

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTROLADORIA E CONTABILIDADE

MAÍRA CARVALHO BACHIEGA DE OLIVEIRA

Potencial de contribuição dos Institutos Federais de Ensino para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e seus respectivos efeitos financeiros no orçamento

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MAISA DE SOUZA RIBEIRO

RIBEIRÃO PRETO

2023

Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Fabio Augusto Reis Gomes
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Carlos Alberto Grespan Bonacim
Chefe do Departamento de Contabilidade

Prof. Dr. Marcelo Botelho da Costa Moraes
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade

MAÍRA CARVALHO BACHIEGA DE OLIVEIRA

Potencial de contribuição dos Institutos Federais de Ensino para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e seus respectivos efeitos financeiros no orçamento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MAISA DE SOUZA RIBEIRO

RIBEIRÃO PRETO

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Máira Carvalho Bachiega de

Potencial de contribuição dos Institutos Federais de Ensino para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e seus respectivos efeitos financeiros no orçamento. Ribeirão Preto, 2023.

77 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Controladoria e Contabilidade.

Orientadora: Ribeiro, Maisa de Souza.

1. Energia fotovoltaica. 2. Emissões de GEEs. 3. Economia orçamentária. 4. Sustentabilidade. 5. Viabilidade financeira.

Nome: Oliveira, Maíra Carvalho Bachiega de

Título: Potencial de contribuição dos Institutos Federais de Ensino para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e seus respectivos efeitos financeiros no orçamento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Profª. Dra. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Profª. Dra. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, professora Maisa, por ter me acolhido desde a nossa primeira reunião, acreditando no meu potencial e no tema proposto, por toda atenção e disponibilidade em me conduzir nessa jornada. Obrigada por todos os ensinamentos, pelas orientações, pelas cobranças, por me tornar uma pesquisadora e profissional melhor. Agradeço por todo o apoio e o carinho nos momentos difíceis. Sentirei saudades de nossas reuniões semanais.

Aos Institutos Federais de Ensino que responderam aos pedidos de acesso à informação encaminhados, especialmente aos *campi* que compõem a amostra da pesquisa, que forneceram todos os dados e documentos necessários para que este estudo pudesse ser realizado.

Aos meus amados pais, Laércio e Lislei, e às minhas amadas irmãs, Vanessa e Karina, por todo o amor e o cuidado ao longo da minha vida e por sempre me incentivarem a estudar e a buscar meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço a paciência e por entenderem a minha ausência no decorrer do mestrado. Vocês são meus maiores exemplos e meu porto seguro.

Ao meu marido, Anderson, que eu amo tanto, por embarcar comigo nessa jornada, estando sempre ao meu lado, aguentando meus momentos de estresse, que não foram poucos, me dando forças e coragem para continuar, por sempre acreditar que eu conseguiria fazer um bom trabalho. Muito obrigada por todo amor, carinho, cuidado, companheirismo, por rir comigo nos momentos felizes e me abraçar e enxugar minhas lágrimas nos momentos difíceis. Espero poder estar ao seu lado por muitos anos e conseguir retribuir tudo o que sempre fez e faz por mim.

Aos professores e professoras das disciplinas cursadas pelos ensinamentos transmitidos, aos colegas de turma pela troca de experiências durante as aulas, aos servidores da FEA-RP e da Biblioteca que me auxiliaram no decorrer do mestrado, a minha amiga Lucelma pelo incentivo e pelas conversas, sempre me dando forças durante essa caminhada.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, especialmente ao *Campus* Sertãozinho, pelo meu Afastamento para Qualificação. Agradeço toda a equipe da CRA-SRT por “segurarem as pontas” para que eu pudesse me ausentar nesse período.

Aos membros da banca de defesa, Profa. Dra. Denize Demarche Minatti Ferreira, Prof. Dr. Fabrício Ramos Neves e Profa. Dra. Valdiva Rossato de Souza, pelas valiosas contribuições para o aprimoramento desta dissertação.

RESUMO

Oliveira, M. C. B. (2023). *Potencial de contribuição dos Institutos Federais de Ensino para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e seus respectivos efeitos financeiros no orçamento* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

O Brasil, assim como outros países, está empenhado na redução das mudanças climáticas. Nesse sentido, algumas medidas têm sido tomadas para diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEEs), inclusive a adoção do uso de energias renováveis, como a fotovoltaica, importante alternativa para a transição energética. Alguns dos Institutos Federais de Ensino (IFEs), distribuídos pelo país, tomaram a iniciativa de implantar sistema fotovoltaico. Por meio do estudo de multicase, esta pesquisa tem por objetivo analisar o potencial de contribuição desses institutos para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização deste tipo de energia e seus respectivos efeitos financeiros no orçamento. Considerando-se as reduções de emissões de dióxido de carbono (CO₂), a economia financeira, as fontes de recursos e os valores investidos no processo de implantação dos sistemas fotovoltaicos, analisou-se o custo-benefício do investimento em relação à redução dos gastos com energia elétrica obtida com a produção de energia por meio do sistema de energia fotovoltaica. E, por fim, com base nos resultados obtidos, foi feita a inferência do potencial de contribuição do conjunto dos IFEs do Brasil para a gestão sustentável, do ponto de vista financeiro e ecológico. O estudo desenvolveu-se com base nos dados de oito *campi* dos IFEs, sendo quatro que possuem sistema fotovoltaico em funcionamento, para estudo direto, e quatro que não possuem, para controle. Foram solicitados os dados sobre consumo de energia elétrica e, para aqueles que possuem sistema em funcionamento, solicitou-se, também, os dados de investimentos e de geração fotovoltaica, referentes ao período de 2018 a 2021. A pesquisa demonstrou que há possibilidade de redução de gastos com consumo de energia elétrica e, ao mesmo tempo, de diminuição dos impactos ambientais a partir dos GEEs evitados, contribuindo para que o país atinja suas metas estabelecidas em termos de mitigação das mudanças climáticas. Portanto, a ampliação dessa alternativa para todos os IFEs poderia aumentar tais benefícios, com potencial de redução de emissões de CO₂ em torno de 704.780,50 toneladas e de liberação de recursos públicos para outras finalidades, gerada pela economia com gastos de energia elétrica, na casa dos R\$ 713.981.932,75 em valores nominais ou dos R\$ 376.440.828,23 considerando o valor do dinheiro no tempo. Ressalta-se que a viabilidade financeira da implantação dos sistemas fotovoltaicos, avaliada em dados nominais, foi constatada, para os quatro *campi* com os sistemas em funcionamento, a partir da análise dos investimentos e das perspectivas de economia proporcionada pelo sistema. Levando-se em consideração o valor do dinheiro no tempo, a análise dos investimentos, realizada por meio dos cálculos do VPL, da TIR e do *payback* descontado, evidenciou que dois projetos se mostraram viáveis e dois não apresentam retornos financeiros positivos, porém, capazes de proporcionar reduções de emissões de CO₂ em quantidade equivalente aos que se mostraram financeiramente positivos, constituindo-se, portanto, em relevante contribuição socioambiental para o desenvolvimento sustentável. Destaca-se, ainda, o papel das instituições de ensino para a educação ambiental e o desenvolvimento sustentável, inclusive, por meio de exemplos práticos como o uso de fonte de energia renovável.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Emissões de GEEs. Economia orçamentária. Sustentabilidade. Viabilidade financeira.

ABSTRACT

Oliveira, M. C. B. (2023). *Potential of contribution of Federal Teaching Institutes to the process of reducing GHGs from the use of photovoltaic energy and their respective financial effects on the budget* (Master's Dissertation). Faculty of Economics, Administration and Accounting of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto.

Brazil, like other countries, is committed to reducing climate change. In this sense, some measures have been taken to reduce greenhouse gases (GHGs) emissions, including the adoption of the use of renewable energy, such as photovoltaic, an important alternative for the energy transition. Some of the Federal Teaching Institutes (IFEs), spread across the country, took the initiative to implement a photovoltaic system. Through the study of multicases, this research aims to analyze the potential contribution of these institutes to the process of reducing GHGs from the use of this type of energy and their respective financial effects on the budget. Considering the reductions in carbon dioxide (CO₂) emissions, the financial savings, the sources of resources and the amounts invested in the process of implementing photovoltaic systems, the cost-benefit of the investment was analyzed in relation to the reduction of expenses with electric energy obtained from the production of energy through the photovoltaic energy system. And finally, based on the results obtained, an inference was made of the potential contribution of the set of IFEs in Brazil to sustainable management, from the point of view financial and ecological. The study was developed based on data from eight campuses of the IFEs, four of which have a photovoltaic system in operation, for direct study, and four that do not, for control. Data on electricity consumption were requested and, for those with a functioning system, data on investments and photovoltaic generation was also requested, referring to the period from 2018 to 2021. The research demonstrated that there is the possibility of reducing expenses with electricity consumption and, at the same time, reducing the environmental impacts from the avoided GHGs, contributing to the country achieving its established goals in terms of mitigating climate change. Therefore, expanding this alternative to all IFEs could increase these benefits, with a potential to reduce CO₂ emissions of around 704,780.50 tons and release of public resources for other purposes, generated by savings on electricity costs, of around R\$ 713,981,932.75 in nominal values or R\$ 376,440,828, 23 considering the time value of money. It should be noted that the financial viability of implementing photovoltaic systems was verified, evaluated in nominal data, for the four campuses analyzed with the system in operation, based on the analysis of investments and the savings prospects provided by the system. Taking into account the time value of money, the investment analysis, carried out by calculating the NPV, the IRR and the discounted payback, showed that two projects proved to be viable and two did not present positive financial returns, however, capable of to provide reductions in CO₂ emissions in an amount equivalent to those that proved to be financially positive, thus constituting a relevant socio-environmental contribution to sustainable development. Also noteworthy is the role of teaching institutions for environmental education and sustainable development, including through practical examples such as the use of renewable energy sources.

Keywords: Photovoltaic energy. GHGs emissions. Budget savings. Sustainability. Financial viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais marcos das Conferências das Nações Unidas	28
Figura 2 - Usina fotovoltaica do IFMS-1	43
Figura 3 - Usina fotovoltaica do IFPI-1.....	44
Figura 4 - Usina fotovoltaica do IFSC-1	44
Figura 5 - Usina fotovoltaica do IFMG-1.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de <i>campi</i> que iniciaram a produção de energia fotovoltaica por ano...	39
Tabela 2 - Caracterização da amostra.....	43
Tabela 3 - Fatores de Emissão de CO ₂	46
Tabela 4 - Emissões de CO ₂ evitadas pela produção de energia fotovoltaica.....	50
Tabela 5 - Relação entre a produção de energia fotovoltaica e o consumo total de energia....	52
Tabela 6 - Projeção das emissões de CO ₂ que poderiam ser evitadas com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 <i>campi</i> dos IFEs do Brasil	53
Tabela 7 - Comparativo do consumo de energia elétrica entre os <i>campi</i> que possuem sistema de energia fotovoltaica e os que não possuem	54
Tabela 8 - Economia gerada pela produção de energia fotovoltaica.....	56
Tabela 9 - Projeção da economia que poderia ser gerada com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 <i>campi</i> dos IFEs do Brasil, medida em valores nominais	57
Tabela 10 - Dados da implantação do sistema de energia fotovoltaica.....	58
Tabela 11 - Relação entre a economia gerada e o investimento, em valores nominais.....	59
Tabela 12 - Análise do investimento do IFMS-1	60
Tabela 13 - Análise do investimento do IFPI-1	61
Tabela 14 - Análise do investimento do IFMG-1	62
Tabela 15 - Análise do investimento do IFSC-1	63
Tabela 16 - Custo-benefício do sistema fotovoltaico ao longo dos 25 anos de vida útil	64
Tabela 17 - Projeção da economia que poderia ser gerada com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 <i>campi</i> dos IFEs do Brasil, medida em valores atualizados	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CEBRI	Centro Brasileiro de Relações Internacionais
CENERGIA	Centro de Economia Energética e Ambiental
CO ₂	Dióxido de carbono
CONIF	Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica
COP	Conferência das Partes
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gás de Efeito Estufa
IEA	Agência Internacional de Energia
IFAC	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre
IFAL	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas
IFAP	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá
IFB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília
IFBA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
IFBAIANO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IFE	Instituto Federal de Ensino
IFES	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
IFFAR	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
IFFLUMINENSE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
IFG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
IFGOIANO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
IFMS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul
IFMT	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
IFNMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais
IFPA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
IFPB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
IFPR	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
IFRO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia
IFRR	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima
IFRS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
IFS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe
IFSC	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
IFSP	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
IFSPÉ	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano
IFSUDESTEMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais
IFSul	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
IFSULDEMINAS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais
IFTM	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro
IFTO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
IRENA	Agência Internacional de Energias Renováveis
LAI	Lei de Acesso à Informação
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MEC	Ministério da Educação
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada (<i>Nationally Determined Contributions</i>)
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
Rede Federal	Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica
SETEC	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Objetivos.....	24
1.2	Justificativa	25
1.3	Contribuição Esperada	26
2	REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1	Sustentabilidade.....	27
2.1.1	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	29
2.1.2	Energia Fotovoltaica.....	31
2.1.3	Sustentabilidade em Instituições de Ensino	33
2.2	Orçamento dos IFEs.....	34
2.3	Métodos de Análise de Investimentos.....	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.1	Procedimentos de Definição da Amostra	37
3.2	Amostra	42
3.3	Procedimentos de Coleta, Tabulação e Análise de Dados	44
4	ANÁLISE DOS DADOS.....	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICE	77

1 INTRODUÇÃO

A busca pela eficiência energética tem sido um dos grandes desafios em várias frentes, inclusive, no âmbito das entidades públicas. Essa busca está intimamente ligada à necessidade de redução dos gastos relacionados ao consumo de energia elétrica e pela pauta no quesito sustentabilidade, a qual tem estado em evidência. Nesse sentido, algumas iniciativas estão sendo desenvolvidas, como a implantação de sistemas de geração de energia fotovoltaica.

No contexto da sustentabilidade, conforme a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2015 foram definidos os novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) globais, os quais compõem a chamada Agenda 2030. Os 17 ODS buscam estimular as ações para o período de 15 anos, de 2016 a 2030, e alcançar de forma equilibrada as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental. A energia compõe um dos objetivos mencionados, o ODS 7, que traz, entre suas metas, o aumento da participação de energias renováveis na matriz energética e a melhoria da eficiência energética. (ONU, 2015).

De acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991, p. 46), “desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”. Desta forma, é importante que se busque alternativas sustentáveis para suprir as necessidades atuais como, por exemplo, a geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos.

O Brasil possui grande potencial de geração de energia fotovoltaica, em virtude da alta incidência e da baixa variabilidade da irradiação solar, sendo que no local menos ensolarado do Brasil é possível produzir mais energia fotovoltaica do que no local mais ensolarado da Alemanha, por exemplo (Pereira et al., 2017). Nesse sentido, a utilização de energia fotovoltaica no Brasil ainda pode crescer significativamente, devido a todo esse potencial de geração, caso tenha incentivos públicos para seu desenvolvimento.

A energia solar (fotovoltaica) é conhecida como fonte de energia limpa, com baixo impacto ao meio ambiente, sendo que a produção de energia elétrica a partir da luz solar não emite gases poluentes causadores de efeitos nocivos à saúde e responsáveis pelo aquecimento global, como por exemplo o dióxido de carbono (CO₂). Dessa forma, essa tecnologia configura-se como uma das melhores alternativas para geração de energia de forma sustentável (Costa, Oliveira, Rabelo, Pinheiro & Piazzarolo (2020).

No contexto das mitigações de emissões de carbono, Zhang et al. (2023) estimaram a área de telhado que poderia ser utilizada para implantação de sistemas de energia fotovoltaica em 354 cidades chinesas e concluíram que poderia ser evitada a emissão de 4 bilhões de

toneladas de CO₂, em 2020, com a geração de energia pelos sistemas fotovoltaicos em comparação com a rede elétrica chinesa.

Pereira et al. (2017, p. 58) apontam que “com a queda acentuada dos preços dos geradores solares fotovoltaicos nos últimos anos, sua adoção por todo o território brasileiro é crescente e atingiu crescimento exponencial a partir do final de 2016”. De acordo com o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2020 - Ano base 2019, emitido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a capacidade instalada de Micro e Minigeração Distribuídas de fonte solar passou de 562,3 MW, em 2018, para 1.992,1 MW em 2019, representando um crescimento expressivo de 245% (EPE, 2020). Esse crescimento está, sobretudo, atrelado à busca por uma energia renovável, que traga benefícios ambientais, e pela economia financeira gerada pela produção de energia fotovoltaica, por meio da redução dos gastos com serviço de energia elétrica.

