

ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PEQUENOS AEROPORTOS: UM ESTUDO DE CASO PARA O AEROPORTO DE MARICÁ

Gabriela De Matos Castelo De Souza - UFRRJ

Joilson De Assis Cabral

Resumo

Aerportos são edificações com alto consumo de energia elétrica e que necessitam de um fornecimento energético firme devido aos riscos intrínsecos de uma falha do sistema operacional aeroportuário advinda de backup. Por serem estruturas que possuem uma retroárea livre de sombreamento, apresentam grande potencial para aplicação de sistemas fotovoltaicos. Considerando a proposta do governo municipal de Maricá em tornar a cidade eficiente e sustentável, foi criado o projeto de produção de energia fotovoltaica a partir do aeroporto municipal. Diante disso, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise do potencial energético e financeira do projeto de implantação de energia fotovoltaica no aeroporto municipal de Marica, através de indicadores financeiros como VPL, TIR e Payback e avaliar a viabilidade energética por meio do programa PVsyst. Os resultados mostraram que o sistema é viável, pois terá um VPL de R\$ 4.186.157,87 para o período de 25 anos, produzirá uma energia total de 445 MWh/ano, gerando uma economia anual de R\$ 352.299,72 e uma redução de 1.748 toneladas de CO₂.

Palavras-chave: Aeroporto de Maricá; Energia Solar Fotovoltaica; Viabilidade Energética; Viabilidade Financeira; Desenvolvimento sustentável

Abstract

Airports are buildings with high electricity consumption and that need a steady energy supply due to the intrinsic risks of a failure of the airport operating system resulting from backup. As they are structures that have a back area free of shading, they have great potential for the application of photovoltaic systems. Considering the proposal of the municipal government of Maricá to make the city efficient and sustainable, the photovoltaic energy production project was created from the municipal airport. Therefore, this work aims to carry out an analysis of the energy and financial potential of the photovoltaic energy implementation project at the municipal airport of Marica, through financial indicators such as NPV, IRR and Payback and to evaluate the energy feasibility through the PVsyst program. The results showed that the system is viable, as it will have an NPV of R\$ 4,186,157.87 for a period of 25 years, it will produce a total energy of 445 MWh/year, generating annual savings of R\$ 352,299.72 and a reduction of 1,748 tons of CO₂.

Keywords: Marica Airport; Photovoltaic Solar Energy; Energy Viability; Financial Viability; Sustainable development.

ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PEQUENOS AEROPORTOS: UM ESTUDO DE CASO PARA O AEROPORTO DE MARICÁ

Gabriela de Matos Castelo de Souza - Programa de Pós-graduação em Gestão e Estratégia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Joilson de Assis Cabral – Programa de Pós-graduação em Gestão e Estratégia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Resumo

Aerportos são edificações com alto consumo de energia elétrica e que necessitam de um fornecimento energético firme devido aos riscos intrínsecos de uma falha do sistema operacional aeroportuário advinda de *backup*. Por serem estruturas que possuem uma retroárea livre de sombreamento, apresentam grande potencial para aplicação de sistemas fotovoltaicos. Considerando a proposta do governo municipal de Maricá em tornar a cidade eficiente e sustentável, foi criado o projeto de produção de energia fotovoltaica a partir do aeroporto municipal. Diante disso, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise do potencial energético e financeira do projeto de implantação de energia fotovoltaica no aeroporto municipal de Marica, através de indicadores financeiros como VPL, TIR e *Payback* e avaliar a viabilidade energética por meio do programa PVsyst. Os resultados mostraram que o sistema é viável, pois terá um VPL de R\$ 4.186.157,87 para o período de 25 anos, produzirá uma energia total de 445 MWh/ano, gerando uma economia anual de R\$ 352.299,72 e uma redução de 1.748 toneladas de CO₂.

ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PEQUENOS AEROPORTOS: UM ESTUDO DE CASO PARA O AEROPORTO DE MARICÁ

RESUMO

Aerportos são edificações com alto consumo de energia elétrica e que necessitam de um fornecimento energético firme devido aos riscos intrínsecos de uma falha do sistema operacional aeroportuário advinda de *backup*. Por serem estruturas que possuem uma retroárea livre de sombreamento, apresentam grande potencial para aplicação de sistemas fotovoltaicos. Considerando a proposta do governo municipal de Maricá em tornar a cidade eficiente e sustentável, foi criado o projeto de produção de energia fotovoltaica a partir do aeroporto municipal. Diante disso, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise do potencial energético e financeira do projeto de implantação de energia fotovoltaica no aeroporto municipal de Marica, através de indicadores financeiros como VPL, TIR e *Payback* e avaliar a viabilidade energética por meio do programa PVsyst. Os resultados mostraram que o sistema é viável, pois terá um VPL de R\$ 4.186.157,87 para o período de 25 anos, produzirá uma energia total de 445 MWh/ano, gerando uma economia anual de R\$ 352.299,72 e uma redução de 1.748 toneladas de CO₂.

