

LEVANTAMENTO DO POTENCIAL SOLAR FOTOVOLTAICO

REDE DE EDUCAÇÃO DE MARICÁ



SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	4
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
3	ÍNDICES DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	10
4	DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA AS ESCOLAS DE MARICÁ- RJ	21
5	CONCLUSÕES	74

EXPEDIENTE

■ **Elaboração**

Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense

■ **Projeto gráfico e diagramação**

Assessoria de Comunicação do Instituto Darcy Ribeiro

Neste relatório serão apresentados os resultados finais obtidos do Projeto de Levantamento do Potencial Solar Fotovoltaico das Escolas Municipais de Maricá-RJ.

Objetivo deste Relatório

Apresentar o levantamento do potencial solar fotovoltaico de áreas específicas do Município de Maricá-RJ, bem como, o cálculo e dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos que irão atender as escolas previamente selecionadas.

Para isso foram realizadas as seguintes etapas:

■ ETAPA 01: Seleção das escolas municipais atendidas e levantamento do consumo de energia elétrica

Nesta etapa, a Secretaria de Educação de Maricá-RJ forneceu à equipe UFF a listagem das escolas que foram contempladas no estudo, bem como, o faturamento anual detalhado mensalmente de energia elétrica das mesmas. Assim, a equipe da UFF realizou uma primeira visita técnica para a seleção preliminar das áreas com potencial para a execução do projeto.

■ ETAPA 02: Análise do consumo de energia elétrica e determinação da área

Nesta fase, a equipe UFF analisou as faturas de energia elétrica e a partir do consumo verificado determinou a área necessária para atender a demanda energética das 65 escolas municipais e da Secretaria de Educação Municipal (SME).

■ ETAPA 03: Escolha e avaliação dos locais para implantação dos sistemas fotovoltaicos

Com base no levantamento realizado nas etapas anteriores, a equipe UFF definiu os locais que melhor atendem os requisitos técnicos para instalação dos sistemas fotovoltaicos.

■ ETAPA 04: Cálculo e Dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos

A partir desta etapa, foram realizados os cálculos e dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos por meio de software computacional. Os mesmos foram projetados de forma a atender no mínimo a demanda de energia elétrica das escolas municipais. Foram considerados os parâmetros de radiação solar, sombreamento, sazonalidade, performance e eficiência dos equipamentos, bem como outros parâmetros indicadores de qualidade. Os sistemas fotovoltaicos foram limitados às áreas definidas anteriormente.

■ ETAPA 05: Construção do relatório final

Esta etapa é concluída com a construção deste Relatório Final, que contempla toda a documentação técnica relativa ao estudo, com o detalhamento dos sistemas fotovoltaicos dimensionados para as localidades pré-definidas, as 65 Escolas Municipais e a Secretaria Municipal de Educação. Essa combinação visa permitir que a administração pública municipal tenha capacidade de utilizar metodologias contemporâneas de gestão por seus próprios meios, gerando economicidade ao uso de recursos Maricaenses no futuro.

1

CONTEXTUALIZAÇÃO



Após a escolha das Escolas Municipais de Maricá-RJ que são o objeto deste estudo, relatadas no primeiro Relatório, foi possível realizar a análise das faturas de energia elétrica e o estudo das áreas disponíveis para a implementação dos sistemas fotovoltaicos em cada Escola.

Com as áreas disponíveis já determinadas, conforme exposto no último Relatório, foi possível dimensionar os sistemas fotovoltaicos como alternativa de geração de energia elétrica, de forma que cada Escola consiga reduzir o máximo possível de sua fatura de energia elétrica e havendo energia gerada excedente, possa também exportar esse excedente para outra unidade consumidora de mesmo CPF ou CNPJ.

Uma vez que o presente Relatório tem como foco dimensionar o sistema solar fotovoltaico como uma opção de geração de energia elétrica, é importante desenvolver um estudo que seja eficiente e de qualidade. Desse modo, esse Relatório final irá tratar primeiramente de assuntos que embasam as teorias que sustentam esta tecnologia e outras informações relevantes para o bom desenvolvimento do Projeto, e posteriormente, será abordado o detalhamento descritivo para os itens deste escopo.

2.1. Dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos e orientação das áreas disponíveis

O dimensionamento de um projeto fotovoltaico consiste no estudo capaz de viabilizar o local em que o mesmo será implementado. Através dele, é possível dimensionar os equipamentos e estimar a geração de energia solar. Em síntese, consiste no planejamento para que a instalação supra as demandas de consumo de energia elétrica. Portanto, através do dimensionamento de projetos fotovoltaicos, garante-se um melhor aproveitamento do espaço disponível e assim, conquista-se a eficiência máxima de um sistema solar fotovoltaico.

Sobretudo, dimensionar um sistema solar fotovoltaico exige conhecimentos específicos. Por isso, para uma melhor precisão, uma alternativa é que essa tarefa seja simulada e calculada através de softwares computacionais para dimensionar projetos fotovoltaicos.

Primeiramente, foi possível analisar a localização geográfica das Escolas e observar as áreas disponíveis para instalação dos sistemas fotovoltaicos. Essa análise é de extrema importância para o Projeto, pois define o recurso solar e os telhados que estão orientados para o Norte geográfico. De fato, para as localidades do Hemisfério Sul, os módulos fotovoltaicos que estão orientados para o Norte geram mais energia, pois com o movimento de rotação da Terra, o Sol percorre uma trajetória de Leste para o Oeste, sofrendo uma ligeira inclinação para o Norte. O direcionamento para o Norte aliada ao ângulo da latitude do local de instalação, evita sombreamento nos módulos, garantindo maior recebimento de incidência solar durante todo o dia e melhorando a eficiência do sistema. Apesar de se ter sistemas mais eficientes quando se utiliza a orientação citada anteriormente, os telhados que não são orientados para o Norte podem ser utilizados, observando maior índice de perdas de geração nesses casos.

A Figura 1 mostra a análise da influência que o ângulo de inclinação aliado a orientação para o Norte na produção anual de eletricidade para um sistema fotovoltaico instalado na cidade do Rio de Janeiro - RJ. Destacando que a orientação de referência utilizada nessa análise possui ângulo de inclinação dos módulos igual à latitude local. Observando a Figura 1, é possível concluir que as referências utilizadas foram: o ângulo de inclinação (θ) dos módulos fotovoltaicos, com um maior refinamento da faixa de inclinação correspondente às latitudes brasileiras, ou seja, entre 0 e 35°; e o ângulo de orientação (azimute (ϕ)), que consiste em uma medida de direção horizontal que mede a distância a partir do Norte geográfico até a projeção adotada dos módulos fotovoltaicos, onde 0° indica o Norte e o deslocamento positivo em direção a Leste compreendendo ângulos entre 0 e 359°.

azimute (°)	Sul	Oeste								Norte								Leste	
	180	225	270	290	310	320	330	340	350	0	10	20	30	40	50	70	90	135	
0	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
5	0.91	0.91	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.93	
10	0.87	0.89	0.93	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.94	0.92	0.89	
15	0.84	0.86	0.92	0.95	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.91	0.86	
20	0.79	0.83	0.91	0.94	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.93	0.90	0.82	
25	0.74	0.79	0.89	0.93	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.92	0.88	0.79	
30	0.69	0.76	0.87	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.90	0.86	0.75	
35	0.64	0.72	0.85	0.90	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.96	0.94	0.93	0.88	0.83	0.71	
40	0.58	0.67	0.82	0.88	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92	0.91	0.86	0.80	0.66	
50	0.49	0.59	0.77	0.83	0.87	0.89	0.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.89	0.87	0.85	0.80	0.75	0.58	
60	0.40	0.51	0.70	0.76	0.80	0.82	0.83	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.80	0.78	0.74	0.68	0.50	
70	0.33	0.44	0.63	0.69	0.73	0.74	0.74	0.75	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.72	0.71	0.67	0.61	0.44	
80	0.27	0.38	0.56	0.61	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.59	0.55	0.38	
90	0.23	0.33	0.49	0.53	0.55	0.55	0.54	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	0.53	0.53	0.53	0.52	0.48	0.33	

Figura 1 - Estimativa de geração de energia anual normalizada para um sistema fotovoltaico sob diversos ângulos de inclinação e diversas orientações azimutais, para a cidade do Rio de Janeiro - RJ.

Observando a Figura 1, pode-se perceber que há um aumento na produção anual de eletricidade para orientações azimutais em torno do Norte geográfico. De forma antagônica, a produção de energia reduz quando a orientação azimutal se aproxima do Sul geográfico. E, para as orientações Leste ou Oeste, o desempenho permanece semelhante.

Já na Figura 2 é possível perceber de forma mais esclarecedora, a influência do Norte geográfico sobre o percentual de geração para um sistema fotovoltaico. Na região do telhado que está apontada para o Norte, o percentual de geração é maior do que para as demais orientações do telhado.

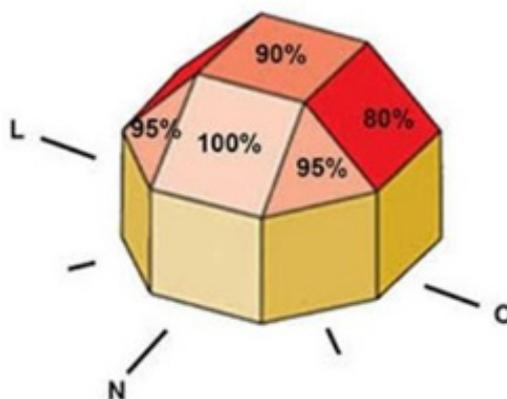


Figura 2 - Percentual de geração para um sistema fotovoltaico de acordo com a orientação do telhado.

2.2. Perdas dos sistemas fotovoltaicos e áreas de sombreamento

Outro ponto importante a ser observado são as áreas de sombreamento dos telhados, pois irão impactar diretamente na geração de energia elétrica nos sistemas fotovoltaicos. Em sistemas fotovoltaicos instalados em ambientes urbanos, como as Escolas, é comum que a instalação venha sofrer algum sombreamento devido à presença de obstáculos nos arredores da instalação.

Esses obstáculos podem ser prédios em suas proximidades, árvores, caixas d'água, antenas, dentre outros. O impacto que o sombreamento irá causar vai depender do tipo e da disposição das séries (ou *strings*, que são a quantidade de módulos fotovoltaicos conectados entre si formando uma linha, ligados em série ou paralelo) em que os módulos fotovoltaicos serão instalados, assim como a natureza da sombra. No caso do sombreamento parcial dos módulos, a perda de geração poderá ser proporcionalmente maior do que a área sombreada e, além da perda de energia por conta do sombreamento, ocorrerá perda por descasamento de corrente elétrica entre módulos de uma mesma série e perda por descasamento de tensão elétrica em série dentro de um mesmo arranjo fotovoltaico. Considerando aqui arranjo fotovoltaico como a estrutura montada com módulos fotovoltaicos, constituídos por células fotovoltaicas interconectadas.

Como comentado, existem diversos tipos de sombreamento. O sombreamento temporário, que pode ser causado por quedas de folhas, excrementos de pássaros, árvores, poluição, nuvens, acúmulo de poeira, etc, podem ser minimizados e até mesmo solucionados com pequenas atitudes, que podem ser: execução de uma poda de árvore ou limpeza do local, por exemplo. Já o sombreamento permanente e o sombreamento de edifícios são mais difíceis de lidar, pois caracterizam-se por edificações e estruturas próximas aos sistemas como antenas, postes, elementos arquitetônicos, etc. Esses, no entanto, não possuem muita solução na hora da instalação do sistema fotovoltaico.

A Figura 3 mostra um módulo fotovoltaico com área de sombreamento. Considerando que o módulo fotovoltaico em questão seja composto por 60 células fotovoltaicas (dado fictício para fins de cálculo), com 6 colunas e com 10 células fotovoltaicas em cada. Este módulo fotovoltaico também possui, em sua traseira uma caixa preta, que pode ser vista em detalhe na Figura 4, onde saem os terminais que determinam as polaridades dos módulos, positivo (+) e negativo (-), chamada de caixa de junção, que é uma caixa ou "gabinete" localizado na parte traseira do módulo fotovoltaico onde as séries (células fotovoltaicas interconectadas em série) estão conectados eletricamente. A caixa de junção fica grudada/colada na parte de trás do módulo fotovoltaico com adesivo de silicone ou uma fita dupla-face especial.

Nesta caixa estão os diodos de *bypass*, geralmente são 3, como mostra a Figura 4. Cada um atua em duas fileiras de células, ou seja, 20 células cada. Os diodos de *bypass* são dispositivos eletrônicos capazes de deixar a corrente elétrica fluir em uma única direção enquanto a bloqueiam na direção afetada, ou seja, impede que essa corrente reversa aconteça, isolando toda a circulação das células fotovoltaicas que estão atuando.

Dessa forma, um sombreamento, sujeira ou interferência no módulo fotovoltaico pode ocasionar o que chamamos de ponto quente (ou *hot spot*), pois uma célula fotovoltaica que está sombreada estará inversamente polarizada, atuando como uma carga elétrica e convertendo a energia em calor, ou seja, a corrente elétrica que será conduzida vai para aquela célula fotovoltaica aquecendo-a, podendo causar sérios danos nos equipamentos e em casos extremos gerar um incêndio.

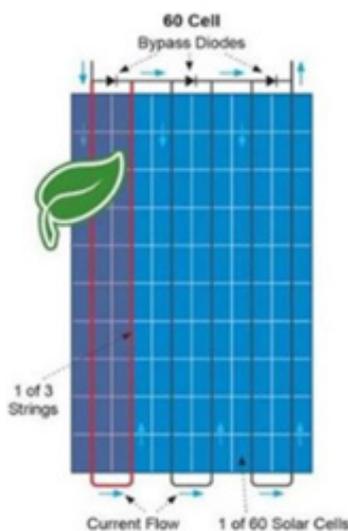


Figura 3 - Modelo de módulo fotovoltaico com área de sombreamento.



Figura 4 - Modelo de caixa de junção com os diodos de bypass (em vermelho).

Se apenas uma célula fotovoltaica estiver sombreada (inteira), conforme a Figura 3, as 20 células (do módulo fotovoltaico de 60 células - Figura 3) serão afetadas, ou seja, o módulo perderá energia na faixa de 33%. Se 4 fileiras estiverem sombreadas, 2 diodos de *bypass* vão desviar a corrente e o 3º, onde as células estão livres de sombreamento, produzirá normalmente. São 33,3% de geração e 66,6% de perdas.

Na Figura 5, pode-se perceber a perda que uma área de sombreamento é capaz de causar em um sistema fotovoltaico ligado em série.

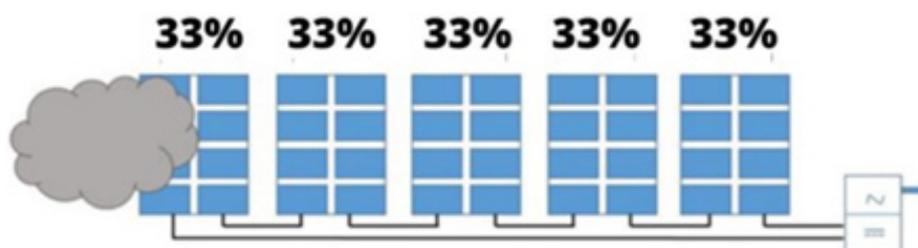


Figura 5 - Exemplo de sistema fotovoltaico conectado em série.

É possível observar que, apesar de apenas o primeiro módulo fotovoltaico estar com sombreamento, todos os outros também tiveram sua geração reduzida.

Dessa maneira, é importante evitar ao máximo as áreas de sombreamento independente de sua natureza. Caso não seja possível evitar, existem procedimentos que visam diminuir o impacto na geração. Podendo citar: análise visual levando em consideração todo o redor onde será instalado o sistema, observando as áreas com menor sombreamento; observar a trajetória do Sol no local e a orientação dos telhados e assim evitar possíveis obstáculos; analisar qual posição dos módulos (horizontal ou vertical) irá evitar menos a área de sombreamento; realizar a análise do sombreamento nos módulos com *software* fotovoltaico; e utilizar módulos *half cell*, podendo diminuir o efeito do sombreamento em até 50%.

Todos os procedimentos citados acima para evitar as áreas de sombreamento foram aplicados pelos profissionais envolvidos na execução do Projeto das Escolas de Maricá- RJ, no entanto, algumas áreas de sombreamento podem ser inevitáveis. Será adotado em todo momento os dimensionamentos que possibilitem a melhor eficiência energética do sistema, considerando que serão levadas em conta as sugestões que serão propostas ao longo desse Relatório Final, como podas de árvores em algumas unidades das Escolas ou melhorias nos telhados.

ÍNDICES DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO



Para mensurar o rendimento dos sistemas fotovoltaicos que serão propostos nas Escolas, é possível utilizar alguns índices ou métricas de performance de desempenho conhecidos na literatura. Essas métricas são utilizadas para saber se a estimativa de geração fotovoltaica proposta está condizente com um sistema eficiente. Esses índices podem ser definidos em horas, dias, meses ou até mesmo anos. O principal objetivo então será avaliar o desempenho dos Projetos propostos.

Antes de introduzir o contexto desses indicadores, é importante explicar alguns conceitos importantes sobre energia e a forma de quantificá-las. As concessionárias de energia elétrica são responsáveis por medir o consumo de eletricidade e cobrar dos clientes com base na quantidade de energia consumida em um determinado momento.

O cálculo do consumo de energia é feito através da potência elétrica de cada equipamento instalado no local (nesse caso nas Escolas) e o número de horas no mês em que esse equipamento foi utilizado. As unidades de medidas no Sistema Internacional (SI) que são mais comumente encontradas para medir a potência elétrica desses equipamentos são o Watt (W) e o quiloWatt (kW). Apesar de no Sistema Internacional o Joule (J) ser a unidade de energia elétrica, na prática as concessionárias utilizam o quilo Watt-hora (kWh) como unidade de medida para medir a energia elétrica. Com isso, a fatura que é disponibilizada e entregue aos seus clientes está nessa unidade (quiloWatt-hora - kWh).

Dessa forma, a energia é cobrada por quiloWatt-hora e a quantidade de energia consumida é medida por um dispositivo conhecido como medidor de energia, que consiste em um equipamento instalado pelas concessionárias no ponto de entrada de cada unidade consumidora (em grande maioria em postes ou em muros).

O que foi explicado até o momento sobre conceitos de energia e potência explicam a necessidade de analisar as faturas de energia elétrica que foram solicitadas na parte anterior desse Projeto. Através dessa análise, foi possível determinar o consumo de energia real de cada Escola (média do consumo anual em kWh e estimar a potência necessária para o sistema fotovoltaico suprir essa demanda, em kW). Outro conceito muito importante é entender a unidade de medida dos módulos fotovoltaicos. Esses equipamentos são medidos em kWp (quiloWatt-pico), que determina a potência utilizada para caracterizá-los. Essa unidade é dependente das condições de temperatura e irradiação a que um módulo fotovoltaico é exposto para determinar a quantidade de energia que ele pode gerar. Como forma de ilustração, imagine um módulo fotovoltaico em um sistema ao meio-dia, quando o Sol incide diretamente nesse equipamento, a potência que ele gera é maior do que a potência produzida pelo mesmo equipamento no início da manhã ou no final da tarde, considerando as temperaturas máximas e mínimas especificadas em sua folha de dados (ou *datasheet*, documento disponibilizado pelos fabricantes que resume o desempenho e características técnicas de um produto, nesse caso os módulos fotovoltaicos, em detalhe suficiente para que possa ser usado por um engenheiro ou profissional de projeto para integrar o componente em um sistema). É importante comentar que a eficiência dos módulos fotovoltaicos não se manterá constante ao longo do dia devido às variações da irradiação no local.

Assim, o kWp (quiloWatt-pico) é a unidade mais utilizada em instalações fotovoltaicas por ser mais simples de usar. Como exemplo, ao instalar 10 módulos fotovoltaicos com potência de 450 Wp (Watt-pico) cada, a potência total instalada será de 4.500 Wp, ou 4,5 kWp.

Enquanto kWp é usado para medir a potência máxima de um sistema fotovoltaico, é importante observar que essa unidade (kWp) não representa, em hipótese alguma, a quantidade de energia elétrica produzida por um sistema fotovoltaico. A unidade para determinar a energia é o quilowatt-hora (kWh).

Atualmente são utilizados softwares para estimar a quantidade de energia que será gerada por um sistema fotovoltaico durante o dia, mês e o ano. Esses programas computacionais utilizam as médias históricas de temperatura e irradiação que são disponibilizados em banco de dados públicos. Para a realização da estimativa de geração do Projeto das Escolas, utilizou-se o programa HelioScope, que possui a sua licença paga e é utilizado para o dimensionamento de projetos fotovoltaicos e design de solar. Através desse programa foi estimada a máxima capacidade de geração de energia elétrica a partir da área de telhado disponível e tecnicamente viável em cada uma das 65 Escolas mais a Secretaria de Educação Municipal.

Com base no exposto até o momento, serão apresentados alguns indicadores que serão responsáveis por determinar a qualidade e o desempenho do projeto de usina dimensionado para cada uma das 66 unidades analisadas. Os

indicadores que serão listados a seguir, estão definidos na norma IEC 61724, onde determina os equipamentos, métodos e terminologia de desempenho, monitorização e análise dos sistemas fotovoltaicos.

- **Desempenho de Energia:** Definido pela IEC 61724-3, determina o percentual entre a energia gerada pelo sistema fotovoltaico após a conversão de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), ou seja, a energia que será medida na saída do inversor fotovoltaico. E a energia que foi estimada (em Projeto), que também será medida em corrente alternada. Através desse indicador, será possível interpretar o quão assertivo foi o projeto.

No entanto, é importante observar que esse indicador está relacionado com a energia que será gerada pelo sistema fotovoltaico já instalado. Com isso, não será possível calcular esse índice para as Escolas neste momento. Porém, esse índice é amplamente utilizado e poderá ser utilizado em projetos futuros.