As instituições de ensino também têm investido nesse tipo de tecnologia, como pode ser observado no Projeto IFSolar, desenvolvido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), em 2016, que contou com a participação de mais 15 Institutos Federais de Ensino (IFEs) do Brasil, em que foram licitadas 82 usinas fotovoltaicas para captação e produção de energia por meio da conversão da radiação solar em energia elétrica (IFSULDEMINAS, 2016).

De acordo com informações divulgadas nos portais institucionais dos IFEs, várias são as fontes de recursos para implementação de energia fotovoltaica, os quais não necessariamente precisam vir do orçamento próprio da instituição. Dentre essas fontes, destacam-se recursos extraorçamentários (IFRS, 2019), projetos selecionados em editais da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (IFG, 2017), recursos de emendas parlamentares (IFES, 2020; IFGOIANO, 2019), embora, sejam todos recursos governamentais.

No ano de 2019, o Ministério da Educação (MEC) liberou R\$ 60 milhões para as instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (Rede Federal) para aquisição e instalação de usinas fotovoltaicas (Menezes, 2019). Tal contexto reforça a necessidade de prestação de contas da responsabilidade na utilização dos recursos públicos, principalmente, no que concerne ao atingimento da eficiência, inclusive, sob o ponto de vista da sustentabilidade.

Observa-se na literatura científica trabalhos que tiveram como objetivo avaliar o nível de sustentabilidade de instituições de ensino, como o estudo de Warken, Henn e Rosa (2014), que analisou o nível de sustentabilidade ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul *campi* de Chapecó/SC e o estudo de Wrasse, Pfitscher e Boca Santa (2018) que avaliou a

sustentabilidade ambiental em Edificações Sustentáveis de um *campus* de um Instituto Federal de Ensino Paranaense, utilizando um sistema de gestão ambiental.

Ainda no contexto ambiental, estudos demonstram que as instituições de ensino devem incorporar práticas sustentáveis em suas atividades e programas educacionais, sendo peças fundamentais para a educação e a conscientização ambiental (Andrade & Pimenta, 2009; Palma, Alves & Silva, 2013; Silva & Pinheiro, 2018; Viegas & Cabral, 2015; Wrasse et al., 2018).

Em relação à viabilidade financeira da implantação de energia fotovoltaica, Costa et al. (2020) estudaram a viabilidade da instalação do sistema de energia solar na Faculdade de Ciências Contábeis e Administrativas de Cachoeiro de Itapemirim, com base em estudo empírico realizado em uma empresa de Energia Fotovoltaica, e os resultados alcançados apontaram que o sistema solar fotovoltaico seria economicamente viável.

Quanto ao tempo necessário para que o investimento seja recuperado, o estudo de Constantino, Freitas, Fidelis e Pereira (2018) demonstrou que, do ponto de vista da viabilidade econômica, as usinas fotovoltaicas instaladas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) apresentaram um retorno do investimento em um curto período. Castro, Belchior, Oliveira, Santos e Pires (2020) calcularam o tempo para o retorno do investimento da usina fotovoltaica instalada no Centro de Aulas das Engenharias da Universidade Federal de Goiás e chegaram a uma previsão de 6,5 anos.

No que se refere ao objetivo de redução de gastos, essa tecnologia tem apresentado resultados significativos em entidades públicas, como, por exemplo, o caso do IFSULDEMINAS que, conforme dados informados no portal da instituição sobre a economia gerada pela produção de energia fotovoltaica em oito *campi* e na Reitoria, calculada para todos os *campi* com base na tarifa média de energia elétrica da Reitoria, obteve uma economia ao longo dos anos de 2017 a 2020, atualizada até dezembro de 2021, com base no Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), por meio da Calculadora do Cidadão do Banco Central do Brasil¹, de R\$ 2.161.813,59 (IFSULDEMINAS, n.d.). Considerando que o Brasil tem 38 IFEs (Decreto No. 9.660, 2019), ainda que de portes diferentes e em regiões distintas, se todos obtivessem uma economia proporcionalmente semelhante, a somatória poderia ser bem expressiva, na ordem de R\$ 82.148.916,42 (R\$ 2.161.813,59 x 38).

O estudo de Menezes, Madureira e Santos Júnior (2023), desenvolvido com base em informações apresentadas em notícias do portal do Instituto Federal de Educação, Ciência e

1

<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>

Tecnologia do Piauí (IFPI) sobre a implantação de energia fotovoltaica, evidencia os benefícios financeiros e ambientais apresentados em um *campus* do IFPI e a expectativa de se atingir os mesmos resultados positivos com os projetos que estão sendo desenvolvidos em outros dois *campi* interioranos do referido instituto.

Neste contexto da importância da energia fotovoltaica e do papel das instituições de ensino para o desenvolvimento sustentável, levantou-se a oportunidade de se estudar a implantação de energia fotovoltaica nos IFEs do Brasil em conjunto, complementando as pesquisas anteriores que fizeram estudo de caso de uma única unidade, a fim de se obter volume maior de observações e uma análise mais ampla dos resultados que estão sendo atingidos em relação aos benefícios financeiros e, adicionando ao estudo a variável ambiental, observando a redução de Gases de Efeito Estufa (GEEs) e o potencial de contribuição para o país atingir suas metas de redução de emissões.

A pesquisa descritiva e exploratória foi desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica, para sua contextualização e fundamentação, e de pesquisa documental, para o seu desenvolvimento, sendo composta por um estudo de casos múltiplos, realizado com base em levantamento de dados junto aos IFEs via requisição de acesso à informação. Os dados referentes ao consumo de energia elétrica em kWh e aos valores despendidos pelos *campi* que fazem parte da amostra, bem como os descontos obtidos pela energia fotovoltaica injetada na rede, foram extraídos das 384 faturas de energia elétrica requisitadas, visando uma análise mais aprofundada e maior aproximação dos reais resultados que estão sendo obtidos pelos *campi* estudados.

Como diferencial e para fins de comparação sobre o consumo de energia elétrica e os referidos valores pagos, o estudo de multicasos incluiu um grupo de controle na amostra, composto por um *campus* que não possuía sistema fotovoltaico em funcionamento para cada *campus* que possuía o sistema.

Desta forma, a presente pesquisa busca responder a seguinte pergunta: Qual o potencial de contribuição dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia para o processo de redução das emissões de GEEs por meio da adoção de energia fotovoltaica e como essas iniciativas impactam o aspecto financeiro dos orçamentos dessas instituições?

1.1 Objetivos

O objetivo desta pesquisa é analisar o potencial de contribuição dos IFEs para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e seus respectivos efeitos

financeiros no orçamento. A consecução do referido objetivo requer o desenvolvimento das seguintes etapas, com base na amostra que será detalhada a seguir:

- a) identificar as reduções de emissão de CO₂ na atmosfera decorrentes da produção de energia fotovoltaica;
- b) verificar a economia financeira obtida pela produção de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico;
- c) destacar as fontes de recursos e os valores investidos no processo de implantação das usinas de energia fotovoltaica;
- d) analisar o custo-benefício do investimento em relação à redução dos gastos com energia elétrica obtida com a produção de energia por meio do sistema de energia fotovoltaica;
- e) fazer a inferência do potencial de contribuição do conjunto dos IFEs do Brasil para o processo de redução das emissões de GEEs e para a economia financeira.

1.2 Justificativa

O estudo desenvolvido por Albuquerque, Maldonado e Vaz (2017), no qual foi feito um levantamento da produção intelectual sobre energia solar fotovoltaica, demonstrou que os países com maior número de artigos publicados sobre o tema também se destacam na produção de energia solar, mostrando que há uma relação entre a pesquisa acadêmica e o desenvolvimento do setor tecnológico de um país.

A energia fotovoltaica, por ser renovável e não emitir gases poluentes durante sua geração, destaca-se como importante alternativa para a descarbonização da matriz energética, trazendo benefícios ambientais e contribuindo para o alcance das metas estabelecidas nos ODS 7 e 13, que tratam, respectivamente, da energia e da necessidade de tomar medidas urgentes de combate às mudanças climáticas. Outrossim, a geração de energia por meio de sistemas fotovoltaicos pode proporcionar economia financeira pela redução de gastos com energia elétrica.

A utilização da tecnologia fotovoltaica, quando implementada em instituições de ensino, torna-se ainda mais relevante, tendo em vista o efeito educador multiplicador dos resultados obtidos. O desenvolvimento de ações relacionadas à preservação ambiental dentro das instituições de ensino pode induzir e incentivar a comunidade acadêmica e a sociedade para uma atuação mais ambientalmente consciente e saudável. De acordo com Wrasse et al. (2018), as instituições de ensino impulsionam a formação de opiniões e o despertar da consciência

social e ecológica, devendo contribuir com as discussões quanto ao desenvolvimento sustentável.

1.3 Contribuição Esperada

A presente pesquisa busca contribuir com a produção acadêmica sobre o assunto, trazendo dados sobre os reais resultados que estão sendo alcançados com a implementação da energia fotovoltaica e sobre o potencial de contribuição dos IFEs para o país atingir as metas de redução de emissões de GEEs, somando-se às pesquisas sobre o papel das instituições de ensino para a sustentabilidade, mudanças climáticas, eficiência energética, gastos públicos, gestão pública e temas correlatos. Ao mesmo tempo, busca contribuir com o desenvolvimento do setor de energia fotovoltaica, incentivando outras instituições a adotarem esse tipo de tecnologia.

Busca, também, contribuir com as instituições estudadas, analisando os benefícios financeiros e ambientais que estão sendo alcançados pelas que já implementaram e demonstrando, para as que ainda não possuem a tecnologia, os benefícios que poderiam alcançar caso adotassem a energia fotovoltaica.

Junto ao Governo, espera-se destacar a contribuição que os IFEs podem proporcionar ao país no que concerne a atingir a meta de redução de emissões de GEEs, evidenciando a importância da utilização desse tipo de tecnologia, tanto para a questão ambiental, quanto para o melhor aproveitamento dos recursos públicos. Assim, a presente pesquisa pode estimular a formulação de políticas públicas para a criação e ampliação de programas de incentivos à implementação de energia fotovoltaica, podendo trazer grandes benefícios ambientais.

A sociedade pode receber os benefícios decorrentes das ações mencionadas, seja em termos financeiros pela liberação de recursos para novos usos sociais, seja pelo potencial aumento da qualidade de vida proporcionado pela redução de emissões de GEEs, pela mitigação das mudanças climáticas e pela preservação do meio ambiente.

Espera-se que, por meio dos resultados que serão apresentados, o estudo possa demonstrar a importância da utilização responsável dos recursos públicos, da gestão orçamentária para melhor aproveitamento dos recursos, da necessidade de inserção de ações de sustentabilidade no contexto educacional, incentivar o desenvolvimento de projetos de implementação de energia fotovoltaica por outras instituições públicas ou privadas e auxiliar em novas pesquisas acadêmicas sobre o assunto estudado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sustentabilidade

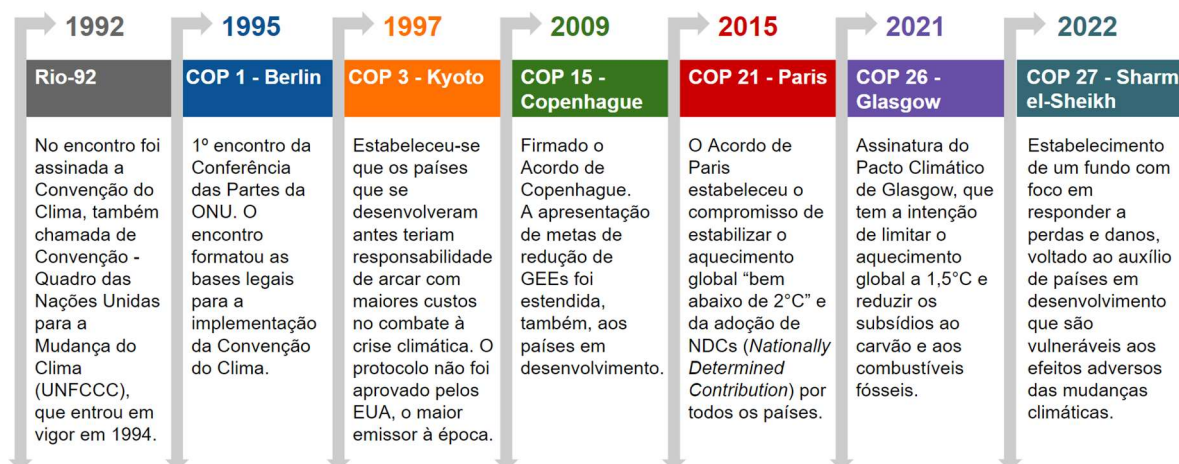
A sustentabilidade, sobretudo a ambiental, foco da presente pesquisa, é um tema contemporâneo, que interessa tanto à geração presente quanto às gerações futuras, sendo o ensino uma das bases fundamentais para o despertar de uma consciência maior sobre a importância de se alinhar o atendimento das demandas humanas, como, por exemplo, a disponibilidade de energia elétrica, com a preservação do meio ambiente.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), aponta, em seu sexto relatório de avaliação das mudanças climáticas, que atividades humanas, sobretudo as que envolvem emissões de GEEs, estão causando aquecimento global, com a temperatura atingindo, no período de 2011 a 2020, 1.1°C acima daquela observada no período de 1850 a 1900. Aponta, ainda, que as emissões globais de GEEs continuaram aumentando no período de 2010 a 2019, principalmente pela utilização insustentável de energia, da mudança do uso da terra e dos padrões de consumo e produção. Essa mudança climática, gerada pelas atividades antrópicas, tem causado condições climáticas extremas em todo o mundo, com danos à natureza e à vida das pessoas (IPCC, 2023).

O desafio das mudanças climáticas tem estado em evidência, passando a ser preocupação de instituições como o Centro Brasileiro de Relações Internacionais (CEBRI), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a EPE e o Centro de Economia Energética e Ambiental (CENERGIA), que realizaram estudos e simulações para a descarbonização da matriz energética brasileira, que trazem, também inserida, a energia fotovoltaica, conforme apresentado no relatório Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil (CEBRI, BID, EPE, & CENERGIA, 2023).

Como ponto de partida para uma transição energética com foco na neutralidade de carbono, CEBRI et al. (2023) apontam a importância da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, também conhecida como *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) e da Conferência das Partes (COP) como organismos fundamentais para discussões e acordos internacionais no que tange ao enfrentamento da crise climática. A figura a seguir destaca os principais marcos ocorridos durante as conferências das Nações Unidas realizadas ao longo dos anos de 1992 a 2022.

Figura 1 - Principais marcos das Conferências das Nações Unidas



Fonte: Adaptado de CEBRI et al. (2023, p. 83), com inclusão da COP 15 e da COP 27 com base em UNFCCC (2010, 2023).

Em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a chamada Rio-92, que teve como marco a assinatura da UNFCCC, a qual consolidada, até os dias atuais, os compromissos assumidos pelos países signatários, por meio de metas voluntariamente apresentadas. Em 1995, ocorreu a primeira COP, que estabeleceu as bases legais para a implementação da UNFCCC. As COPs configuraram-se como um encontro de países realizado anualmente com o objetivo de estabelecer regras globais para implementação de ações de combate à crise climática (CEBRI et al., 2023).

O Protocolo de Kyoto, firmado em 1997, teve como objetivo central a redução de emissões de GEEs nos países industrializados, estabeleceu que os países desenvolvidos deveriam arcar com maiores custos e definir compromissos de redução de emissões. Instituiu mecanismos de flexibilização e negociação de emissões de GEEs, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Na COP 15, ocorrida em 2009, foi firmado o Acordo de Copenhague e a definição de metas de redução de emissões de GEEs foi estendida, também, aos países em desenvolvimento (CEBRI et al., 2023; Freitas & Silva, 2020).

No contexto do Acordo de Copenhague, o governo brasileiro incorporou suas metas de redução de emissões à Lei 12.187/2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). A referida lei, em seu artigo 12, estabeleceu a adoção do compromisso nacional voluntário de redução de suas emissões de GEEs entre 36,1% e 38,9% projetadas até 2020 (Lei No. 12.187, 2009).

Em 2015, na COP 21, foi instituído o Acordo de Paris, que estabeleceu o compromisso de limitar o aquecimento global bem abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, com esforços para se atingir o limite de 1,5°C. Ficou definido que todos os países signatários

deveriam apresentar, a cada cinco anos, suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs, do inglês *Nationally Determined Contributions*), contendo esforços ambiciosos para o controle e a mitigação das mudanças climáticas (UNFCCC, 2016). O Brasil apresentou metas mais ambiciosas em sua NDC, com redução dos níveis de emissões de GEEs, em comparação aos níveis de 2005, de 37% até 2025 e de 43% até 2030 (Brasil, 2016). O ano de 2015 destacou-se também pela definição dos novos ODS, os quais serão tratados mais adiante no tópico 2.1.1.