Palavras-chave: Aeroporto de Maricá; Energia Solar Fotovoltaica; Viabilidade Energética; Viabilidade Financeira; Desenvolvimento sustentável

ABSTRACT

Airports are buildings with high electricity consumption and that need a steady energy supply due to the intrinsic risks of a failure of the airport operating system resulting from backup. As they are structures that have a back area free of shading, they have great potential for the application of photovoltaic systems. Considering the proposal of the municipal government of Maricá to make the city efficient and sustainable, the photovoltaic energy production project was created from the municipal airport. Therefore, this work aims to carry out an analysis of the energy and financial potential of the photovoltaic energy implementation project at the municipal airport of Marica, through financial indicators such as NPV, IRR and Payback and to evaluate the energy feasibility through the PVsyst program. The results showed that the system is viable, as it will have an NPV of R\$ 4,186,157.87 for a period of 25 years, it will produce a total energy of 445 MWh/year, generating annual savings of R\$ 352,299.72 and a reduction of 1,748 tons of CO₂.

Keywords: Marica Airport; Photovoltaic Solar Energy; Energy Viability; Financial Viability; Sustainable development.

1. INTRODUÇÃO

O tema desenvolvimento sustentável e energia limpa vem crescendo nos últimos anos devido à maior compreensão da população sobre os impactos ambientais causados ao longo de anos e à possibilidade da falta de insumos básicos num futuro próximo. A energia é essencial para a manutenção do atual modelo econômico, pois para manter um forte ritmo de produção e crescimento os países precisam de um aumento expressivo da oferta energética. Essa continuidade no fornecimento de energia é um dos principais pontos discutidos nas conferências mundiais, já que estudos apontam o fim das reservas de petróleo e este é o principal responsável pela geração de energia em todo o mundo. Nesse contexto, a energia solar se revela uma fonte promissora, pois pode suprir a crescente demanda de energia, diversificando a matriz e gerando segurança energética, além de ser sustentável e inesgotável.

A energia solar pode ser instalada em grandes centros urbanos ou na área rural. Essa diversificação facilita e viabiliza o uso, que vem crescendo devido à redução dos custos de painéis fotovoltaicos (FV) e pela baixa despesa de manutenção. O sistema FV também pode ser instalado para funcionar em paralelo com a rede de distribuição do sistema de alimentação tradicional. Ou seja, os clientes irão consumir energia elétrica de duas fontes ao mesmo tempo.

Como aeroportos são, em sua grande maioria, edificações isoladas, com extensas áreas abertas e livres de sombreamento, se construídos em regiões ensolaradas e quentes apresentam uma ótima combinação entre demanda e potencialidade de geração para o uso de energia solar.

Visto que aeroportos oferecem excelentes estruturas para instalação do sistema fotovoltaico, este estudo tenta mostrar através de indicadores econômicos como o fornecimento de energia solar no aeroporto de Maricá pode representar um dos primeiros passos para alcançar os objetivos do município de se desenvolver sustentavelmente.

2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

A busca por alternativas ambientalmente amigáveis e socialmente aceitáveis para atender a demanda de energia tem se tornado cada vez mais importante entre a população, empresas e governantes.

O município de Maricá pretende usar a cidade como modelo de desenvolvimento sustentável. Seguindo essa ideia, o atual prefeito sancionou a Lei nº 2.764/2020 que cria o Programa Maricá Solar, instituindo a política municipal de aproveitamento da energia solar, trazendo a previsão de instalações alternativas nos projetos de construção e incentivos para a geração de energia fotovoltaica e o racionamento de energia elétrica.

O objetivo deste trabalho foi estudar o projeto de implantação da planta de geração de energia solar fotovoltaica no aeroporto municipal de Maricá e avaliar o seu potencial, viabilidade econômica e os indicadores econômicos. O local foi escolhido por se tratar de uma importante infraestrutura urbana, local de grande circulação e visibilidade, e por estar em busca do selo verde, por meio de outras iniciativas sustentáveis. Portanto poderá servir como uma vitrine para divulgação da energia solar, com o município atuando como um agente transformador do espaço urbano, aumentando sua sustentabilidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Considerando a proposta do trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica de trabalhos em aeroportos que utilizam energia fotovoltaica e se decidiu revisar os conceitos relacionados ao projeto de investimento.

3.1 Projeto de Investimento

3.1.1. Valor Presente Líquido – VPL

O VPL é uma técnica adotada como parâmetro para analisar a sensibilidade de projetos, possibilitando sua aceitação ou rejeição. A análise consiste em trazer para o momento presente o fluxo de caixa da quantidade de períodos de um projeto, a uma taxa de juros conhecida, e descontar o valor do investimento inicial. (LAPPONI, 2000).

Essa técnica desconta o fluxo de caixa da empresa a uma taxa especificada. Esse índice se refere ao retorno mínimo que o projeto deve obter para manter inalterado o valor de mercado da empresa. A taxa usada pode ser chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo de capital. De acordo com Damodaran (2004), o fundamental é manter a coerência ao combinar taxas de desconto com fluxos de caixa (GUIMARÃES, 2012; DAMODARAN, 2004).

