilizados para coleta da energia fotovoltaica. Dispostas normalmente em agrupamentos chamados de módulos solares, dotados de tecnologias que permitem resistir a condições ambientais antagônicas (SANTOS, 2011). A esse agrupamento formado por placa solar, controlador de carga, baterias e inversor, dá-se o nome de painel fotovoltaico, que em conjunto transforma-se em um sistema (CARVALHO; RIFFEL *et al.*, 2004 e SANTOS; JABBOUR, 2013).

O sistema solar fotovoltaico pode ser classificado de duas maneiras: sistemas FV autônomos (*off grid*), como demonstrado na Figura 1, que são aqueles que suprem energia para locais normalmente isolados de rede elétrica, podendo tal energia ser armazenada em baterias para um uso posterior. Ou sistemas conectados à rede elétrica (*on grid*), que operam concomitantemente com a rede de eletricidade, como mostra a Figura 2 (VILLALVA, 2012).

Figura 1: Sistema fotovoltaico autônomo



Figura 2: Sistema fotovoltaico concomitante



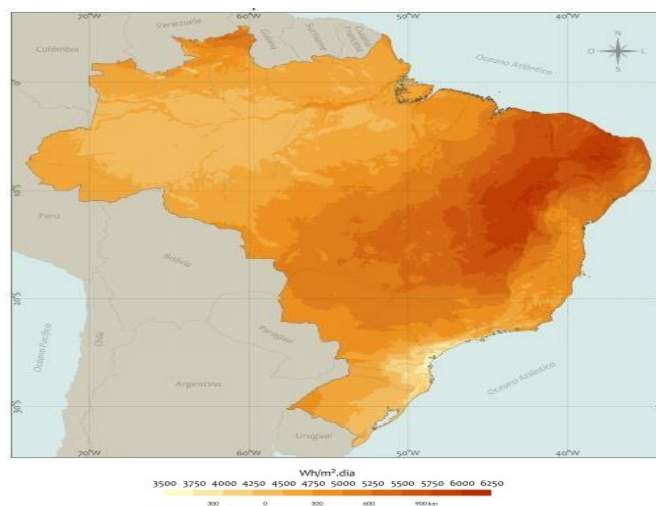
Fonte: Recuperado de “Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas FV autônomos” de Imhoff, 2007.

A velocidade com que essa fonte se desenvolve decorre da sua capacidade de cobrir a maioria dos segmentos de mercado, da sua facilidade de instalação e da redução dos custos apresentados nos últimos anos. Com tal crescimento a energia fotovoltaica possui potencial para se tornar a longo prazo a maior fonte de eletricidade, devido sua abundância e a distribuição e investimentos em tecnologias que ocorre atualmente (FERREIRA, KUNH *et al.*, 2018). Apesar do grande potencial solar existente no Brasil, o incentivo à tecnologia ainda é incipiente (SILVA, 2018).

A União Europeia (UE) se desenvolve no mercado energético, com uma série de instrumentos legais, que buscam regulamentar o uso racional da energia e a utilização de energias renováveis, como a energia solar, mesmo com um posicionamento geográfico não favorável para utilização de energia solar durante as quatro estações do ano (FERNÁNDEZ, 2011). A exemplo tem-se a Alemanha, que apesar de seu posicionamento geográfico não favorável à irradiação solar, o país possui um forte programa de diversificação e simultânea “limpeza” da matriz energética local. Com investimento na utilização de energias renováveis para geração de energia, o país dispõe de quase 50% do potencial solar instalado em relação ao total mundial (ANEEL, 2008).

A geração de energia fotovoltaica, mesmo com a favorável irradiação solar no Brasil, ainda representa menos de 0,1% da matriz energética nacional (BONDARIK; PILATTI *et al.*, 2018). A Figura 3, mostra o total da irradiação horizontal anual ao qual o país está exposto. Pode-se verificar que o valor máximo de irradiação está na região nordeste do país, com o Estado da Bahia que apresenta o maior índice de radiação, com 6,5 kWh/m²/dia, seguido pelos Estados do Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, todos localizados no nordeste do Brasil. Tocantins e Goiás demonstram o maior índice da região central e Minas Gerais e São Paulo na região sudeste. O menor índice ocorre em Santa Catarina, região sul do país, com 4,25 kWh/m² por dia, este, ainda superior a Alemanha, país com maior investimento em energia solar fotovoltaica e que apresenta o valor máximo de 3,44 kWh/m² (PEREIRA *et al.*, 2017).