Na COP 26, ocorrida em 2021, foi assinado o Pacto Climático de Glasgow, com o objetivo de limitar o aquecimento global a 1,5°C e reduzir os subsídios ao carvão e aos combustíveis fósseis (CEBRI et al., 2023). Em 2022, o Governo Brasileiro, em comunicação enviada à Secretaria da UNFCCC, por meio da atualização, no contexto do Pacto Climático de Glasgow, de sua NDC, instituída com base no Acordo de Paris, confirmou seu compromisso de reduzir suas emissões de GEEs em 37% até 2025 e aumentou para 50% a meta de redução até 2030, em relação aos níveis de emissões de 2005 (Brasil, 2022).

A COP 27, realizada em 2022, foi marcada pela criação de um fundo com foco em responder a perdas e danos, voltado ao auxílio de países em desenvolvimento que são vulneráveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas (UNFCCC, 2023).

Portanto, as mudanças climáticas são discutidas anualmente nas COPs, sendo definidos acordos internacionais para o estabelecimento de ações e metas para o controle e o enfrentamento de seus efeitos adversos. Conforme será tratado a seguir, os novos ODS foram definidos para nortear as práticas a serem adotadas pelos países visando o alcance das respectivas metas.

2.1.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Em 2015, na sede das Nações Unidas em Nova York, chefes de Estado e de Governo e altos representantes decidiram sobre os novos ODS globais, os quais compõem a chamada Agenda 2030 e que são aperfeiçoamento de iniciativas anteriores, como os Objetivos do Milênio. Foram definidos 17 ODS e 169 metas para orientar as ações para o período de 15 anos, de 2016 a 2030, a fim de se alcançar de forma equilibrada as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental (ONU, 2015).

A implantação de sistemas de captação e produção de energia fotovoltaica, por se tratar de energia renovável e fazer parte de ações de eficiência energética, contribui, sobretudo, para o alcance do Objetivo 7 da Agenda 2030, que é definido como:

Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.

7.1 Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia.

7.2 Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global.

7.3 Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética.

7.a Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa.

7.b Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio. (ONU, 2015, p. 26)

Rebelatto, Salvia, Reginatto, Daneli e Brandli (2019) destacam em seu estudo que a geração de energia fotovoltaica pela Universidade de Passo Fundo contribui para o alcance da segunda meta do Objetivo 7, além de o sistema fotovoltaico servir de laboratório para aulas práticas.

Outrossim, a implantação de energia fotovoltaica está relacionada ao Objetivo 13, por contribuir para a redução das emissões de GEEs, podendo ser considerada uma ação de mitigação das mudanças climáticas. Além disso, a inserção de energia fotovoltaica em instituições de ensino, objeto da presente pesquisa, auxilia diretamente no cumprimento da meta 13.3. O referido objetivo é definido como:

Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos (*).

13.1 Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países.

13.2 Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

13.3 Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima.

13.a Implementar o compromisso assumido pelos países desenvolvidos partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] para a meta de mobilizar conjuntamente US\$ 100 bilhões por ano a partir de 2020, de todas as fontes, para atender às necessidades dos países em desenvolvimento, no contexto das ações de mitigação significativas e transparência na implementação; e operacionalizar plenamente o Fundo Verde para o Clima por meio de sua capitalização o mais cedo possível.

13.b Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos, inclusive com foco em mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas.

(*) Reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima. (ONU, 2015, pp. 32-33)

De acordo com Simões (2022), a transição energética, ou seja, a migração de uma matriz energética centrada em combustíveis fósseis para uma matriz energética composta principalmente pelas energias renováveis, tem sido destacada, no meio científico, como uma importante estratégia de mitigação das mudanças climáticas. Instituições como a Agência

Internacional de Energia (IEA), a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) e a UNFCCC têm evidenciado a importância da descarbonização da economia global.

O relatório final do Programa BID-CEBRI-EPE de Transição Energética – instituído com a finalidade de traçar cenários de neutralidade de carbono para o Brasil, com a participação de diversos *stakeholders*, visando maior eficiência na utilização dos recursos, contribuindo com a formulação de políticas públicas voltadas para a matriz energética brasileira de 2050 – aponta, nos cenários projetados, a expansão da capacidade de geração de energia elétrica sendo suprida, majoritariamente, pelas fontes eólica e solar, que, nas trajetórias de descarbonização da matriz energética, desempenham papel importante (CEBRI et al., 2023). No cenário mundial, de acordo com IEA (2022), as energias solar fotovoltaica e eólica são os principais meios de reduzir as emissões de GEEs do setor elétrico.

Nesse contexto, o tópico a seguir traz maiores informações relativas à energia fotovoltaica, foco da presente pesquisa.

2.1.2 Energia Fotovoltaica

Conforme abordado, a energia fotovoltaica representa uma alternativa relevante para o avanço do processo de redução das emissões de CO₂ e da mitigação das mudanças climáticas, auxiliando no cumprimento dos ODS 7 e 13.

Segundo o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2022 (EPE, 2022), a Matriz Elétrica brasileira é composta principalmente por fontes renováveis de energia, sendo a hidráulica a mais representativa. Entretanto, conforme o referido documento a renovabilidade da Matriz Elétrica brasileira sofreu uma queda de 2020 para 2021, passando de 83,8% para 78,1%. Essa queda se deu, sobretudo, por conta da escassez de chuvas que ocasionou a redução dos níveis dos reservatórios das hidrelétricas e a diminuição da oferta de hidreletricidade. Esse cenário reforça a importância de o país impulsionar o desenvolvimento e a implantação de outras fontes de energia renováveis, como, por exemplo, a energia fotovoltaica.

No que tange às políticas públicas de incentivo ao uso de energia fotovoltaica, Santiago (2020) destaca que:

Enquanto algumas políticas públicas de incentivo ao uso da tecnologia solar FV [solar fotovoltaica] (e outras fontes renováveis modernas de energia) iniciaram-se ainda na década de 90, em países como EUA, Japão e Alemanha, o Brasil incentivou o uso da fonte solar FV em larga escala somente a partir de 2012, através de duas medidas principais. Primeiro, a publicação de uma resolução normativa, por parte da Aneel, que permitiu com que o consumidor de energia elétrica brasileiro gerasse sua própria energia, através de mini ou micro usinas renováveis conectadas à rede (a Geração Distribuída); e, posteriormente, em 2013, quando a tecnologia solar FV foi inserida no

sistema de grandes leilões de contratação de energia por fontes renováveis no mercado regulado, iniciando assim o avanço solar no segmento de Geração Centralizada no país. (Santiago, 2020, p. 111)

O estudo de Elgamal e Demajorovic (2020), que teve como objetivo identificar os desafios e as oportunidades da expansão da energia fotovoltaica, infere que um dos motivos para a pouca amplitude das políticas públicas voltadas ao incentivo da energia fotovoltaica no Brasil em relação aos outros países, como China e países europeus, esteja na motivação que leva o país a desenvolver uma política pública para este fim. Enquanto nos outros países a diminuição da participação dos combustíveis fósseis para a redução das emissões de CO₂ tem sido uma motivação para o desenvolvimento da energia fotovoltaica, no caso do Brasil, por conta do tipo de matriz energética que o país apresenta, a pressão nesse sentido é menor e o foco é mais voltado para as emissões associadas ao desmatamento.

Apesar de o incentivo à utilização da energia fotovoltaica em larga escala no Brasil, conforme destacado por Santiago (2020), ser relativamente recente, de acordo com EPE (2020, 2022), a micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica, no Brasil, tem apresentado crescimento expressivo nos últimos anos, sendo que a capacidade instalada passou de 562,3 MW em 2018 para 1.992,1 MW em 2019, 4.874 MW em 2020 e 8.771MW em 2021, com uma geração de energia, em 2021, de 9.019 GWh. Corroborando com a importância das políticas públicas e dos incentivos financeiros para o aumento da implantação de energia fotovoltaica, o estudo de Wilson (2022), que analisou a geração de energia renovável em 433 universidades dos EUA, demonstrou que existe uma correlação forte e direta entre os incentivos financeiros estaduais e a presença de projetos de geração de energia renovável nas universidades.

No contexto da viabilidade financeira, Roedel e Mafra (2019) projetaram a instalação de um sistema fotovoltaico em uma escola de idiomas em Brusque-SC, suprimindo todo o consumo de energia, e concluíram que o sistema seria rentável a longo prazo.

Souza Júnior, Ghilardi, Madruga e Alvarenga (2019) estudaram a viabilidade de implantação de energia fotovoltaica em Organizações Militares de Santa Maria - RS, analisando a organização com maior gasto de energia elétrica, a com gasto intermediário e a de menor gasto, e concluíram que os dois projetos maiores seriam viáveis do ponto de vista financeiro e o projeto menor, referente a organização com menor consumo de energia elétrica, ao se considerar o valor do dinheiro no tempo, mostrou-se inviável financeiramente.

No que se refere às reduções de emissões de GEEs, o estudo de Cardoso Junior, Hoffmann, Barbosa e Coutinho (2021) evidencia que a substituição, na matriz elétrica brasileira, da geração de energia por meio de usinas termelétricas por geração distribuída de

energia fotovoltaica, no período de 2013 a 2026, com incremento de 3,6 GW de potência instalada, evitaria a emissão acumulada de 337.000 toneladas de CO₂.

Casagrande Junior, Urbanetz Junior, Seratiuk e Tonolo (2019) apontam que a parcela excedente da geração de energia fotovoltaica do sistema instalado no Escritório Verde da Universidade Tecnológica Federal do Paraná poderia ser utilizada para carregar um veículo elétrico popular, permitindo uma autonomia de 569,34 Km por dia, o que evitaria a emissão de 56,93 kgCO₂ por dia, comparado a um veículo movido a combustão.

Sobre a utilização de sistemas de energia fotovoltaica nas edificações públicas, Cristóvam, Silva e Sanmiguel (2020, pp. 335-336) sintetizam que "constitui a materialização das melhores práticas sustentáveis, o que deve ser plenamente incentivado e implementado na maior medida possível, a partir de um sério e comprometido planejamento de curto, médio e longo prazo".

2.1.3 Sustentabilidade em Instituições de Ensino

Andrade e Pimenta (2009) apontam que a educação ambiental emerge como grande ferramenta para a resolução dos problemas ambientais, necessitando de um esforço sistemático e práticas que gerem transformações da sociedade. Destacam a importância da implementação de uma política ambiental nas instituições de ensino que contemple várias ações integradas e contínuas, em vez da realização apenas de atividades pontuais relacionadas à sustentabilidade.

O estudo de Palma et al. (2013) sobre a inserção da sustentabilidade no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) ressalta que ações de iniciativa dos *campi* podem ter resultados positivos ao levantarem o debate sobre o tema, entretanto, é importante que haja apoio institucional. Destaca, também, que, caso os IFEs coloquem em prática o estabelecido em seus documentos, como a integração entre ensino, pesquisa e extensão, podem se tornar ambientes favoráveis ao desenvolvimento de iniciativas e pesquisas voltadas à educação para o desenvolvimento sustentável.

Silva e Pinheiro (2018) avaliaram a sustentabilidade do IFRN e argumentam sobre a necessidade da criação de um Sistema de Gestão Ambiental que articule a política ambiental da instituição com as atividades estratégicas e operacionais, sendo fundamental o comprometimento da alta gestão no sentido de proporcionar as mudanças necessárias e o controle da execução com a medição dos resultados para o funcionamento efetivo do sistema.

Nesse contexto da inserção da sustentabilidade nas instituições de ensino, Gazzoni, Scherer, Hahn, Carpes e Santos (2018) investigaram o grau de conhecimento dos servidores da

Universidade Federal de Santa Maria em relação às temáticas sustentáveis da Administração Pública e como eles adotam e implementam, no ambiente de trabalho, as práticas propostas e constataram que o grau de conhecimento é deficiente e que a grande maioria dos servidores que participaram da pesquisa não visam a racionalização dos recursos em suas atividades rotineiras, revelando que, apesar de a temática da sustentabilidade fazer parte dos planos de desenvolvimento da instituição, falta uma política institucional efetiva.

Viegas e Cabral (2015) analisaram experiências de instituições de ensino superior, brasileiras e internacionais, relacionadas à adoção da sustentabilidade como uma nova forma de gestão e concluíram que há evidências de mudança de comportamento nas instituições, visando a realização das atividades, a utilização e descarte dos materiais, o consumo de água e energia, de forma mais sustentável, além da educação ambiental incorporada nos conteúdos curriculares, na pesquisa e na extensão.

Conforme destacado nos estudos retro apresentados, as instituições de ensino são fundamentais para o desenvolvimento sustentável, devendo incorporar, em suas políticas institucionais, ações e objetivos que estejam alinhados com a sustentabilidade e, acima de tudo, colocá-los em prática na gestão da instituição, no melhor aproveitamento dos recursos naturais e financeiros, nas rotinas dos servidores e nas atividades de ensino, pesquisa e extensão.

2.2 Orçamento dos IFEs

Os IFEs desempenham papel relevante na educação pública brasileira, oferecendo, de acordo com a Plataforma Nilo Peçanha 2021 - Ano Base 2020², 4.821 cursos técnicos de nível médio (concomitante, integrado, subsequente, PROEJA concomitante e PROEJA integrado), 2.278 cursos de nível superior (bacharelado, licenciatura e tecnologia), 766 cursos de pós-graduação (doutorado, especialização *latu sensu*, mestrado e mestrado profissional) e 2.247 cursos de qualificação profissional (FIC), totalizando 1.400.589 alunos, em 2020.

De acordo com a Lei No. 11.892 (2008), os IFEs são instituições federais de ensino, que fazem parte da Rede Federal, vinculada ao MEC, oferecem educação superior, básica e profissional e são organizados em “estrutura multicampi, com proposta orçamentária anual identificada para cada campus e a reitoria, exceto no que diz respeito a pessoal, encargos sociais e benefícios aos servidores”, que são centralizados no orçamento da reitoria.

² <https://www.gov.br/mec/pt-br/pnp>

Os recursos financeiros relativos aos orçamentos dos IFEs são oriundos do MEC, que divide o orçamento entre suas secretarias, sendo que a Rede Federal está vinculada à Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC). A SETEC, por sua vez, repassa os recursos para os entes da Rede Federal, incluindo os IFEs, com base na chamada Matriz CONIF, elaborada pelo Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (CONIF). Essa matriz orçamentária leva em consideração um conjunto de dados sobre as instituições, como, por exemplo, matrículas em cada tipo de curso, bem como uma série histórica de gastos, para definição de quanto será destinado para cada uma. Os recursos são direcionados para as reitorias, que fazem a distribuição para os seus respectivos *campi* (Garozzi & Raupp, 2021; Oliveira et al., 2022).

Os IFEs “possuem natureza jurídica de autarquia, detentoras de autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar” (Lei No. 11.892, 2008). Essa autonomia permite que os gestores possam tomar decisões sobre a aplicação dos recursos, observando os limites e vinculações do orçamento estabelecidos em lei, bem como os objetivos e planos institucionais.

Conforme destacam Rocha, Rocha, Biazotto e Leite (2017), a Administração Pública deve ser a principal propulsora da mudança de comportamento para o alinhamento entre o progresso e o desenvolvimento com o equilíbrio ambiental, não apenas promovendo a consciência e participação social, mas também assumindo, em suas ações, a função de defender e preservar o meio ambiente para que possa efetuar uma gestão positiva e articulada social e ambientalmente. É necessário que os gestores públicos internalizem as questões ambientais na tomada de decisões e na execução de suas atividades diárias.

2.3 Métodos de Análise de Investimentos

Os métodos de análise de investimentos são utilizados para se avaliar a viabilidade de projetos de investimentos e embasar a tomada de decisão sobre sua implantação, ou não, do ponto de vista financeiro, além de fatores estratégicos e qualitativos que devem ser observados. Vários autores tratam sobre os recursos utilizados em análise de investimentos, entre eles, o clássico Assaf Neto.

De acordo com Assaf Neto (2014), os métodos de análise de investimentos são divididos em dois grupos, sendo um composto pelos métodos que levam em consideração o valor do dinheiro no tempo, por meio da análise de fluxos de caixa descontados, e outro composto pelos

métodos que não consideram o valor do dinheiro no tempo, analisando os dados em valores nominais.

Entre os mais utilizados, destacam-se o *payback*, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), os quais serão utilizados nas análises apresentadas na presente pesquisa, também empregados em outros estudos de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos (Costa et al., 2019; Santos, Duarte & Santos, 2019; Souza Júnior et al. 2019).

O *payback* pode ser calculado tanto em termos nominais, conhecido como *payback* simples, como levando em consideração os fluxos de caixa descontados, o chamado *payback* descontado. Seu cálculo determina o tempo necessário para que o valor do investimento seja recuperado por meio dos valores recebidos. O VPL leva em consideração o valor do dinheiro no tempo em seu cálculo, feito por meio do fluxo de caixa descontado a uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), a qual é definida pela empresa e representa o retorno mínimo pretendido com o investimento. O VPL é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios de caixa do projeto e o valor do investimento, expressando, assim, o resultado econômico atualizado. A TIR representa a taxa de desconto que iguala as entradas e as saídas de caixa, normalmente calculada com base no momento zero do investimento. Sua análise baseia-se na comparação da TIR obtida com a TMA pretendida (Assaf Neto, 2014).