3.1.2. Taxa Interna de Retorno – TIR

Ross, Westerfield e Jordan (1998) afirmam que a TIR é a taxa de desconto que tem por finalidade igualar os fluxos de entradas com os de saídas de um investimento, procurando determinar uma única taxa de retorno que depende exclusivamente dos fluxos de caixa do investimento, que resume os interesses de um projeto (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 1998). Em outras palavras, é a taxa de juros que produz um VPL igual a zero (ASSAF NETO, 1992).

3.1.3. Taxa Mínima de Atratividade – TMA

A TMA representa o custo de oportunidade do capital investido ou uma taxa definida pela empresa como sendo a taxa ajustada ao risco do empreendimento. Significa a menor taxa de rentabilidade definida pela política de investimentos da empresa para investir em determinado negócio num dado nível de risco assumido. Essa taxa representa o retorno esperado pelos financiadores do projeto. Normalmente se utiliza como parâmetro de taxa mínima as taxas: SELIC, Taxa de renda fixa CDI, CDB (CÂNDIDO, 2014; BRASIL, 2002; VIEIRA *et al.*, 2016).

3.1.4. Payback

Indica o número de períodos necessário para que a empresa recupere o seu investimento. Sendo o principal método não exato que mede o tempo necessário para que a somatória das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial (GUIMARÃES, 2012).

3.2. Revisão Bibliográfica

O conceito de aproveitamento de energia solar em aeroportos é relativamente novo, portanto, há poucos trabalhos que reportam análises de desempenho e viabilidade econômica de sistemas solares em condições aeroportuárias.

No artigo “Design analysis of photovoltaic systems as renewable energy resource in airport”, de Hermawan, foi analisado o Retorno do Investimento (ROI) de um sistema FV no aeroporto de Kallmarau na Indonésia e a mitigação do dióxido de carbono. O método usado foi a análise do local do estudo, da irradiação solar, do melhor local para a instalação dos painéis solares e o cálculo da produção de energia solar. A análise do retorno do investimento foi calculada através do valor presente de uma constante de renda/economia fixa por ano (A), e pelo valor presente de série geométrica gradiente com a variável (A). Os resultados encontrados foram que o retorno do investimento será em 17 anos para o caso 1, em que o preço da eletricidade foi dado em 1400 IDR/kWh, não sendo atrativo a menos que haja interesse na criação de um aeroporto verde. Contudo no caso 2, em que o preço da energia foi dado em 25 cent USD/kWh, o tempo de retorno do investimento foi de 7 anos, sendo muito interessante e impulsionando o desenvolvimento de energia renovável na Indonésia. Quanto à mitigação de CO₂, encontrou-se o resultado de 219.949 kg CO₂.

O “Fully solar powered airport: A case study of Cochin International Airport” de Sukumaran e Sudhakar é um estudo de caso do aeroporto de Cochin na Índia que é totalmente movido a energia solar. Como metodologia visitaram o local, coletaram dados, estabeleceram os indicadores de desempenho e utilizaram softwares para a simulação, o PVSyst e o SolarGIS. Também determinaram indicadores para o cálculo dos benefícios econômicos e ambientais. Os resultados mostraram que o sistema FV no aeroporto teve um índice de desempenho médio anual de 86,58%, chegando a 97,36% no mês de junho. Já na simulação do PVSyst, a taxa de desempenho média foi de 79,33% e na simulação do SolarGIS a média foi de 76%. O projeto apresentou um *payback* de 5,6 anos, um Valor Presente Líquido (VPL) positivo para uma taxa de desconto de 10% e uma taxa interna de retorno de 17,5%, mostrando que o projeto é economicamente viável. Em termos de benefício ambiental a quantidade de emissão de carbono evitada é de 12.134,36 toneladas.

No artigo “Viabilidade econômica de geração fotovoltaica no aeroporto de Belém-PA”, Vinagre *et al.* abordaram um projeto de geração de energia fotovoltaica integrado à rede e analisa os indicadores econômico-financeiros para o Complexo Aeroportuário de Belém. A metodologia utilizada no trabalho foi definida a partir do estabelecimento da área do estacionamento como a utilizada para a instalação da energia solar, do uso do software Radiasol para fazer a manipulação de dados de radiação solar, da quantidade de passageiros, da irradiação solar e inclinação dos módulos, do dimensionamento do sistema, da escolha dos painéis, inversores, da perda do sistema e do consumo de energia. Na análise foram utilizados os seguintes indicadores econômicos: Período de retorno, VPL e Taxa Interna de Retorno (TIR). Para analisar a viabilidade do projeto, foram considerados três diferentes cenários: o primeiro atendendo 100% do consumo, o segundo 85% e o terceiro 50%. O estudo revelou que a variação da relação geração/consumo não influencia os indicadores econômico-financeiros, os quais resultaram, em período de retorno de 5 anos e 2 meses, uma TIR de 24,69% e uma rentabilidade em média de 133%.