- **Performance específica ou rendimento final (*Final Yield*) (y_f):** Também definida na norma IEC 61724, representa a relação entre a energia gerada pelo sistema fotovoltaico em kWh (energia em corrente contínua) e a potência nominal do gerador fotovoltaico, em kW. Sendo assim, apresenta a relação entre a energia entregue pelo sistema fotovoltaico e potência nominal da instalação. Esse indicador é comumente utilizado para resultados anuais e foi calculado para cada unidade estudada.

- **Taxa de Desempenho (*Performance Ratio*):** É uma medida que permite comparar sistemas de mesma dimensão, porém instalados em diferentes locais. Sendo assim, ele determina a qualidade que o sistema fotovoltaico tem, sempre ajustado a zona em que está instalado. Esse índice relaciona a performance específica do sistema (y_f) com a performance específica de referência (y_r). Para cada unidade estudada foi calculado este índice.

De acordo com médias históricas, no Brasil, é considerado um sistema com bom desempenho àqueles que possuem a taxa de desempenho entre 54 e 79%.

DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DOS SISTEMAS

Primeiras considerações:

- Algumas escolas estão alocadas no mesmo terreno que outras, nestas foram feitos os projetos de forma integrada, considerando a soma do consumo de todas as unidades consumidoras do terreno e uma única usina fotovoltaica para determinada a área das escolas. São elas: 9. Ataliba de M. Domingues (Prof.) e 61. São Bento da Lagoa (Cheche); 13. CAIC M. Elomir Silva e 53. CEIM Pinguinho de luz; e 16. Casa da Criança de Inoã e 29. Escola Municipalizada de Inoã.
- Determinadas escolas não apresentaram nenhuma área ou telhado tecnicamente viável para instalação da usina fotovoltaica devido a sombreamento extremo. São elas: 10. E.M. Barra de Zacarias; 17. Casa da Criança de Itaipuaçu; 27. Indígena Guarani Para Poti Nhe e Já; 28. Escola Indígena Guarani Kyringue Arandua; 49. Ondina de Oliveira Coelho (CEIM Profª); 54. CEIM Recanto da Amizade; e 63. Trenzinho da Esperança (JIM).
- Para todas as outras escolas foram simuladas as usinas fotovoltaicas considerando um módulo fotovoltaico comercial de potência igual a 550Wp e área igual a 2,56m², tecnologia monocristalina PERC, com eficiência de geração de 21,6%.
- Em relação ao consumo energético das escolas, foi considerado a soma do consumo Hora Fora de Ponta – HFP de todas as unidades consumidoras, quando presente mais de uma, cadastradas no mesmo terreno da escola.

1. E.M. Alcebiádes Afonso Viana Filho

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 58 módulos, 31,9kWp de potência instalada, um rendimento final de 1224,9 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 73,9% e uma produção anual de 39,10 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig. 1 e Fig. 2, respectivamente.

Nesse terreno há muito sombreamento, sugere-se a poda das árvores que se encontram a sudeste do terreno para melhorar a taxa de desempenho do sistema.



Fig. 1 - Configuração do sistema

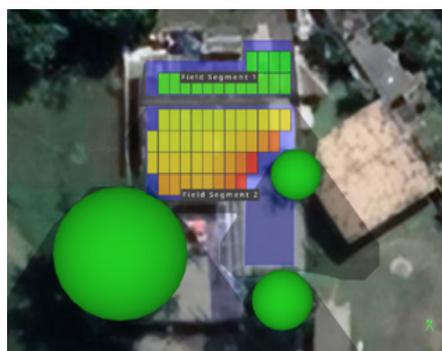


Fig. 2 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 3 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 3.256,29 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.353,33 kWh/mês, suprimindo assim 241% do consumo total da Escola.

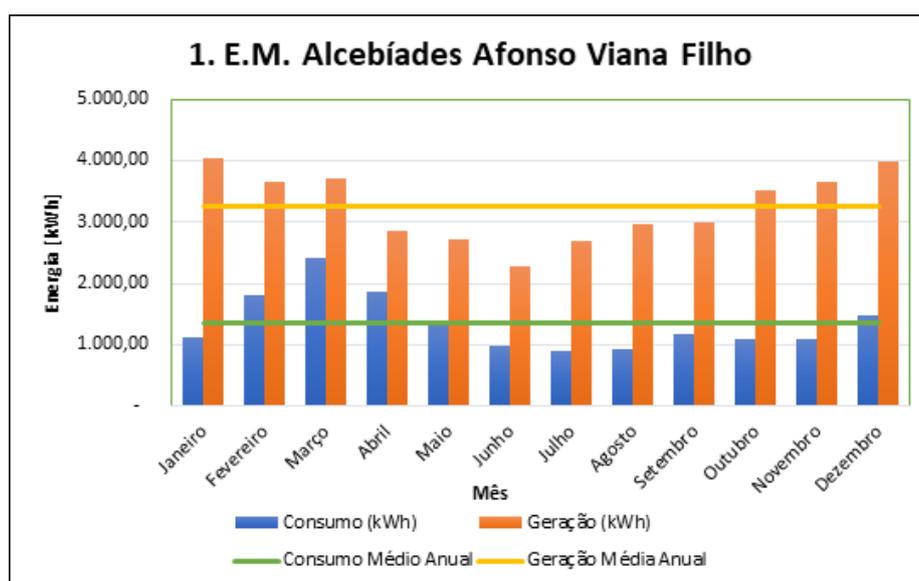


Fig. 3 - Relação entre consumo e geração

2. Alcione S. R. Rangel da Silva (Profª)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 338 módulos, 108,1kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.296,50 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,90 % e uma produção anual de 140,20 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig. 4 e Fig. 5, respectivamente.

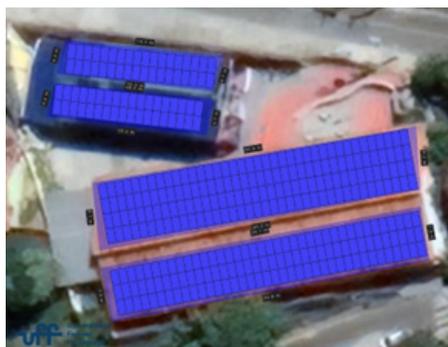


Fig. 4 - Configuração do sistema

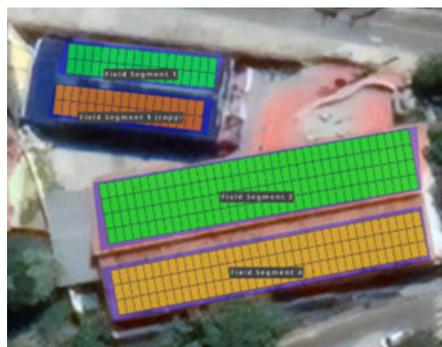


Fig. 5 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 6 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 11.685,33 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.638,30 kWh/mês, suprimindo assim 443% do consumo total da Escola.

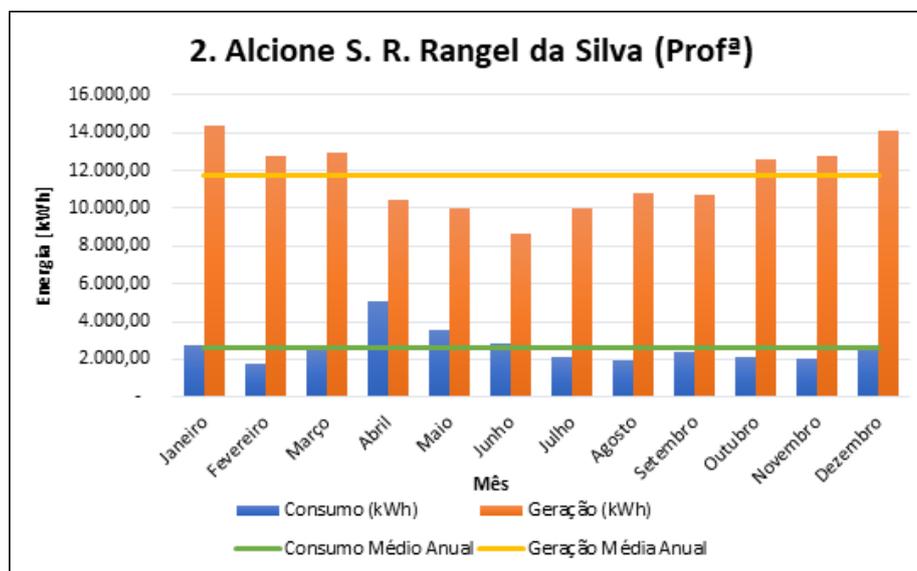


Fig. 6 - Relação entre consumo e geração

3. E.M. Alfredo Nicolau da S. Junior

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 191 módulos, 105,1 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.417,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,50% e uma produção anual de 148,90 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig. 7 e Fig. 8, respectivamente.

Nesse terreno há muito sombreamento, sugere-se a poda das árvores que se encontram a nordeste do terreno para melhorar a taxa de desempenho do sistema.



Fig. 7 - Configuração do sistema



Fig. 8 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 9 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 12.408,08 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.532,90 kWh/mês, superando assim 351% do consumo total da Escola.

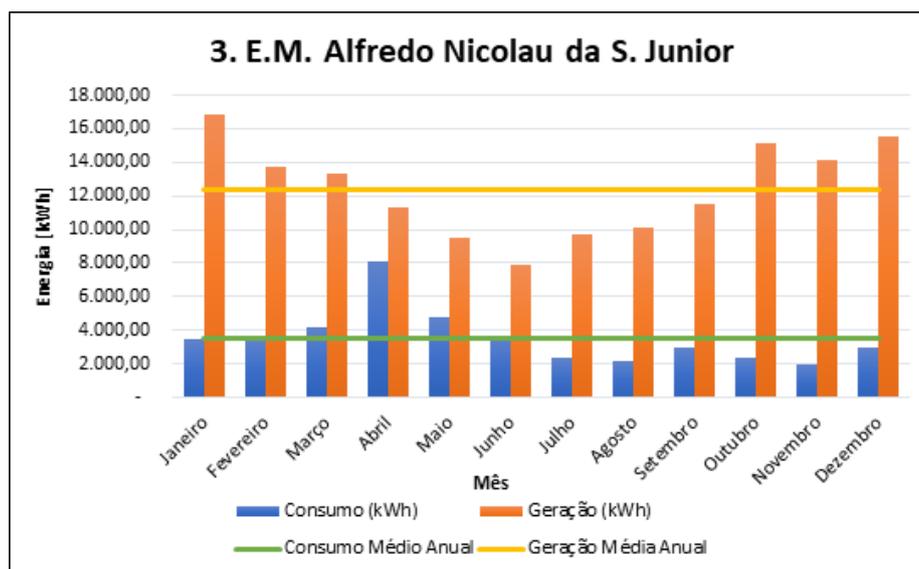


Fig. 9 - Relação entre consumo e geração

4. Amanda Peña A. Soares

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 268 módulos, 147,40 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.354,10 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,0% e uma produção anual de 199,60 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.10 e Fig.11, respectivamente.

Nesse terreno priorizou-se a colocação dos módulos na estrutura da quadra, pois a mesma é mais alta e faz sombreamento nas edificações que ficam na parte de posterior do terreno, sendo possível aproveitar apenas o telhado a no-roeeste, livre de sombreamento.



Fig. 10 - Configuração do sistema



Fig. 11 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 12 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 16.632,70 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.443,00 kWh/mês, suprimindo assim 374% do consumo total da Escola.

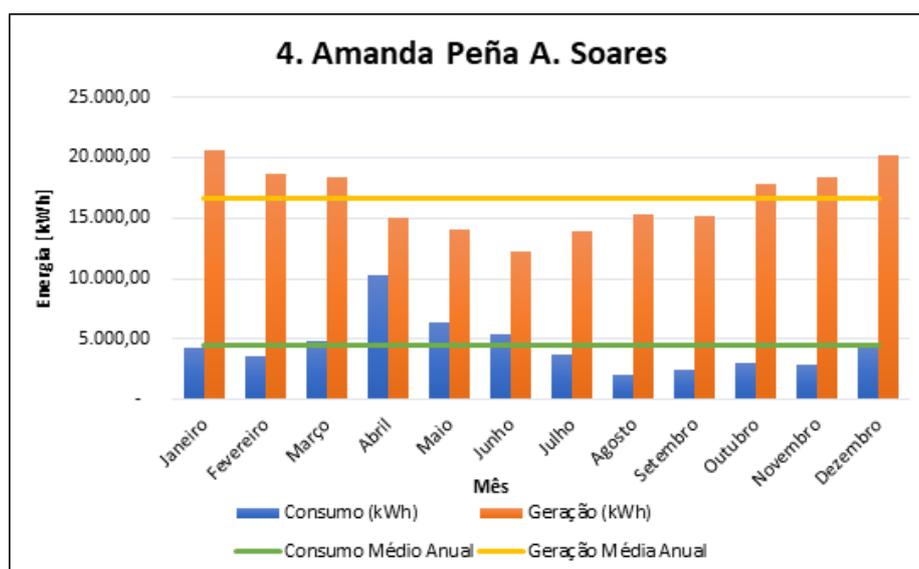


Fig. 12 - Relação entre consumo e geração

5. Aniceto Elias (Ver.)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 246 módulos, 135,30 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.381,80 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,0% e uma produção anual de 187,00 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.13 e Fig.14, respectivamente.

Nesse terreno há muito sombreamento, as árvores que se encontram a nordeste do terreno impedem o aproveitamento de todos os telhados.



Fig. 13 - Configuração do sistema



Fig. 14 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 15 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 15.580,16 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.110,80 kWh/mês, superando assim 501% do consumo total da Escola.

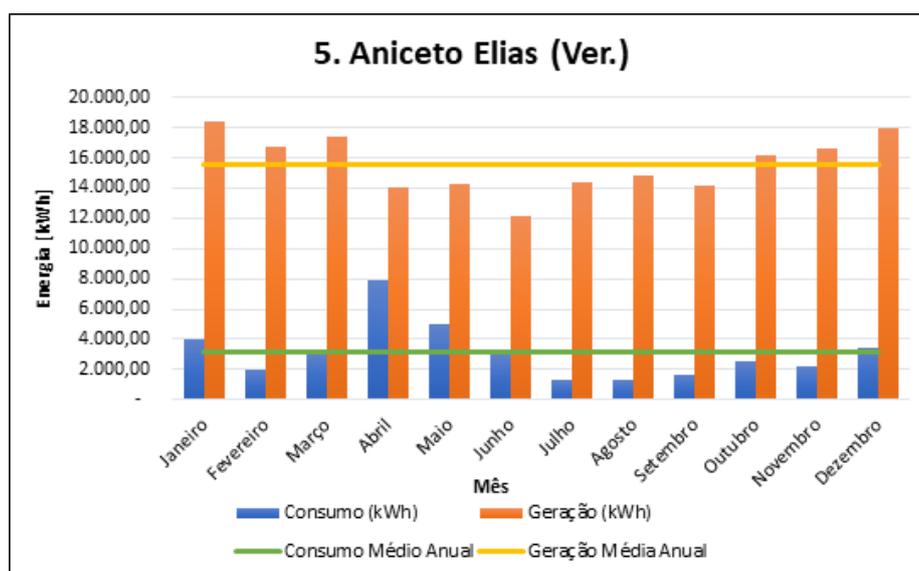


Fig. 15 - Relação entre consumo e geração

6. E.M. Anísio Teixeira

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 1059 módulos, 582,80 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.358,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,1% e uma produção anual de 791,20 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.16 e Fig.17, respectivamente.

Nesse terreno há muito sombreamento, as árvores que se encontram a nordeste do terreno impedem o aproveitamento de todos os telhados.



Fig. 16 - Configuração do sistema



Fig. 17 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 18 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 65.931,42 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.709,67 kWh/mês, suprimindo assim 3856% do consumo total da Escola.

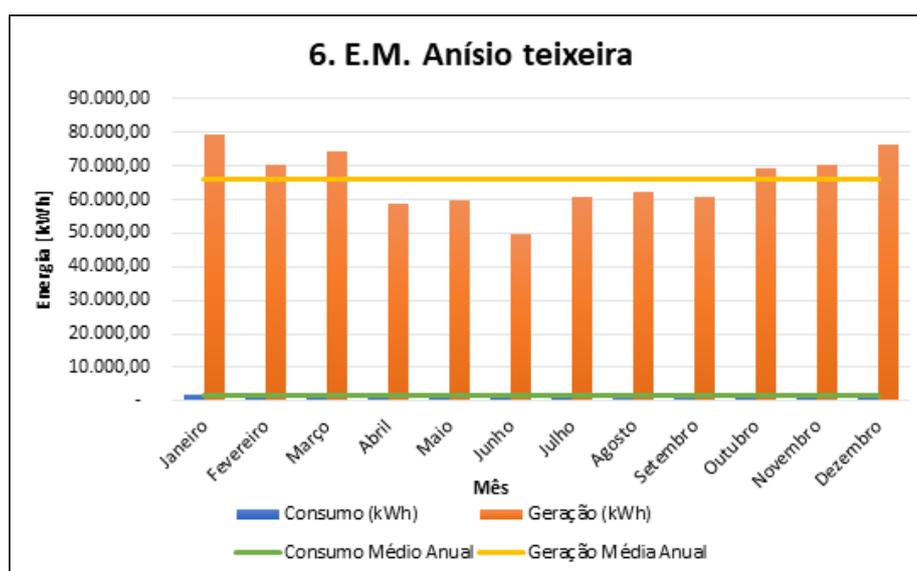


Fig. 18 - Relação entre consumo e geração

7. E.M. Antonio Lopes da Fontoura

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 110 módulos, 60,5kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.327,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,7% e uma produção anual de 80,30MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.16 e Fig.17, respectivamente.

Somente foram selecionadas as edificações ao norte e oeste do terreno, pois ambas são mais altas e causam sombreamento nas demais edificações ao sul e leste.



Fig. 19 - Configuração do sistema

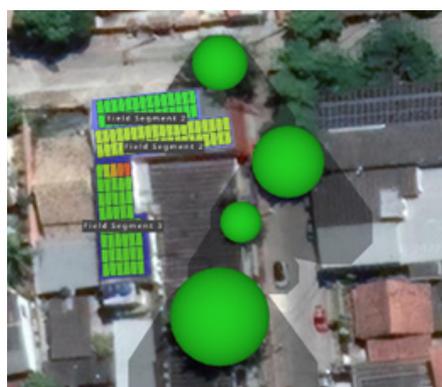


Fig. 20 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 21 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 6.692,33 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.307,08 kWh/mês, suprimindo assim 512% do consumo total da Escola.

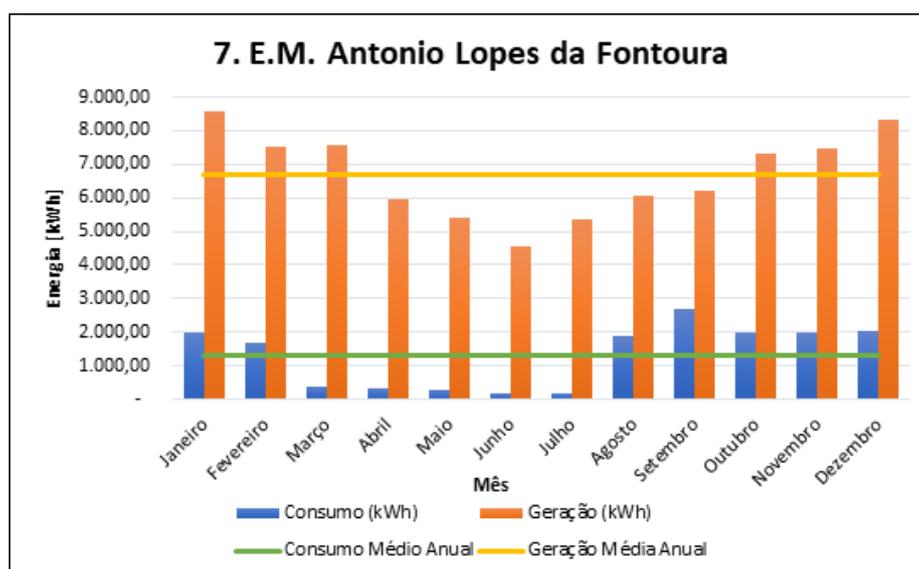


Fig. 21 - Relação entre consumo e geração

8. E.M. Antonio Rufino de S. Filho

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 84 módulos, 46,2 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.456,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,4% e uma produção anual de 67,30 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.22 e Fig.23, respectivamente.



Fig. 22 - Configuração do sistema



Fig. 23 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 24 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 5.606,55 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.153,25 kWh/mês, suprimindo assim 260% do consumo total da Escola.

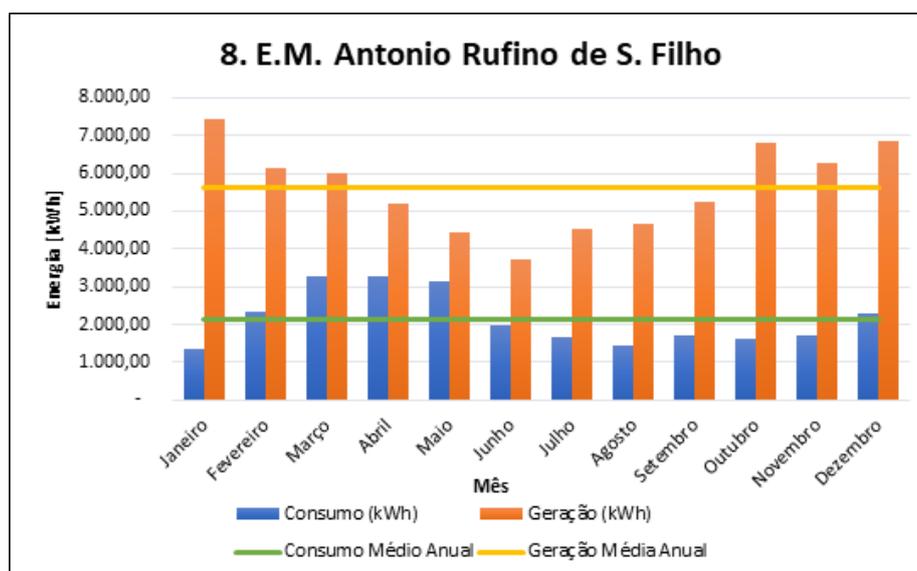


Fig. 24 - Relação entre consumo e geração

9. Ataliba de M. Domingues (Prof.) 61. São Bento da Lagoa (Cheche)

Para essas duas Escolas, que estão no mesmo terreno foi feito um projeto integrado, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 577 módulos, 184,60 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.326,50kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 72,0% e uma produção anual de 244,90 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.25 e Fig.26, respectivamente.