Apesar de os referidos métodos serem voltados, essencialmente, para empresas privadas, que visam lucro, a aplicação de recursos de análise de investimentos em instituições públicas, que não visam lucro, como os IFEs, objeto de estudo da presente pesquisa, se faz necessária e importante para o controle e o gerenciamento da aplicação dos recursos públicos de forma eficiente. Vale destacar que, conforme abordado, além do fator financeiro, as decisões devem ser fundamentadas, também, em questões estratégicas e qualitativas, devendo o poder público levar em consideração na tomada de decisão sua função social de garantir o bem-estar da sociedade, preservar o meio ambiente e promover a educação ambiental.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de casos múltiplos, tendo como objeto de estudo os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. De acordo com Yin (2015), os estudos de casos múltiplos, por permitirem uma replicação direta e/ou uma confrontação entre os casos estudados, podem trazer conclusões analíticas mais robustas em comparação ao estudo de caso único. Ainda segundo o autor, a pesquisa de estudo de caso pode ser definida como uma investigação empírica que “investiga um fenômeno contemporâneo (o ‘caso’) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes” (Yin, 2015, p. 17).

Quanto aos seus objetivos, a pesquisa caracteriza-se como descritiva e exploratória, com o intuito de analisar o potencial de contribuição dos IFEs para a redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e como essas iniciativas impactam o aspecto financeiro dos orçamentos dessas instituições, envolvendo pesquisa bibliográfica para sua contextualização e fundamentação e pesquisa documental para o seu desenvolvimento, uma vez que os dados utilizados na pesquisa foram extraídos de documentos que ainda não receberam tratamento analítico, como as faturas de energia elétrica (Gil, 2008).

3.1 Procedimentos de Definição da Amostra

Para a seleção da amostra deste estudo, inicialmente foram levantados os dados referentes ao cenário atual da implantação de energia fotovoltaica nos 38 Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia vinculados ao MEC de acordo com o Decreto 9.660/2019, presentes nos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal, totalizando, conforme Anexo II da Portaria 713/2021 do MEC, 593 *campi* (Decreto No. 9.660, 2019; Portaria No. 713, 2021).

O levantamento de dados para a presente pesquisa se deu por meio de requisição de dados junto às instituições via o sistema governamental denominado Fala.BR - Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação³ e por meio de consulta de plataformas de dados governamentais e dos portais institucionais dos IFEs.

Os IFEs encontram-se no escopo da Lei de Acesso à Informação (LAI), portanto, qualquer interessado poderá direcionar pedido de acesso à informação aos institutos, os quais terão prazo máximo de 20 dias para resposta, prorrogável por mais 10 dias mediante

³ <https://falabr.cgu.gov.br>

justificativa, podendo o acesso ser negado apenas em casos específicos definidos na respectiva lei (Lei No. 12.527, 2011).

Nesta primeira etapa de coleta de dados, foram abertas, em março de 2022, Manifestações de Acesso à Informação, via Fala.BR, direcionadas para cada um dos 38 IFEs, solicitando a relação dos *campi*/reitoria com a informação de existência, ou não, do sistema de energia fotovoltaica e, para as unidades que tenham, a data de início da produção de energia. As respostas foram recebidas no período de março a maio de 2022, sendo que 36 IFEs encaminharam a relação solicitada e dois não o fizeram.

A Tabela 1, a seguir, apresenta a quantidade de *campi* que iniciaram a produção de energia elétrica por meio de sistema fotovoltaico em cada ano, do período de 2014, tendo em vista que, conforme respostas recebidas, o primeiro *campus* que iniciou a produção de energia fotovoltaica o fez em março de 2014, até 2021, por ser o último ano completo antes do período de requisição de dados.

Os *campi* que constavam nas respostas recebidas, mas que haviam iniciado a produção de energia fotovoltaica apenas em 2022, foram desconsiderados por estarem fora do escopo da pesquisa. Do mesmo modo, os quatro IFEs que atenderam à solicitação, mas não apontaram nenhum *campus* com início de produção até o final de 2021, também não estão listados. Sendo assim, são apresentados, na Tabela 1, os 32 IFEs que contavam com pelo menos um *campus* com sistema fotovoltaico que entrou em funcionamento até o final de 2021.

Os IFEs foram ordenados por ordem alfabética de região, Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul e, dentro de cada região, por ordem alfabética de instituto. Não foram incluídas as reitorias, uma vez que não entraram na seleção da amostra do estudo, por serem voltadas essencialmente para atividades administrativas.

Tabela 1 - Quantidade de *campi* que iniciaram a produção de energia fotovoltaica por ano

Instituto	UF	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Região Centro-Oeste				1		4	7	8	23	43
IFB	DF								9	9
IFG	GO						6	1	5	12
IFGOIANO	GO						1	2	3	6
IFMS	MS					2		5	1	8
IFMT	MT			1		2			5	8
Região Nordeste		2	4	6	19	1		9	47	88
IFAL	AL								5	5
IFBA	BA				8	1				9
IFBAIANO	BA				1					1
IFCE	CE								31	31
IFPB	PB				1				1	2
IFPI	PI			1				3	2	6
IFRN	RN	2	4	5	9					20
IFS	SE								7	7
IFSPE	PE							6	1	7
Região Norte					3	1		4	7	15
IFAC	AC								1	1
IFAP	AP							3		3
IFPA	PA								4	4
IFRO	RO								2	2
IFRR	RR				3					3
IFTO	TO					1		1		2
Região Sudeste				8	8	2	8	8	12	46
IFES	ES							4	1	5
IFFLUMINENSE	RJ				1		1		4	6
IFMG	MG			7		1	7	3		18
IFNMG	MG					1		1		2
IFSUDESTEMG	MG								2	2
IFSULDEMINAS	MG			1	7					8
IFTM	MG								5	5
Região Sul					4	3		2	19	28
IFFAR	RS							1		1
IFPR	PR					2		1		3
IFRS	RS								9	9
IFSul	RS				2				10	12
IFSC	SC				2	1				3
Total		2	4	15	34	11	15	31	108	220

Fonte: Elaborada com base nas respostas recebidas.

Com base na Tabela 1, verificou-se que 2017 foi o primeiro ano em que todas as regiões já apresentavam pelo menos um *campus* com sistema de energia fotovoltaica em funcionamento. Foi, também, um ano em que houve aumento significativo no número de *campi* iniciando a produção de energia fotovoltaica em relação aos anos anteriores. Sendo assim, 2018 configura-se como o primeiro ano em que se poderia obter os dados de geração de energia de janeiro a dezembro para todas as regiões e 2021 como o último ano completo antes do período de requisição de dados. Desta forma, a presente pesquisa teve como período de análise os anos de 2018 a 2021.

Nesse contexto, para a composição da amostra do estudo, foram selecionados dois *campi* de cada região do Brasil, sendo um *campus* que possui sistema de energia fotovoltaica que tenha entrado em funcionamento até o final de 2017 e que não tenha sido realizada ampliação do sistema até o final de 2021 e um *campus* que não possui sistema de energia fotovoltaica em funcionamento até o final de 2021.

Para a seleção da amostra, dentre os *campi* que satisfaziam os critérios anteriores, foram analisados os dados referentes ao quantitativo de professores efetivos, servidores técnicos-administrativos e matrículas em cursos presenciais, de acordo com a Plataforma Nilo Peçanha 2021 - Ano Base 2020⁴, para que fossem selecionados os *campi* que tivessem características semelhantes, sobretudo, o que tinha sistema de energia fotovoltaica e o que não tinha de cada região do Brasil. Em complemento a essa análise, buscou-se, também, após a seleção do *campus* que possuía sistema de energia fotovoltaica em funcionamento, selecionar um *campus* do mesmo estado, dentre os que não possuíam, para fazer o comparativo.

Inicialmente, foi analisado o quantitativo de usuários do *campus* da Região Centro-Oeste, que possuía apenas um que havia iniciado a geração de energia fotovoltaica até 2017, servindo de parâmetro para a escolha dos representantes das demais regiões. Nos casos em que ao final da análise dos critérios de seleção ainda havia mais de um *campus* que satisfazia os requisitos para compor a amostra, buscou-se selecionar aquele que apresentava características mais próximas dos já selecionados.

Nesta segunda etapa de coleta de dados, que ocorreu entre os meses de abril a junho de 2022, foram abertas novas Manifestações de Acesso à Informação, via Fala.BR, direcionadas aos IFEs que tiveram algum *campus* selecionado para compor a amostra do estudo, sendo que, em cada manifestação, foram especificados os *campi* dos quais os dados estavam sendo solicitados.

⁴ <https://www.gov.br/mec/pt-br/npn>

Em relação aos *campi* que não possuíam sistema de energia fotovoltaica em funcionamento, foram solicitadas as contas de energia elétrica do período de janeiro de 2018 a dezembro de 2021 para verificação do consumo de energia em kWh e valores pagos em serviços de energia elétrica.

Quanto aos *campi* que possuíam sistema de energia fotovoltaica em funcionamento, foram solicitadas as seguintes informações: data de início da produção de energia e potência do sistema fotovoltaico; se houve ou não ampliação do sistema após a implantação inicial e, no caso de ampliação, a potência e a data de início da produção de energia do novo sistema; a forma de aquisição do sistema fotovoltaico, o valor do investimento e a fonte do recurso; a quantidade de energia produzida em kWh em cada mês do período de janeiro de 2018 a dezembro de 2021; e as contas de energia elétrica do período de janeiro de 2018 a dezembro de 2021.

Inicialmente, para representar a Região Centro-Oeste, foi selecionado o *Campus* Juína do IFMT, que iniciou a produção em dezembro de 2016, por ser, conforme respostas recebidas, o único *campus* da região que havia iniciado a produção de energia fotovoltaica até 2017. Porém, em resposta à Manifestação de Acesso à Informação direcionada ao IFMT, foi informado que o *campus* estava sem acesso ao sistema de monitoramento da geração de energia, o que inviabilizou sua inclusão na amostra do estudo, por não ser possível verificar a produção mensal de energia do período analisado. Desta forma, para que a região estivesse representada na pesquisa, foi selecionado o *Campus* Três Lagoas do IFMS para substituí-lo, apesar de ter iniciado a produção de energia em abril de 2018.

Como representante do *campus* que não possuía energia fotovoltaica, foi selecionado o *Campus* Naviraí do IFMS, entretanto, em resposta à Manifestação de Acesso à Informação direcionada ao IFMS, foi informado que o *campus* não possuía acesso às contas de energia elétrica solicitadas, por estar em funcionamento em sede provisória de propriedade da Secretaria de Educação do Estado. Assim, com base na resposta do *Campus* Naviraí, foi selecionado o *Campus* Nova Andradina, também do IFMS, para representar o *campus* que não possui sistema de energia fotovoltaica em funcionamento da Região Centro-Oeste.

Como representantes da Região Nordeste, foram selecionados o *Campus* Floriano, que iniciou a produção de energia fotovoltaica em maio de 2016, e o *Campus* Parnaíba, que não possui sistema de energia fotovoltaica, ambos do IFPI.

Em relação à Região Norte, foram selecionados dois *campi* do IFRR, o *Campus* Novo Paraíso, que iniciou a produção de energia em agosto de 2017, e o *Campus* Boa Vista Zona Oeste, que não possui sistema de energia fotovoltaica, entretanto, o IFRR estava com acesso

apenas aos dados da geração total desde o início da produção de seus sistemas fotovoltaicos, tanto do *Campus* Novo Paraíso, selecionado inicialmente, quanto dos *campi* Amajari e Boa Vista, que também iniciaram a produção em 2017, não sendo possível fornecer o relatório da produção mensal de energia do período analisado, o que inviabilizou a inclusão de um dos três *campi* na amostra do estudo e, conseqüentemente, a inclusão da Região Norte na pesquisa, uma vez que, conforme respostas recebidas, o próximo *campus* a iniciar a produção de energia fotovoltaica, que foi o *Campus* Palmas do IFTO, o fez apenas em outubro de 2018.

Para representar a Região Sudeste, foram selecionados o *Campus* Governador Valadares, do IFMG, que iniciou a produção de energia fotovoltaica em junho de 2016, e o *Campus* Pirapora, do IFNMG, que não possui sistema de energia fotovoltaica. Para a Região Sul, foram selecionados dois *campi* do IFSC, sendo o *Campus* Criciúma, que iniciou a produção de energia fotovoltaica em novembro de 2017, e o *Campus* Lages, que não possui sistema de energia fotovoltaica.

Conforme Tabela 2 a seguir, a amostra será composta por oito *campi*, sendo quatro que possuem sistema de energia fotovoltaica em funcionamento, para estudo direto, e quatro que não possuem, para controle, sendo dois *campi*, um representante de cada grupo, para cada uma das regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul. Conforme exposto anteriormente, a Região Norte não foi contemplada na pesquisa em função da indisponibilidade dos dados referentes à produção de energia pelo sistema fotovoltaico dos *campi* que poderiam compor a amostra do estudo.

3.2 Amostra

A Tabela 2 apresenta a caracterização da amostra do estudo quanto ao quantitativo de professores efetivos, servidores técnicos-administrativos e matrículas em cursos presenciais, de acordo com a Plataforma Nilo Peçanha 2021 - Ano Base 2020⁵, bem como, para os *campi* que possuem sistema fotovoltaico, o ano de início da produção de energia e a potência do sistema.

⁵ <https://www.gov.br/mec/pt-br/npn>

Tabela 2 - Caracterização da amostra

Região	Instituto	Campus	UF	Usuários*	Início da produção de energia	Potência do sistema fotovoltaico
Centro-Oeste	IFMS	Três Lagoas (IFMS-1)	MS	1308	2018	70 kWp
	IFMS	Nova Andradina (IFMS-2)	MS	1001	-	-
Nordeste	IFPI	Floriano (IFPI-1)	PI	1470	2016	150 kWp
	IFPI	Parnaíba (IFPI-2)	PI	1509	-	-
Sudeste	IFMG	Governador Valadares (IFMG-1)	MG	1329	2016	26 kWp
	IFNMG	Pirapora (IFNMG-2)	MG	1499	-	-
Sul	IFSC	Criciúma (IFSC-1)	SC	1857	2017	73,28 kWp
	IFSC	Lages (IFSC-2)	SC	1705	-	-

*Quantitativo de Professores efetivos, Técnicos-administrativos e matrículas em cursos presenciais, de acordo com a Plataforma Nilo Peçanha 2021 - Ano Base 2020.

Fonte: Elaborada com base nas respostas recebidas e em MEC (n.d.).

A fim de facilitar a identificação dos *campi* que compõem a amostra em relação à região em que está localizado e a possuir ou não sistema de energia fotovoltaica, serão utilizados, para apresentá-los no decorrer da pesquisa, a sigla do instituto ao qual o *campus* pertence, por terminar com o estado em que está localizado, seguida pelo número 1 no caso de possuir energia fotovoltaica ou 2 no caso de não possuir sistema fotovoltaico, conforme exposto na Tabela 2.

As figuras a seguir mostram as usinas fotovoltaicas instaladas nos *campi* IFMS-1, IFPI-1, IFSC-1 e IFMG-1. Observa-se, na Figura 2, que o IFMS-1, além dos painéis fotovoltaicos instalados no telhado, apresenta um módulo instalado no solo, utilizado, também, para fins pedagógicos (IFMS, 2019).

Figura 2 - Usina fotovoltaica do IFMS-1



Fonte: IFMS, 2019.

Figura 3 - Usina fotovoltaica do IFPI-1



Fonte: IFPI, 2019.

Figura 4 - Usina fotovoltaica do IFSC-1



Fonte: Jornalismo IFSC, 2018.

Figura 5 - Usina fotovoltaica do IFMG-1



Fonte: IFMG, 2021.

3.3 Procedimentos de Coleta, Tabulação e Análise de Dados

Para a análise dos dados recebidos por meio da plataforma Fala.BR, inicialmente foi feita a tabulação utilizando-se o *software Microsoft Excel*. Foram tabulados os dados referentes ao consumo de energia elétrica de cada mês do período de janeiro de 2018 a dezembro de 2021 de cada *campus* estudado, bem como os dados relativos à produção de energia dos *campi* que possuem sistema fotovoltaico.

Os *campi* que compõem a amostra do estudo estão inseridos na Modalidade Tarifária do Grupo A, composto pelas unidades consumidoras de Alta Tensão, Média Tensão e sistemas subterrâneos. Apresentam como Postos Tarifários o Horário de Ponta, definido como o período diário de três horas consecutivas, exceto sábados, domingos e feriados nacionais, e o Horário Fora de Ponta, definido como o período diário composto pelas horas consecutivas que não fazem parte do Horário de Ponta. Os Postos Tarifários são definidos por distribuidora, no processo de revisão tarifária periódica (ANEEL, 2022a, 2022b).