Em “Airport-based photovoltaic applications”, de Sreenath, Sudhakar e Yusop, os autores buscaram estudar a aplicação fotovoltaica no ambiente aeroportuário, os aspectos técnico-econômicos e ambientais do sistema, compreender os fatores de riscos e as perspectivas

futuras. O texto ainda traz informações importantes de aspectos econômicos de diversos aeroportos que possuem sistemas FV. O Adelaide airport na Austrália teve um *payback* de 8 anos e um VPL positivo com 13,1% de TIR. Já o Brookhaven airport nos EUA obteve uma redução de quase 20% no custo de energia elétrica. O aeroporto de Kuala Lumpur na Malásia arrecada receita em termos de aluguel e royalties, além de ter uma economia de custos de RM 21 milhões com o uso de eletricidade solar mais barata do que a tarifa local. O aeroporto de Trichy na Índia teve um retorno esperado em um período de 3 anos e 8 meses e o sistema FV atende 25% da necessidade energética do aeroporto. O sistema FV no aeroporto de Tucson nos EUA ajudou na redução de 50% dos custos de energia. Ainda nos EUA, o aeroporto de Sacramento teve uma redução anual no custo de energia de US\$ 850 mil. Os autores concluíram que os sistemas FV são versáteis e compatíveis com as várias restrições do ambiente aeroportuário, que a inclinação e posição dos módulos são importantes para evitar o ofuscamento, que embora o investimento inicial seja grande os projetos são considerados economicamente viáveis em aeroportos, por fim, que o potencial de mitigação de carbono é enorme.

No texto “Fully solar powered Raja Bhoj International Airport: A feasibility study”, os autores Sreenath e Sudhakar analisaram a viabilidade do projeto FV no aeroporto Internacional de Raja Bhoj na Índia. Para a determinação da viabilidade, como metodologia, foi escolhida a localização geográfica e o projeto de usina solar fotovoltaica em escala de utilidade, para a simulação foi utilizado o software PV SISIFO e foram utilizados alguns parâmetros e índices para definir o desempenho geral do sistema. O resultado encontrado foi que o rendimento anual será de 1367 kWh/KWp e a relação de desempenho de 85,54%. A usina irá gerar energia elétrica máxima de 326.029 kWh em julho e mínima de 95.729 kWh em dezembro. A análise econômica foi realizada considerando o índice de patrimônio, a taxa de juros de 11,50%, o tempo de 15 anos para o empréstimo e 25 anos para o projeto, com um investimento inicial de 10.1 Crores (Cr). Assim, o *payback* do projeto será de 4,56 anos e após os 25 anos o projeto terá um retorno positivo de 38,81 Cr. Com relação ao benefício ambiental, cerca de 56.029 toneladas de emissões de CO₂ serão mitigadas, equivalendo também ao plantio de 89.646,41 árvores.

4. METODOLOGIA

4.1. Aeroporto municipal de Maricá

O aeroporto municipal de Maricá está localizado em Araçatiba, no município de Maricá, situado na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (latitude 22,921111° S e longitude 42,826667° O), e apresenta as seguintes características, próprias desse tipo de edificação: prédios baixos e ensolarados livre de sombreamento e baixa inclinação dos telhados; conta com uma pista útil de 1.200 metros e tem capacidade para receber 2 mil passageiros por dia.

Recentemente foram construídos dois novos hangares que atendem a todas as necessidades de sustentabilidade e normas internacionais de aviação civil. Ambos podem receber células FV nas coberturas e possuem telhados de 4207,61 m² de área e 270,29 de perímetro, dispõem de ventilação natural e estão equipados com sistema de reservatório de reuso destinado à lavagem de aeronaves (MARICÁ, 2020).

4.2. Eficiência energética do projeto

Para calcular a eficiência energética do projeto foi preciso buscar e determinar alguns valores.

As faturas de energia elétrica foram disponibilizadas pela empresa que administra o aeroporto e utilizadas para fornecer dados de consumo e demanda mensal em kWh em dois períodos previamente definidos: horário de ponta (entre 18h e 21h) e horário fora de ponta (horas restantes do dia).

As plantas arquitetônicas em formato digital também foram fornecidas pela empresa que administra o aeroporto e auxiliaram na precisão das medidas de cobertura do hangar. O software utilizado para análise das plantas foi o AutoCAD, programa de desenho auxiliado pelo computador do fabricante AutoDesk.

A oferta de irradiação solar (IRR) na localidade foi verificada através do programa SunData, do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sergio de S. Brito (CRESESB), que oferece dados como a quantidade de irradiação solar na região e as inclinações dos módulos FV para melhor captação da energia solar.

Para a escolha das marcas dos módulos e inversores, foram utilizados dados do relatório da empresa Greener¹, que mostra as principais marcas e os modelos de módulos FV utilizados no Brasil. A escolha se deu por módulos e inversores modernos com um bom custo-benefício.

Para calcular a potência de energia que será gerada com os painéis fotovoltaicos foi calculado o FV para clientes do grupo A. Dessa forma, foram consideradas as contas de energia do aeroporto de Maricá dos meses de janeiro de 2020 a dezembro de 2020.