Fig. 25 - Configuração do sistema



Fig. 26 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 27 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 20.410,29 kWh/mês e o consumo médio anual é de 5.880,42 kWh/mês, suprimindo assim 347% do consumo total da Escola

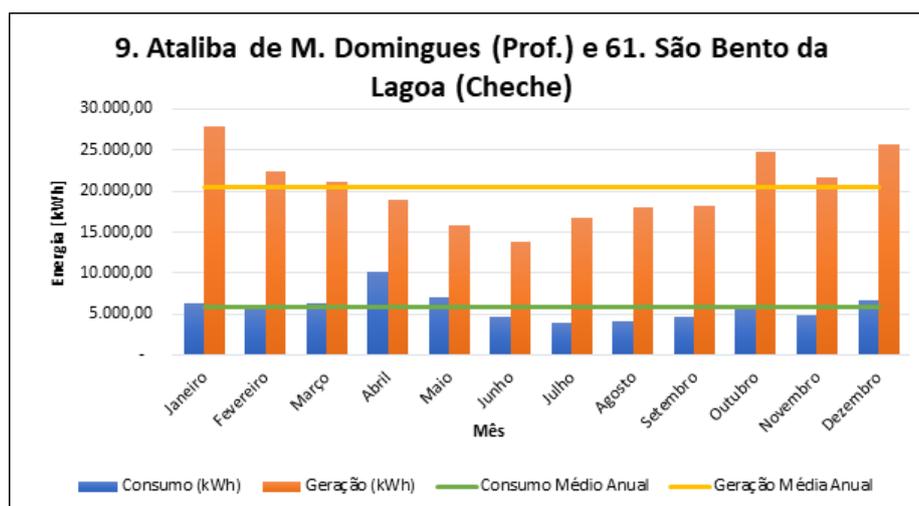


Fig. 27 - Relação entre consumo e geração

11. E.M. Benvindo Taques Horta

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 339 módulos, 186,5 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.420,30 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,5% e uma produção anual de 264,80 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.28 e Fig.29, respectivamente.

O sistema FV ficou localizado principalmente no telhado da quadra, sem que o sombreamento da casa ao norte afete a sua geração. Foram alocados módulos também nos telhados das edificações a oeste do terreno, no entanto as árvores ao norte limitaram a área pelo sombreamento.



Fig. 28 - Configuração do sistema

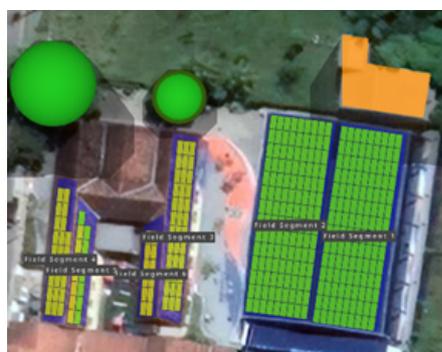


Fig. 29 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 30 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 22.068,53 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.306,92 kWh/mês, suprimindo assim 512% do consumo total da Escola.

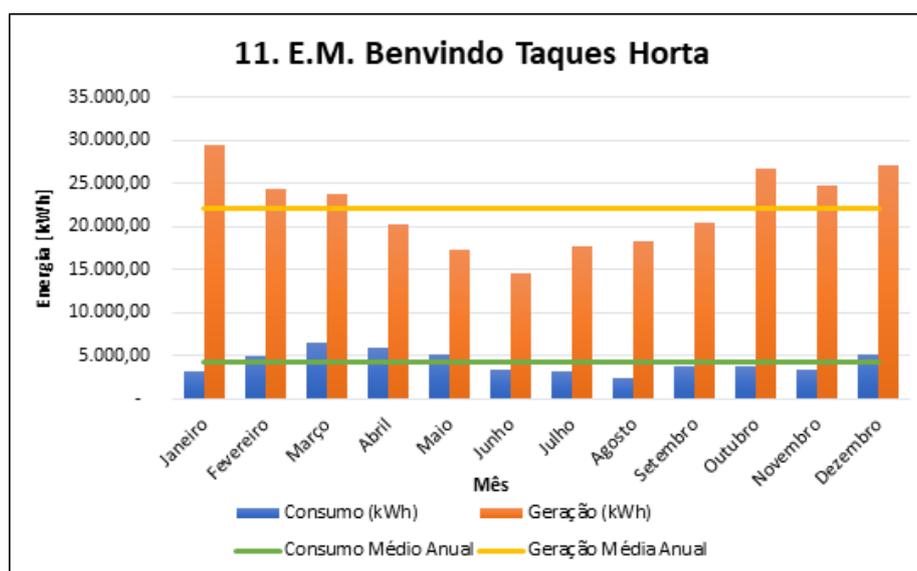


Fig. 30 - Relação entre consumo e geração

12. E.M. Brasilina Coutinho

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 68 módulos, 37,4 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.471,60 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,3% e uma produção anual de 55,00 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.31 e Fig.32, respectivamente.

O sistema FV ficou localizado principalmente no telhado da quadra, sem que o sombreamento da casa ao norte afete a sua geração. Foram alocados módulos também nos telhados das edificações a oeste do terreno, no entanto as árvores ao norte limitaram a área pelo sombreamento.



Fig. 31 - Configuração do sistema



Fig. 32 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 33 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 4.586,53 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.947,83 kWh/mês, suprimindo assim 235% do consumo total da Escola.

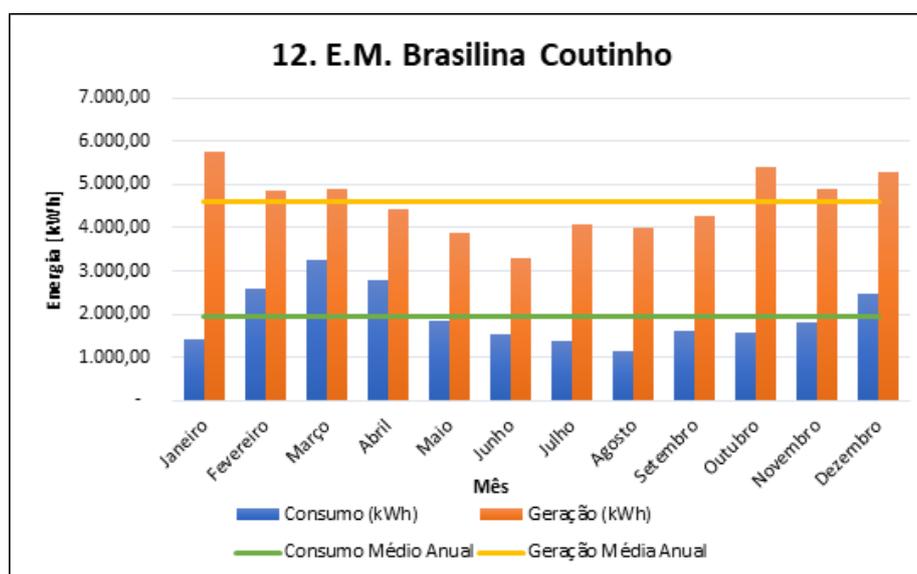


Fig. 33 - Relação entre consumo e geração

13. CAIC M. Elomir Silva 53. CEIM Pinguinho de Luz

Para essas duas Escolas, que estão no mesmo terreno foi feito um projeto integrado, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 496 módulos, 273,0 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.365,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,0% e uma produção anual de 372,40 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.34 e Fig.35, respectivamente.

Os módulos foram colocados no telhado da edificação maior ao leste do terreno, na edificação do CEIM Pinguinho de Luz e em uma edificação diferenciada ao centro. A Usina FV a ser instalada na edificação diferenciada ao centro trará destaque e visibilidade para a Escola, no entanto a inclinação do telhado reduz sua taxa de desempenho.



Fig. 34 - Configuração do sistema



Fig. 35 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 36 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 31.034,92 kWh/mês e o consumo médio anual é de 14.182,00 kWh/mês, suprimindo assim 219% do consumo total da Escola.

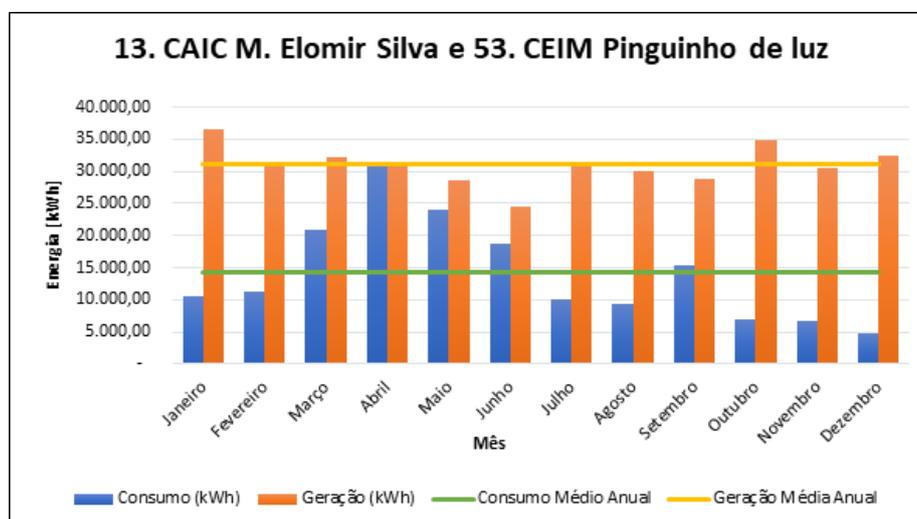


Fig. 36 - Relação entre consumo e geração

14. E.M. Carlos Magno Legentil de Mattos

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 283 módulos, 155,9 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.294,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,6 % e uma produção anual de 201,40 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.37 e Fig.38, respectivamente.

Há muitas árvores no entorno do terreno causando sombreamento, além de outros objetos no telhado. Há também a diferença de altura entre as edificações, o que reduz a taxa de desempenho do sistema.



Fig. 37 - Configuração do sistema



Fig. 38 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 39 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 16.786,63 kWh/mês e o consumo médio anual é de 7.739,10 kWh/mês, suprimindo assim 217% do consumo total da Escola.

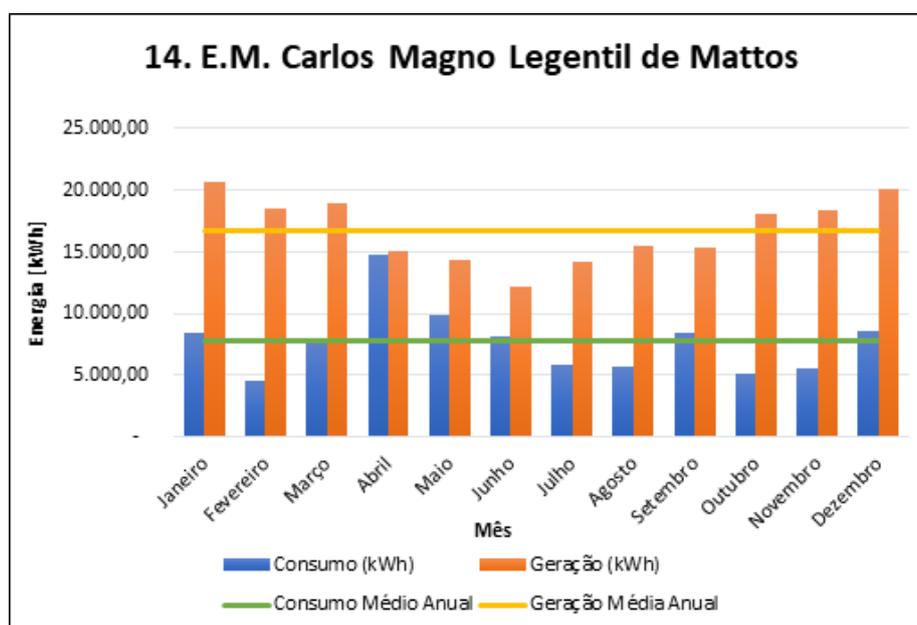


Fig. 39 - Relação entre consumo e geração

15. Carlos Manoel Lima Costa

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 194 módulos, 106,70 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.325,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,40 % e uma produção anual de 141,40 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.40 e Fig.41, respectivamente.

Há muitas árvores no entorno do terreno causando sombreamento, além de outros objetos no telhado. Há também a diferença de altura entre as edificações, o que reduz a taxa de desempenho do sistema.



Fig. 40 - Configuração do sistema

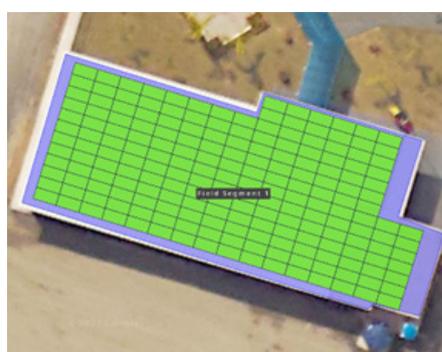


Fig. 41 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 42 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 11.781,41 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.352,83 kWh/mês, superando assim 271% do consumo total da Escola.

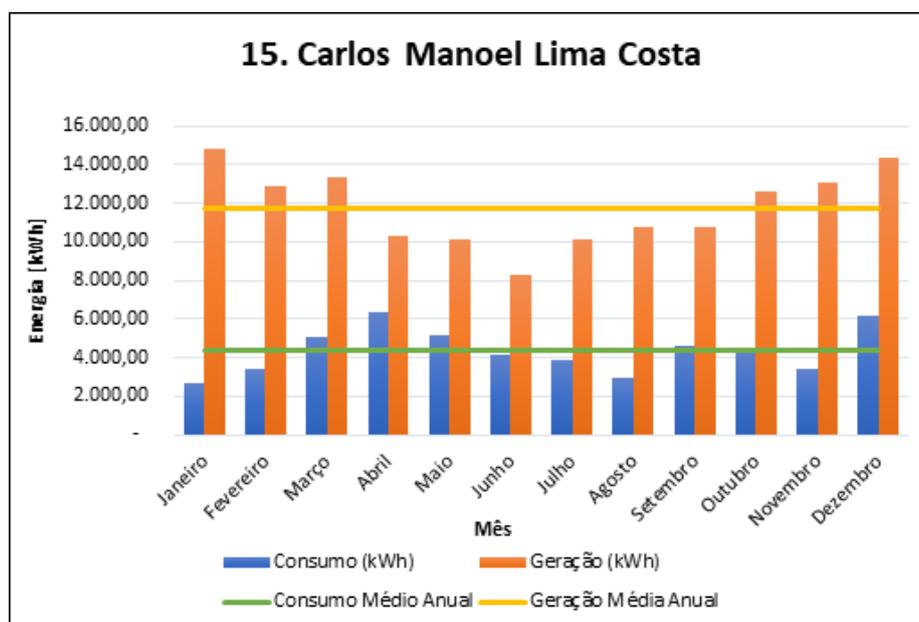


Fig. 42 - Relação entre consumo e geração

16. Casa da Criança de Inoã 29. Escola Municipalizada de Inoã

Para essas duas Escolas, que estão no mesmo terreno foi feito um projeto integrado, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 611 módulos, 336,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.446,90 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,90 % e uma produção anual de 486,20 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.43 e Fig.44, respectivamente.

Foram considerados todos os telhados tecnicamente viáveis para instalação dos módulos.



Fig. 43 - Configuração do sistema



Fig. 44 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 45 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 40.519,41 kWh/mês e o consumo médio anual é de 8.735,52 kWh/mês, suprimindo assim 464% do consumo total da Escola.

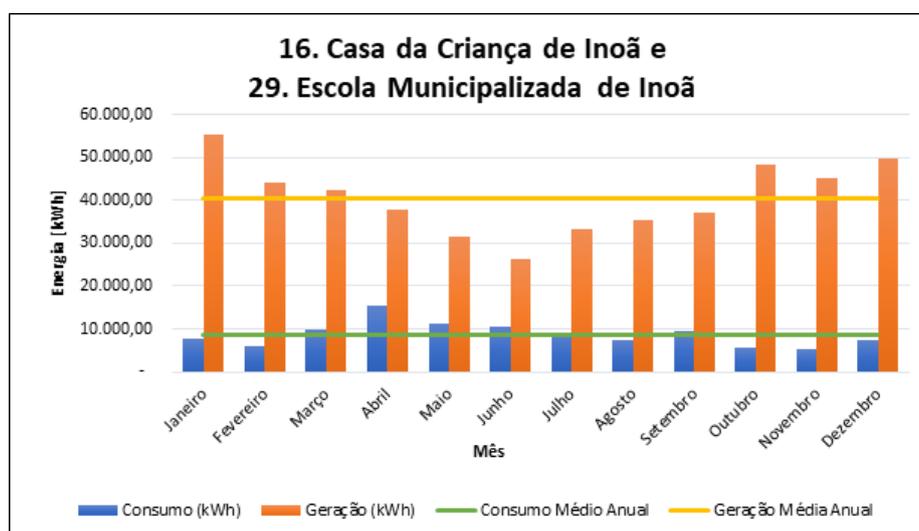


Fig. 45 - Relação entre consumo e geração

18. Clério Boechat de Oliveira EM Pedra da Mata

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 297 módulos, 163,40 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.460,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,40 % e uma produção anual de 238,50 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.46 e Fig.47, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 46 - Configuração do sistema



Fig. 47 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 48 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 19.874,37 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.550,00 kWh/mês, suprimindo assim 437% do consumo total da Escola.

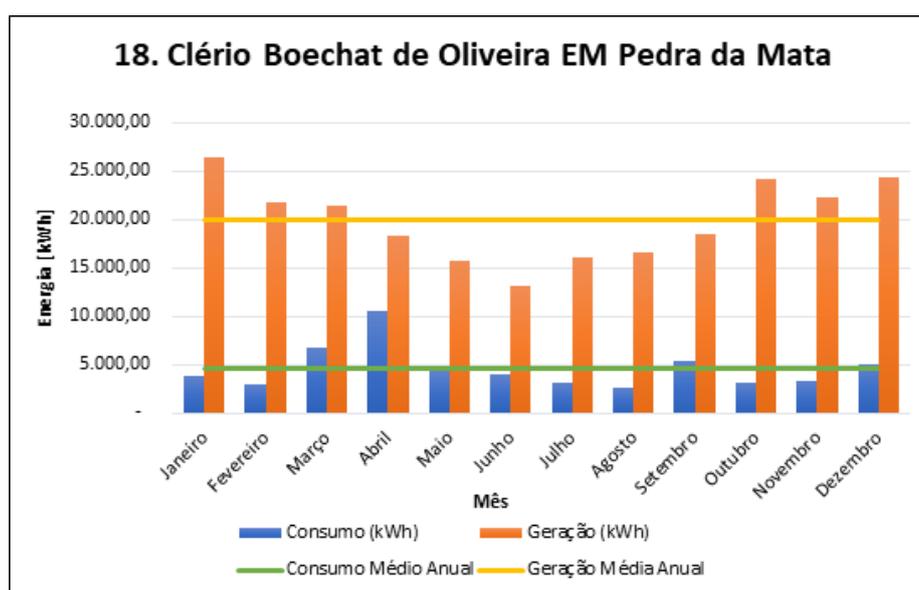


Fig. 48 - Relação entre consumo e geração

19. E.M. Cônego Batalha

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 99 módulos, 31,70 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.290,30 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,70 % e uma produção anual de 40,90 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.49 e Fig.50, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 49 - Configuração do sistema



Fig. 50 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 51 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 3.406,31 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.500,58 kWh/mês, suprimindo assim 76% do consumo total da Escola.

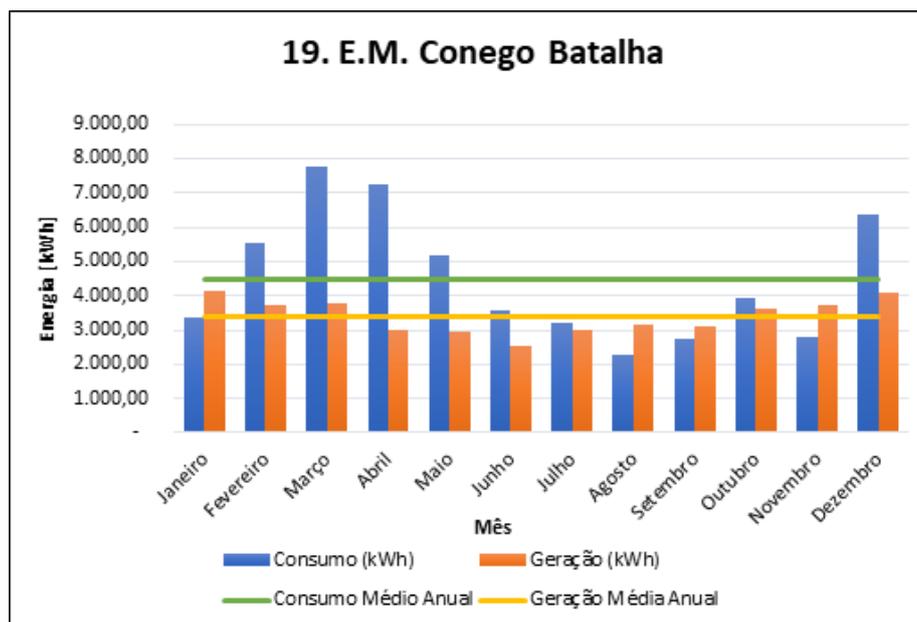


Fig. 51 - Relação entre consumo e geração

20. Darcy Ribeiro Prof.

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 411 módulos, 226,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.424,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,10 % e uma produção anual de 321,90 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.49 e Fig.50, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 52 - Configuração do sistema

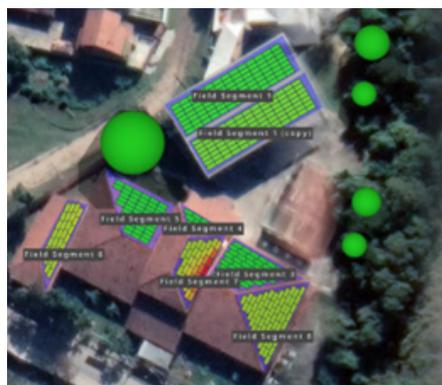


Fig. 53 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 54 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 26.828,30 kWh/mês e o consumo médio anual é de 8.114,40 kWh/mês, superando assim 331% do consumo total da Escola.