A partir das 384 faturas de energia elétrica, recebidas por meio da plataforma Fala.BR, relativas aos 48 meses do período de análise, de janeiro de 2018 a dezembro de 2021, dos oito *campi* que compõem a amostra do estudo, foram extraídas as informações de mês de referência da fatura, data de leitura, consumo de energia em kWh, tarifa unitária e valor total do Horário de Ponta e do Horário Fora de Ponta, sendo que, em alguns casos, a fatura apresentava mais de uma tarifa para o Horário de Ponta e/ou para o Horário Fora de Ponta, tendo sido separadas na tabulação. Para os *campi* que apresentavam energia fotovoltaica, foram extraídas, também, as informações sobre a quantidade de energia em kWh injetada na rede, a tarifa unitária e o valor total descontado, no Horário de Ponta e no Horário Fora de Ponta.

O período de consumo, devido à data da leitura apresentada nas contas de energia elétrica, não necessariamente coincide com o intervalo do primeiro ao último dia de cada mês. Desta forma, para a presente pesquisa, foi necessário fazer um ajuste entre o mês de referência da conta de energia elétrica e o mês de referência da pesquisa. Buscou-se utilizar, para cada mês da pesquisa, a conta de energia em que o período de leitura englobava o maior número de dias daquele referido mês.

A quantidade total de energia elétrica produzida pelo sistema fotovoltaico, que engloba a energia consumida simultaneamente e a energia excedente injetada na rede, foi retirada dos relatórios de produção mensal de energia enviados pelos IFEs que compõem a amostra.

Para a identificação das reduções de emissão de CO₂ na atmosfera, decorrentes da produção de energia fotovoltaica pelas instituições, foram utilizados os Fatores de emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil, divulgados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), calculados pelo método da análise de despacho, conforme ferramenta metodológica aprovada pelo Conselho Executivo do MDL (MCTI, n.d.).

De acordo com a Ferramenta para calcular o fator de emissão para um sistema elétrico, o Fator de Emissão da Margem Combinada de um sistema elétrico é uma média ponderada entre o Fator de Emissão da Margem de Operação e o Fator de Emissão da Margem de Construção. Para atividades de geração de energia solar, por conta de sua natureza intermitente e não despachável, tanto para o primeiro período quanto para os períodos subsequentes, utiliza-se a ponderação de 0,75 para a Margem de Operação e 0,25 para a Margem de Construção (UNFCCC, 2018).

A Tabela 3 apresenta a média anual dos Fatores de emissão de CO₂ da Margem de Operação e da Margem de Construção, dos anos de 2018 a 2021, divulgados pelo MCTI, bem

como os Fatores de Emissão da Margem Combinada, calculados com base na ponderação acima descrita.

Tabela 3 - Fatores de Emissão de CO₂

Ano	Fator de Emissão Médio da Margem de Operação (tCO ₂ /MWh)	Fator de Emissão Médio da Margem de Construção (tCO ₂ /MWh)	Fator de Emissão da Margem Combinada (tCO ₂ /MWh)
	A	B	$C=(A*0,75)+(B*0,25)$
2018	0,5390	0,1370	0,4385
2019	0,5181	0,1020	0,4141
2020	0,4539	0,0979	0,3649
2021	0,5985	0,0540	0,4624

Fonte: Elaborada com base em MCTI (2018, 2019, 2020, 2021) e UNFCCC (2018).

Os Fatores de Emissão da Margem Combinada foram multiplicados pelo total de energia gerada em cada ano pelos *campi* estudados, resultando na quantidade de toneladas de CO₂ que se deixou de emitir na atmosfera, pelo fato de as instituições terem produzido essa energia por meio de seus sistemas fotovoltaicos em vez de adquirirem da companhia de energia elétrica, conforme apresentado na Tabela 4.

Para a análise da economia gerada pela implantação de energia fotovoltaica, foram considerados os dados referentes à produção de energia pelas instituições e ao consumo de energia fornecida pela companhia de energia elétrica, conforme exposto na Tabela 8. Do total de energia gerada pelo sistema fotovoltaico, uma parte é consumida simultaneamente pela instituição e a quantidade excedente é injetada na rede da distribuidora de energia elétrica. Para essa parcela da energia gerada que foi injetada na rede, considerou-se o valor total do desconto obtido na conta de energia elétrica, apresentado na coluna D.

Do total de energia gerada pelo sistema fotovoltaico (coluna A), foi subtraída a quantidade de energia em kWh injetada na rede (coluna B), resultando na quantidade de energia gerada consumida simultaneamente, apresentada na coluna C. Essa energia gerada e consumida foi multiplicada pelo valor, em Reais, pago pelo kWh fornecido pela companhia de energia elétrica no Horário Fora de Ponta, a fim de se identificar quanto esta energia produzida teria custado para a instituição, caso tivesse sido adquirida da companhia de energia elétrica, e, conseqüentemente, quanto foi economizado no processo, conforme apresentado na coluna E.

Foram consideradas as tarifas do Horário Fora de Ponta, visto que o maior consumo de energia dos *campi* estudados se deu neste período, de acordo com os dados apresentados nas

faturas de energia elétrica. Foi considerada, também, a informação disponível nas faturas do IFMG-1 de que o Horário de Ponta é das 17 horas até às 20 horas, o que indica que a produção de energia fotovoltaica ocorre em sua maior parte durante o Horário Fora de Ponta.

Ressalta-se que os relatórios de geração de energia recebidos não detalham o horário da produção de energia, não permitindo a separação da energia fotovoltaica consumida entre Horário de Ponta e Horário Fora de Ponta, tornando, assim, a estimativa de economia adotada mais conservadora, visto que a tarifa do Horário Fora de Ponta é inferior à tarifa do Horário de Ponta.

Na coluna F da Tabela 8 é apresentada a economia total gerada pela produção de energia fotovoltaica, representada pela somatória do desconto obtido na conta de energia elétrica pela energia produzida que foi injetada na rede (coluna D) e do valor que se deixou de pagar pela energia produzida e consumida simultaneamente (coluna E).

A referida Tabela 8 apresenta as estimativas de economia feitas com base na tarifa média anual de cada *campus*, uma vez que, considerando a somatória dos quatro anos, a diferença entre o cálculo feito pela tarifa média anual em relação ao cálculo pela tarifa mensal foi de menos de 1%. Considerou-se a maior tarifa de cada período, visto que, conforme exposto anteriormente, em alguns casos, a conta apresentava mais de uma tarifa. Para os meses em que esta não era apresentada, para que fosse possível seguir o mesmo padrão de valores, foi feita a média entre as tarifas do mês anterior e do posterior.

Com base na média anual da economia gerada com a utilização do sistema fotovoltaico, conforme apresentado na coluna F da Tabela 8, foi feita a análise, em valores nominais, da relação entre a economia total gerada ao longo da vida útil do sistema e o respectivo investimento, conforme apresentado na Tabela 11.

Para os cálculos, foi considerada, para os sistemas fotovoltaicos, uma vida útil de 25 anos, também utilizada por Moraes, Moraes e Barbosa (2019) e por Santos et al. (2019).

Utilizando os recursos tradicionais de análise de investimentos, a fim de se verificar o custo-benefício levando-se em consideração o valor do dinheiro no tempo, foram calculados, no *software Microsoft Excel*, o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* descontado, medido em valores atualizados, de cada um dos *campi* que compõem a amostra do estudo e possuem sistema de energia fotovoltaica instalado (Assaf Neto, 2014).

Visto que foram analisados, no escopo da presente pesquisa, os anos de 2018 a 2021, os valores de investimento foram corrigidos, da data do empenho referente ao sistema fotovoltaico, até dezembro de 2017, com base no IPCA, por meio da Calculadora do Cidadão do Banco

Central do Brasil⁶, a fim de equalizar a análise do custo-benefício para os quatro *campi* estudados.

No que tange à economia gerada pelo sistema fotovoltaico, utilizou-se, para os quatro anos estudados, a economia apurada em cada ano, conforme apresentado na Tabela 8. Para a projeção dos 21 anos seguintes, considerando a vida útil de 25 anos, foi feita a multiplicação das estimativas da quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico e da tarifa de energia elétrica do Horário Fora de Ponta. Considerou-se uma taxa de perda de potência dos módulos fotovoltaicos na geração de energia de 0,8% ao ano, semelhante à considerada por Morais et al. (2019), partindo da média da geração anual dos quatro anos estudados. Para a atualização da tarifa de 2021 para os próximos anos, foi utilizada a média dos reajustes e revisões tarifárias anuais, para clientes de alta tensão, das respectivas companhias de energia elétrica fornecedoras de cada um dos *campi*, do período de 2013 a 2021, uma vez que são disponibilizados somente os dados a partir do ano de 2013 em ANEEL (2022c).

Os valores dos reajustes e revisões tarifárias anuais foram obtidos por meio das Resoluções Homologatórias da ANEEL disponíveis no banco de dados “Consulte aqui as memórias de cálculo dos processos tarifários homologados a partir de 2013⁷” (ANEEL, 2022c). Como filtro, utilizou-se, de forma alternada visto que o sistema permite apenas a seleção de um item por vez, na Categoria do Agente: Concessionária de Distribuição; no Agente: ELEKTRO, Equatorial PI, CEMIG-D e CELESC-DIS; no Tipo de Processo: Reajuste e Revisão; no Ano: 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021.

Como Taxa Mínima de Atratividade (TMA), por se tratar de instituições federais de ensino com orçamento oriundo do Governo Federal, considerou-se o Custo Médio da Dívida Pública Federal referente ao mês do empenho, obtido por meio do respectivo Relatório Mensal da Dívida Pública Federal (Secretaria do Tesouro Nacional, 2015a, 2015b, 2016, 2017). Foi considerado o empenho relativo ao sistema fotovoltaico de cada um dos *campi* analisados como referência por ser a data específica, a qual foi possível obter a informação para os quatro casos estudados, que mais se aproxima do momento da tomada de decisão do gestor para a implantação da energia fotovoltaica.

Para fazer a inferência do potencial de contribuição do conjunto dos IFEs do Brasil para o processo de redução das emissões de GEEs e para a economia financeira, foram utilizadas as

6

<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>

⁷ https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_liferay/tarifa/

médias dos resultados alcançados, ao longo dos quatro anos de análise da presente pesquisa, pelos *campi* da amostra que possuem sistema de energia fotovoltaica em funcionamento, as quais foram multiplicadas por 593, que corresponde ao número total de *campi* dos 38 IFEs do Brasil, conforme Anexo II da Portaria 713/2021 do MEC (Portaria No. 713, 2021). Ressalta-se que, devido a análise ser baseada na média dos resultados obtidos pelos quatro *campi* da amostra que possuem sistema fotovoltaico em funcionamento, de um total de 593 *campi*, o objetivo da pesquisa é analisar o potencial de contribuição que poderia ser obtido, em um cenário hipotético, no qual o conjunto dos IFEs atingisse uma média de resultados semelhante à apresentada pela amostra do estudo, não tendo, desta forma, a pretensão de fazer uma generalização estatística dos resultados. As projeções da quantidade de toneladas de CO₂ que poderiam ser evitadas, da economia que poderia ser gerada em valores nominais e da economia medida em valores atualizados são apresentadas, respectivamente, nas tabelas 6, 9 e 17.

4 ANÁLISE DOS DADOS

A Tabela 4 a seguir apresenta as toneladas de CO₂ (tCO₂) evitadas pela produção de energia fotovoltaica, conforme cálculo exposto no item 3.3 Procedimentos de Coleta, Tabulação e Análise de Dados. Tendo em vista que o Fator de Emissão da Margem Combinada se refere à tCO₂/MWh, especificamente para o cálculo das emissões, a quantidade de energia fotovoltaica gerada foi convertida para MWh, conforme apresentado na coluna A. Nas demais tabelas e análises, os dados são apresentados em kWh para manter o padrão das contas de energia elétrica.

Tabela 4 - Emissões de CO₂ evitadas pela produção de energia fotovoltaica

<i>Campus</i>	<i>Ano</i>	Energia fotovoltaica gerada (MWh)	Fator de Emissão da Margem Combinada (tCO₂/MWh)	tCO₂ evitadas
		A	B	C=(A*B)
IFMS-1	2018	76,33	0,4385	33,47
	2019	104,39	0,4141	43,22
	2020	99,94	0,3649	36,47
	2021	95,57	0,4624	44,19
	Total	376,23		157,36
IFPI-1	2018	249,54	0,4385	109,43
	2019	254,48	0,4141	105,37
	2020	230,78	0,3649	84,21
	2021	202,14	0,4624	93,47
	Total	936,94		392,48
IFMG-1	2018	37,74	0,4385	16,55
	2019	39,99	0,4141	16,56
	2020	35,35	0,3649	12,90
	2021	33,29	0,4624	15,39
	Total	146,37		61,40
IFSC-1	2018	95,11	0,4385	41,71
	2019	86,37	0,4141	35,76
	2020	90,66	0,3649	33,08
	2021	83,84	0,4624	38,77
	Total	355,98		149,32
Total geral		1.815,52		760,56
Média geral		453,88		190,14
Média anual		113,47		47,54

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

Ao gerar energia por meio do sistema fotovoltaico, as instituições deixam de adquirir da companhia de energia elétrica essa quantidade de energia produzida e consumida simultaneamente, contribuindo para a redução das emissões de GEEs. A parcela excedente da energia gerada é injetada na rede, fornecendo energia renovável para a companhia de energia elétrica.

A Tabela 4 destaca as toneladas de CO₂ que foram evitadas no período analisado, variando de 61,40 toneladas do IFMG-1 a 392,48 toneladas do IFPI-1. Com a produção de energia fotovoltaica ao longo dos quatro anos, os *campi* estudados contribuíram com a redução de emissões de 760,56 toneladas de CO₂.

Na Tabela 5 a seguir é apresentada a relação entre a produção de energia fotovoltaica e o consumo total de energia, demonstrando quanto do consumo em kWh dos *campi* é suprido pela produção própria de energia consumida simultaneamente, conforme coluna G, bem como a representatividade da geração total de energia, incluindo também a energia excedente que é injetada na rede, em relação ao consumo total de energia, demonstrada na coluna F.

Analisando as tabelas 4 e 5 em conjunto, a fim de se verificar quanto se deixou de emitir de CO₂ na atmosfera com a produção de energia fotovoltaica e quanto essa energia menos impactante ambientalmente representa do consumo total de energia elétrica, observa-se que na soma dos quatro *campi* estudados, a geração de energia fotovoltaica representa 44,31% do consumo total, com a contribuição de 760,56 tCO₂ evitadas.

Tabela 5 - Relação entre a produção de energia fotovoltaica e o consumo total de energia

Ano	Energia fotovoltaica gerada (kWh)	Energia fotovoltaica injetada (kWh)	Energia fotovoltaica consumida (kWh)	Consumo HP + HFP (kWh)	Consumo Total (kWh)	Energia fotovoltaica gerada em relação ao Consumo Total (%)	Energia fotovoltaica consumida em relação ao Consumo Total (%)	
	A	B	C=(A-B)	D	E=(C+D)	F=(A/E)	G=(C/E)	
IFMS-1	2018	76.330	19.867	56.463	242.722	299.185	25,51%	18,87%
	2019	104.390	24.881	79.509	265.876	345.385	30,22%	23,02%
	2020	99.940	50.448	49.492	157.760	207.252	48,22%	23,88%
	2021	95.570	44.880	50.690	124.319	175.009	54,61%	28,96%
	Total	376.230	140.076	236.154	790.677	1.026.831	36,64%	23,00%
IFPI-1	2018	249.536	65.897	183.639	372.493	556.132	44,87%	33,02%
	2019	254.476	77.749	176.727	303.406	480.133	53,00%	36,81%
	2020	230.783	117.905	112.878	132.550	245.428	94,03%	45,99%
	2021	202.140	117.251	84.889	117.251	202.140	100,00%	42,00%
	Total	936.935	378.802	558.133	925.700	1.483.833	63,14%	37,61%
IFMG-1	2018	37.743	2.450	35.293	265.650	300.943	12,54%	11,73%
	2019	39.987	2.800	37.187	249.200	286.387	13,96%	12,98%
	2020	35.349	6.300	29.049	108.850	137.899	25,63%	21,07%
	2021	33.291	5.600	27.691	89.250	116.941	28,47%	23,68%
	Total	146.370	17.150	129.220	712.950	842.170	17,38%	15,34%
IFSC-1	2018	95.114	20.027	75.087	182.598	257.685	36,91%	29,14%
	2019	86.368	23.033	63.335	173.507	236.842	36,47%	26,74%
	2020	90.659	45.932	44.727	81.412	126.139	71,87%	35,46%
	2021	83.839	41.475	42.364	81.144	123.508	67,88%	34,30%
	Total	355.981	130.467	225.514	518.661	744.175	47,84%	30,30%
Total	1.815.516	666.495	1.149.021	2.947.988	4.097.009	44,31%	28,05%	

Consumo HP + HFP (kWh) = Quantidade de kWh adquiridos da companhia de energia elétrica no Horário de Ponta e no Horário Fora de Ponta, conforme consumo apresentado nas contas de energia elétrica.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

Conforme exposto na Tabela 5, considerando o total dos quatro anos analisados, o IFMS-1 contou com 23% do seu consumo de energia elétrica suprido pela produção própria de energia, sendo que sua produção total, incluindo a energia injetada, corresponde a 36,64% de

seu consumo, evitando a emissão de 157,36 tCO₂, descrita na Tabela 4. Já o IFPI-1 produziu no total o correspondente a 63,14% de seu consumo, tendo absorvido 37,61% e o restante injetado na rede da distribuidora local, com uma contribuição de 392,48 tCO₂ evitadas. O IFMG-1, *campus* que apresenta a menor potência instalada da amostra, gerou 17,38% de energia fotovoltaica em relação ao total consumido e absorveu 15,34% no seu consumo e 61,40 tCO₂ evitadas. Em relação ao IFSC-1, a energia fotovoltaica gerada corresponde a 47,84% do consumo total, 30,30% absorvida no consumo próprio e 149,32 tCO₂ evitadas.