Os valores da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e da Tarifa de Energia (TE) na ponta e fora de ponta foram retiradas do site da ANEEL, na tabela Tarifas de Aplicação e Base Econômica para o grupo A de 2020 da distribuidora Enel RJ. Os valores observados foram: TUSD na ponta: 1.615,07; TUSD fora de ponta: 106,94; TE na ponta: 376,79 R\$/MWh; TE fora de ponta: 231,97 R\$/MWh.

A Geração Mensal Necessária (Gmn) foi adquirida através do consumo médio fora de ponta mais o consumo médio na ponta corrigido. Essa correção é feita através do fator de compensação, que se dá através da razão da Tarifa de Energia na Ponta (TEP) / Tarifa de Energia Fora de Ponta (TEFP). O $Gmn = \text{Consumo médio FP} + \text{Consumo Médio P} * (\text{TEP}/\text{TEFP})$.

Já a Geração Diária Necessária (Gdn) foi encontrada através de: $Gdn = Gmn/30$. Para o cálculo da geração por hora, foi estabelecido um valor de rendimento (n) de 81,2% e um nível de perdas de 18,8%. Dessa forma, a geração por hora é dada pela geração diária dividida pelo fator de irradiação vezes o valor de rendimento: $G = Gdn / (\text{IRR} * n)$.

A quantidade de painéis FV foi calculada a partir de: $\text{Quantidade} = (G * 1000) / \text{Potência do painel solar}$. E a potência total em corrente contínua foi encontrada através da multiplicação da quantidade de painéis pela potência do modelo dividido por mil.

¹ Empresa que estuda e analisa o mercado fotovoltaico mundial e brasileiro.
<https://www.greener.com.br/>

4.3. Dimensionamento do Sistema energético

O dimensionamento do sistema FV foi realizado através de cálculos no programa Excel. Após a obtenção, os resultados foram inseridos no software PVsyst energia solar, no programa Planejador Fotovoltaico, para que fossem gerados os valores de produção energética do sistema FV proposto.

O PVSyst é um software utilizado para auxiliar no dimensionamento e desenvolvimento de projetos de geração solar fotovoltaica. É um dos softwares mais completos e precisos do mercado, oferecendo uma série de recursos, desde simulações e cálculos até emissão de relatórios e documentações técnicas.

4.4. Análise de indicadores econômicos do projeto

Para o cálculo da análise econômica do projeto foi utilizando o programa Excel. Foram realizados cálculos de economia financeira, avaliando o cenário atual e o projetado com a implementação do modelo FV, o VPL, o *Payback* e TIR com o objetivo de verificar se o projeto é economicamente interessante a longo prazo.

Algumas taxas foram determinadas para os cálculos, são elas:

4.4.1. Financiamento

O Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) é a maior referência em financiamentos a longo prazo voltados para aquisição e comercialização de sistemas de geração de energia solar. O BNDES possui uma linha de financiamento, baixo carbono, específica para o setor de energia elétrica renovável com uma taxa de juros de 12% ao ano para operações indiretas, sendo essa taxa a utilizada para o estudo.

4.4.2. Tempo da análise do investimento

Em média, os fabricantes de módulos FV dão 25 anos de garantia para eficiências acima de 80% do valor nominal, esse dado normalmente está associado ao tempo de vida útil dos sistemas FV. Dessa forma, o prazo para análise do investimento também será de 25 anos.

4.4.3. Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Para análise do retorno do investimento foi necessário definir também a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). O custo de oportunidade é introduzido para verificar quanto o valor do investimento inicial pode render em outra aplicação. A definição do valor da TMA a ser utilizado se baseou nos valores do Tesouro Direto – IPCA + 2045, em que é possível atingir 10% de rendimento anual, descontando os impostos e taxas administrativas. Portanto, adotou-se uma taxa mínima de atratividade de 10% nesse trabalho.

4.4.4. Impostos

Foram considerados os valores dos impostos locais especificados na fatura, que são ICMS de 32%, PIS de 0,8% e Cofins de 3,8%.

4.5 Análise de indicadores ambientais

Para encontrarmos o número de árvores cultivadas, o cálculo é feito através da energia elétrica gerada (kWh) x 5,04 x 10⁻⁴. Já para identificarmos a eliminação de CO₂ calculamos a potência total vezes 5,3622972. Foram utilizados parâmetros pré-estabelecidos.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Análise do Potencial Gerado pelo Sistema Fotovoltaico

Para calcular a potência de energia que será gerada com os painéis FV no aeroporto de Maricá, primeiro foi necessário fazer o cálculo FV para clientes do grupo A, pois o aeroporto possui demanda contratada com a concessionária fornecedora de energia local de 400 kW.

Clientes do grupo A têm sua conta dividida em duas partes, pois pagam pela energia consumida (variável) e pagam também pela demanda contratada (fixa). As tarifas de energia e demanda contratada podem variar de acordo com o período do dia em que houve o consumo ou a demanda, os chamados postos tarifários (horário de ponta e horário de fora ponta).

Será, portanto, calculado primeiro o dimensionamento para a compensação total de energia sem aumento da demanda contratada. A Geração Mensal Necessária (Gmn) encontrada foi de 38.124,83 kW/h. Valores retirados da tabela abaixo.