Figura 3: Mapa da irradiação solar no Brasil (Wh/m².dia)



Fonte. Recuperado de “Atlas Brasileiro de Energia Solar”, de Pereira et al, 2017, p. 36.

Para que o Brasil possa crescer e desta maneira, dominar a cadeia produtiva de energia fotovoltaica, como mencionado por *World Wildlife Fund summary* [WWF- Brasil], (2012),

é necessário que se estabeleçam políticas de incentivo à geração de energia fotovoltaica em larga escala.

3 METODOLOGIA

Em busca da compreensão do tema e dos principais conceitos, o presente estudo possui caráter exploratório. A pesquisa se caracteriza por um de estudo de caso, que como determinado por Creswell (2007), o pesquisador explora em profundidade um fato, atividade, processo ou indivíduo (s), agrupando tais dados por tempo e atividade. Optou-se por um estudo de caso único, que segundo Eisenhardt (1989) e Yin (2015), diz respeito ao aprofundamento de forma inigualável dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos, com utilidade em vezes que o estudo possui intenção de aprofundar os conhecimentos sobre diversos pontos de um único objeto de pesquisa.

Inicialmente, foi realizado um levantamento de edifícios com projetos de placas solares fotovoltaicas já implementados no município de São Paulo e que possuem o selo *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Esta certificação foi criada em 2000 pelo *Green Building Council* (USGBC) com o objetivo de orientar e analisar o comprometimento de edificações que seguem princípios sustentáveis desde a fase de projeto até o uso diário das instalações da edificação (GBCBrasil) (GOMES, 2018). Posteriormente, foram determinados os seguintes critérios para a escolha do caso: localizado no Município de São Paulo; do Setor Público; instalação de sistema de placas solares fotovoltaicas que alimentam o edifício e projeto implantado há mais de 2 anos. Considerando estes critérios, foi escolhido o Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo como objeto único de estudo.

O Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo está localizado no município de São Paulo (Figura 4) e constitui a maior e mais importante reserva ecológica dentro do bairro de Itaquera, zona leste. Decretada pela Lei nº6.409, de 5 de abril de 1989, e regulamentada pelo Decreto nº37.678, de 20 de outubro de 1993, a Área de Proteção Ambiental Parque e Fazenda do Carmo (APA Parque e Fazenda do Carmo), possui duas Unidades de Conservação de âmbitos diferentes, o Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (PNMFC), foco deste trabalho, e a Unidade de Conservação de Proteção Integral Parque do Carmo-Olavo Egydio Setúbal (PCOES) (SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE, 2014).

Figura 4: Mapa de localização da PNMFC dentro do Estado de São Paulo.



Fonte: Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2014.

Para alcançar o objetivo traçado a coleta dos dados foi realizada por meio de análise documental e entrevistas semiestruturadas. Os documentos foram fornecidos pela gestão do parque e pelo engenheiro elétrico responsável pelo desenvolvimento do projeto de sustentabilidade do edifício. Tais documentos são apresentados na Tabela 1 assim como o código que foi utilizado para identificá-los na análise dos resultados.