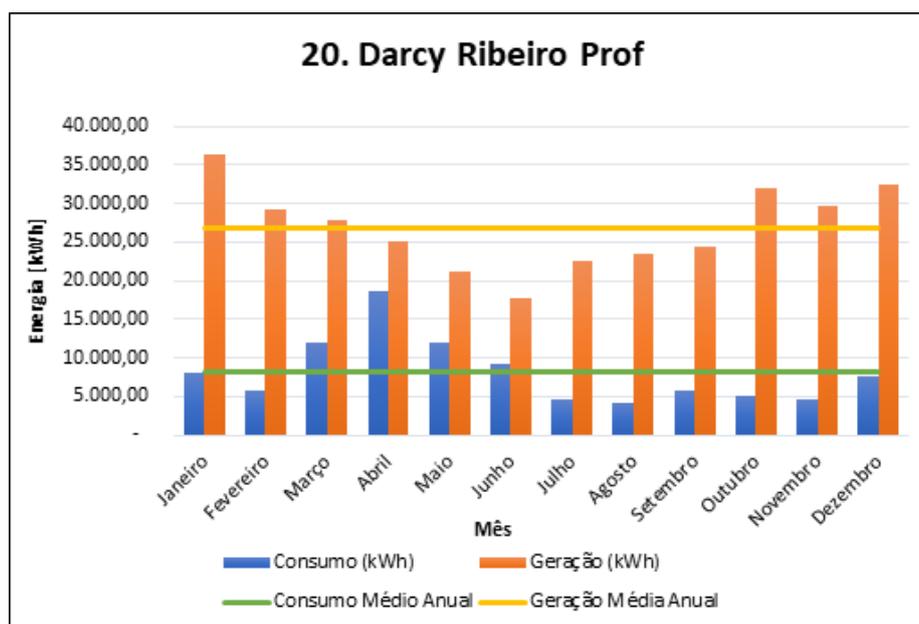


Fig. 54 - Relação entre consumo e geração

21. Dilza da Silva Sá Rêgo Prof

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 168 módulos, 92,40 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.342,70 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,80 % e uma produção anual de 124,10 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.55 e Fig.56, respectivamente.

Há muitas árvores no entorno do terreno causando sombreamento, por isso para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 55 - Configuração do sistema



Fig. 56 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 57 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 10.339,17 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.776,83 kWh/mês, suprimindo assim 216% do consumo total da Escola.

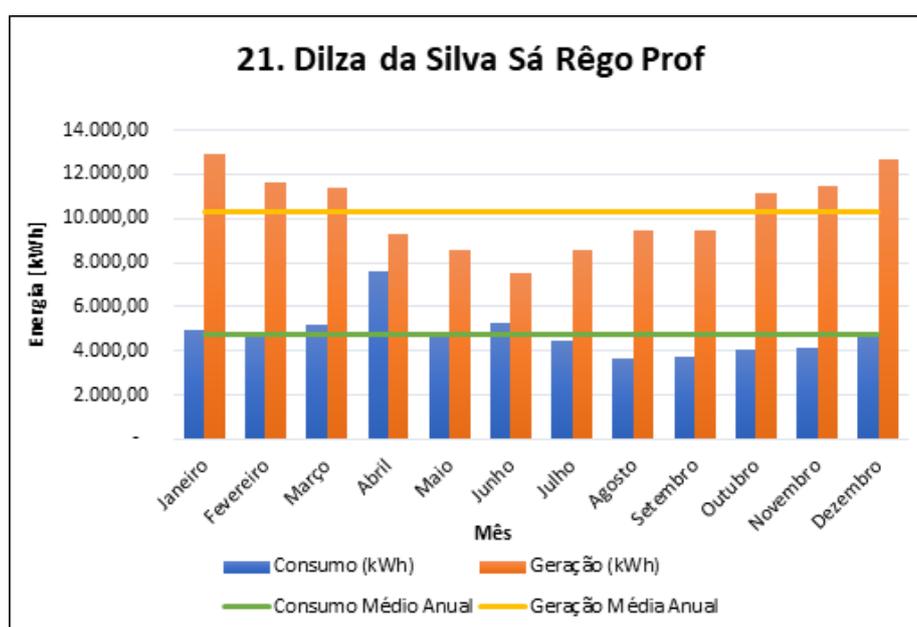


Fig. 57 - Relação entre consumo e geração

22. E.M. Prof. Dirce Marinho Gomes

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 142 módulos, 78,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.384,70 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,00 % e uma produção anual de 108,10 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.58 e Fig.59, respectivamente.

Há muitas árvores no entorno do terreno causando sombreamento, por isso para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 58 - Configuração do sistema

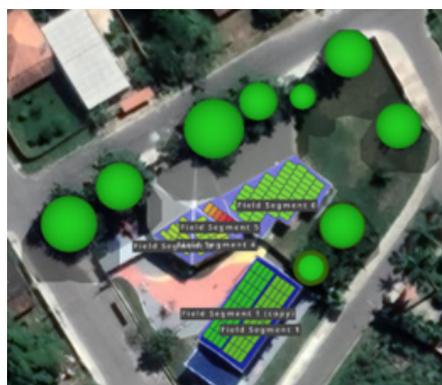


Fig. 59 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 60 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 9.012,06 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.080,75 kWh/mês, suprimindo assim 293% do consumo total da Escola.

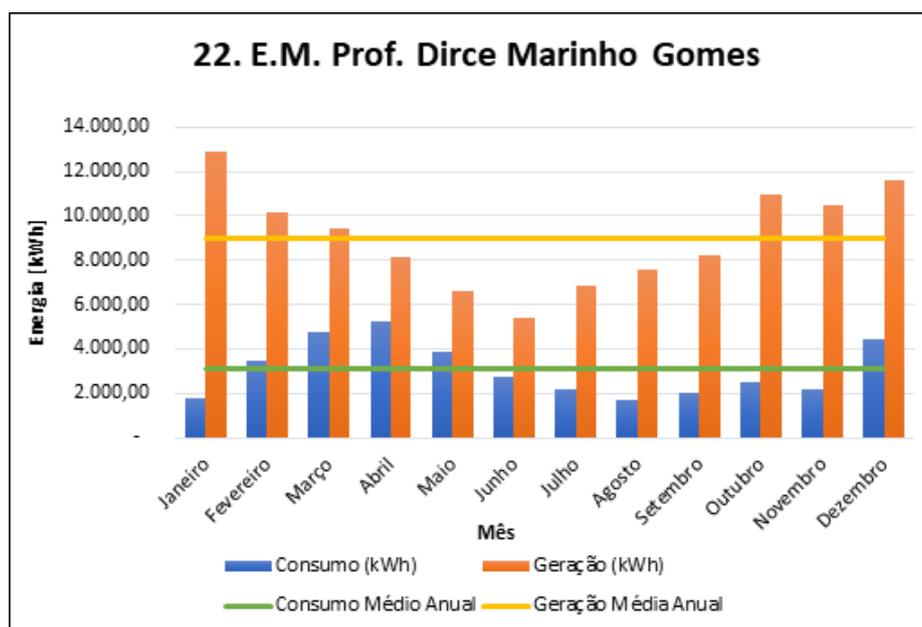


Fig. 60 - Relação entre consumo e geração

23. CEIM DÓ RÉ MI HAROLDO SANT'ANNA SANTINI – CEMAS

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 81 módulos, 44,60 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.356,80 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,50 % e uma produção anual de 60,40 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.61 e Fig.62, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 61 - Configuração do sistema

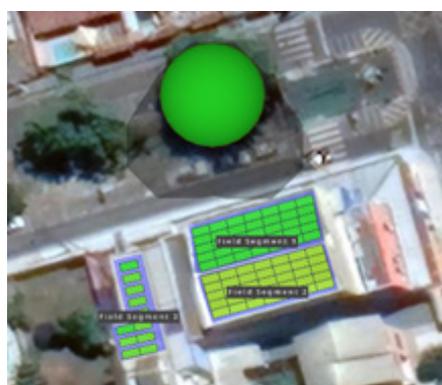


Fig. 62 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 63 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 5.037,01 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.040,25 kWh/mês, suprimindo assim 247% do consumo total da Escola.

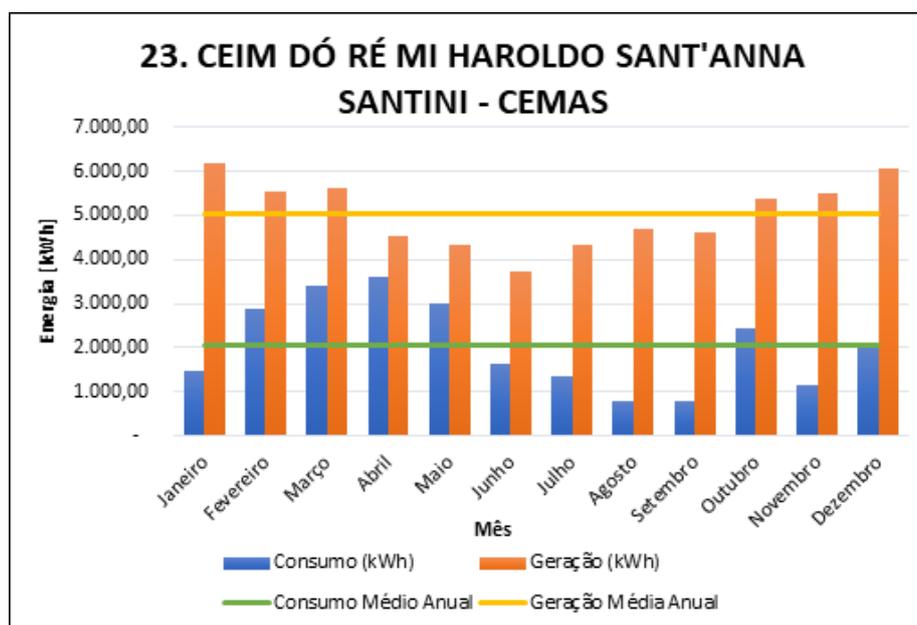


Fig. 63 - Relação entre consumo e geração

24. Espreadido

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 64 módulos, 35,20 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.355,30 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,50 % e uma produção anual de 47,70 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.64 e Fig.65, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 64 - Configuração do sistema



Fig. 65 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 66 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 3.975,49 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.493,00 kWh/mês, superando assim 266% do consumo total da Escola.

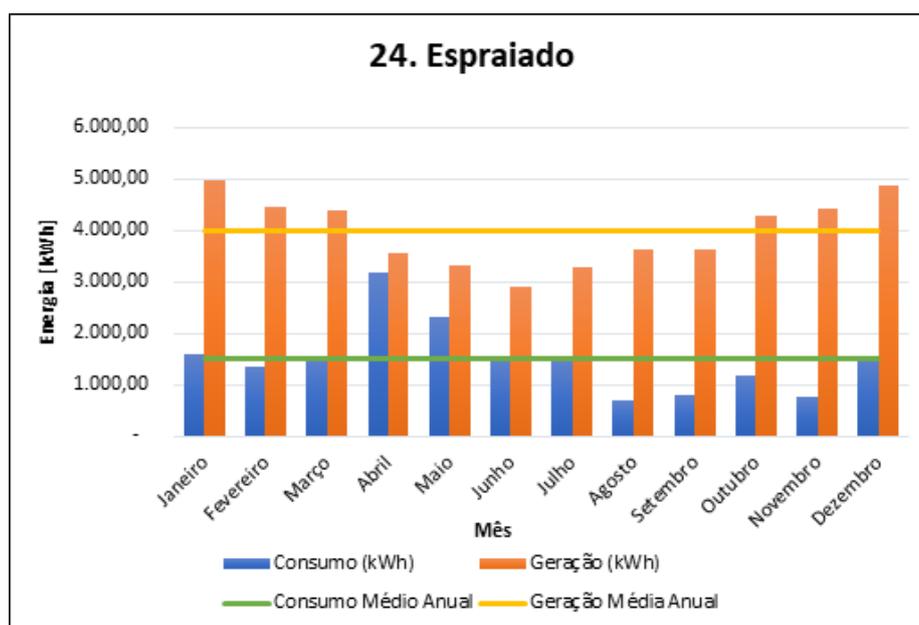


Fig. 66 - Relação entre consumo e geração

25. Creche Mun. Estrelinhas do Amanhã

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 20 módulos, 11,00 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.390,30 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,70 % e uma produção anual de 15,30 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.67 e Fig.68, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 67 - Configuração do sistema

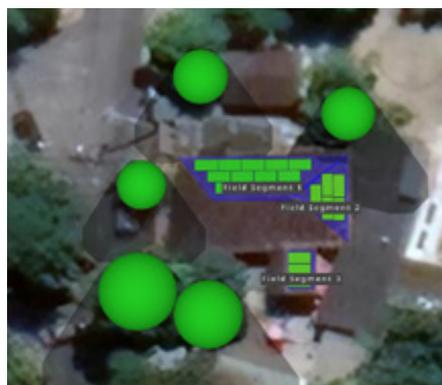


Fig. 68 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 69 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 1.274,45 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.504,17 kWh/mês, suprimindo assim 85% do consumo total da Escola.

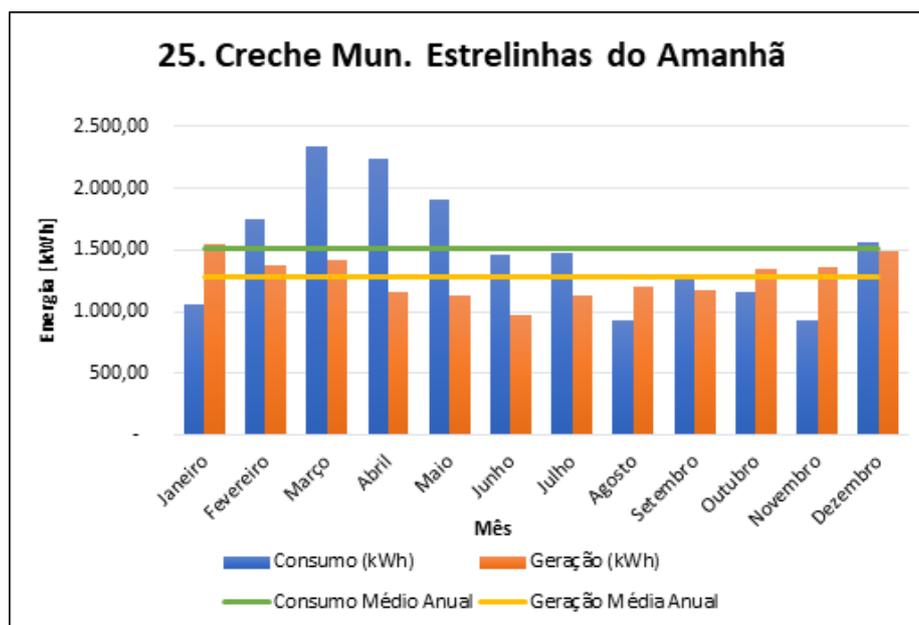


Fig. 69 - Relação entre consumo e geração

26. E.M. Guaratiba

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 208 módulos, 114,40 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.326,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,30 % e uma produção anual de 151,70 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.70 e Fig.71, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 70 - Configuração do sistema



Fig. 71 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 72 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 12.644,58 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.439,00 kWh/mês, superando assim 368% do consumo total da Escola.

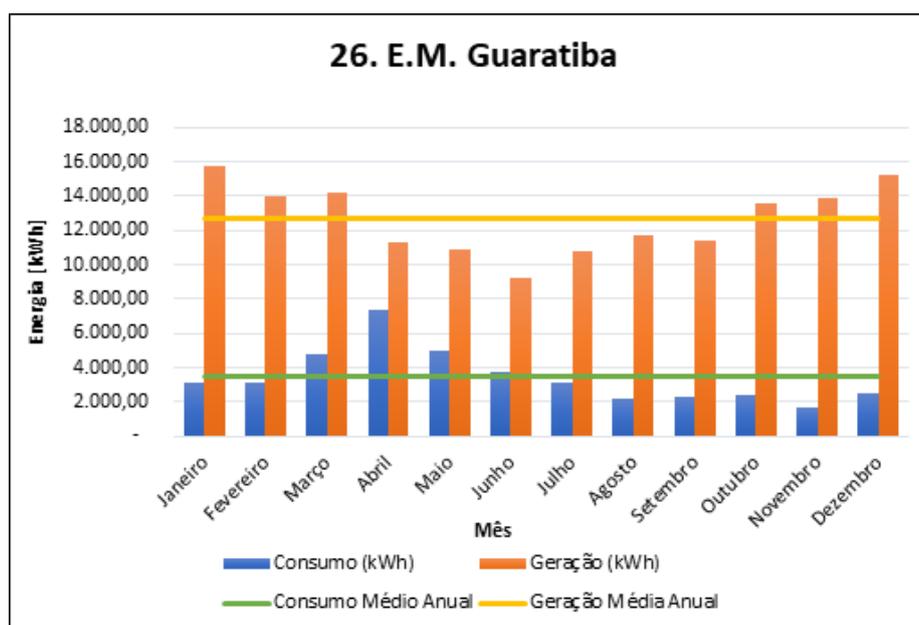


Fig. 72 - Relação entre consumo e geração

30. Jacintho Luiz Caetano Filho

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 303 módulos, 166,70 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.265,50 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,00 % e uma produção anual de 210,90 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.73 e Fig.74, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento, porém os telhados possuem muitas orientações diferenciadas.



Fig. 73 - Configuração do sistema



Fig. 74 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 75 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 17.575,13 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.669,17 kWh/mês, suprimindo assim 1053% do consumo total da Escola.

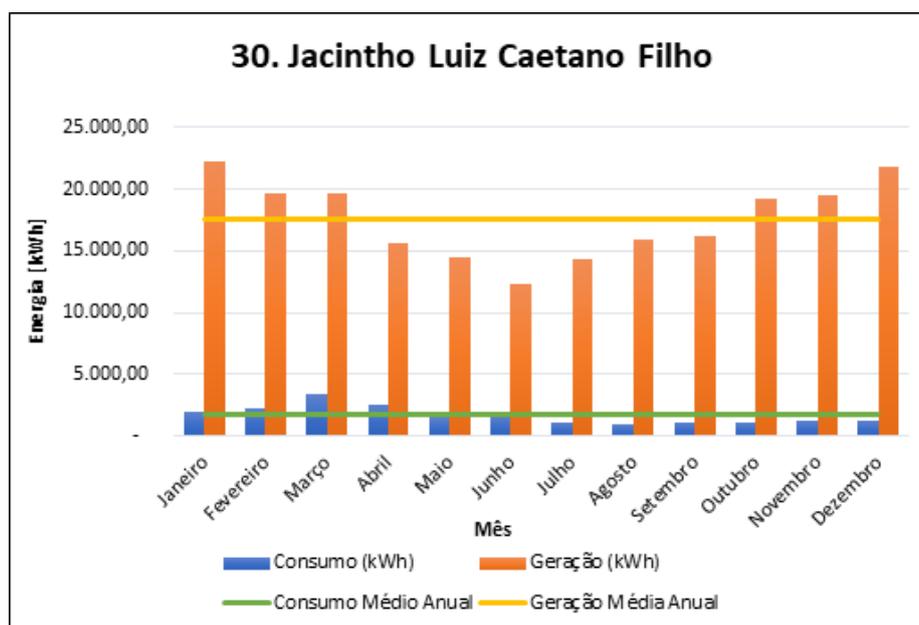


Fig. 75 - Relação entre consumo e geração

31. Centro Educacional Joana Benedicta Rangel

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 202 módulos, 111,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.434,70 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,60 % e uma produção anual de 159,40 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.76 e Fig.77, respectivamente.

A edificação a noroeste por ser mais baixa recebe mais sombreamento das duas edificações localizadas ao norte, limitando a quantidade de módulos, bem como a quantidade de módulos na edificação mais alta ao leste também ficou limitada devido a uma antena parabólica. Assim, para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento.



Fig. 76 - Configuração do sistema



Fig. 77 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 78 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 13.283,05 kWh/mês e o consumo médio anual é de 8.668,22 kWh/mês, suprimindo assim 153% do consumo total da Escola.