Tabela 1 – Energia consumida e demandada no Aeroporto de Maricá no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2020.

Mês/Ano	Demanda (kW)			Consumo (kWh)			Consumo Total HP + HFP
	Horário de Ponta (HP)	Horário de (HFP)	Fora Ponta	Horário de Ponta (HP)	Horário de Ponta (HFP)	Fora	
jan/20	71,00	118,00		2.835,00	38.367,00		41.202,00
fev/20	41,00	129,00		1.575,00	27.720,00		29.295,00
mar/20	71,00	173,00		1.919,00	32.004,00		33.923,00
abr/20	68,00	110,00		2.614,00	26.880,00		29.494,00
mai/20	64,00	68,00		3.484,00	28.140,00		31.624,00
jun/20	58,00	65,00		3.594,00	24.969,00		28.563,00
jul/20	107,00	142,00		4.549,00	33.579,00		38.128,00
ago/20	89,00	112,00		4.380,00	32.193,00		36.573,00
set/20	86,00	99,00		4.851,00	33.474,00		38.325,00
out/20	88,00	122,00		4.884,00	40.278,00		45.162,00
nov/20	73,00	108,00		3.827,00	31.962,00		35.789,00
dez/20	76,00	120,00		4.225,00	38.514,00		42.739,00
Total				42.737,00	388.080,00		430.817,00
Média	74,33	113,83		3.561,42	32.340,00		35.901,42

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Já Geração Diária Necessária (Gdn) foi de 1.270,83 kwh/dia. Para descobrir a geração por hora, foi utilizado o nível de IRR de 4,78 kW/h encontrado através do programa SunData. O valor encontrado para geração por hora foi de 326,21 kWp.

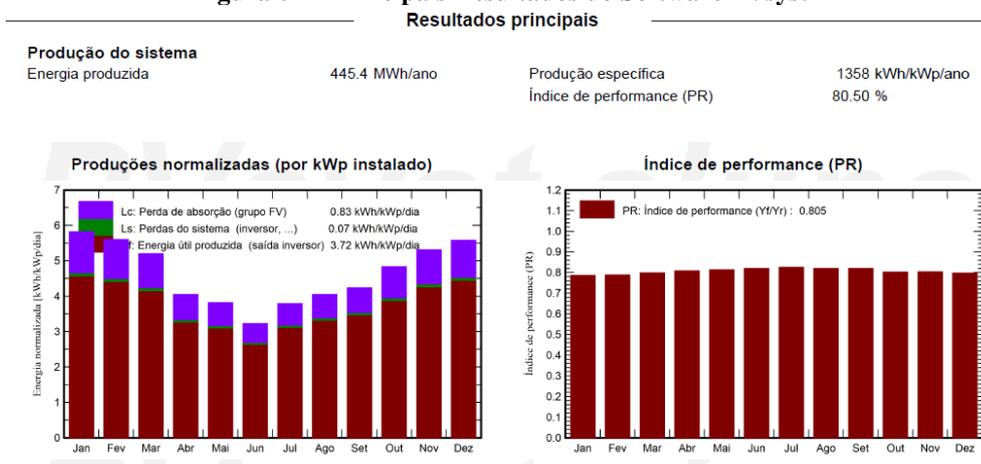
Após análise de mercado e de custo-benefício, a opção selecionada para o painel FV foi o RISEN SOLAR de 500W – RSM150-8-500M. De acordo com o relatório da empresa

Greener, em 2020 a marca Risen ficou em terceiro lugar no Brasil em número de módulos FV importados. Logo a quantidade de painéis FV foi calculada a partir de: $(G \cdot 1000) / \text{Potência do painel solar} = 652$ painéis.

A potência total em corrente contínua foi encontrada através da multiplicação da quantidade de painéis pela potência do modelo dividido por mil, resultando no valor de 326 kWp.

Os dados encontrados foram inseridos no software PVsyst energia solar, para ajuste do programa a potência inserida foi de 328 kWp, tendo uma pequena variação no número de módulos. O resultado pode ser observado na figura 01.

Figura 01 – Principais Resultados do Software PVsyst



Fonte: PVsyst, 2022.

Dados os resultados gerados, podemos observar que a energia total produzida será de 445 MWh/ano, para o período em estudo a produção de energia solar seria suficiente para atender toda a necessidade do aeroporto, pois o consumo em um ano foi de 442 MWh. No entanto, há que se destacar que, de acordo com o Manual de Sistemas Elétricos em Aeródromos da ANAC, a implantação dos sistemas de geração independentes não exime o aeroporto de dispor das instalações necessárias para o consumo de energia da rede.

Ainda pode ser observado que a geração de energia elétrica é maior nos meses mais quentes do ano, tendo em vista a maior incidência solar. Esses são justamente os períodos de maior consumo pela instituição, devido ao uso de ar-condicionado.

Visto que a potência do sistema FV não atingiu o limite da demanda contratada, e a simulação foi feita utilizando somente um dos hangares, se o consumo de energia no aeroporto crescer o projeto ainda pode ser expandido.