Tabela 1 - Documentos analisados

| Documento | Descrição | Código Utilizado |
|--|--|------------------|
| Energia solar na SVMA: Conceitos, situação atual, perspectivas, desafios e benefícios | Apresenta a situação atual e perspectiva da utilização de energia solar na SVMA. | D1 |
| Projeto do Parque Municipal Natural Fazenda do Carmo, por Rogério Vaz S. Anachoreta | Apresenta todos os passos seguidos durante o desenvolvimento do projeto de instalação do sistema solar fotovoltaico. | D2 |
| Requisitos mínimos para interligação de microgeração e minigeração distribuída com a rede de distribuição da Eletropaulo com paralelismo permanente através do uso de inversores - Consumidores de alta, média e baixa tensão. | Apresenta os itens necessários para que em uma edificação ocorra a geração distribuída. | D3 |
| Parecer de acesso à rede de distribuição da Eletropaulo para micro e minigeração | Apresenta os itens necessários para que uma edificação tenha acesso à rede de distribuição micro e minigeração. | D4 |
| Memorial descritivo da edificação da sede do PNMFC | Descreve de maneira minuciosa todos os itens e passos seguidos durante a construção da sede do PNMFC. | D5 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

As entrevistas foram feitas a gestores, engenheiros e arquitetos responsáveis pela construção e administração do edifício estudado. Para tanto, foi elaborado de um roteiro semiestruturado contemplando 29 perguntas, divididas em 6 grupos contemplando os seguintes temas: planejamento, instalação, acompanhamento, Resolução Normativa, previsão futura e detalhes sobre o projeto. Com autorização prévia, por meio do envio do formulário de consentimento, as entrevistas foram gravadas e os áudios foram transcritos e interpretados. A Tabela 2 apresenta os entrevistados e o código que foi utilizado para identificá-los na análise dos resultados.

Tabela 2: Especialistas entrevistados

| Cargo ocupado | Blocos de questões aplicados | Data da entrevista | Código Utilizado |
|--|------------------------------|--------------------|------------------|
| Diretora Divisão de Unidades de Conservação da Biodiversidade e Herbário Municipal na SVMA | Blocos 1 e 7 | 08/03/2021 | AM |
| Gestora do PNMFC | Entrevista Completa | 18/02/2021 | HS |
| Coordenador de projetos e obras na SVMA | Blocos 1, 5, 6 e 7 | 18/02/2021 | LL |
| Engenheiro Eletricista | Blocos 2, 3, 4, 5 e 6 | 23/02/2021 | RA |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

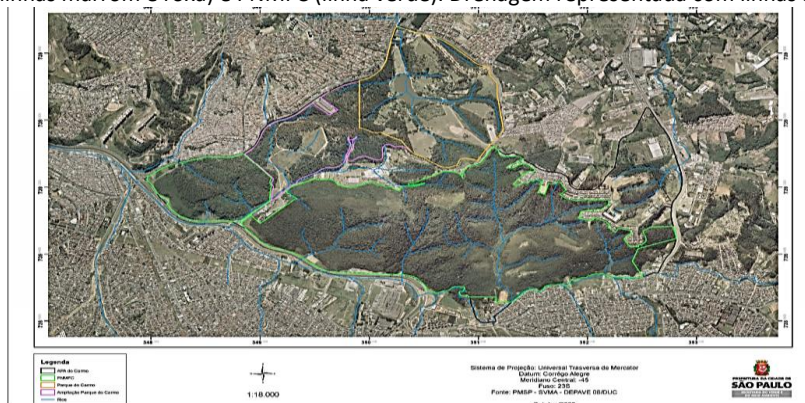
Com a realização das entrevistas com os principais integrantes das fases de planejamento e instalação do sistema FV no edifício, chegou-se à saturação nesta etapa de coleta, deixando de ser necessárias novas entrevistas, quando nenhum novo elemento é encontrado ou quando o acréscimo de aprendizado incremental obtido com as novas

entrevistas for mínimo (EISENHARDT, 1989). A identificação da saturação teórica se torna um critério determinante para interrupção da coleta de dados, uma vez que, como defendido por Fraser e Gondim (2004), o importante não são quantos indivíduos foram entrevistados, mas se os entrevistados foram capazes de trazer conteúdos significativos para o tema proposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PNMFC compõe o maior remanescente de Mata Atlântica da Zona Leste do município de São Paulo, com 867.600 hectares como mostra a Figura 5. O parque refere-se à primeira Unidade de Conservação de Proteção Integral criada em meio urbano no município paulista (FERREIRA, 2014).