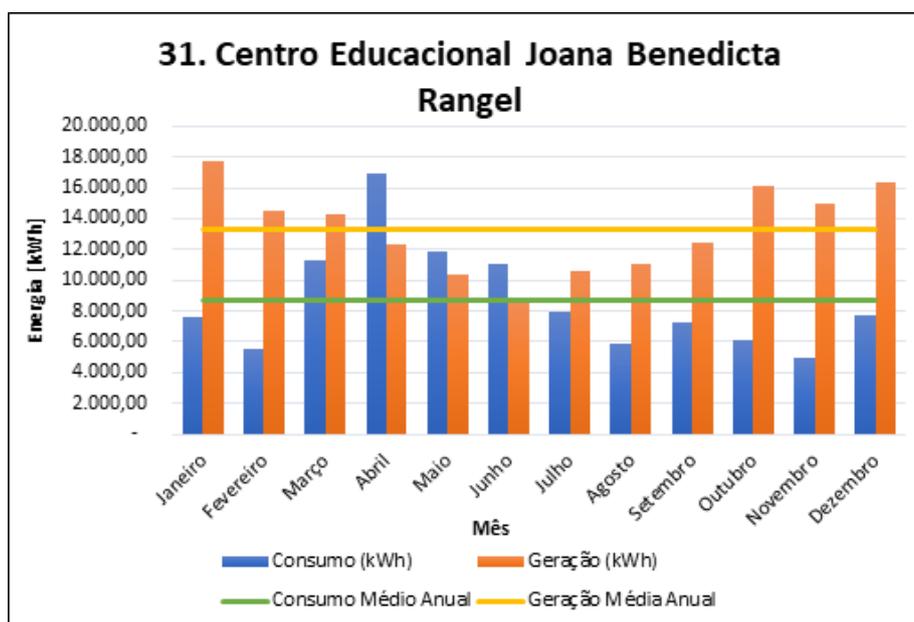


Fig. 78 - Relação entre consumo e geração

32. E.M. João da Silva Bezerra

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 387 módulos, 212,90 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.276,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,50 % e uma produção anual de 271,60 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.79 e Fig.80, respectivamente.

Para a instalação do sistema FV foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis sem sombreamento, porém os telhados possuem muitas orientações diferenciadas.



Fig. 79 - Configuração do sistema



Fig. 80 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 81 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 22.637,06 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.062,50 kWh/mês, superando assim 739% do consumo total da Escola.

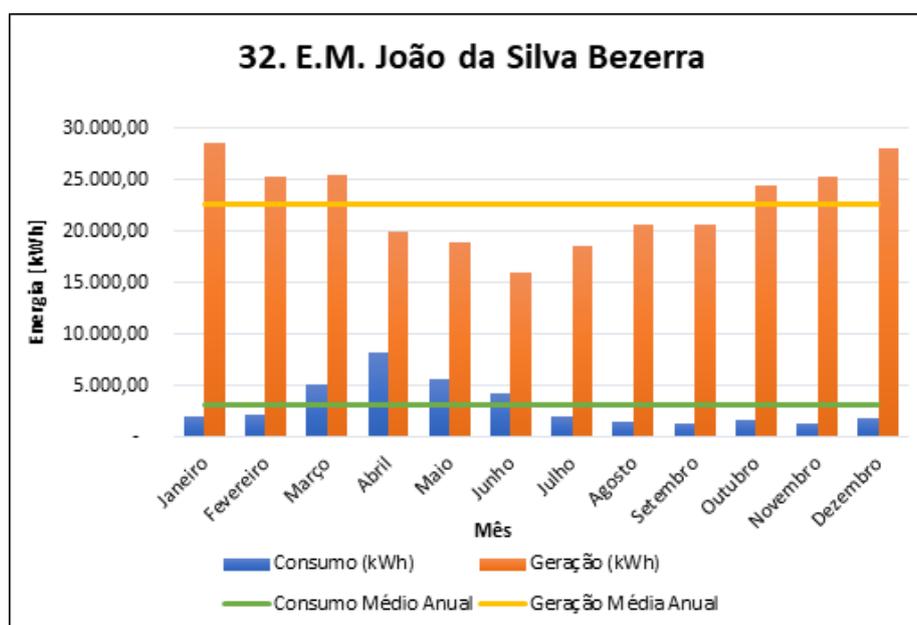


Fig. 81 - Relação entre consumo e geração

33. João Monteiro

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 123 módulos, 67,70 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.227,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 74,6% e uma produção anual de 83,00 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.82 e Fig.83, respectivamente.

Há muitas árvores grandes no entorno do terreno fazendo sombreamento nas edificações. Por isso, foram priorizados os telhados com menos impacto de sombreamento, mesmo com orientações menos favoráveis.



Fig. 82 - Configuração do sistema

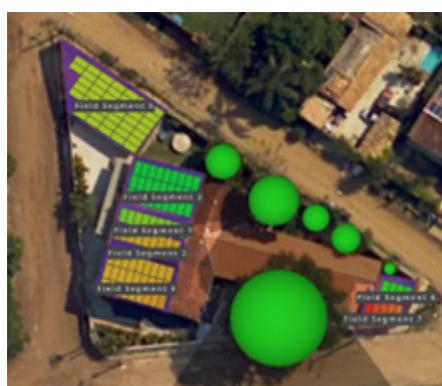


Fig. 83 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig.84 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 6.917,03 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.081,57 kWh/mês, suprimindo assim 169% do consumo total da Escola.

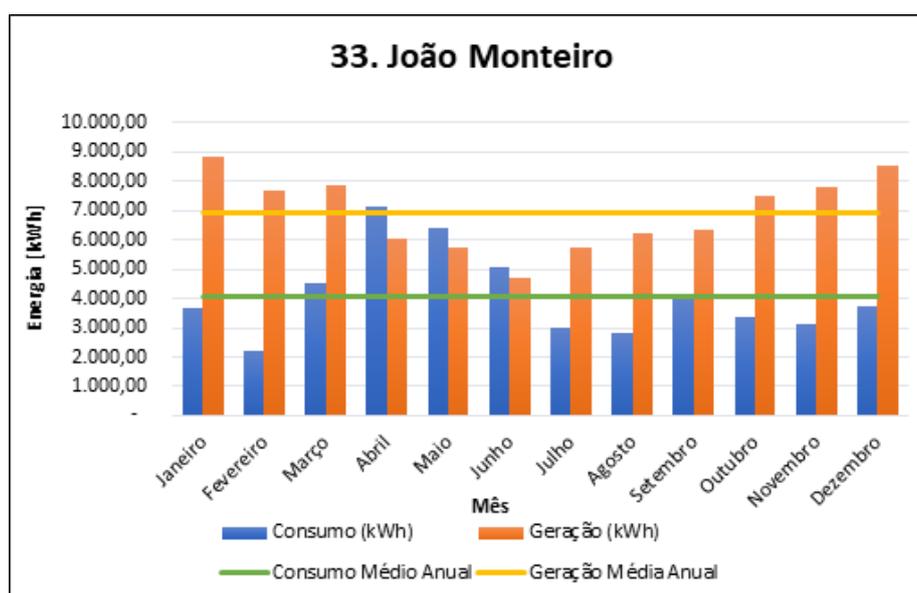


Fig. 84 - Relação entre consumo e geração

34. João Pedro Machado

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 120 módulos, 66,00 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.341,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,6% e uma produção anual de 88,50 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.85 e Fig.86, respectivamente.

Há muitas árvores grandes no entorno do terreno fazendo sombreamento nas edificações. Por esta razão, foi utilizado apenas o telhado da quadra ao sul do terreno por se encontrar livre de sombreamento.



Fig. 85 - Configuração do sistema



Fig. 86 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 87 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 7.376,80 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.480,00 kWh/mês, superando assim 297% do consumo total da Escola.

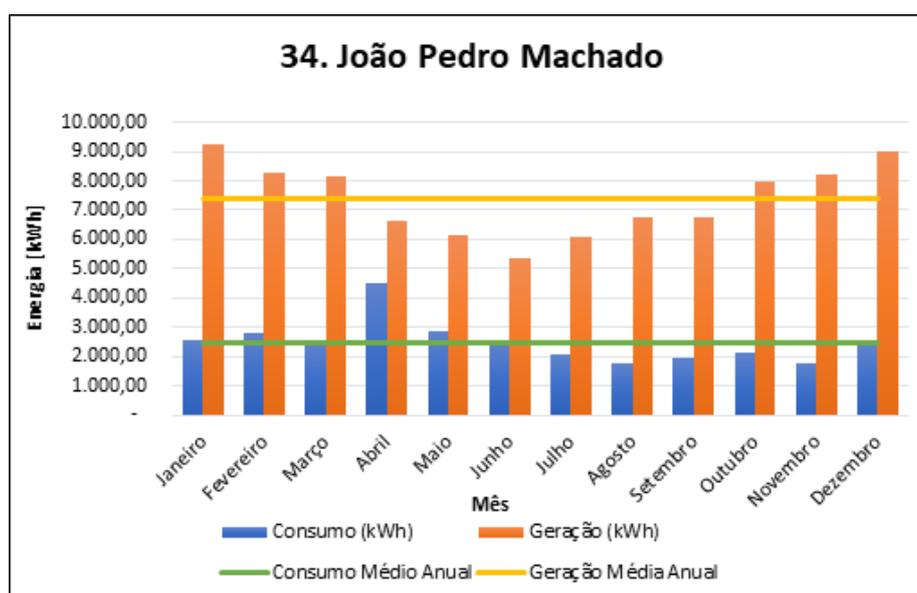


Fig. 87 - Relação entre consumo e geração

35. E.M. Joaquim Eugenio dos Santos

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 285 módulos, 156,80 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.306,10 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,1% e uma produção anual de 204,70 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.88 e Fig.89, respectivamente.

Há algumas árvores no entorno do terreno fazendo sombreamento nas edificações. Sendo assim, foram utilizados os telhados menos afetados pelo sombreamento.



Fig. 88 - Configuração do sistema



Fig. 89 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 90 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 17.060,57 kWh/mês e o consumo médio anual é de 6.171,20 kWh/mês, suprimindo assim 276% do consumo total da Escola.

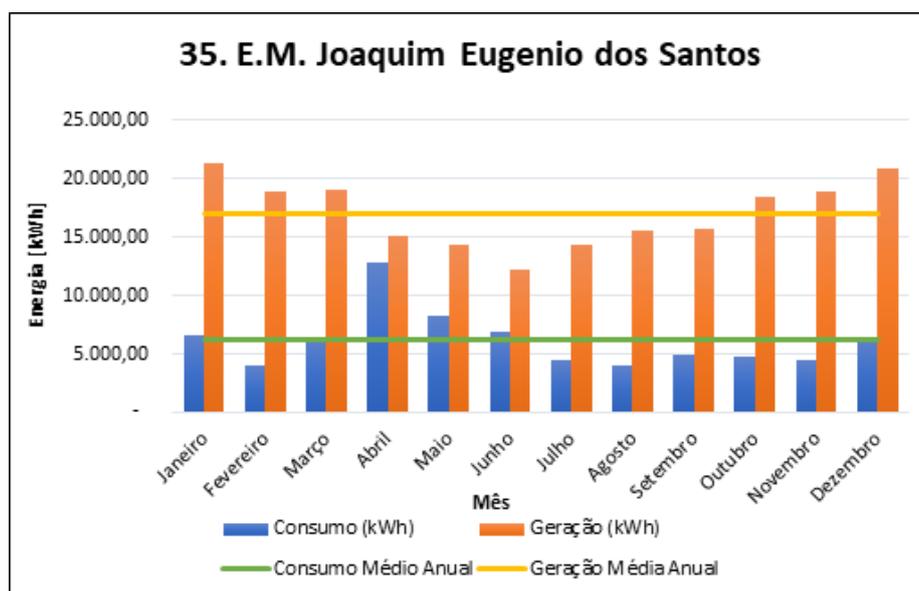


Fig. 90 - Relação entre consumo e geração

36. José Carlos de Almeida e Silva CEIM Prof.

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 135 módulos, 74,30 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.453,90 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,5% e uma produção anual de 108,00 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.91 e Fig.92, respectivamente.

Há algumas árvores no entorno do terreno e uma caixa d'água fazendo sombreamento nas edificações. Sendo assim, foram utilizados os telhados menos afetados pelo sombreamento.



Fig. 91 - Configuração do sistema

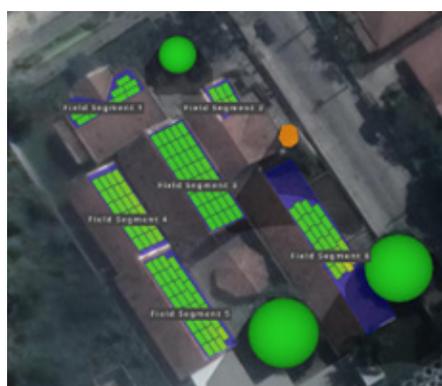


Fig. 92 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 93 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 8.995,97 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.102,60 kWh/mês, suprimindo assim 219% do consumo total da Escola.

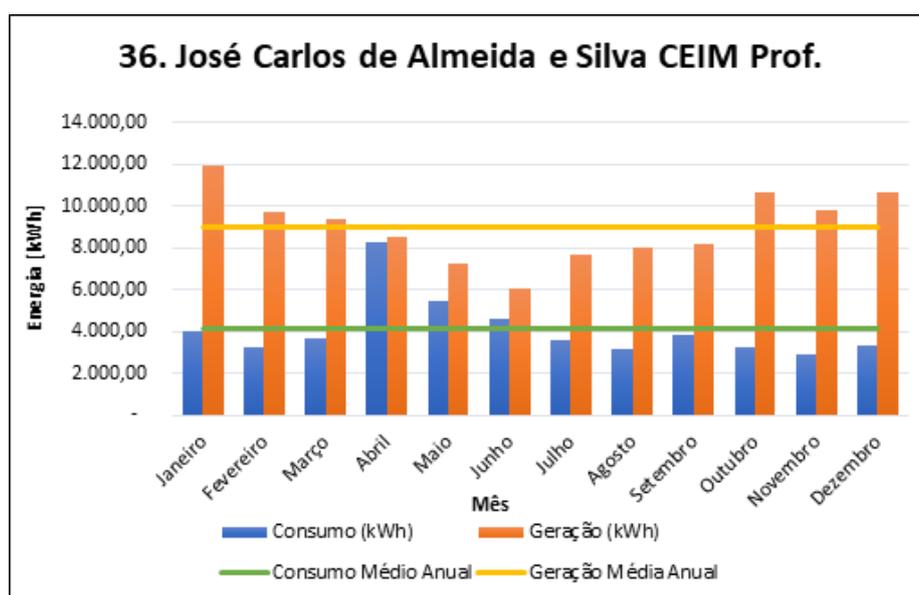


Fig. 93 - Relação entre consumo e geração

37. Levy Carlos Ribeiro (Ver.)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 336 módulos, 184,80 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.253,80 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,3% e uma produção anual de 231,70 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.94 e Fig.95, respectivamente.

Há algumas árvores no entorno do terreno fazendo sombreamento nas edificações. Sendo assim, foram utilizados os telhados menos afetados pelo sombreamento.



Fig. 94 - Configuração do sistema



Fig. 95 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 96 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 19.308,72 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.597,50 kWh/mês, suprimindo assim 743% do consumo total da Escola.

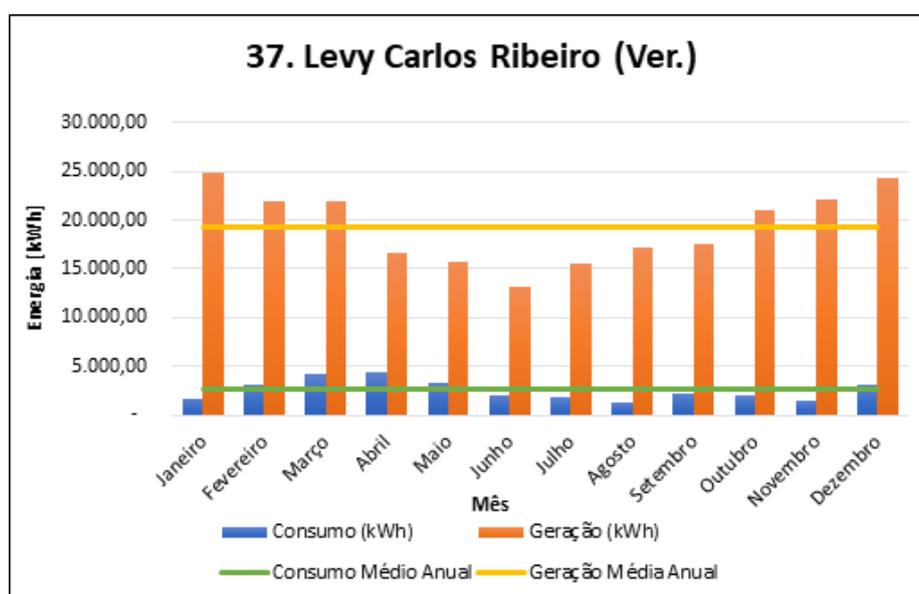


Fig. 96 - Relação entre consumo e geração

38. CEIM Lucimere Rodrigues de Melo

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 190 módulos, 104,50 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.301,30 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,7% e uma produção anual de 136,00 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.97 e Fig.98, respectivamente.



Fig. 97 - Configuração do sistema



Fig. 98 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 99 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 11.331,99 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.284,25 kWh/mês, suprimindo assim 496% do consumo total da Escola.

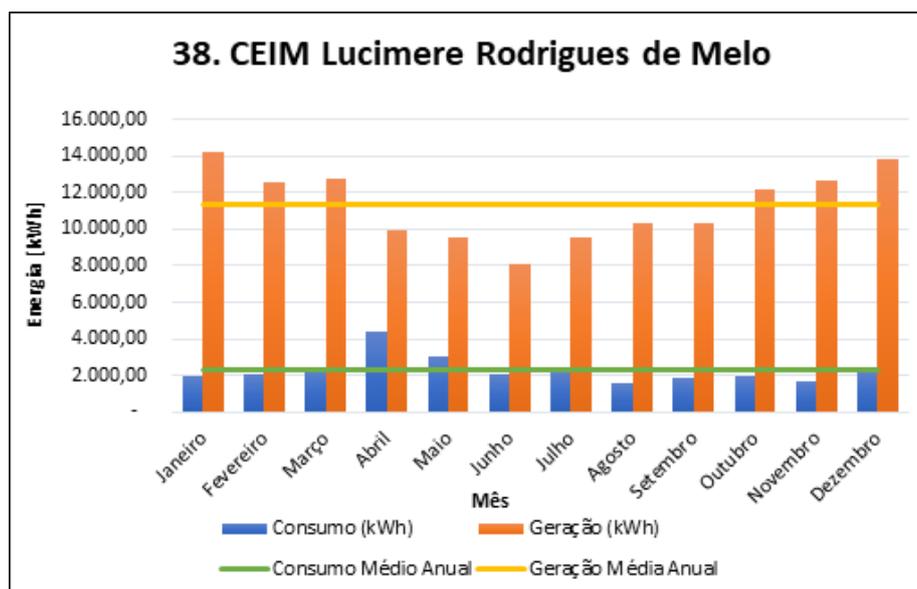


Fig. 99 - Relação entre consumo e geração

39. Lúcio Thomé Guerra Feteira

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 413 módulos, 227,20 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.346,30 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,0% e uma produção anual de 305,80 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.100 e Fig.101, respectivamente.

No estudo desta escola foram utilizados os telhados sem sombreamento e o telhado da quadra.



Fig. 100 - Configuração do sistema



Fig. 101 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 102 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 25.483,88 kWh/mês e o consumo médio anual é de 6.054,37 kWh/mês, suprimindo assim 421% do consumo total da Escola.

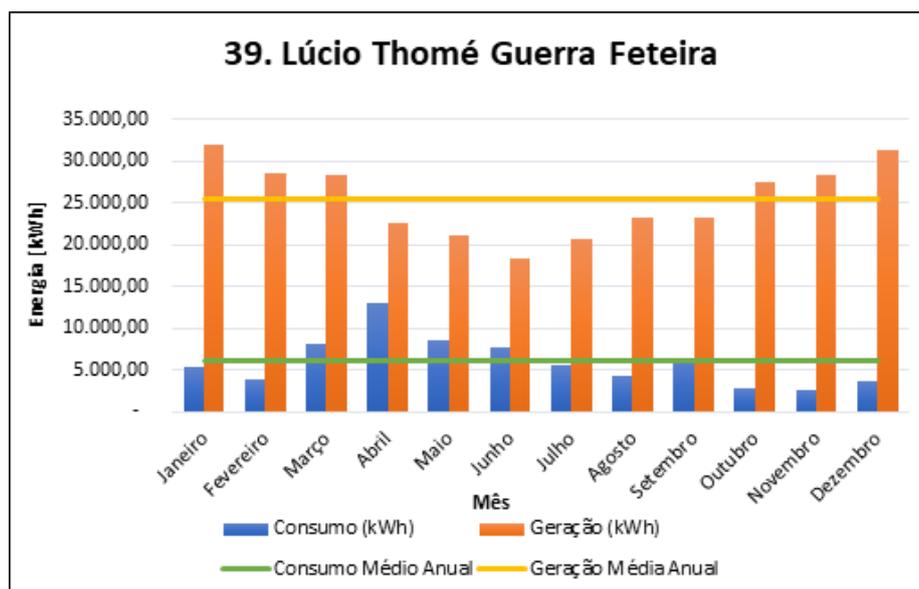


Fig. 102 - Relação entre consumo e geração

40. Marcus Vinícius Caetano Santana

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 102 módulos, 56,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.361,30 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,6% e uma produção anual de 76,20 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.103 e Fig.104, respectivamente.

No estudo desta escola foram utilizados os telhados sem sombreamento disponíveis.



Fig. 103 - Configuração do sistema



Fig. 104 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 105 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 6.363,88 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.569,05 kWh/mês, superando assim 178% do consumo total da Escola.