5.2 Análise Econômica

Foram feitas três simulações de preço para o projeto a partir dos sites Portal Solar², Cordeiro Soluções e Energia³ e IntelBras⁴. Os valores adquiridos foram respectivamente: R\$

² <https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>

³ <https://www.cordeiro.com.br/ferramentas/calculadora-solar/>

⁴ <https://intelbras.com/pt-br/energia-solar/simulador/>

1.697.009,79, R\$ 1.868.269,46 e R\$ 1.706.443,20. Neste trabalho, foi feita uma simulação simplificada, sabendo que estimar o verdadeiro retorno demandaria um trabalho criterioso, detalhando todos os custos com impostos e obrigações trabalhistas previstos nas leis brasileiras. Portanto, o valor do investimento inicial do projeto foi dado pela média entre os valores acima mencionados, resultando em um total de R\$ 1.757.240,82.

A partir das definições e valores já apresentados anteriormente, foi obtido o fluxo de caixa projetado, conforme tabela 02, que apresenta a viabilidade econômica do projeto.

Tabela 2 – Fluxo de Caixa

Ano	Fluxo de Caixa	Caixa Descontado	Saldo
0	-R\$ 1.757.240,82	-R\$ 1.757.240,82	-R\$ 1.757.240,82
1	R\$ 375.199,21	R\$ 341.090,19	-R\$ 1.416.150,63
2	R\$ 399.587,16	R\$ 330.237,32	-R\$ 1.085.913,31
3	R\$ 425.560,32	R\$ 319.729,77	-R\$ 766.183,55
4	R\$ 453.221,74	R\$ 309.556,55	-R\$ 456.627,00
5	R\$ 482.681,15	R\$ 299.707,02	-R\$ 156.919,98
6	R\$ 514.055,43	R\$ 290.170,89	R\$ 133.250,91
7	R\$ 547.469,03	R\$ 280.938,18	R\$ 414.189,09
8	R\$ 583.054,52	R\$ 271.999,24	R\$ 686.188,32
9	R\$ 620.953,06	R\$ 263.344,72	R\$ 949.533,04
10	R\$ 661.315,01	R\$ 254.965,57	R\$ 1.204.498,60
11	R\$ 704.300,49	R\$ 246.853,02	R\$ 1.451.351,63
12	R\$ 750.080,02	R\$ 238.998,61	R\$ 1.690.350,24
13	R\$ 798.835,22	R\$ 231.394,11	R\$ 1.921.744,35
14	R\$ 850.759,51	R\$ 224.031,57	R\$ 2.145.775,92
15	R\$ 906.058,88	R\$ 216.903,29	R\$ 2.362.679,21
16	R\$ 964.952,71	R\$ 210.001,82	R\$ 2.572.681,03
17	R\$ 1.027.674,63	R\$ 203.319,95	R\$ 2.776.000,98
18	R\$ 1.094.473,48	R\$ 196.850,68	R\$ 2.972.851,65
19	R\$ 1.165.614,26	R\$ 190.587,25	R\$ 3.163.438,90
20	R\$ 1.241.379,19	R\$ 184.523,11	R\$ 3.347.962,01
21	R\$ 1.322.068,83	R\$ 178.651,92	R\$ 3.526.613,92
22	R\$ 1.408.003,31	R\$ 172.967,54	R\$ 3.699.581,46
23	R\$ 1.499.523,52	R\$ 167.464,02	R\$ 3.867.045,48
24	R\$ 1.596.992,55	R\$ 162.135,62	R\$ 4.029.181,11
25	R\$ 1.700.797,07	R\$ 156.976,76	R\$ 4.186.157,87

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

O cálculo do *payback* descontado mostrou que são necessários 5,54 anos para recuperar o investimento inicial proposto de R\$ 1.757.240,82. Já o VPL calculado será de R\$ 4.186.157,87 para o período de 25 anos, o que representa um investimento economicamente atrativo, pois o valor presente das entradas de caixa é maior que o valor presente das saídas de caixa. A TIR encontrada foi de 22,89%. Além disso, o projeto ainda proporcionará uma economia anual de R\$ 352.299,72.

Uma análise da parte ambiental pode ser feita através dos dados gerados e demonstrou que a implantação do projeto pouparia o desmatamento de 5.731 árvores e evitaria a emissão de aproximadamente 1.748 toneladas de CO₂.

O sistema já estará totalmente pago, portanto, a partir de aproximadamente 6 anos, gerando uma economia anual de R\$352.299,72 e uma mensal de R\$ 29.358,00, o que representa uma economia de quase 62% na conta de energia. Dessa forma, é possível concluir que para uma TMA de 10% ao ano, o projeto de energia fotovoltaica como alternativa para redução de custos e diversificação energética é economicamente viável para o período analisado, considerando os dados projetados.

6. CONCLUSÃO

O Aeroporto municipal de Maricá apresenta boa incidência de irradiação solar, os novos hangares possuem estruturas para receber painéis FV e o período de maior consumo de energia coincide com o de produção de energia solar. Desse modo, este estudo de caso mostrou a viabilidade da implantação de um sistema FV no aeroporto analisado.