Figura 5: Limites da APA Parque e Fazenda do Carmo (linha preta), Parque do Carmo (linhas marrom e roxa) e PNMFC (linha verde). Drenagem representada com linhas azuis.



Fonte: Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2021.

4.1 Detalhamento do caso

Com o crescimento de cidades, se tornou necessária a criação de áreas de proteção ambiental (APA) para que os resquícios de mata sejam protegidos. Com isso e como mencionado por AM e HS em entrevista, o PNMFC criado em 1989, com o nome da Fazenda Nossa Senhora do Carmo, na qual na época, havia uma grande plantação de café, onde atualmente há uma extensa área coberta com remanescentes da Mata Atlântica, divididos entre a Área de Proteção Ambiental Parque e Fazenda do Carmo e o PNMFC.

Destarte, foi escolhido como objeto de pesquisa o PNMFC, que tem como finalidade a preservação e recuperação das características do ecossistema original local, assim como, promover pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação ambiental. Baseado nesses objetivos, em janeiro de 2019, a fim de promover um melhor desenvolvimento, foi inaugurada a nova sede do PNMFC, mostrada na Figura 6 (SECRETARIA ESPECIAL DE COMUNICAÇÃO, 2019).

Figura 6: Sede do PNMFC



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Como disposto em D5, e mencionado por HS “esta edificação foi elaborada pensando na eficiência e baixo impacto, como resultado tornou-se o primeiro prédio municipal sustentável do município”. Esta descrição é complementada por LL.

“A edificação dispõe de um captador de água da chuva, que armazena a água coletada, para uso próprio. Além disso, o edifício promove o tratamento do esgoto gerado, por meio de plantas macrófitas, que possuem a capacidade de retirar da água substâncias tóxicas, dando condições favoráveis ao efluente. E conta também com um sistema solar fotovoltaico, que foi o foco deste trabalho, no qual há a geração de energia, com o excedente devolvido para a rede elétrica”.

4.1.1 Arquitetura do edifício

A sede do parque buscou alternativas de caráter ambiental, como a redução na produção de resíduos desde a obra, como citado por LL em entrevista “o desenho de arquitetura foi desenvolvido de maneira econômica, na busca de gastar menos energia, com as estruturas que chegaram já prontas ao local de instalação”. Uma vez que o setor de construção civil além de ser um grande consumidor de recursos naturais, é igualmente um grande gerador de resíduos, à medida que não há um sólido programa de gestão (ORTEGA, 2014).

Para a construção da construção da sede do PNMFC, optou-se para utilização de estrutura de madeira, cujo impacto ambiental é substancialmente menor que o de uma estrutura em concreto ou em aço. Como disposto em D5, a produção de 1 tonelada de madeira consome cerca de 325% menos energia do que a produção de 1 tonelada de concreto.

Durante a construção, outra característica a fim de respeitar e preservar a topografia e as particularidades naturais do solo, item disponível em D5 e levantada por HS e LL em entrevista, foi a escolha por um edifício elevado que toca o solo apenas com suas estruturas de metal, modelo que remete às características de uma palafita, como mostra a Figura 7.

Figura 7: Estrutura metálica de sustentação da sede



Fonte: Atlas da Mata Atlântica, 2019.

4.1.2 Tratamento de esgoto

O esgoto produzido na sede do PNMFC é tratado por um sistema conhecido como *wetland*. Segundo Silveira, Wink *et al.* (2019), trata-se de uma alternativa de pré-tratamento de efluentes urbanos, que utiliza de mecanismos naturais, por meio de macrófitas, vegetação que apresenta grande potencial de recuperação de energia e nutrientes com baixo custo, além de promover a diminuição dos índices de pressão ambiental nos processos de recuperação de águas residuais. De acordo com Esteban e De Miguel (2008), o sistema *wetland* pode ser visto como o melhor e mais difundido tratamento para reutilização de água para irrigação.

E como detalhado por HS

Essa é uma possível solução para mitigar o impacto sobre os recursos hídricos e podem trazer benefícios socioambiental local e municipal, uma vez que minimiza, mesmo que em pequena porcentagem a quantidade de efluente entregue ao sistema de esgoto”.