Levando-se em consideração a média anual da quantidade de emissões de CO₂ evitadas pelos *campi* que compõem a amostra, com base nos dados apresentados na Tabela 4, foi feita a projeção de quanto os 593 *campi* vinculados aos 38 IFEs do Brasil poderiam contribuir para o processo de redução de emissões de GEEs, conforme apresentado na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Projeção das emissões de CO₂ que poderiam ser evitadas com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 *campi* dos IFEs do Brasil

Quantidade de <i>campi</i>	Média anual de tCO ₂ evitadas	Total de tCO ₂ que poderiam ser evitadas por ano	Vida útil do sistema fotovoltaico (anos)	tCO ₂ que poderiam ser evitadas ao longo dos 25 anos
A	B	C=A*B	D	E=C*D
593	47,54	28.191,22	25	704.780,50

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 6, se os IFEs do Brasil investissem na implantação de energia fotovoltaica, de forma que o conjunto dos 593 *campi* atingisse uma média anual semelhante à apresentada pela amostra deste estudo, de 47,54 tCO₂ evitadas, poderiam contribuir, ao longo da vida útil estimada dos painéis fotovoltaicos de 25 anos, com uma redução de emissões em torno de 704.780,50 tCO₂, o que poderia colaborar para que o país atingisse suas metas de reduções de emissões de GEEs.

A Tabela 7, a seguir, destaca o comparativo do consumo total de energia elétrica entre os *campi* da amostra que possuem sistema de energia fotovoltaica em funcionamento e os respectivos *campi* que não possuem, conforme região do Brasil em que estão localizados.

Tabela 7 - Comparativo do consumo de energia elétrica entre os *campi* que possuem sistema de energia fotovoltaica e os que não possuem

<i>Campi com sistema fotovoltaico</i>	Ano	Consumo Total (kWh)	Consumo HP + HFP (R\$)	<i>Campi sem sistema fotovoltaico</i>	Ano	Consumo HP + HFP (kWh)	Consumo HP + HFP (R\$)
		A	B			C	D
IFMS-1	2018	299.185	125.907,07	IFMS-2	2018	227.865	108.885,14
	2019	345.385	153.304,22		2019	234.278	144.284,42
	2020	207.252	83.472,09		2020	162.378	101.417,06
	2021	175.009	69.597,65		2021	139.088	88.313,36
	Total	1.026.831	432.281,03		Total	763.609	442.899,98
IFPI-1	2018	556.132	290.542,03	IFPI-2	2018	443.146	301.984,22
	2019	480.133	245.908,74		2019	380.246	274.558,20
	2020	245.428	77.915,30		2020	137.564	82.580,66
	2021	202.140	56.424,20		2021	121.563	78.697,99
	Total	1.483.833	670.790,27		Total	1.082.519	737.821,07
IFMG-1	2018	300.943	146.957,93	IFNMG-2	2018	274.167	142.923,25
	2019	286.387	148.276,24		2019	336.282	201.743,07
	2020	137.899	59.719,52		2020	170.970	86.763,52
	2021	116.941	56.834,36		2021	122.385	78.115,81
	Total	842.170	411.788,05		Total	903.804	509.545,65
IFSC-1	2018	257.685	129.130,85	IFSC-2	2018	230.267	151.876,74
	2019	236.842	122.450,42		2019	218.185	144.529,40
	2020	126.139	53.983,06		2020	134.459	79.849,13
	2021	123.508	54.595,72		2021	123.507	77.461,91
	Total	744.175	360.160,05		Total	706.418	453.717,18
Total	4.097.009	1.875.019,40	Total	3.456.350	2.143.983,88		

Consumo Total (kWh) = Energia fotovoltaica consumida (kWh) + Consumo HP + HFP (kWh), conforme exposto na coluna E da Tabela 5.

Consumo HP + HFP (kWh) = Quantidade de kWh adquiridos da companhia de energia elétrica no Horário de Ponta e no Horário Fora de Ponta, conforme consumo apresentado nas contas de energia elétrica.

Consumo HP + HFP (R\$) = Valor pago em Reais correspondente ao Consumo HP + HFP (kWh).

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

De acordo com os dados da Tabela 7, os *campi* que possuem sistema de energia fotovoltaica, apesar de apresentarem consumo total maior em kWh em relação aos que não possuem, com exceção apenas do IFMG-1, tiveram um gasto menor relativo ao consumo de energia, uma vez que parte desse consumo foi oriundo de produção própria, o que trouxe um benefício financeiro para as instituições, por precisarem adquirir uma quantidade menor de kWh da companhia de energia elétrica.

Considerando o total geral dos quatro *campi* de cada grupo, os que possuem energia fotovoltaica consumiram um total de 4.097.009 kWh e despenderam R\$ 1.875.019,40, enquanto o grupo dos que não possuem sistema fotovoltaico consumiram um total de 3.456.350 kWh e despenderam R\$ 2.143.983,88. Ressalta-se que, conforme exposto anteriormente no item 3.1 Procedimentos de Definição da Amostra, foram selecionados *campi* de portes semelhantes, com base na quantidade de usuários, para permitir aproximação na comparação dos resultados.

Analisando os dados apresentados nas colunas A e C da Tabela 7, observa-se que houve uma diminuição significativa no consumo total de energia elétrica em kWh dos *campi* analisados, nos anos de 2020 e 2021 em relação aos anos de 2018 e 2019. O referido período coincide com o isolamento social decorrente da pandemia mundial de Covid 19, que ocasionou o fechamento das instituições de ensino.

A Tabela 8, a seguir, apresenta a economia gerada pela produção de energia fotovoltaica, considerando o desconto obtido pela energia injetada na rede e o valor que seria pago pela energia que foi gerada e consumida simultaneamente, caso fosse adquirida da companhia de energia elétrica, conforme cálculo detalhado no item 3.3 Procedimentos de Coleta, Tabulação e Análise de Dados.

Tabela 8 - Economia gerada pela produção de energia fotovoltaica

<i>Campus</i>	Ano	Energia fotovoltaica gerada (kWh)	Energia fotovoltaica injetada (kWh)	Energia fotovoltaica consumida (kWh)	Valor desconto energia injetada (R\$)	Economia estimada com base na tarifa HFP (R\$)	Economia total HFP + Injetada (R\$)
		A	B	C=(A-B)	D	E=(C*THFP)	F=(D+E)
IFMS-1	2018	76.330	19.867	56.463	8.326,41	18.212,00	26.538,41
	2019	104.390	24.881	79.509	9.137,18	28.821,60	37.958,78
	2020	99.940	50.448	49.492	17.794,97	15.502,74	33.297,71
	2021	95.570	44.880	50.690	14.616,55	16.766,58	31.383,13
	Total	376.230	140.076	236.154	49.875,11	79.302,92	129.178,03
	Média	94.058	35.019	59.039	12.468,78	19.825,73	32.294,51
IFPI-1	2018	249.536	65.897	183.639	20.123,94	88.258,33	108.382,27
	2019	254.476	77.749	176.727	28.641,24	87.947,62	116.588,86
	2020	230.783	117.905	112.878	55.950,73	51.596,10	107.546,83
	2021	202.140	117.251	84.889	56.424,2	38.674,49	95.098,69
	Total	936.935	378.802	558.133	161.140,11	266.476,54	427.616,65
	Média	234.234	94.701	139.533	40.285,03	66.619,13	106.904,16
IFMG-1	2018	37.743	2.450	35.293	830,38	13.103,51	13.933,89
	2019	39.987	2.800	37.187	1.114,82	14.920,34	16.035,16
	2020	35.349	6.300	29.049	2.259,52	11.533,67	13.793,19
	2021	33.291	5.600	27.691	2.216,54	12.925,81	15.142,35
	Total	146.370	17.150	129.220	6.421,26	52.483,34	58.904,60
	Média	36.592	4.288	32.305	1.605,32	13.120,83	14.726,15
IFSC-1	2018	95.114	20.027	75.087	7.391,84	35.826,56	43.218,40
	2019	86.368	23.033	63.335	7.956,48	30.452,50	38.408,98
	2020	90.659	45.932	44.727	17.014,85	19.897,19	36.912,04
	2021	83.839	41.475	42.364	16.040,98	20.291,01	36.331,99
	Total	355.981	130.467	225.514	48.404,15	106.467,25	154.871,40
	Média	88.995	32.617	56.378	12.101,04	26.616,81	38.717,85
Total geral	1.815.516	666.495	1.149.021	265.840,63	504.730,05	770.570,68	
Média geral	453.879	166.624	287.255	66.460,16	126.182,51	192.642,67	
Média anual	113.470	41.656	71.814	16.615,04	31.545,63	48.160,67	

THFP = Tarifa média anual do Horário Fora de Ponta.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

Conforme apresentado na Tabela 8, os *campi* analisados economizaram, em conjunto, na soma dos quatro anos, um total de R\$ 770.570,68, o que corresponde a 41% do valor total pago pelo consumo de energia de R\$ 1.875.019,40, apresentado na coluna B da Tabela 7.

Nota-se que, mesmo com a considerável redução no consumo de energia, tanto na parcela de energia produzida que é consumida simultaneamente, quanto na quantidade de kWh adquiridos da companhia de energia elétrica, nos anos de 2020 e 2021, evidenciada na Tabela 7, a economia total gerada pela produção de energia fotovoltaica, conforme apresentado na coluna F da Tabela 8, não sofreu alterações significativas. Isso ocorre visto que a energia produzida que não foi consumida simultaneamente foi injetada na rede, gerando desconto na conta de energia elétrica, o que demonstra que nos dois cenários os *campi* obtiveram os benefícios econômicos da geração de energia fotovoltaica.

A Tabela 9, a seguir, apresenta a projeção da economia que poderia ser gerada com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 *campi* dos IFEs do Brasil, medida em valores nominais, considerando a média anual da economia total dos *campi* que compõem a amostra, com base nos dados apresentados na coluna F da Tabela 8.

Tabela 9 - Projeção da economia que poderia ser gerada com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 *campi* dos IFEs do Brasil, medida em valores nominais

Quantidade de <i>campi</i>	Média anual da Economia total HFP + Injetada (R\$)	Economia que poderia ser gerada por ano (R\$)	Vida útil do sistema fotovoltaico (anos)	Economia total que poderia ser gerada (R\$)
A	B	C=A*B	D	E=C*D
593	48.160,67	28.559.277,31	25	713.981.932,75

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

A Tabela 9 demonstra que, considerando um cenário em que o conjunto dos 593 *campi* implantasse energia fotovoltaica de forma que atingisse uma média anual semelhante à apresentada pela amostra deste estudo, poderia ser gerada uma economia anual de R\$ 28.559.277,31 e uma economia total, ao longo da vida útil estimada dos painéis fotovoltaicos, de R\$ 713.981.932,75. Esses valores que deixariam de ser utilizados para o pagamento de energia elétrica poderiam ser direcionados para o custeio de outras ações.

A seguir, na Tabela 10, são apresentados os dados sobre o processo de implantação do sistema de energia fotovoltaica nos *campi* estudados, contendo informações quanto ao valor do investimento, à data em que ocorreu o empenho, à fonte do recurso, à potência do sistema e ao

início da produção de energia, conforme processo de coleta de dados discriminado no tópico 3.1 Procedimentos de Definição da Amostra.

Tabela 10 - Dados da implantação do sistema de energia fotovoltaica

<i>Campus</i>	Valor do Investimento (R\$)	Data do empenho	Fonte do Recurso	Potência do sistema fotovoltaico	Início da produção de energia
IFMS-1	467.438,56	11/08/2017	Recurso da Reitoria - LOA 2017 IFMS	70 kWp	04/2018
IFPI-1	1.150.500,00	28/10/2015	Recurso próprio do <i>Campus</i> , mediante descentralização de créditos orçamentários por parte da Reitoria	150 kWp	05/2016
IFMG-1	191.750,00	10/11/2015	Recurso proveniente da Reitoria	26 kWp	07/2016
IFSC-1	442.034,29	24/11/2016	Recurso de Emenda Parlamentar	73,28 kWp	11/2017

Fonte: Elaborada com base nas respostas recebidas e nas Notas de Empenho apresentadas no APÊNDICE A.

A Tabela 10 evidencia as diversas formas de viabilização da implantação de sistemas de energia fotovoltaica, com recursos advindos de diferentes fontes, como recursos próprios do *campus*, recursos provenientes da reitoria e recursos de emenda parlamentar. Como exemplo de financiamento de recursos próprios do *campus*, pode-se destacar o IFPI-1, que investiu mais de um milhão de Reais na implementação de seu sistema. Enquanto o IFMS-1 e o IFMG-1 representam exemplos de financiamento provenientes de suas reitorias. No caso do IFSC-1, a forma de aquisição de seu sistema recebeu aporte financeiro de recursos de emenda parlamentar.

Outro ponto que merece destaque é a relação diretamente proporcional entre a potência do sistema e o valor do investimento, tendo em vista que quanto maior a potência do sistema, visando uma maior geração de energia, maior a necessidade de investimento.

A Tabela 11, a seguir, apresenta a relação, considerando os valores nominais, entre a economia total gerada ao longo da vida útil do sistema fotovoltaico e o respectivo investimento, calculada com base na média anual da economia gerada, conforme apresentado na coluna F da Tabela 8.

Tabela 11 - Relação entre a economia gerada e o investimento, em valores nominais

<i>Campus</i>	Média anual da Economia total HFP + Injetada (R\$)	Vida útil do sistema fotovoltaico (anos)	Economia total gerada (R\$)	Valor do Investimento (R\$)	Relação entre a economia gerada e o investimento	Tempo de retorno do investimento (anos)
	A	B	C=A*B	D	E=C/D	F=D/A
IFMS-1	32.294,51	25	807.362,75	467.438,56	1,73	14,47
IFPI-1	106.904,16	25	2.672.604,00	1.150.500,00	2,32	10,76
IFMG-1	14.726,15	25	368.153,75	191.750,00	1,92	13,02
IFSC-1	38.717,85	25	967.946,25	442.034,29	2,19	11,42

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

No que se refere à implantação dos sistemas de energia fotovoltaica por parte dos quatro *campi* analisados, a Tabela 11 demonstra que, considerando dados nominais, os investimentos se apresentaram viáveis financeiramente, visto que o valor investido seria recuperado em um período que varia entre 10,76 e 14,47 anos, sendo que os benefícios de redução de gastos com energia elétrica continuariam até o final da vida útil dos sistemas de 25 anos.

Outro aspecto que evidencia essa viabilidade financeira é a relação entre a economia gerada e o investimento que foi positiva para todos os casos, mostrando, por exemplo, que cada R\$ 1,00 investido pelo IFPI-1 corresponde a R\$ 2,32 de economia financeira. Essa economia faz com que o *campus* possa utilizar esse recurso para outros objetivos, ajudando na gestão dos recursos públicos.

As tabelas 12, 13, 14 e 15 a seguir apresentam as análises dos investimentos, considerando o valor do dinheiro no tempo, dos quatro *campi* estudados, com o VPL, a TIR e o *Payback* descontado, calculados com base nos parâmetros detalhados no item 3.3 Procedimentos de Coleta, Tabulação e Análise de Dados. Na Tabela 16 é apresentada uma síntese das análises do custo-benefício dos sistemas fotovoltaicos ao longo dos 25 anos de vida útil, destacando, também, a relação entre a economia total gerada e o investimento, em valores atualizados, e as toneladas de CO₂ que deixariam de ser emitidas no processo de geração de energia elétrica ao longo da vida útil dos sistemas.