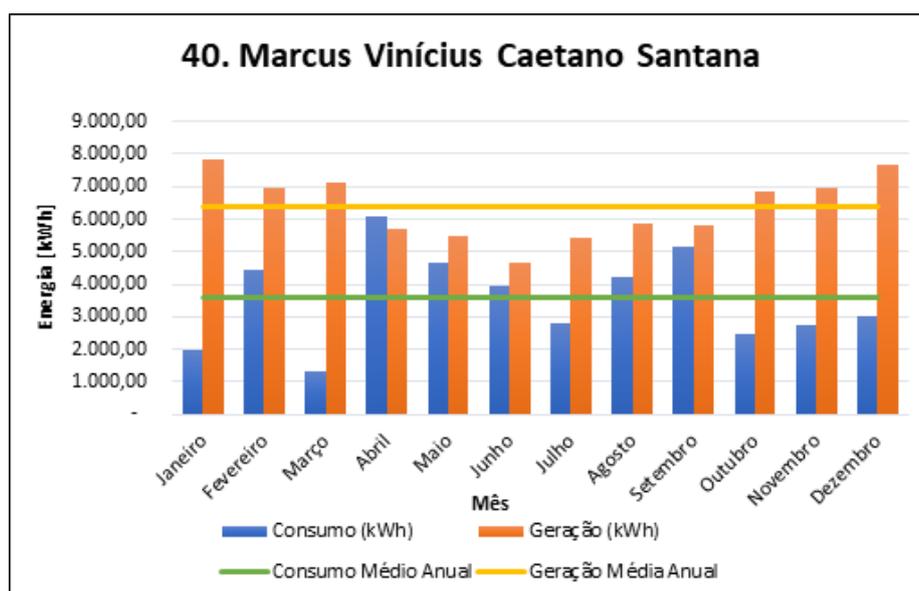


Fig. 105 - Relação entre consumo e geração

41. Maria Cristina de Lima Correa

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 471 módulos, 259,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.292,80 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,3% e uma produção anual de 334,90 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.106 e Fig.107, respectivamente.

Neste estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis.



Fig. 106 - Configuração do sistema



Fig. 107 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 108 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 27.908,48 kWh/mês e o consumo médio anual é de 5.109,92 kWh/mês, suprimindo assim 546% do consumo total da Escola.

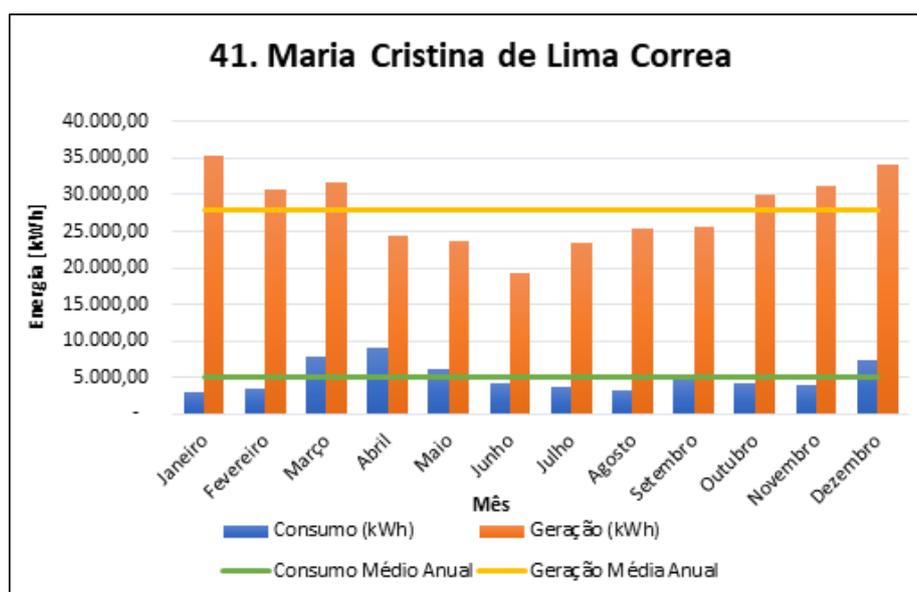


Fig. 108 - Relação entre consumo e geração

42. CEIM Marilza da Conceição R. Medina

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 214 módulos, 117,70 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.292,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,9% e uma produção anual de 152,10 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.109 e Fig.110, respectivamente.

Neste estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 109 - Configuração do sistema



Fig. 110 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 111 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 12.672,40 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.731,00 kWh/mês, superando assim 268% do consumo total da Escola.

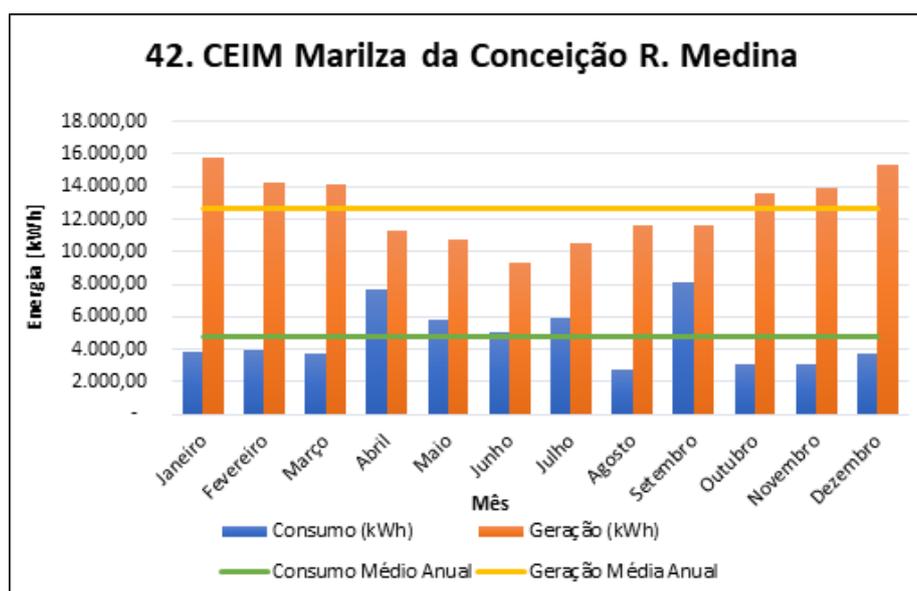


Fig. 111 - Relação entre consumo e geração

43. Marisa Letícia Lula da Silva

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 532 módulos, 292,60 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.296,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,6% e uma produção anual de 379,30 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.112 e Fig.113, respectivamente.

Neste estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 112 - Configuração do sistema



Fig. 113 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 114 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 31.610,33 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.089,40 kWh/mês, superando assim 773% do consumo total da Escola.

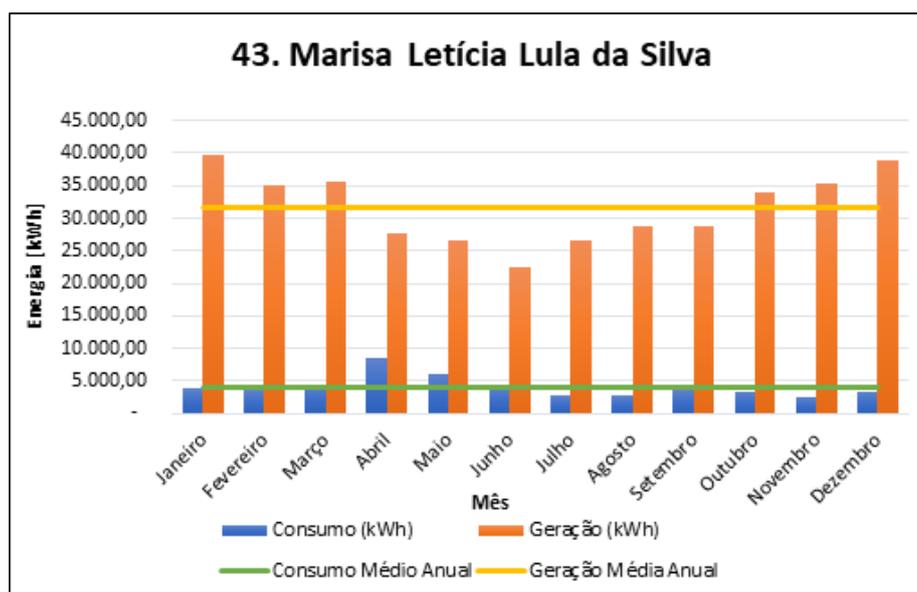


Fig. 114 - Relação entre consumo e geração

44. Marquês de Maricá

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 269 módulos, 148,00 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.410,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,1% e uma produção anual de 208,60 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.115 e Fig.116, respectivamente.

Neste estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 115 - Configuração do sistema



Fig. 116 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 117 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 17.386,87 kWh/mês e o consumo médio anual é de 5.790,40 kWh/mês, suprimindo assim 300% do consumo total da Escola.

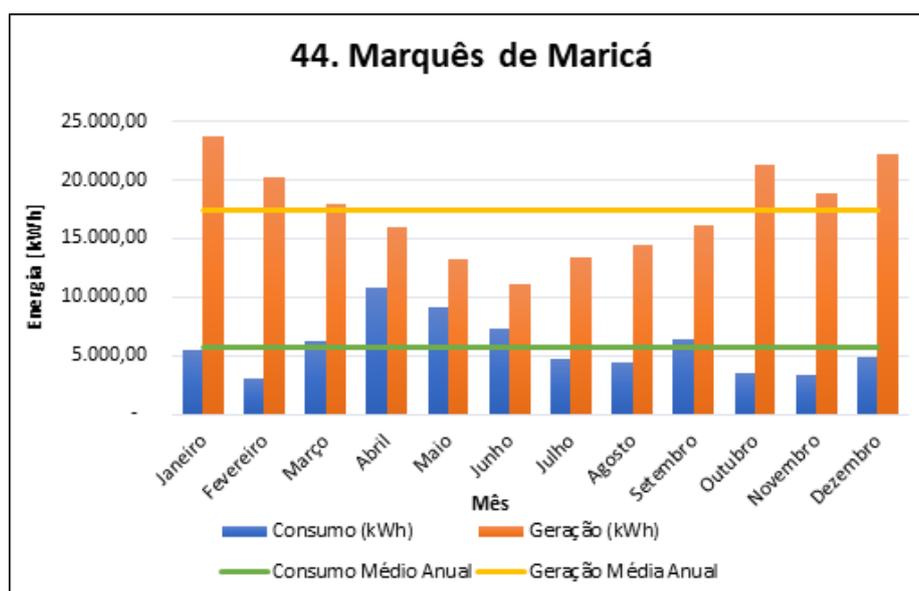


Fig. 117 - Relação entre consumo e geração

45. Escola Municipal Mata Atlântica

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 344 módulos, 189,20 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.440,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,2% e uma produção anual de 272,50 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.118 e Fig.119, respectivamente.

Neste estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 118 - Configuração do sistema



Fig. 119 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 120 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 22.704,37 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.512,70 kWh/mês, superando assim 503% do consumo total da Escola.

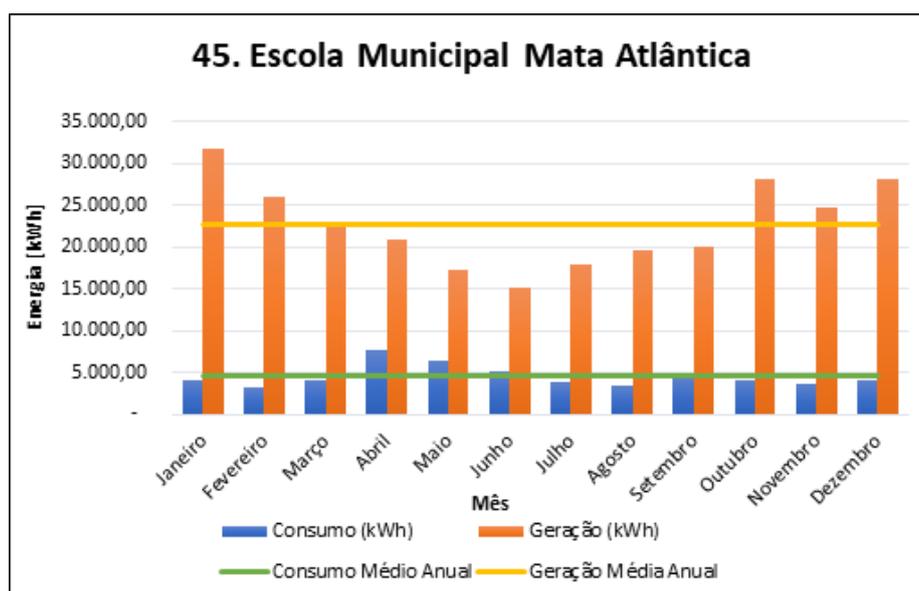


Fig. 120 - Relação entre consumo e geração

46. Maurício Antunes de Carvalho

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 178 módulos, 97,90 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.272,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,6% e uma produção anual de 124,60 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.121 e Fig.122, respectivamente.

Neste estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 121 - Configuração do sistema

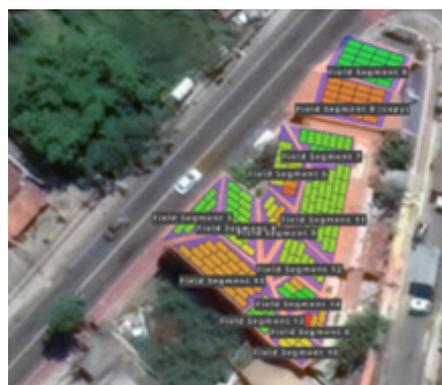


Fig. 122 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 123 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 10.381,07 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.879,83 kWh/mês, superando assim 268% do consumo total da Escola.

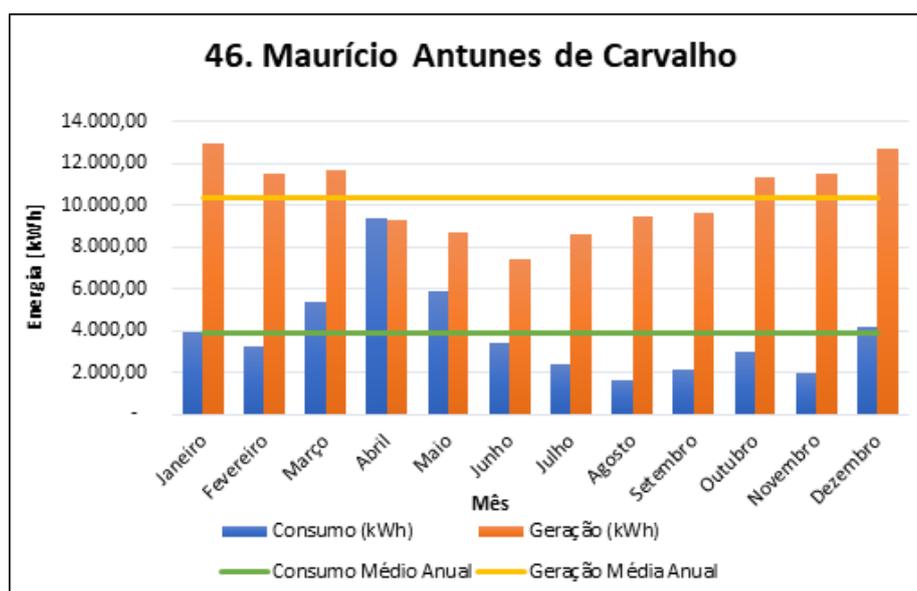


Fig. 123 - Relação entre consumo e geração

47. Escola Municipalizada Ministro Luis Sparano

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 137 módulos, 75,40 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.244,20 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,5% e uma produção anual de 93,80 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.124 e Fig.125, respectivamente.

O terreno ao norte é muito arborizado, o que prejudica a orientação adequada do sistema fotovoltaico. Foram utilizados os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 124 - Configuração do sistema



Fig. 125 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 126 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 7.812,73 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.528,25 kWh/mês, suprimindo assim 309% do consumo total da Escola.

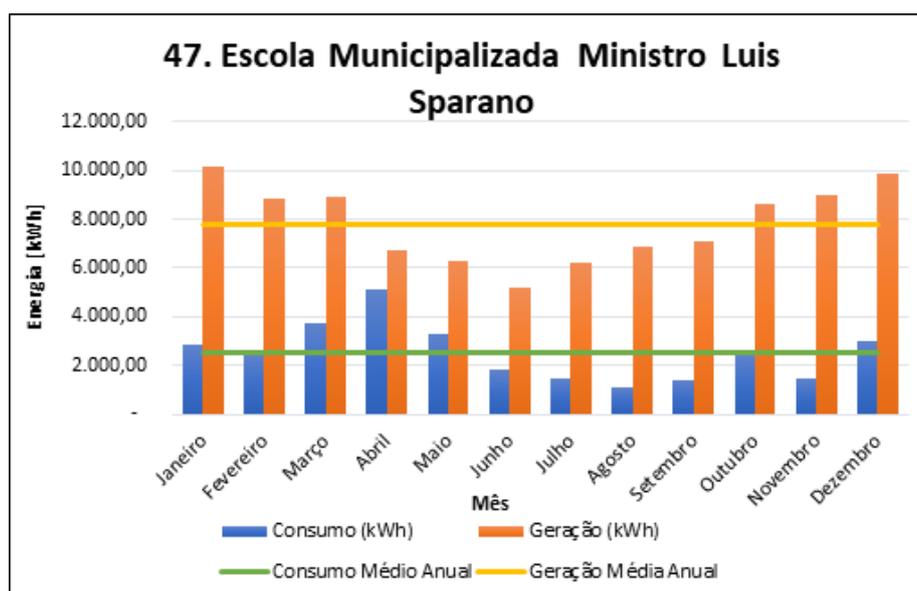


Fig. 126 - Relação entre consumo e geração

48. CEIM Nelson Mandela

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 200 módulos, 110,00 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.321,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 78,3% e uma produção anual de 145,30 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.127 e Fig.128, respectivamente.

Neste estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 127 - Configuração do sistema



Fig. 128 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 129 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 12.109,55 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.800,25 kWh/mês, suprimindo assim 673% do consumo total da Escola.

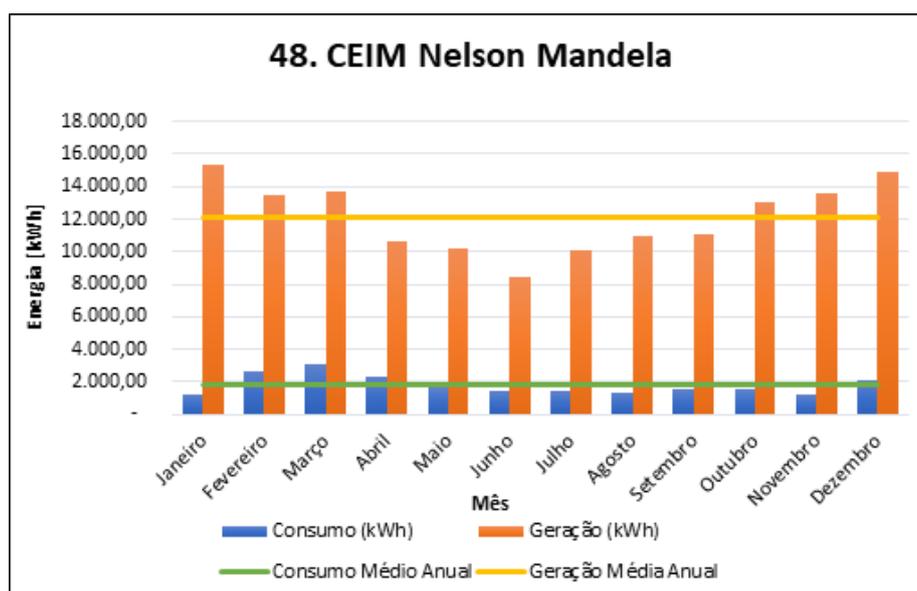


Fig. 129 - Relação entre consumo e geração

50. Osdevaldo M. da Matta (Ver.)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 196 módulos, 107,80 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.341,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,6% e uma produção anual de 144,60 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.130 e Fig.131, respectivamente.

Há algumas árvores no entorno do terreno fazendo sombreamento nas edificações. Sendo assim, foram utilizados os telhados menos afetados pelo sombreamento.



Fig. 130 - Configuração do sistema



Fig. 131 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig.132 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 12.050,08 kWh/mês e o consumo médio anual é de 5.529,20 kWh/mês, superando assim 218% do consumo total da Escola.

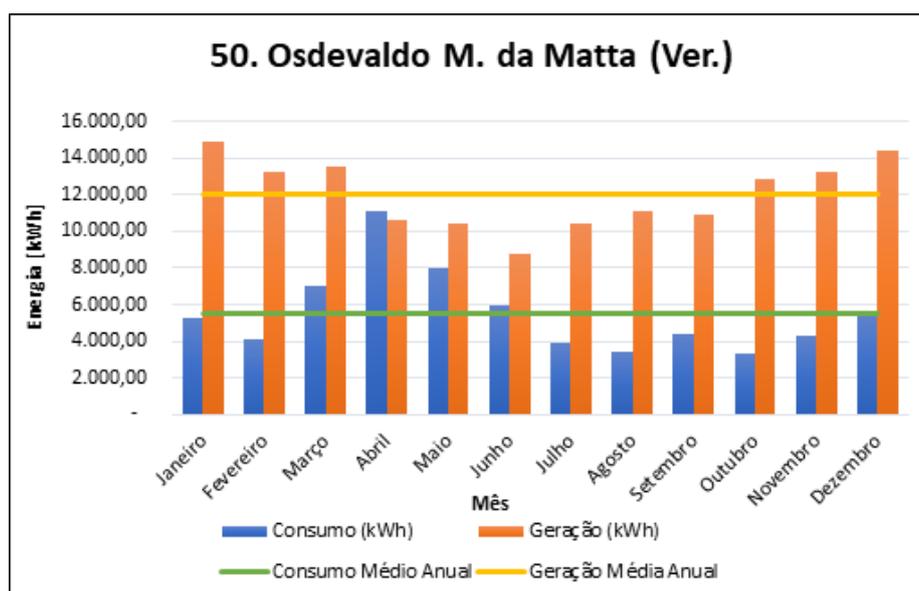


Fig. 132 - Relação entre consumo e geração

51. Oswaldo de Lima Rodrigues (Prof.)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 111 módulos, 61,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.444,70 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,5% e uma produção anual de 88,20 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.133 e Fig.134, respectivamente.