4.1.3 Captação de água pluvial

A edificação também possui um sistema de captação de água pluvial, como citado por HS em entrevista “as águas são captadas pelas calhas e direcionadas para dois tanques situados no fundo da edificação, a fim de ser utilizada para irrigação e outros fins similares”. No Brasil, as políticas a respeito da coleta e utilização de águas pluvial ainda são dispersas e dificultam a visualização da posição do país na regulação do setor (PACHECO; GÓMEZ *et al.*, 2017). E como detalhado por HS.

“A sede do PNMFC é um edifício planejado inicialmente para esta coleta e distribuição no ponto de uso”,

4.1.4 Desempenho energético

A construção buscou também uma adequada orientação solar quanto à implantação da edificação, com uma devida avaliação e construção que visa um melhor desempenho energético, além de propiciar conforto ambiental no interior do edifício. Como mencionado por HS em entrevista.

“A distribuição dos espaços interiores foi disposta criteriosamente para garantir uma correta ventilação transversal de todos os espaços, bem como, maior aproveitamento de luz natural feito por claraboias instaladas na cobertura, além de portas que permitem grandes aberturas”.

Em entrevista com RA, engenheiro responsável pelo projeto, foi mencionada a motivação da instalação fotovoltaica realizada no parque:

“A Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) é dona da maior área de solo do município. A geração de energia torna-se assim uma oportunidade de uso de recurso abundante, uma vez que bem planejada e realizada, com o aproveitamento das áreas livres disponíveis e criadas, pode-se zerar o custo da energia elétrica dentro da SVMA e posteriormente em toda a PMSP”.

Para isso, de acordo com o mencionado por R.A em entrevista e presente em D3 e D4, durante o planejamento do projeto foram seguidos os passos mencionados, a seguir:

- Escolha de local: Verificar o melhor espaço para instalação do a árvore solar;
- Medições de potencial solar e adequação de infraestrutura: Verificar se o local escolhido apresenta o melhor potencial solar dentro do ambiente;
- Aprovação do local: Primeiramente mencionado pela gestão;
- Escolha do fornecedor;
- Preparação do Diagrama de Gantt;
- Trâmites de documentos;
- Autorizações órgãos de patrimônio;
- Início da montagem e todos os testes iniciais;
- Término da montagem e testes finais;
- Medições da economia realizada: Iniciadas após 2 anos da instalação.

Em entrevista, HS citou que para que todos os passos determinados fossem alcançados, foram necessários 10 anos de pesquisas e reuniões, até que em 2018 foi iniciada a instalação das placas solares fotovoltaicas no PNMFC. Após o planejamento da sede, em 2018 houve o início da instalação e em 2019 a entrega do projeto. E como mencionado por todos os entrevistados (AM, HS, LL e RA) não foram encontradas barreiras. Diferente de pesquisa realizada por Purificação; Ramos *et al.* (2020), na qual os autores mencionam que o alto custo inicial de investimento é percebido como a principal barreira para a adoção, porém, como o PNMFC é um órgão público e a instalação ocorreu através de compensação ambiental, estas barreiras não foram encontradas.

Como a Secretaria do Verde e Meio Ambiente (SVMA) é um órgão público municipal, utilizou-se do sistema de compensação como facilitador, envolvendo o Metrô de São Paulo, este último em processo de obtenção da licença para instalação do monotrilha (linha 15 – prata). Assim como mencionado em pesquisa realizada por Purificação; Ramos *et al.* (2020), a compensação é um tipo de política de incentivo à geração distribuída (uma variedade de tecnologias que geram eletricidade no local ou próximo de onde será usada), na qual se permite que consumidores que produzam a sua própria energia elétrica utilizem-na como crédito.

Com a utilização deste facilitador, o sistema de painéis solares FV desenvolvido no PNMFC, possui um formato inovador, de árvore, como disposto em D2 e D5, e conta com uma pequena *foot-print*, espaço ocupado no solo. Com as placas fotovoltaicas orientadas para o norte, há uma melhor absorção dos raios solares, excelente formato para ser replicado em diferentes áreas, como mencionado por HS e RA em entrevista.