Tabela 12 - Análise do investimento do IFMS-1

Ano	Energia fotovoltaica gerada* (kWh)	Tarifa Horário Fora de Ponta** (R\$)	Economia gerada (R\$)	Fluxo de caixa descontado***** (R\$)	Fluxo de caixa acumulado (R\$)
	A	B	C=(A*B)	D	E
0 2017			-474.443,45***	-474.443,45***	-474.443,45***
1 2018	76.330	0,32	26.538,41****	24.097,35	-450.346,10
2 2019	104.390	0,36	37.958,78****	31.296,88	-419.049,22
3 2020	99.940	0,31	33.297,71****	24.928,58	-394.120,65
4 2021	95.570	0,33	31.383,13****	21.334,07	-372.786,58
5 2022	93.305	0,36	34.028,68	21.004,72	-351.781,86
6 2023	92.559	0,40	37.219,87	20.861,28	-330.920,58
7 2024	91.818	0,44	40.710,32	20.718,82	-310.201,76
8 2025	91.084	0,49	44.528,10	20.577,33	-289.624,43
9 2026	90.355	0,54	48.703,91	20.436,81	-269.187,62
10 2027	89.632	0,59	53.271,32	20.297,24	-248.890,38
11 2028	88.915	0,66	58.267,06	20.158,63	-228.731,74
12 2029	88.204	0,72	63.731,30	20.020,97	-208.710,77
13 2030	87.498	0,80	69.707,97	19.884,25	-188.826,53
14 2031	86.798	0,88	76.245,13	19.748,46	-169.078,07
15 2032	86.104	0,97	83.395,34	19.613,59	-149.464,48
16 2033	85.415	1,07	91.216,08	19.479,65	-129.984,82
17 2034	84.732	1,18	99.770,25	19.346,62	-110.638,20
18 2035	84.054	1,30	109.126,63	19.214,51	-91.423,69
19 2036	83.381	1,43	119.360,44	19.083,29	-72.340,40
20 2037	82.714	1,58	130.553,96	18.952,97	-53.387,43
21 2038	82.053	1,74	142.797,21	18.823,54	-34.563,89
22 2039	81.396	1,92	156.188,62	18.694,99	-15.868,90
23 2040	80.745	2,12	170.835,86	18.567,33	2.698,43
24 2041	80.099	2,33	186.856,71	18.440,53	21.138,95
25 2042	79.458	2,57	204.379,98	18.314,60	39.453,55
VPL: R\$ 39.453,55		TIR: 10,86%		Payback descontado: 22,85 anos	

(*) Energia fotovoltaica gerada considerando perda de eficiência anual de 0,8% a partir do ano 5, partindo da média de geração apresentada nos anos de 1 a 4. Para os anos de 1 a 4, foram considerados os dados reais extraídos do relatório de geração de energia do sistema fotovoltaico.

(**) Tarifa média anual do Horário Fora de Ponta, com dados reais extraídos das faturas de energia elétrica para os anos de 1 a 4 e com reajuste anual de 10,26% na projeção dos anos 5 ao 25.

(***) Investimento em 11/08/2017 = R\$ 467.438,56; Investimento corrigido até 12/2017 = R\$ 474.443,45.

(****) Economia apurada conforme coluna F da Tabela 8, projeção C=(A*B) feita a partir do ano 5.

(*****) TMA 10,13%.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

Tabela 13 - Análise do investimento do IFPI-1

Ano	Energia fotovoltaica gerada* (kWh)	Tarifa Horário Fora de Ponta** (R\$)	Economia gerada (R\$)	Fluxo de caixa descontado***** (R\$)	Fluxo de caixa acumulado (R\$)	
	A	B	C=(A*B)	D	E	
0	2017		-1.294.334,93***	-1.294.334,93***	-1.294.334,93***	
1	2018	249.536	0,48	108.382,27****	96.847,70	-1.197.487,23
2	2019	254.476	0,50	116.588,86****	93.093,48	-1.104.393,75
3	2020	230.783	0,46	107.546,83****	76.734,55	-1.027.659,20
4	2021	202.140	0,46	95.098,69****	60.631,59	-967.027,61
5	2022	232.360	0,51	117.981,64	67.215,58	-899.812,03
6	2023	230.501	0,57	130.438,62	66.403,78	-833.408,24
7	2024	228.657	0,63	144.210,85	65.601,79	-767.806,46
8	2025	226.828	0,70	159.437,21	64.809,48	-702.996,98
9	2026	225.013	0,78	176.271,23	64.026,74	-638.970,24
10	2027	223.213	0,87	194.882,65	63.253,45	-575.716,80
11	2028	221.427	0,97	215.459,14	62.489,50	-513.227,29
12	2029	219.656	1,08	238.208,17	61.734,78	-451.492,51
13	2030	217.899	1,21	263.359,15	60.989,18	-390.503,34
14	2031	216.155	1,35	291.165,66	60.252,57	-330.250,76
15	2032	214.426	1,50	321.908,09	59.524,87	-270.725,89
16	2033	212.711	1,67	355.896,44	58.805,96	-211.919,94
17	2034	211.009	1,86	393.473,41	58.095,72	-153.824,21
18	2035	209.321	2,08	435.017,90	57.394,07	-96.430,15
19	2036	207.646	2,32	480.948,83	56.700,89	-39.729,26
20	2037	205.985	2,58	531.729,33	56.016,08	16.286,82
21	2038	204.337	2,88	587.871,45	55.339,54	71.626,36
22	2039	202.703	3,21	649.941,26	54.671,17	126.297,54
23	2040	201.081	3,57	718.564,66	54.010,88	180.308,42
24	2041	199.472	3,98	794.433,59	53.358,56	233.666,98
25	2042	197.877	4,44	878.313,07	52.714,12	286.381,10
VPL: R\$ 286.381,10		TIR: 13,86%		Payback descontado: 19,71 anos		

(*) Energia fotovoltaica gerada considerando perda de eficiência anual de 0,8% a partir do ano 5, partindo da média de geração apresentada nos anos de 1 a 4. Para os anos de 1 a 4, foram considerados os dados reais extraídos do relatório de geração de energia do sistema fotovoltaico.

(**) Tarifa média anual do Horário Fora de Ponta, com dados reais extraídos das faturas de energia elétrica para os anos de 1 a 4 e com reajuste anual de 11,45% na projeção dos anos 5 ao 25.

(***) Investimento em 28/10/2015 = R\$ 1.150.500,00; Investimento corrigido até 12/2017 = R\$ 1.294.334,93.

(****) Economia apurada conforme coluna F da Tabela 8, projeção C=(A*B) feita a partir do ano 5.

(*****) TMA 11,91%.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

Tabela 14 - Análise do investimento do IFMG-1

Ano	Energia fotovoltaica gerada* (kWh)	Tarifa Horário Fora de Ponta** (R\$)	Economia gerada (R\$)	Fluxo de caixa descontado***** (R\$)	Fluxo de caixa acumulado (R\$)
	A	B	C=(A*B)	D	E
0 2017			-213.967,94***	-213.967,94***	-213.967,94***
1 2018	37.743,15	0,37	13.933,89****	12.134,37	-201.833,57
2 2019	39.987,18	0,40	16.035,16****	12.160,82	-189.672,76
3 2020	35.348,73	0,40	13.793,19****	9.109,59	-180.563,17
4 2021	33.290,74	0,47	15.142,35****	8.709,07	-171.854,10
5 2022	36.299,71	0,50	18.147,46	9.089,48	-162.764,62
6 2023	36.009,31	0,54	19.280,44	8.409,78	-154.354,84
7 2024	35.721,24	0,57	20.484,16	7.780,91	-146.573,93
8 2025	35.435,47	0,61	21.763,02	7.199,07	-139.374,86
9 2026	35.151,98	0,66	23.121,73	6.660,73	-132.714,12
10 2027	34.870,77	0,70	24.565,27	6.162,66	-126.551,47
11 2028	34.591,80	0,75	26.098,93	5.701,82	-120.849,64
12 2029	34.315,07	0,81	27.728,34	5.275,45	-115.574,19
13 2030	34.040,55	0,87	29.459,47	4.880,96	-110.693,24
14 2031	33.768,22	0,93	31.298,69	4.515,97	-106.177,27
15 2032	33.498,08	0,99	33.252,73	4.178,27	-101.998,99
16 2033	33.230,09	1,06	35.328,76	3.865,83	-98.133,16
17 2034	32.964,25	1,14	37.534,41	3.576,75	-94.556,42
18 2035	32.700,54	1,22	39.877,75	3.309,28	-91.247,13
19 2036	32.438,93	1,31	42.367,40	3.061,82	-88.185,31
20 2037	32.179,42	1,40	45.012,48	2.832,86	-85.352,45
21 2038	31.921,99	1,50	47.822,70	2.621,03	-82.731,42
22 2039	31.666,61	1,60	50.808,37	2.425,03	-80.306,39
23 2040	31.413,28	1,72	53.980,44	2.243,69	-78.062,70
24 2041	31.161,97	1,84	57.350,54	2.075,91	-75.986,79
25 2042	30.912,68	1,97	60.931,05	1.920,68	-74.066,11
VPL: - R\$ 74.066,11		TIR: 10,16%		Payback descontado: Projeto inviável	

(*) Energia fotovoltaica gerada considerando perda de eficiência anual de 0,8% a partir do ano 5, partindo da média de geração apresentada nos anos de 1 a 4. Para os anos de 1 a 4, foram considerados os dados reais extraídos do relatório de geração de energia do sistema fotovoltaico.

(**) Tarifa média anual do Horário Fora de Ponta, com dados reais extraídos das faturas de energia elétrica para os anos de 1 a 4 e com reajuste anual de 7,10% na projeção dos anos 5 ao 25.

(***) Investimento em 10/11/2015 = R\$ 191,750,00; Investimento corrigido até 12/2017 = R\$ 213.967,94.

(****) Economia apurada conforme coluna F da Tabela 8, projeção C=(A*B) feita a partir do ano 5.

(*****) TMA 14,83%.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

Tabela 15 - Análise do investimento do IFSC-1

Ano	Energia fotovoltaica gerada* (kWh)	Tarifa Horário Fora de Ponta** (R\$)	Economia gerada (R\$)	Fluxo de caixa descontado***** (R\$)	Fluxo de caixa acumulado (R\$)	
	A	B	C=(A*B)	D	E	
0	2017		-457.249,33***	-457.249,33***	-457.249,33***	
1	2018	95.114	0,48	43.218,40****	37.145,16	-420.104,17
2	2019	86.368	0,48	38.408,98****	28.372,65	-391.731,51
3	2020	90.659	0,44	36.912,04****	23.435,21	-368.296,30
4	2021	83.839	0,48	36.331,99****	19.825,47	-348.470,83
5	2022	88.283	0,51	44.931,68	21.072,73	-327.398,10
6	2023	87.577	0,54	47.362,45	19.091,31	-308.306,79
7	2024	86.876	0,57	49.924,72	17.296,21	-291.010,58
8	2025	86.181	0,61	52.625,61	15.669,89	-275.340,68
9	2026	85.492	0,65	55.472,61	14.196,49	-261.144,19
10	2027	84.808	0,69	58.473,64	12.861,64	-248.282,55
11	2028	84.129	0,73	61.637,01	11.652,29	-236.630,26
12	2029	83.456	0,78	64.971,53	10.556,66	-226.073,60
13	2030	82.789	0,83	68.486,43	9.564,04	-216.509,56
14	2031	82.126	0,88	72.191,49	8.664,76	-207.844,80
15	2032	81.469	0,93	76.097,00	7.850,04	-199.994,76
16	2033	80.818	0,99	80.213,78	7.111,92	-192.882,84
17	2034	80.171	1,05	84.553,28	6.443,20	-186.439,64
18	2035	79.530	1,12	89.127,55	5.837,37	-180.602,27
19	2036	78.894	1,19	93.949,28	5.288,49	-175.313,78
20	2037	78.262	1,27	99.031,86	4.791,23	-170.522,55
21	2038	77.636	1,34	104.389,40	4.340,73	-166.181,82
22	2039	77.015	1,43	110.036,79	3.932,58	-162.249,24
23	2040	76.399	1,52	115.989,69	3.562,81	-158.686,43
24	2041	75.788	1,61	122.264,64	3.227,81	-155.458,63
25	2042	75.182	1,71	128.879,06	2.924,30	-152.534,32
VPL: - R\$ 152.534,32		TIR: 11,33%		Payback descontado: Projeto inviável		

(*) Energia fotovoltaica gerada considerando perda de eficiência anual de 0,8% a partir do ano 5, partindo da média de geração apresentada nos anos de 1 a 4. Para os anos de 1 a 4, foram considerados os dados reais extraídos do relatório de geração de energia do sistema fotovoltaico.

(**) Tarifa média anual do Horário Fora de Ponta, com dados reais extraídos das faturas de energia elétrica para os anos de 1 a 4 e com reajuste anual de 6,26% na projeção dos anos 5 ao 25.

(***) Investimento em 24/11/2016 = R\$ 442.034,29; Investimento corrigido até 12/2017 = R\$ 457.249,33.

(****) Economia apurada conforme coluna F da Tabela 8, projeção C=(A*B) feita a partir do ano 5.

(*****) TMA 16,35%.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

Tabela 16 - Custo-benefício do sistema fotovoltaico ao longo dos 25 anos de vida útil

<i>Campus</i>	Investimento corrigido (R\$)	Economia total gerada* (R\$)	Relação economia x investimento	VPL (R\$)	TIR	<i>Payback</i> descontado	tCO ₂ evitadas**
	A	B	C=B/A	D=B-A	E	F	G
IFMS-1	474.443,45	513.897,00	1,08	39.453,55	10,86%	22,85 anos	983,50
IFPI-1	1.294.334,93	1.580.716,03	1,22	286.381,10	13,86%	19,71 anos	2.453
IFMG-1	213.967,94	139.901,83	0,65	-74.066,11	10,16%	inviável	383,75
IFSC-1	457.249,33	304.715,01	0,67	-152.534,32	11,33%	inviável	933,25

(*) Somatória dos anos 1 a 25 do fluxo de caixa descontado, conforme tabelas 12, 13, 14 e 15.

(**) Estimativa para 25 anos calculada com base na média dos quatro anos estudados, conforme cálculos apresentados na Tabela 4.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

A análise do investimento do IFMS-1 evidencia viabilidade econômica, sendo que o projeto apresenta TIR de 10,86%, compensando a TMA de 10,26%, VPL de R\$ 39.453,55 ao final dos 25 anos, relação entre a economia e o investimento de 1,08 e *payback* descontado de 22,85 anos, o que demonstra que o valor do investimento poderá ser recuperado no decorrer da vida útil do sistema, além de contribuir com a redução de emissões de 983,50 toneladas de CO₂ que podem ser evitadas na produção de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico.

Do mesmo modo, o IFPI-1 também apresentou viabilidade econômica, com uma TIR de 13,86%, superior a TMA de 11,83%, VPL de R\$ 286.381,10 e *payback* descontado de 19,71 anos, demonstrando que após o investimento ser recuperado, o sistema ainda apresenta, pelo menos, mais 5 anos trazendo benefícios financeiros. A relação entre a economia gerada e o investimento mostra que a cada R\$ 1,00 investido, o projeto gera R\$ 0,22 de valor, ao mesmo tempo em que pode contribuir para a redução de emissões de 2.453 toneladas de CO₂ na atmosfera.

Os resultados apresentados pelo IFMS-1 e pelo IFPI-1 reforçam a viabilidade financeira dos projetos de energia fotovoltaica, também observada nos estudos de Castro et al. (2020), Constantino et al. (2018), Costa et al. (2020) e Roedel e Mafra (2019).

No caso do IFMG-1 e do IFSC-1, os dados demonstram uma relação entre a economia gerada e o investimento abaixo de 1, bem como VPL negativo, o que evidencia que o investimento não é recuperado ao longo da vida útil do sistema fotovoltaico. A TIR de 10,16% apresentada pelo projeto do IFMG-1 não é suficiente para cobrir a TMA estabelecida de 14,83%. O mesmo ocorre com o IFSC-1, que apresenta TIR de 11,33%, inferior à TMA de 16,35%.

Os resultados alcançados nas análises do IFMG-1 e do IFSC-1 corroboram com o achado de Souza Júnior et al. (2019) em relação ao projeto da unidade com menor consumo de energia elétrica, que passou a apresentar inviabilidade financeira ao se considerar o valor do dinheiro no tempo.

Apesar da aparente inviabilidade econômica dos dois projetos, vale destacar que a maior parte dos investimentos é recuperada por meio da redução dos gastos com energia elétrica, além das contribuições em termos de reduções de emissões de 383,75 toneladas de CO₂ do IFMG-1 e 933,25 toneladas do IFSC-1, redução similar ao do IFMS-1 de 983,50 toneladas, o qual apresentou viabilidade financeira, demonstrando que, no que tange à natureza do projeto, ambos trazem benefícios, sendo que, nos dois outros pontos do tripé da sustentabilidade, o social e o ambiental, os projetos são viáveis.