Há algumas árvores no entorno do terreno fazendo sombreamento nas edificações. Sendo assim, foram utilizados os telhados menos afetados pelo sombreamento.



Fig. 133 - Configuração do sistema



Fig. 134 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 135 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 7.349,77 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.741,33 kWh/mês, suprimindo assim 268% do consumo total da Escola.

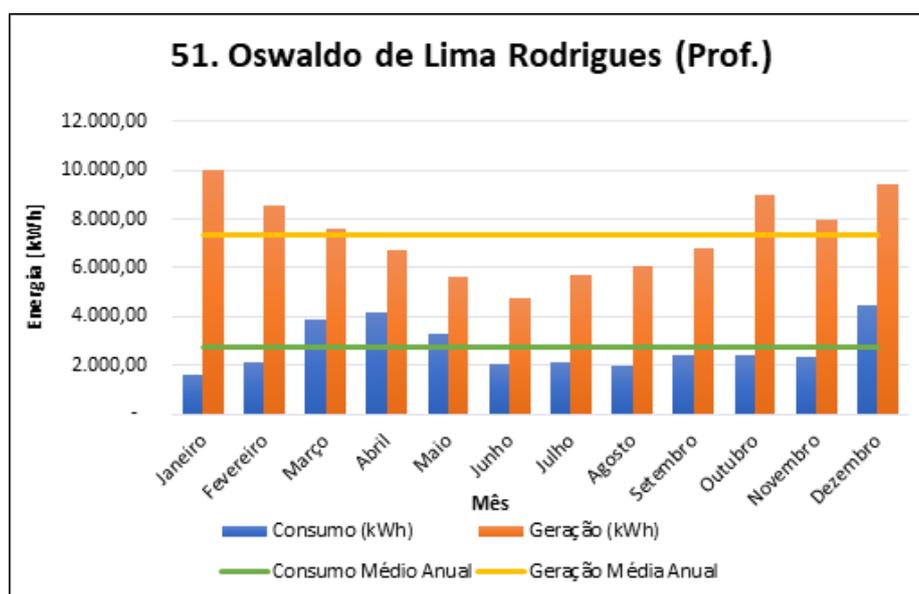


Fig. 135 - Relação entre consumo e geração

52. Escola Municipalizada Pindobas

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 63 módulos, 34,70 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.409,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,4% e uma produção anual de 48,80 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.136 e Fig.137, respectivamente.

Há algumas árvores no entorno do terreno fazendo sombreamento nas edificações, foram utilizados os telhados menos afetados pelo sombreamento. Os telhados utilizados possuem muitos recortes e diferentes orientações, a usina FV é uma usina leste-oeste, por isso terá uma eficiência menor em relação a uma usina FV orientada para o norte.



Fig. 136 - Configuração do sistema



Fig. 137 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig.138 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 4.068,44 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.739,08 kWh/mês, suprimindo assim 234% do consumo total da Escola.

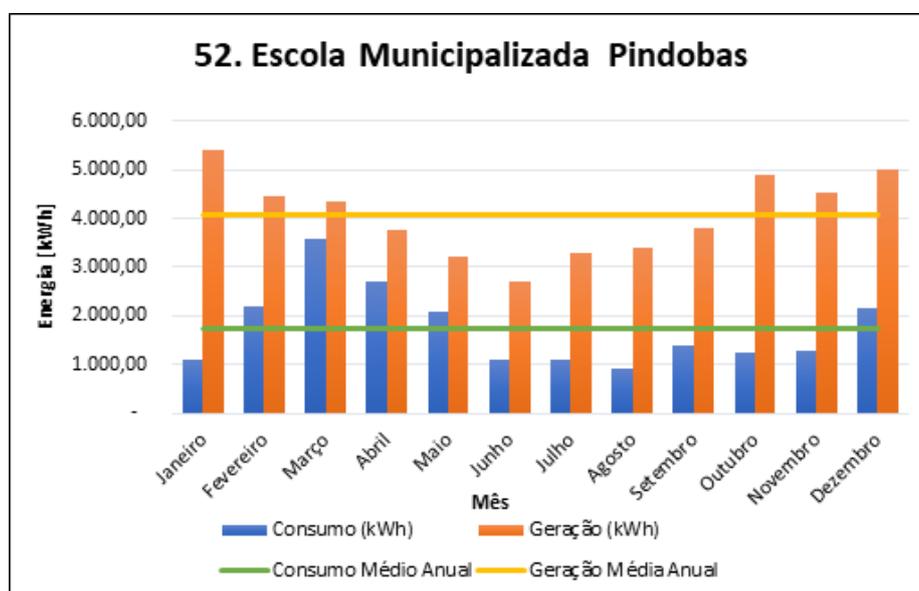


Fig. 138 - Relação entre consumo e geração

55. Reginaldo Domingues dos Santos

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 136 módulos, 74,80 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.338,70 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,6% e uma produção anual de 100,10 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.139 e Fig.140, respectivamente.

Para este estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 139 - Configuração do sistema



Fig. 140 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 141 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 8.344,53 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.622,40 kWh/mês, superando assim 230% do consumo total da Escola.

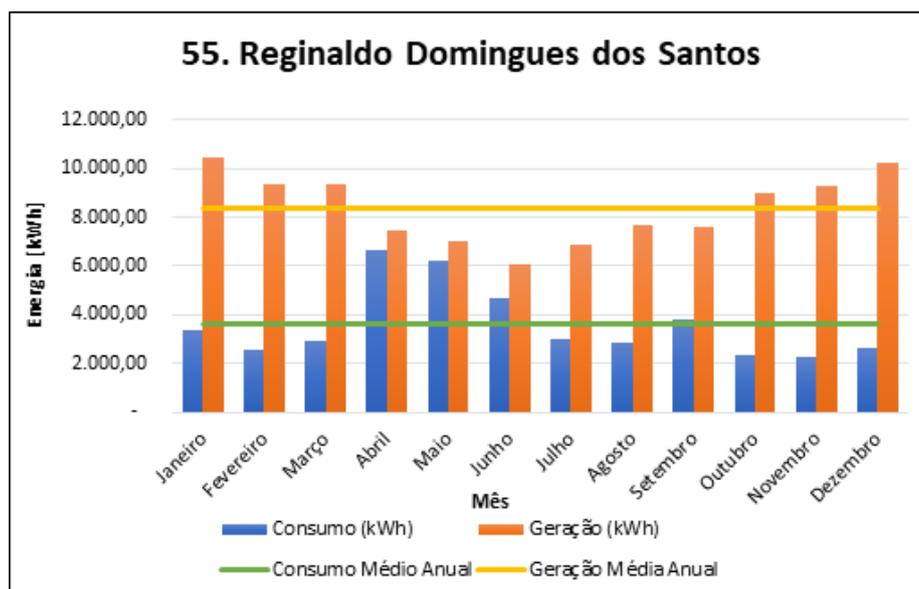


Fig. 141 - Relação entre consumo e geração

56. Retiro

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 121 módulos, 66,60 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.410,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,2% e uma produção anual de 93,80 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.142 e Fig.143, respectivamente.

Para este estudo foram utilizados todos os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 142 - Configuração do sistema

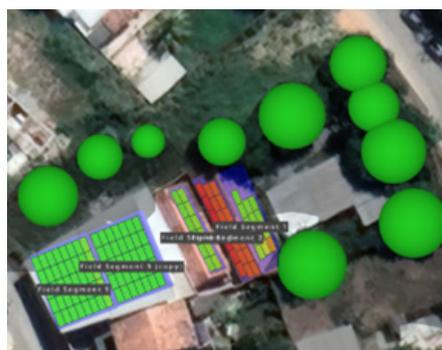


Fig. 143 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 144 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 7.819,48 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.110,17 kWh/mês, suprimindo assim 251% do consumo total da Escola.

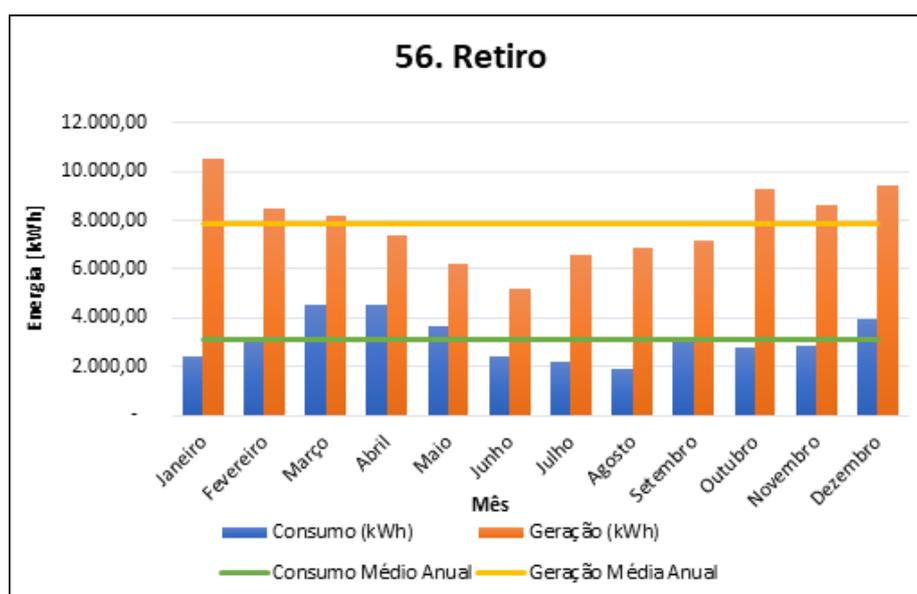


Fig. 144 - Relação entre consumo e geração

57. Rita Sampaio Cartaxo

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 387 módulos, 212,90 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.293,90 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,2% e uma produção anual de 275,40 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.145 e Fig.146, respectivamente.

Para este estudo foram utilizados os telhados disponíveis e o telhado da quadra construída a noroeste do terreno.



Fig. 145 - Configuração do sistema

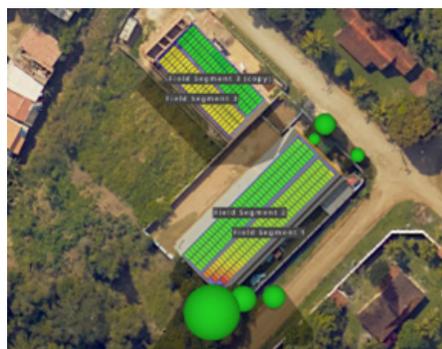


Fig. 146 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 147 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 22.951,00 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.776,20 kWh/mês, suprimindo assim 827% do consumo total da Escola.

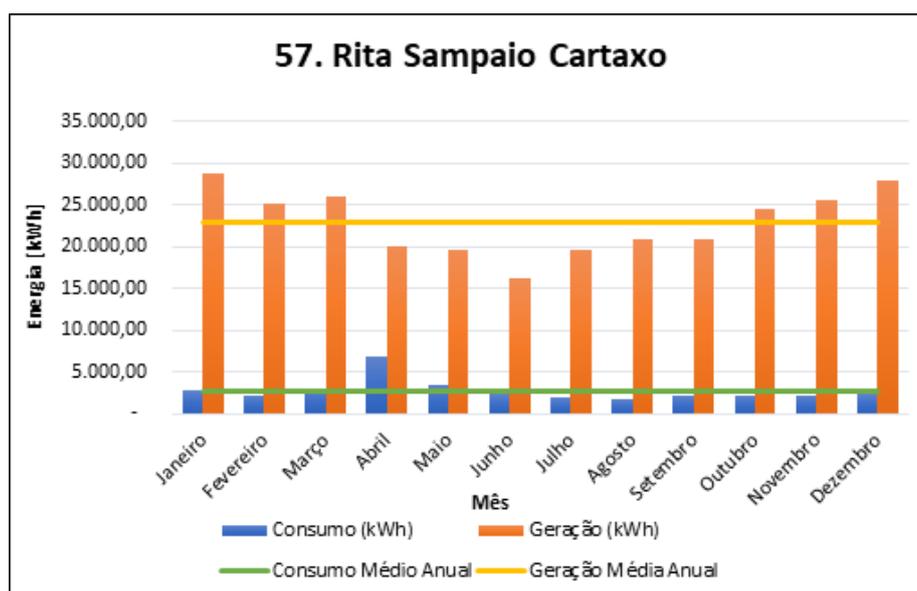


Fig. 147 - Relação entre consumo e geração

58. Romilda dos Santos (Profª). (IBEC)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 137 módulos, 75,40 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.342,70 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,7% e uma produção anual de 101,20 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.148 e Fig.149, respectivamente.

Para este estudo foram utilizados os telhados tecnicamente disponíveis.



Fig. 148 - Configuração do sistema



Fig. 149 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 150 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 8.430,98 kWh/mês e o consumo médio anual é de 6.204,67 kWh/mês, suprimindo assim 136% do consumo total da Escola.

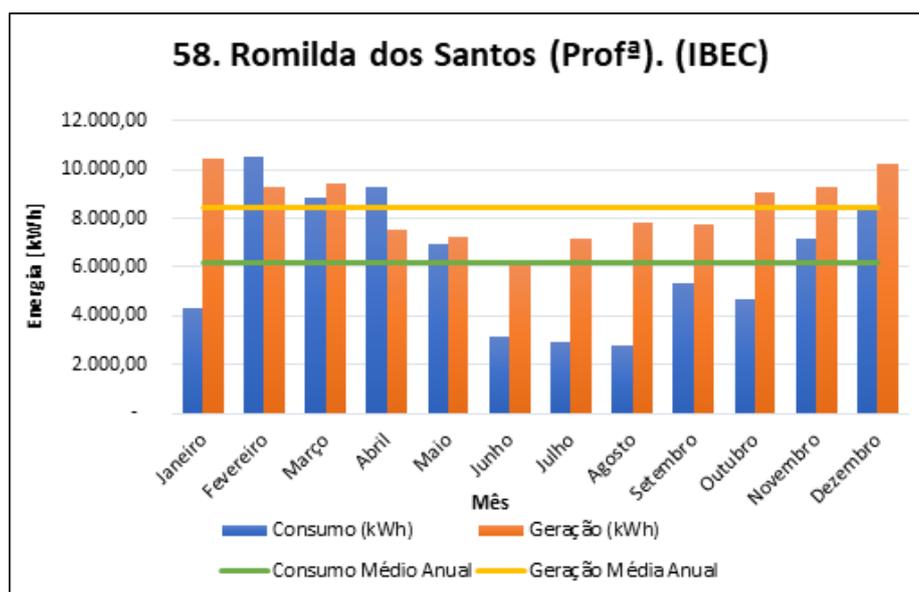


Fig. 150 - Relação entre consumo e geração

59. Romilda Nunes (Linda) (MCMV Inoã)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 279 módulos, 153,50 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.461,50 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,9% e uma produção anual de 224,30 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.151 e Fig.152, respectivamente.

Para este estudo foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis e disponíveis.



Fig. 151 - Configuração do sistema



Fig. 152 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 153 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 18.688,68 kWh/mês e o consumo médio anual é de 3.111,25 kWh/mês, suprimindo assim 601% do consumo total da Escola.

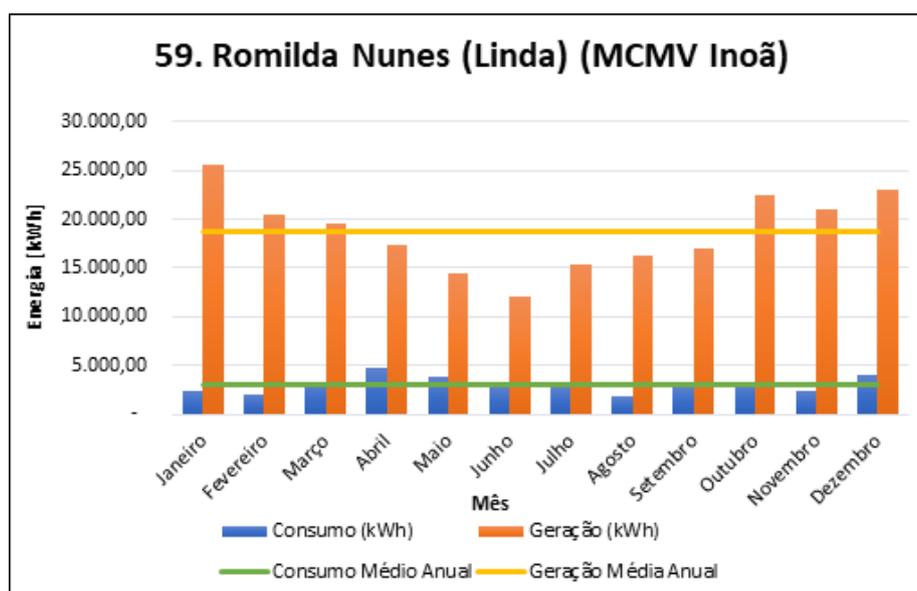


Fig. 153 - Relação entre consumo e geração

60. Rynalda Rodrigues da Silva (Esc. Especial)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 122 módulos, 67,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.238,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,2% e uma produção anual de 83,10 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.154 e Fig.155, respectivamente.

Terreno com muito sombreamento e telhados com múltiplas orientações. Ainda assim, foram utilizados os telhados disponíveis, apesar das orientações diversas, o que reduz a eficiência da geração de energia do sistema fotovoltaico.

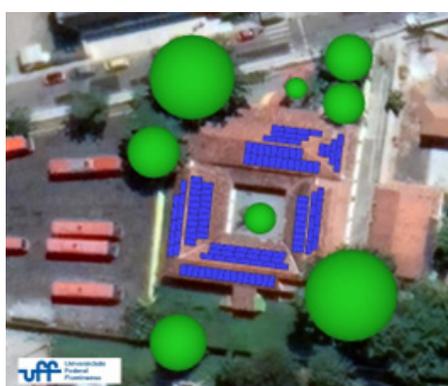


Fig. 154 - Configuração do sistema

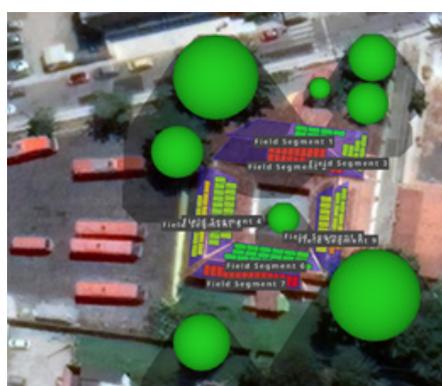


Fig. 155 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 156 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 6.924,52 kWh/mês e o consumo médio anual é de 1.869,33 kWh/mês, suprimindo assim 370% do consumo total da Escola.

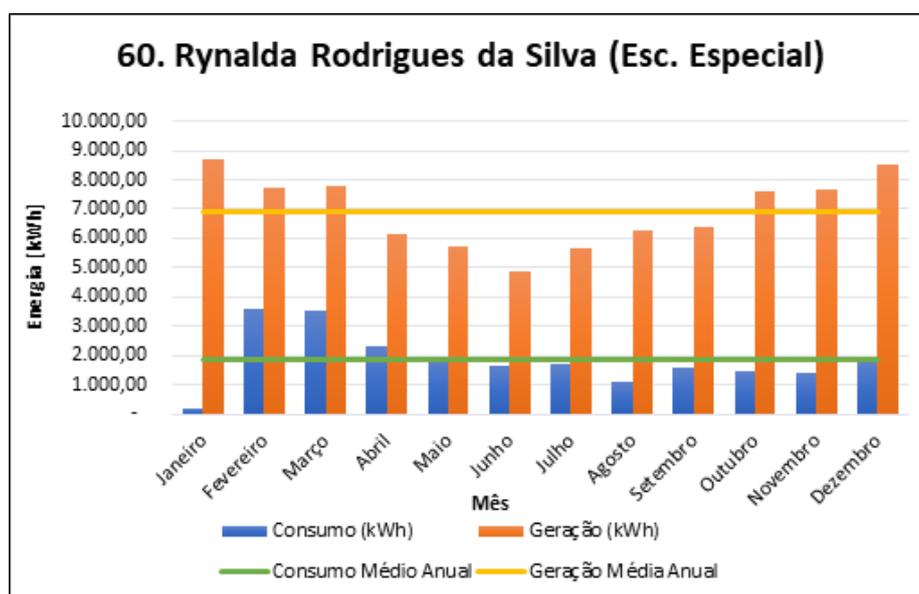


Fig. 156 - Relação entre consumo e geração

62. Sidineia da Silva Costa – Creche Boqueirão

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 206 módulos, 113,30 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.444,60 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,9% e uma produção anual de 163,70 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.157 e Fig.158, respectivamente.



Fig. 157 - Configuração do sistema



Fig. 158 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 159 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 13.638,99 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.649,92 kWh/mês, suprimindo assim 515% do consumo total da Escola.

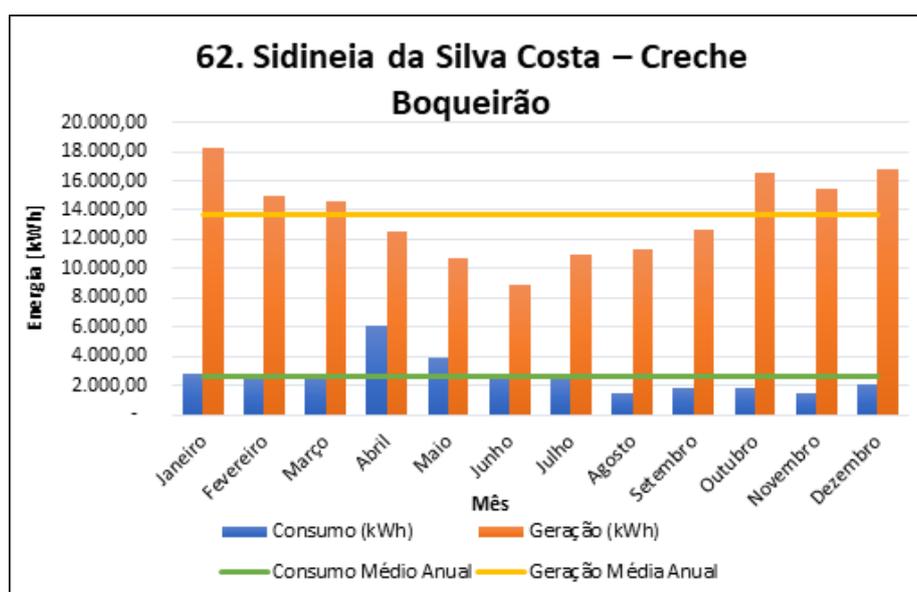


Fig. 159 - Relação entre consumo e geração

64. Valéria Ramos Passos (CEIM)

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 394 módulos, 216,70 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.226,40 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 76,5% e uma produção anual de 265,80 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.160 e Fig.161, respectivamente.