Ao detalhar o sistema instalado o entrevistado RA menciona:

“O sistema escolhido para instalação no local é de pequeno porte, porém tem potência suficiente para suprir a demanda diária de energia do PNMFC, na maior parte do dia e do ano”.

De acordo com D1, D2, D4 e D5, o conjunto está instalado em uma área de 22 m², com 22 painéis de 150W (Figura 8), com a capacidade de atingir uma potência geral de 3 kW e com geração de energia/mês de 500 a 700 kWh mensais (dados resumidos na Tabela 3).

Figura 8 - Parte Inferior da infraestrutura do sistema solar fotovoltaico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Tabela 3 - Dados do sistema solar fotovoltaico

| Sistema | Unidade | Potência Nominal (kW) | Potência Efetiva (kW) | Primeira Sincronização para Testes | Início da Operação |
|--------------------|---------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------|
| Em forma de árvore | 22 | 3,30 | 3 | 2018 | 2019 |

Fonte: Adaptado de Eletropaulo, 2018.

A central geradora é composta de 1 inversor de 3KW, no qual, a exportação da energia produzida ocorre por meio do sistema elétrico da Eletropaulo, atual Enel, no montante de 3KW máximo, correspondente à potência líquida da energia elétrica a ser produzida pela árvore, de acordo com D4.

Um dos pontos positivos do sistema solar fotovoltaico instalado no parque, e como mencionado por HS e RA, não é necessário que uma equipe própria do parque seja instruída a lidar com o equipamento. Uma vez que, o equipamento não necessita de limpeza detalhada antes dos 5 anos de instalação.

De acordo com o entrevistado LL:

“A priori, a manutenção deveria ser realizada pelo parque, então seria necessário que houvesse um núcleo de manutenção que fizesse isso, a exemplo a limpeza periódica. Mas a capacitação dos funcionários do PNMFC não se faz necessária, porque o sistema não exige uma capacitação técnica ou algo assim”.

Quando perguntado durante entrevista a respeito da previsão de duração do sistema solar implantado no PNMFC, o engenheiro elétrico responsável pela instalação respondeu:

“O segredo de uma instalação para qualquer propósito é ela ser muito durável. Hoje em dia há placas solares que começam a perder a eficiência com 5 anos e outras que começam a perder com 15 anos. Então estima-se que as placas instaladas no parque tenham a periodicidade de 15 anos, seguindo o decaimento de eficiência aos 20 anos não haverá mais geração” (RA).

Segundo a entrevistada HS:

“Todo o sistema implantado na sede do PNMFC como grande modelo para as pessoas pensarem um pouco, uma vez que a questão da energia renovável grita sempre aos olhos, por gerarem economia, e como faz diferença quando um gestor público (prefeito/ governador) começa a pensar e aprovar projetos como o do parque”.

A entrevistada AM, citou que:

“O projeto do PNMFC é um marco, mostrando que é necessário ousar, é preciso subverter as coisas para que sejam alcançados novos patamares com resultados melhores de sustentabilidade dentro de edifícios públicos. Assim como primeiramente é necessário quebrar amarras do poder público com relação a agilidade e neste sentido a construção da sede do PNMFC foi uma grande quebra de

barreira e que se espera que este projeto possa ser espalhado para outros espaços respeitando suas individualidades”.

A principal informação buscada ao instalar um sistema de energia alternativa, é em quanto tempo haverá o retorno do valor investido na instalação fotovoltaica. De acordo com RA e LL, o *payback* em 2020, para o sistema escolhido, estava entre 4 e 5 anos, devido ao aumento de apoio regulamentar e pelo desenvolvimento das tecnologias. De acordo com Yu, Popiolek *et al.* (2014), às políticas de apoio de incentivo governamental, propiciam resultados diretos e indiretos na perspectiva de curto e longo nos aspectos tecnológicos, econômicos e energéticos da sociedade.