A partir dos resultados do projeto, foi possível calcular a viabilidade econômica e concluímos que o VPL do projeto é positivo, sendo economicamente atrativo. O tempo de retorno encontrado foi de 5,54 anos e uma TIR de 22,89%, o que gerará uma economia anual financeira de R\$ 352.299,72, durante os 25 anos.

Com relação ao impacto ambiental, a energia limpa é aquela que não libera, durante sua produção ou consumo, qualquer tipo de poluente que possa causar o efeito estufa. Comparativamente a outros meios de geração de energia, podem reduzir a produção e emissão de gás carbônico, como é o caso do presente estudo que proporcionará uma redução de 1.748 toneladas de CO₂ e ainda evitará o desmatamento de 5.731 árvores.

O sistema de geração de energia sustentável é de interesse dos gestores públicos não só pela questão ambiental, mas também pela financeira. O projeto gerará, a longo prazo, uma significativa economia mensal para o aeroporto municipal de Maricá, que atualmente é gerido por uma empresa estatal dependente, ou seja, que recebe do ente controlador recursos financeiros para pagamento de suas despesas. Dessa forma, o projeto causaria uma redução expressiva nas despesas públicas, criando a possibilidade dos valores percebidos serem destinados a diferentes áreas do orçamento público, como saúde, educação e segurança pública.

A implantação de projetos fotovoltaicos oferece também retornos positivos para a sociedade, já que a descentralização dos pontos de geração, colabora com a rede elétrica, diminuindo a necessidade de expansão de grandes linhas de transmissão, assim como de novos investimentos, não gerando aumento tributário.

Além disso, grandes empresas da área de offshore, principal público do aeroporto de Maricá, apesar de serem voltadas para a área de petróleo, estão cada vez mais engajadas em projetos sustentáveis e exigem das suas parceiras a mesma responsabilidade. Logo, os projetos que promovem o desenvolvimento sustentável são bem-vistos e exigidos pelas empresas, sociedade e funcionários.

Portanto, os valores encontrados justificam a implantação do projeto, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental e social. Além disso, o projeto atenderia ao programa do governo municipal de sustentabilidade e Maricá serviria de exemplo para o Brasil, demonstrando que aeroportos de pequeno e médio porte estão aptos a adotar a produção de energia fotovoltaica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAF NETO, A. **Os Métodos Quantitativos de Análise de Investimentos**. Caderno de Estudos nº 06. São Paulo: FIPECAFI, 1992.
- BRASIL, H. G. **Avaliação Moderna de Investimentos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- CÂNDIDO, Jorge. **Análise de Projetos**. Centro de Estudos Alexandre Vasconcellos. 2014.
- DAMODARAN, A. **Finanças corporativas: teoria e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- EVANGELISTA, M. L. S. **Estudo comparativo de análise de investimentos em projetos entre o método vpl e o de opções reais: o caso cooperativa de crédito - Sicredi Noroeste**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- GREENER. **Estudo Estratégico Geração Distribuída Mercado Fotovoltaico**. 2º semestre- 2020. Brasil.
- GUIMARÃES, A. M. P. **Estudo da Viabilidade de Investimentos em uma Franquia de Ensino Profissionalizante**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 9., 2012.
- HERMAWAN; K. **Design Analysis of Photovoltaic Systems as Renewable Energy Resource in Airport**. In: Int. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), 4., 2017.
- LAPPONI, J. C. **Projetos de Investimento: Construção e Avaliação do Fluxo de Caixa**. São Paulo: Laponi, 2000.
- MARICÁ. Prefeitura Municipal. **Modernizado, Aeroporto de Maricá comemora dois anos com abertura de operação noturna**. 2020. Disponível em: <https://www.marica.rj.gov.br/2020/05/27/modernizado-aeroporto-de-marica-comemora-dois-anos-com-abertura-de-operacao-noturna/>. Acesso em 20 mai. 2021.
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios de administração financeira: Essentials of Corporate Finance**. São Paulo: Atlas, 1998.
- SREENATH, S.; SUDHAKAR, K. **Fully solar powered airport: A case study of Cochin International airport**. Journal of Air Transport Management, Amsterdã, v. 62, n.1, p. 176-188, 2017.
- SREENATH, S.; SUDHAKAR, K; YUSOP. **Airport-based photovoltaic applications**. Progress in Photovoltaics, Hoboken, v. 28, n. 8, p.833-853, 2020.
- SREENATH, S.; SUDHAKAR, K. **Fully solar powered airport: A case study of Cochin International Airport**. Resource-Efficient Technologies. Volume 3, Issue 3, September 2017, Pages 309-316
- VIEIRA, M. G. C. S. et al. **Avaliação de retorno de investimentos de uma empresa de materiais de construção por meio da análise de sensibilidade**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 36., 2016.
- VINAGRE, M. V. A. et al. **Viabilidade econômica de geração fotovoltaica no aeroporto de Belém-PA**. O Meio Ambiente Sustentável 2 (pp.251-266), 2020.