Terreno com muito sombreamento e telhados com múltiplas orientações. Ainda assim, foram utilizados os telhados disponíveis, apesar das orientações diversas, o que reduz a eficiência da geração de energia do sistema fotovoltaico.



Fig. 160 - Configuração do sistema



Fig. 161 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 162 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 22.147,51 kWh/mês e o consumo médio anual é de 4.376,18 kWh/mês, superando assim 506% do consumo total da Escola.

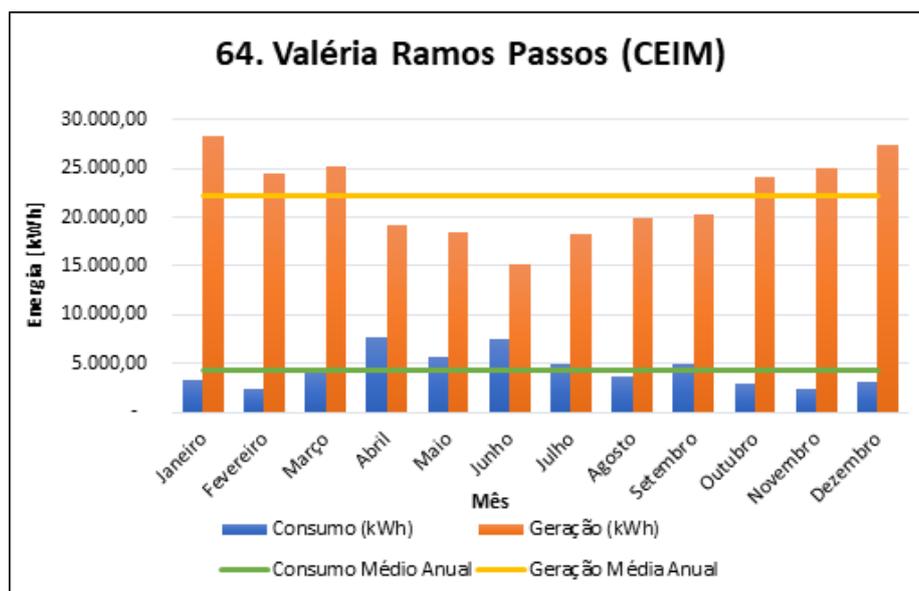


Fig. 162 - Relação entre consumo e geração

65. CEPT Zilca Lopes da Fontoura

Para essa Escola, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 519 módulos, 285,50 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.366,00 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 75,2% e uma produção anual de 389,90 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.163 e Fig.164, respectivamente.

Para este estudo foram utilizados os telhados tecnicamente viáveis disponíveis.



Fig. 163 - Configuração do sistema



Fig. 164 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 165 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 32.494,80 kWh/mês e o consumo médio anual é de 7.745,33 kWh/mês, superando assim 420% do consumo total da Escola.

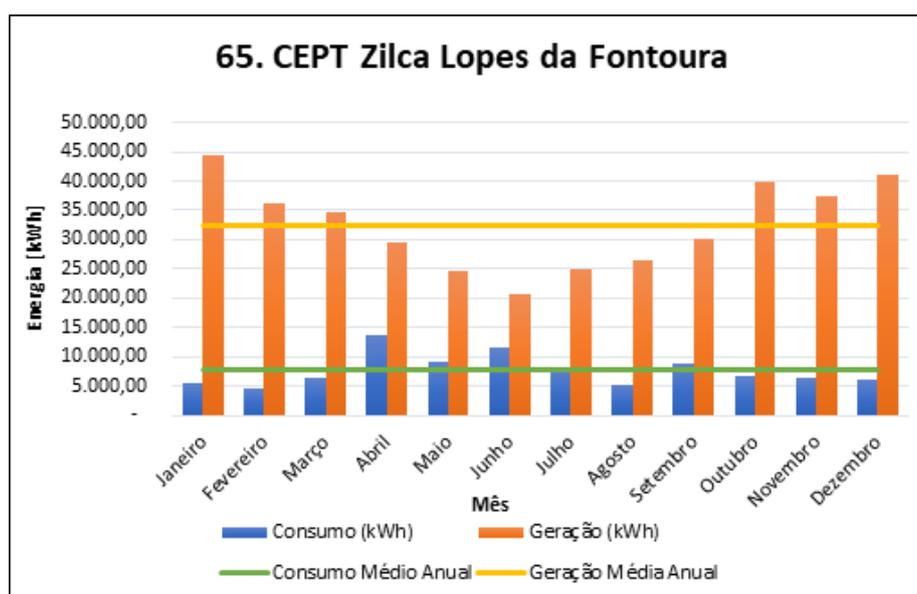


Fig. 165 - Relação entre consumo e geração

66. Secretaria de Educação (SME)

Para a sede da Secretaria de Educação, levando em consideração as condições específicas do local, foi dimensionado um sistema solar fotovoltaico com o total de 42 módulos, 23,10 kWp de potência instalada, um rendimento final de 1.330,90 kWh/kWp, uma taxa de desempenho de 77,9% e uma produção anual de 30,70 MWh/ano. A configuração do sistema e o mapa de sombreamento estimado do local podem ser observados nas Fig.166 e Fig.167, respectivamente.

Para este estudo foram utilizados os telhados disponíveis sem sombreamento.



Fig. 166 - Configuração do sistema

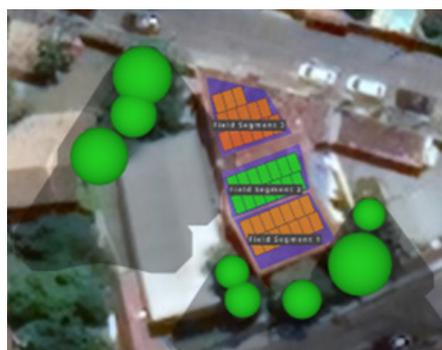


Fig. 167 - Mapa de sombreamento estimado do local

A Fig. 168 mostra um gráfico de barras com os resultados obtidos de geração mensal do sistema fotovoltaico projetado (em laranja) comparando com o consumo da escola em cada mês (em azul). A geração média anual é de 2.561,98 kWh/mês e o consumo médio anual é de 2.544,58 kWh/mês, suprimindo assim 101% do consumo total da Escola.

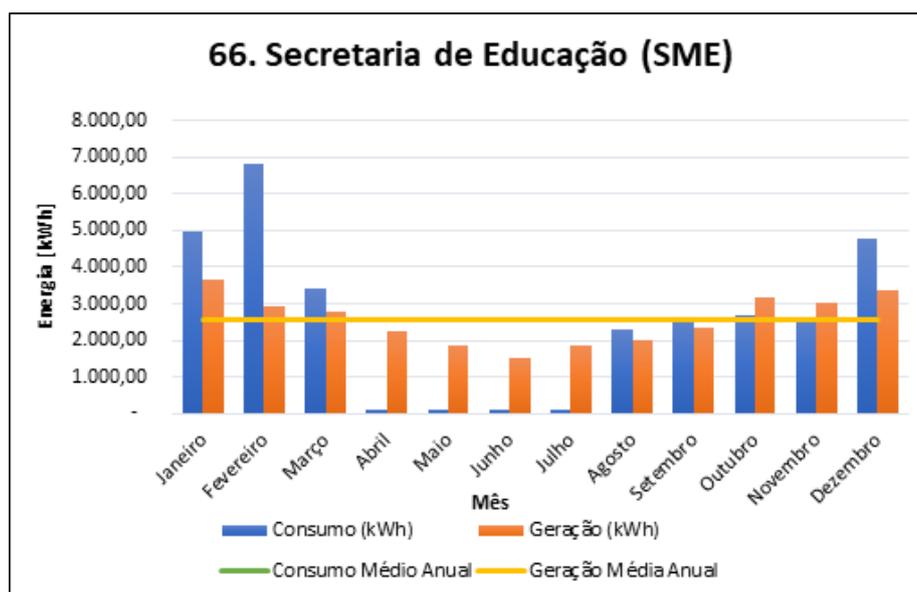


Fig. 168 - Relação entre consumo e geração

Como resultado final a Fig. 169 mostra a geração total anual (barras em laranja) versus o consumo total anual (barras em azul) de cada uma das unidades educacionais consideradas neste estudo. Pode-se observar que algumas unidades apresentam a geração de energia proveniente do sistema fotovoltaico muito maior do que o consumo local, fato este devido as escolas possuírem um grande potencial fotovoltaico, gerando excedentes que podem ser compensados de forma remota em outras unidades de mesmo CPF ou CNPJ. Apenas a unidade 19. E.M. Cônego Batalha e a 25. Creche Municipal Estrelinhas do Amanhã possuem o consumo maior do que a geração.

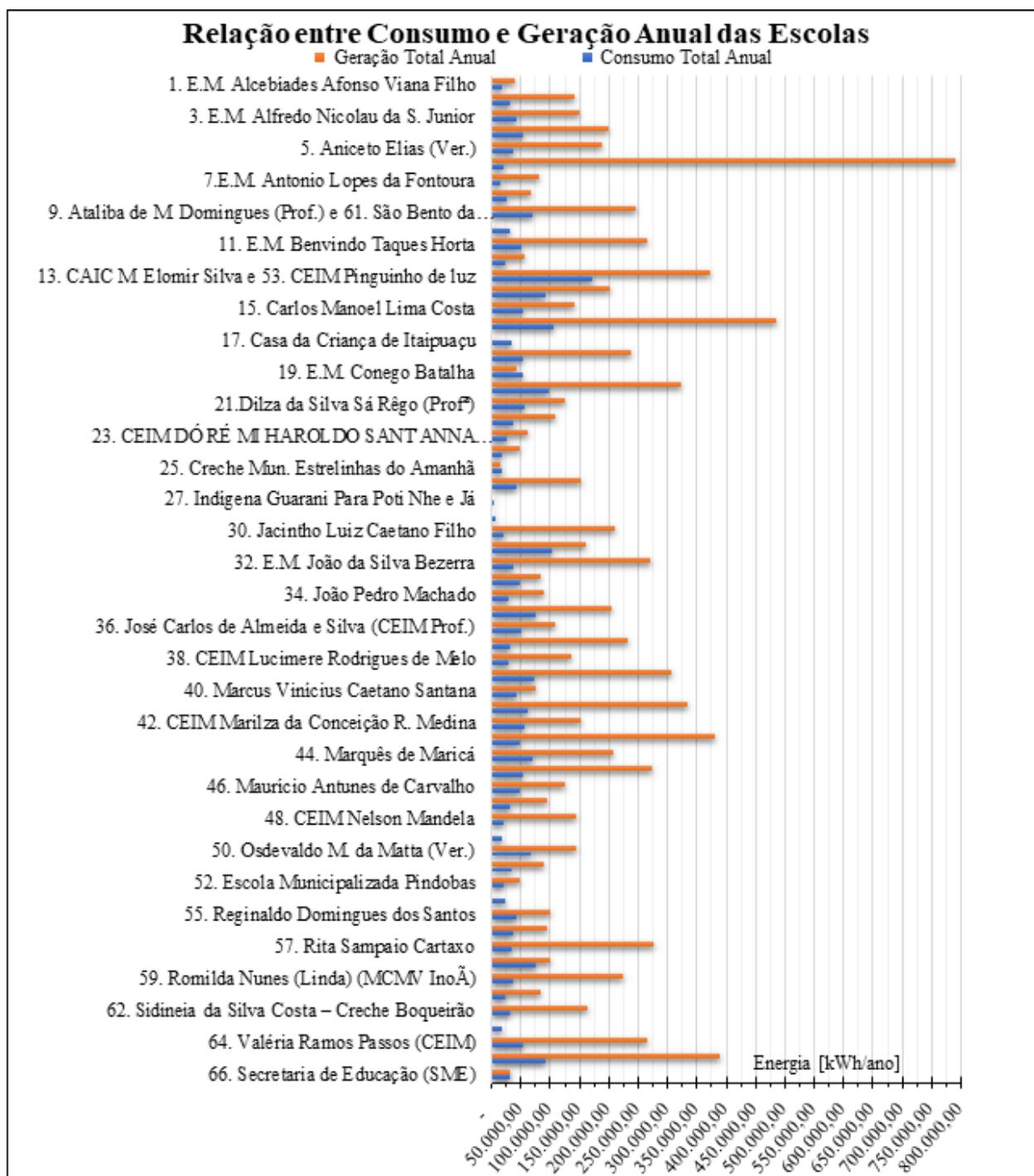


Fig. 169 Relação entre consumo e geração anual de todas as escolas estudadas

Em resumo, a Fig.170 apresenta a soma anual de toda a energia elétrica consumida HFP das unidades estudadas (barra azul) totalizando 2.845,66 MWh e a soma anual de toda a energia elétrica produzida de acordo com as simulações realizadas (barra laranja) totalizando 10.125,15 MWh. A energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos consegue suprir 356% de todo o consumo HFP das unidades estudadas

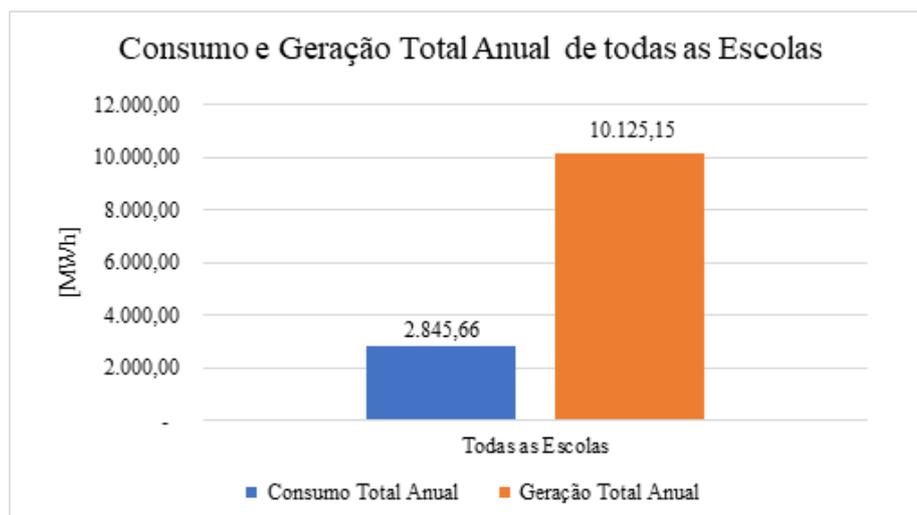


Fig. 170 Consumo e geração anual total de todas as 66 unidades estudadas

É de suma importância a observação de que no primeiro relatório entregue foi calculada a potência das usinas FV de cada unidade em estudo de acordo apenas com o consumo de energia elétrica do local, essa seria a quantidade de energia necessária para suprir o consumo local sem geração de excedentes. No entanto, neste presente relatório foi calculado, dimensionado e simulado, em programa computacional, o máximo do potencial energético possível de ser gerado de acordo com a área disponível em cada terreno e telhado tecnicamente viável para implantação de sistemas fotovoltaicos. Na tabela 1 pode ser visto o quadro comparativo entre os dois resultados.

TABELA 1 – QUADRO COMPARATIVO ENTRE A POTÊNCIA INSTALADA DA USINA FV DE ACORDO COM O CONSUMO DE CADA UNIDADE E A POTÊNCIA DE ACORDO COM A ÁREA DISPONÍVEL NO LOCAL

	Escola	Total da Potência Instalada da Usina FV de acordo com o consumo (kWp)	Total da Potência Instalada da Usina FV de acordo com a área disponível (kWp)
1	E.M. Alcebíades Afonso Viana Filho	10,25	31,9
2	Alcione S. R. Rangel da Silva (Profª)	21,58	108,1
3	E.M. Alfredo Nicolau da S. Junior	28,90	105,1
4	Amanda Peña A. Soares	35,52	147,4
5	Aniceto Elias (Ver.)	25,45	135,3

6	E.M. Anísio teixeira	13,17	582,8
7	E.M. Antonio Lopes da Fontoura	9,46	60,5
8	E.M. Antonio Rufino de S. Filho	16,80	46,2
9	Ataliba de M. Domingues (Prof.)	24,17	184,6
10	E.M. Barra de Zacarias	19,93	0
11	E.M. Benvindo Taques Horta	34,41	186,5
12	E.M. Brasilina Coutinho	15,11	37,4
13	CAIC M. Elomir Silva	116,01	273
14	E.M. Carlos Magno Legentil de Mattos	62,49	155,9
15	Carlos Manoel Lima Costa	34,79	106,7
16	Casa da Criança de Inoã	23,39	336,1
17	Casa da Criança de Itaipuaçu	22,57	0
18	Clério Boechat de Oliveira / EM Pedra da Mata	37,22	163,4
19	E.M. Conego Batalha	36,00	31,7
20	Darcy Ribeiro (Prof.)	66,37	226,1
21	Dilza da Silva Sá Rêgo (Profª)	38,26	92,4
22	E.M. Prof. Dirce Marinho Gomes	24,38	78,1
23	Ceim Dó Ré Mi Haroldo Sant'anna Santini Cemas	17,12	44,6
24	Espraiado	11,39	35,2
25	Creche Mun. Estrelinhas do Amanhã	11,49	11
26	E.M. Guaratiba	27,31	114,4
27	Indígena Guarani Para Poti Nhe e Já	1,36	0
28	Escola Indígena Guarani Kyringue Aranduá	3,98	0
29	Escola Municipalizada de Inoã	46,43	-
30	Jacinto Luiz Caetano Filho	12,84	166,7
31	Centro Educacional Joana Benedicta Rangel	69,27	111,1
32	E.M. João da Silva Bezerra	24,23	212,9
33	João Monteiro	33,39	67,7
34	João Pedro Machado	19,47	66
35	E.M. Joaquim Eugenio dos Santos	50,48	156,8
36	José Carlos de Almeida e Silva (CEIM Prof.)	32,74	74,3
37	Levy Carlos Ribeiro (Ver.)	20,43	184,8
38	CEIM Lucimere Rodrigues de Melo	17,87	104,5
39	Lúcio Thomé Guerra Feteira	48,71	227,2

40	Marcus Vinícius Caetano Santana	28,38	56,1
41	Maria Cristina de Lima Correa	40,98	259,1
42	CEIM Marilza da Conceição R. Medina	37,88	117,7
43	Marisa Letícia Lula da Silva	33,45	292,6
44	Marquês de Maricá	47,36	148
45	Escola Municipal Mata Atlântica	35,28	189,2
46	Maurício Antunes de Carvalho	30,92	97,9
47	Escola Municipalizada Ministro Luis Sparano	19,86	75,4
48	CEIM Nelson Mandela	13,91	110
49	Ondina de Oliveira Coelho (CEIM Profª)	12,23	0
50	Osdevaldo M. da Matta (Ver.)	44,41	107,8
51	Oswaldo de Lima Rodrigues (Prof.)	21,61	61,1
52	Escola Municipalizada Pindobas	13,41	34,7
53	CEIM Pinguinho de luz	0,00	-
54	CEIM Recanto da Amizade	14,61	0
55	Reginaldo Domingues dos Santos	28,81	74,8
56	Retiro	24,62	66,6
57	Rita Sampaio Cartaxo	62,85	212,9
58	Romilda dos Santos (Profª). (IBEC)	8,98	75,4
59	Romilda Nunes (Linda) (MCMV InoÃ)	23,26	153,5
60	Rynalda Rodrigues da Silva (Esc. Especial)	14,47	67,1
61	São Bento da Lagoa (Cheche)	22,30	-
62	Sidineia da Silva Costa – Creche Boqueirão	20,86	113,3
63	Trenzinho da Esperança (JIM)	11,91	0
64	Valéria Ramos Passos (CEIM)	34,16	216,7
65	CEPT Zilca Lopes da Fontoura	62,54	285,5
66	Secretaria de Educação (SME)	20,00	23,1



Neste estudo foi realizado o levantamento do potencial solar fotovoltaico com o objetivo de avaliar a capacidade de atendimento da demanda de energia elétrica das escolas pertencentes a Rede Municipal de Ensino de Maricá/RJ. Para obtenção do quantitativo de geração em cada uma das escolas estudadas, fez-se uso de um software computacional específico que considera parâmetros de radiação solar, sombreamento, sazonalidade, performance e eficiência dos equipamentos, bem como outros parâmetros indicadores de qualidade. O uso desta ferramenta permite que os dados obtidos estejam os mais próximos possíveis da realidade, mitigando as dispersões encontradas em análises mais simplórias.

Pelos resultados apresentados, pode-se concluir que as coberturas existentes nas edificações presentes nas escolas são suficientes para o atendimento de toda a demanda de energia elétrica dessas mesmas unidades educacionais, ultrapassando em mais de 350% o consumo total anual.

Vale ressaltar que algumas unidades não se mostraram aptas a receber um sistema fotovoltaico em seu telhado, porém, o excedente produzido por todas as outras unidades podem cobrir esse pequeno déficit.

Finalmente, é importante ressaltar a necessidade de um aprofundamento técnico por meio de visitas mais detalhadas ao local, a fim de que um engenheiro/a estrutural possa avaliar aspectos de infraestrutura necessários para garantir que o sistema fotovoltaico dimensionado possa ser instalado nos telhados propostos.