Assim como determinado pela empresa e disponível em D2, ao completar 5 anos, é necessário um *checkup* completo a fim de averiguar todos os equipamentos. Caso ocorram fatores adversos como queda de galhos ou chuva de granizo, antes deste prazo, a equipe técnica é acionada (RA e HS). Desta maneira, para que a instalação atinja a média de 15 anos de duração, é efetuada pela equipe de engenharia uma manutenção a cada 6 meses, a fim de verificar se o equipamento apresenta defeitos nas placas ou software (RA e HS).

5 CONCLUSÃO

As energias renováveis oferecem a possibilidade de diversificação da fonte energética permitindo minimizar a liberação de gases agravantes do efeito estufa, que normalmente é causada pela utilização de fontes fósseis, minimizando impactos ambientais. Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível compreender que a implantação de sistemas solares FV, a fim de promover a geração distribuída, possibilita que edifícios públicos destinados a diferentes frentes e localizados em diferentes regiões, podem realizar suas funções base e ao mesmo tempo, minimizar o uso da matriz elétrica, aliviando o sistema de distribuição, além de reduzir suas contas de energia e minimizar os índices de impacto ambiental.

No que diz respeito ao PNMFC, primeiro edifício sustentável do município de São Paulo, o presente trabalho procurou levantar os passos estabelecidos para instalação da energia fotovoltaica distribuída, considerando como metodologia a análise documental e entrevistas semiestruturadas com os responsáveis pela implementação e gestão do projeto do edifício estudado. Foi constatado que devido ao excelente planejamento realizado durante 10 anos, se tornou possível a implantação do sistema solar FV, que no momento alimenta a edificação e possui a previsão 100% retorno, além de contribuir com a economia dos cofres públicos. Com o planejamento também se tornou possível que todos os itens implantados que no momento validam o edifício como sustentável acontecessem, promovendo o edifício como um marco da Prefeitura da Cidade de São Paulo, tornando-se um modelo a ser seguido em outras áreas da cidade e até mesmo do país.

Porém, para que novos projetos como o desenvolvido na sede do PNMFC ocorram, é necessário que as amarras que prendem o poder público em permanecer seguindo modelos pré-definidos, sejam quebradas, visando buscar diversificar e atender as características únicas dos edifícios, com a implantação do sistema energético que melhor se adapta ao local, a fim de permitir uma maior economia e atingir a eficiência energética. Reconhece-se que se faz necessário principalmente que ocorra um aumento nos incentivos governamentais, por meio de políticas públicas, uma vez que estas exercem um papel fundamental na promoção da geração distribuída de energia fotovoltaica, seja por meio de subsídios ou financiamentos.

Financiamento: Este estudo foi financiado no Brasil pelo CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ALHAGLA, K.; MANSOUR, A.; ELBASSUONI, R. Optimizing windows for enhancing daylighting performance and energy saving. **Alexandria Engineering Journal**, v. 58, n. 1, p. 283-290, 2019.
- ALTOÉ, L. et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 285-297, 2017
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3ed. Brasília, DF, 2008. Recuperado de <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>.
- BELESSIOTIS, V. G.; PAPANICOLAOU, E. History of Solar Energy. 2012.
- BIZZARRI, G.; MORINI, G. L. Greenhouse gas reduction and primary energy savings via adoption of a fuel cell hybrid plant in a hospital. **Applied Thermal Engineering**, v. 24, n. 2-3, p. 383-400, 2004.
- BIZZARRI, G.; MORINI, G.L. New technologies for an effective energy retrofit of hospitals. **Applied Thermal Engineering**, v. 26, n. 2-3, p. 161-169, 2006.
- BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Interciencia**, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.
- CARVALHO, P. C. M. et al. The Brazilian experience with a photovoltaic powered reverse osmosis plant. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 12, n. 5, p. 373-385, 2004.
- CRESWELL, J. W. Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto (2ª.ed.) Porto Alegre: Artmed, 2007.
- EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of management review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- EL-DARWISH, I.; GOMAA, M. Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. **Alexandria Engineering Journal**, v. 56, n. 4, p. 579-589, 2017.
- ELETROPAULO. Parecer de Acesso à Rede de Distribuição da Eletropaulo para Micro e Minigeração, 2018.
- ESPINOSA, V. M.; HERNÁNDEZ, J. R. H.; ESPINOZA, J. C, T.. Gestión de la eficiencia energética en las edificaciones del Ecuador. **Opuntia Brava**, v. 10, n. 4, p. 309-314, 2018.
- ESTEBAN, R. I.; DE MIGUEL, E. O. Present and future of wastewater reuse in Spain. **Desalination**, v. 218, n. 1-3, p. 105-119, 2008.
- FERNÁNDEZ, P. S. El reto europeo: la eficiencia energética en edificios. La nueva directiva comunitaria 2010/31. **Seqüência: estudos jurídicos e políticos**, v. 32, n. 62, p. 55-77, 2011.
- FERREIRA, A. et al. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 181-191, 2018.
- FERREIRA, R. Estrutura Da Guilda Das Aves Frugívoras Da Apa Parque E Fazenda Do Carmo, São Paulo, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.
- FRASER, M. T. D.; GONDIM, S. M. G. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 14, p. 139-152, 2004.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.
- GÓMEZ, J. M. et al. A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.
- GYAMFI, S. et al. The energy efficiency situation in Ghana. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 1415-1423, 2018.
- IMHOFF, J. et al. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. 2007.
- MEMON, S. A. Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 31, p. 870-906, 2014

NEHRING, R. Traversing the mountaintop: world fossil fuel production to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1532, p. 3067-3079, 2009.

OPOKU, R. et al. Energy efficiency, solar energy and cost saving opportunities in public tertiary institutions in developing countries: the case of KNUST, Ghana. *Alexandria Engineering Journal*, v. 59, n. 1, p. 417-428, 2020.

ORTEGA, S. G. Sustentabilidade na Construção Civil: significados, práticas e ideologia. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 112-137, 2014.

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, v. 149, p. 4-11, 2006.

PACHECO, P. R. C. et al. A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil. **Journal of cleaner production**, v. 141, p. 290-294, 2017.

PEREIRA, E. B. et al. Atlas brasileiro de energia solar. **São José dos Campos: Inpe**, v. 1, 2017.

PURIFICAÇÃO, R. A. N.; RAMOS, H. R. R.; KNISS, C. T. Barreiras e facilitadores para o uso da energia fotovoltaica: uma revisão sistemática da literatura. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 2, 2020.

SANTOS, J. B.; JABBOUR, C. J. C. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. **Saúde e sociedade**, v. 22, p. 972-977, 2013.

SECRETARIA ESPECIAL DE COMUNICAÇÃO. Sede do Parque Natural Fazenda do Carmo é o primeiro prédio público municipal sustentável, 2019. Disponível em <http://www.capital.sp.gov.br/noticia/sede-do-parque-natural-fazenda-do-carmo-e-o-primeiro-predio-publico-municipal-sustentavel>

SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Plano De Manejo Parque Natural Municipal Fazenda Do Carmo, 2014. Disponível em https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=18104444

SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Parque Natural Municipal Fazenda Do Carmo, 2021. Disponível em https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de_conservacao/index.php?p=42141

SILVA, A. O. Exploração de recursos renováveis em escolas públicas: caso Escola Estadual Ensino Fundamental Eduardo Vargas. 2018.

SILVEIRA, E. O. et al. Sistema integrado com microalgas e wetland construído de fluxo vertical no tratamento de efluentes urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 305-313, 2019.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. **São Paulo: Érica**, v. 2, 2012.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE BRASIL. Além de Grandes Hidrelétricas. Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. Sumário WWF Brazil. Brasília: Author, 2012. Recuperado de https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/alem_de_grandes_hidreletricas_sumario_para_tomadores_de_decisao.pdf

YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.

YU, H. J. J.; POPIOLEK, N; GEO.FFRON, P.. Solar photovoltaic energy policy and globalization: a multiperspective approach with case studies of Germany, Japan, and China. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 24, n. 4, p. 458-476, 2016.