Ressalta-se, também, conforme já abordado, o papel das instituições de ensino para o desenvolvimento sustentável e a importância da inserção de ações relacionadas à sustentabilidade em seus espaços e atividades (Andrade & Pimenta, 2009; Palma et al., 2013; Silva & Pinheiro, 2018; Viegas & Cabral, 2015; Wrasse et al., 2018), bem como a possibilidade de utilização dos sistemas fotovoltaicos para fins pedagógicos, como laboratório para pesquisas e aulas práticas (IFMS, 2019; Rebelatto et al., 2019).

A Tabela 17 a seguir apresenta a projeção da economia que poderia ser gerada com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 *campi* dos IFEs do Brasil, calculada com base na média da economia total apresentada pelos quatro *campi* analisados, levando em consideração os fluxos de caixa descontados, conforme dados apresentados na coluna B da Tabela 16.

Tabela 17 - Projeção da economia que poderia ser gerada com a produção de energia fotovoltaica pelo conjunto dos 593 *campi* dos IFEs do Brasil, medida em valores atualizados

Quantidade de <i>campi</i>	Média da Economia total gerada* (R\$)	Economia total gerada (R\$)
A	B	C=A*B
593	634.807,47	376.440.828,23

(*) Média calculada com base na economia total gerada dos quatro *campi* analisados, conforme dados apresentados na coluna B da Tabela 16.

Fonte: Elaborada com base nos dados da pesquisa.

A Tabela 17 evidencia que o conjunto dos 593 *campi* poderia gerar uma economia total, medida em valores atualizados com base na média dos fluxos de caixa descontados dos quatro

campi analisados, de R\$ 376.440.828,23, ao longo da vida útil estimada de 25 anos dos painéis fotovoltaicos, caso utilizasse energia fotovoltaica de forma que atingisse uma média anual semelhante à apresentada pela amostra deste estudo, o que possibilitaria a liberação de recursos financeiros para custear outras ações.

Os números que foram analisados ao longo da pesquisa demonstram que os IFEs têm investido em sistemas fotovoltaicos, contribuindo para a descarbonização da matriz energética brasileira. Conforme foi exposto anteriormente na Tabela 1 - Quantidade de *campi* que iniciaram a produção de energia fotovoltaica por ano, em 2021 houve um aumento expressivo no número de usinas fotovoltaicas que entraram em funcionamento nos IFEs, com 108 novos *campi*, totalizando um acumulado, no período de 2014 a 2021, de 220 *campi* contando com geração de energia fotovoltaica para redução de gastos com energia elétrica e redução de emissões de CO₂.

Tendo em vista o quantitativo total de 593 *campi*, nota-se que ainda há bastante espaço a ser explorado no escopo dos IFEs, sendo fundamental o incentivo para a implantação dessa tecnologia, com planejamento e estudos de viabilidade técnica e financeira, para que se possa atingir as contribuições evidenciadas na presente pesquisa, com uma redução de emissões, ao longo da vida útil dos sistemas, em torno de 704.780,50 toneladas de CO₂ e uma economia nos gastos com energia elétrica de R\$ 713.981.932,75 em valores nominais e de R\$ 376.440.828,23 considerando os fluxos de caixa descontados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia fotovoltaica figura como alternativa para a mitigação das mudanças climáticas, por ser considerada uma energia renovável, que não emite GEEs no processo de geração de energia. Este estudo teve como objetivo analisar o potencial de contribuição dos IFEs para o processo de redução dos GEEs a partir da utilização da energia fotovoltaica e seus respectivos efeitos financeiros no orçamento. Foi utilizada a metodologia de estudo de multicase e para tanto foram selecionados oito *campi* distribuídos regionalmente pelo país, sendo metade para estudo direto e metade para controle. O período analisado foi de 2018 a 2021.

De forma geral, observou-se que houve redução do consumo de energia adquirido junto às companhias de energia elétrica naqueles IFEs em que os sistemas de energia fotovoltaica foram instalados. Ao gerar sua própria energia, os IFEs deixam de adquirir uma parte de seu consumo da companhia de energia elétrica, as quais são alimentadas, em parte, por combustíveis de origem não renovável, contribuindo para o processo de redução de emissões de CO₂. Ademais, os IFEs injetam a parcela excedente de energia gerada na rede de serviços local, fornecendo uma energia renovável.

Além da redução dos impactos ambientais, a implantação de sistemas fotovoltaicos em instituições de ensino traz a reflexão da importância de ações sustentáveis e da educação ambiental para a sociedade, para os servidores e, sobretudo, para os estudantes que serão futuros profissionais e poderão replicar práticas dessa natureza em seus ambientes de trabalho.

A pesquisa demonstrou que os recursos utilizados para a implantação dos sistemas fotovoltaicos eram próprios (reitoria e *campi*) e, também, de emendas parlamentares. Portanto, observou-se a utilização de adicionais aos recursos orçamentários previstos inicialmente.

O investimento de recursos públicos para a implantação de sistemas fotovoltaicos nos IFEs que foram analisados mostrou-se viável financeiramente quando avaliado em termos nominais, fato também observado nos estudos de Castro et al. (2020) e de Souza Júnior et al. (2019). Ao se considerar o valor do dinheiro no tempo, por meio da análise do VPL, da TIR e do *payback* descontado, dois projetos da amostra passaram a demonstrar inviabilidade financeira motivada por TIR menor do que a TMA. Entretanto, destaca-se que parte dos investimentos é recuperada por meio da redução dos gastos com energia elétrica, além das contribuições observadas em termos de reduções de emissões de CO₂ proporcionadas pela geração de energia fotovoltaica, também destacadas nos estudos de Cardoso Junior et al. (2021)

e Castro et al. (2020), trazendo benefícios ambientais, e da possibilidade de utilização desses sistemas como laboratórios para aulas práticas.

Analisando pela perspectiva do papel das instituições de ensino e da Administração Pública para o desenvolvimento sustentável, infere-se que suas ações e decisões devem pautar-se não apenas em dados e resultados financeiros, mas, também, na natureza dos projetos, nos benefícios ambientais e educacionais que podem ser proporcionados, visando o bem comum e a qualidade de vida da sociedade, protegendo o meio ambiente e mitigando as mudanças climáticas. Essas prerrogativas justificam os investimentos empregados na implantação dos sistemas fotovoltaicos, sistemas esses que colaboram, também, como abordado anteriormente, para a complexa e necessária transição energética.

Os resultados apurados demonstraram que, se todos os IFEs adotassem o modelo de geração de energia objeto de estudo, poderia ser ampliada a economia com os custos de energia elétrica, bem como aumentaria a contribuição com a redução dos GEEs, colaborando para que o país cumpra com os compromissos assumidos no contexto das mudanças climáticas.

Portanto, respondendo à questão de pesquisa, o estudo demonstrou que, baseado na análise dos dados apresentados pelos *campi* da amostra, os IFEs apresentam o potencial de contribuir, para o processo de redução dos GEEs, com emissões evitadas de CO₂ em torno de 704.780,50 toneladas, por meio da adoção de energia fotovoltaica ao longo dos 25 anos de vida útil dos sistemas, tendo, como impacto no aspecto financeiro dos orçamentos dessas instituições, a liberação de recursos públicos gerada pela economia com gastos de energia elétrica na casa dos R\$ 713.981.932,75, em valores nominais, ou dos R\$ 376.440.828,23, considerando o valor do dinheiro no tempo, com os fluxos de caixa descontados para o ano base de 2017.

Ressalta-se, como limitações da pesquisa, que foram analisados quatro *campi* com sistema fotovoltaico para fazer a inferência do potencial de contribuição de um universo de 593 *campi*, considerando um cenário hipotético em que o conjunto dos 593 *campi* apresentasse resultados com médias semelhantes às apresentadas pela amostra do estudo. A seleção de unidades diferentes para compor a amostra da pesquisa poderia ter gerado conclusões distintas das apresentadas, não sendo possível a generalização dos resultados.

Outrossim, a alteração dos parâmetros utilizados nas análises poderia gerar resultados diferentes. Conforme exposto nos procedimentos de coleta, tabulação e análise dos dados, os relatórios de geração de energia não especificam o horário em que a energia foi gerada, de forma que, para a parcela de energia gerada e consumida simultaneamente, não foi possível fazer a diferenciação entre Horário de Ponta e Horário Fora de Ponta, assim, a economia gerada

foi estimada totalmente pela tarifa do Horário Fora de Ponta que é consideravelmente mais baixa do que a do Horário de Ponta.

Outro ponto a ser destacado, que representa uma limitação que pode se refletir, também, em outras pesquisas futuras, é o fato da indisponibilidade, por parte das instituições, em ter acesso e fornecer os dados necessários para a realização do estudo, impossibilitando a inclusão de alguns *campi* na amostra da pesquisa e limitando as análises desses dados. Conforme apontado no item 3.1 Procedimentos de Definição da Amostra, esse fato gerou a substituição de alguns *campi* selecionados inicialmente para compor a amostra e a exclusão da Região Norte do escopo da presente pesquisa.

Como sugestão de estudos futuros, levanta-se a possibilidade de estudo qualitativo sobre a tomada de decisão dos gestores no que diz respeito à implantação dos sistemas fotovoltaicos, visto que o custo-benefício financeiro não foi observado em todos os *campi*. Sugere-se, também, a replicação da pesquisa no futuro, contemplando, assim, um período maior de funcionamento dos sistemas fotovoltaicos, com a disponibilidade dos respectivos dados de geração de energia fotovoltaica e de gastos com energia elétrica, a fim de se verificar se os resultados aqui estimados para os anos seguintes aos analisados no escopo da pesquisa foram observados na prática e se as conclusões permanecem inalteradas, bem como a replicação com amostra diferente, sobretudo, considerando a relevante quantidade de 108 *campi* dos IFEs que, no ano de 2021, passaram a contar com sistemas fotovoltaicos em funcionamento.

Levanta-se, ainda, como sugestão de estudos futuros, a necessidade de análise e incentivo para a formulação de políticas públicas no que tange à cadeia de produção dos painéis fotovoltaicos, sobretudo, o impacto ambiental gerado na fabricação dos painéis e no descarte desses equipamentos após a vida útil, visto que o foco da presente pesquisa compreendeu a geração da energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico, não sendo objeto de estudo a fabricação e o descarte dos respectivos painéis. Destaca-se, também, a possibilidade de estudos relacionados ao mercado de créditos de carbono e como esses créditos poderiam ser gerados com a utilização de energia fotovoltaica e impactar no custo-benefício da implantação dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, T. C., Maldonado, M. U., & Vaz, C. R. (2017). Um levantamento da produção intelectual sobre energia solar fotovoltaica. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 6(5), p. 915-939. Recuperado de <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/51334>.
- Andrade, J. H. B., & Pimenta, H. C. D. (2009). Gestão Ambiental no IFRN: Implementação de uma política ambiental considerando o papel das instituições de ensino no desenvolvimento sustentável. *HOLOS*, 2, 73-93. Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/215>.
- ANEEL. (2022a). Modalidades Tarifárias. *Portal gov.br*. Recuperado de <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/modalidades-tarifarias>.
- ANEEL. (2022b). Postos Tarifários. *Portal gov.br*. Recuperado de <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/postos-tarifarios>.
- ANEEL. (2022c). Processos Tarifários. *Portal gov.br*. Recuperado de <https://www.gov.br/aneel/pt-br/calendario-de-atividades/processos-tarifarios>.
- Assaf Neto, A. (2014). *Finanças Corporativas e valor*. 7a ed. São Paulo: Atlas.
- Brasil. (2016). *Intended Nationally Determined Contribution towards achieving the objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado de <https://unfccc.int/sites/default/files/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>.
- Brasil. (2022). Paris Agreement. *Nationally Determined Contribution (NDC)*. Brazil First NDC - Second update. Recuperado de <https://unfccc.int/NDCREG>.
- Cardoso Junior, R. A. F., Hoffmann, A. S., Barbosa, L. O., & Coutinho, R. A. P. S. (2021). A Geração Distribuída e a Redução de Carbono na Matriz Elétrica Brasileira. *Revista Internacional de Ciências*, 11(1), 42-60. Recuperado de <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/51563>.
- Casagrande Junior, E. F., Urbanetz Junior, J., Seratiuk, A. R., & Tonolo, E. A. (2019). Energia solar fotovoltaica e automóveis elétricos: a combinação de um modelo para redução de emissões de carbono na cidade de Curitiba. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 15(37), 653-678. Recuperado de <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9811>.
- Castro, M. S., Belchior, F. N., Oliveira, G. D., Santos, J. D., & Pires, S. R. (2020). Análise do Impacto da Geração Fotovoltaica na Universidade Federal de Goiás. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, 4(5), 3023-3042. Recuperado de <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/18030/14578>.
- CEBRI, BID, EPE, & CENERGIA. (2023). *Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil*. Programa de Transição Energética - Relatório Final. Recuperado de <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/programa-de-transicao-energetica>.

- Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. (1991). *Nosso Futuro Comum*. 2a ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora da Fundação Getúlio Vargas.
- Constantino, G., Freitas, M., Fidelis, N., & Pereira, M.G. (2018). Adoption of Photovoltaic Systems Along a Sure Path: A Life-Cycle Assessment (LCA) Study Applied to the Analysis of GHG Emission Impacts. *Energies*, 11, 2806. Recuperado de <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/10/2806>.
- Costa, A.C., Oliveira, D. F., Rabelo, M. H., Pinheiro, M. D. S. L. B., & Piazzarolo, J. (2020). Energia solar fotovoltaica uma alternativa viável? *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 72637-72656. Recuperado de <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/17385/14114>.
- Cristóvam, J. S. S., Silva, E. B., & Sanmiguel, N. N. G. (2020). O Estado consumidor e a utilização da energia solar nas edificações públicas: uma análise a partir do paradigma da sustentabilidade. *Revista Jurídica*, 4(61), 313-341. Recuperado de <https://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/view/4620>.
- Decreto No. 9.660. (2019, 1º de janeiro). Dispõe sobre a vinculação das entidades da administração pública federal indireta. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9660.htm.
- Elgamal, G. N. G., & Demajorovic, J. (2020). As barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 9(1), 1-28. Recuperado de <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/17157>.
- EPE. (2020). *Balanco Energético Nacional 2020*. Relatório Síntese / Ano Base 2019. Recuperado de <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>.
- EPE. (2022). *Balanco Energético Nacional 2022*. Relatório Síntese / Ano Base 2021. Recuperado de <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>.
- Freitas, C. V. M., & Silva, M. L. P. (2020). Mudanças do Clima: Análise das Conferências que trataram do Mercado de Carbono e seus principais resultados. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 75332-75342. Recuperado de <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/17815/14433>.
- Garozzi, E. B., & Raupp, F. M. (2021). Alinhamento entre custos, orçamento e planejamento estratégico no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense. *Revista Gestão Universitária na América Latina - GUAL*, 14(1), 25-48. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/gual/article/view/74998>.
- Gazzoni, F., Scherer, F. L., Hahn, I. S., Carpes, A. M., & Santos, M. B. (2018). O papel das IES no desenvolvimento sustentável: estudo de caso da Universidade Federal de Santa Maria. *Revista Gestão Universitária na América Latina - GUAL*, 11(1), 48-70. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/gual/article/view/1983-4535.2018v11n1p48>.

- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6a ed. São Paulo, SP: Atlas.
- IEA. (2022). *World Energy Outlook 2022*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.
- IFES. (2020). Campus Ibatiba conclui ligação de usina fotovoltaica. *Portal IFES*. Recuperado de <https://www.ifes.edu.br/noticias/19612-campus-ibatiba-conclui-ligacao-de-usina-fotovoltaica>.
- IFG. (2017). IFG terá sistema de geração de energia solar fotovoltaica em nove câmpus. *Portal IFG*. Recuperado de <http://www.ifg.edu.br/component/content/article/17-ifg/ultimas-noticias/3835-ifg-tera-sistema-de-geracao-de-energia-solar-fotovoltaica-em-nove-campus>.
- IFGOIANO. (2019). Iniciados os trâmites para instalação de painéis fotovoltaicos para geração de energia solar. *Portal IF GOIANO*. Recuperado de <https://www.ifgoiano.edu.br/home/index.php/component/content/article/161-destaque-campos-belos/12632-iniciados-os-tramites-para-instalacao-de-paineis-fotovoltaicos-para-geracao-de-energia-solar.html>.
- IFMG. (2021). Campus IFMG GV.jpg. *Portal IFMG*. Recuperado de <https://www2.ifmg.edu.br/governadorvaladares/imagens/campus-ifmg-gv.jpg/view>.
- IFMS. (2019). Eficiência energética é foco de pesquisas em Três Lagoas. *Portal IFMS*. Recuperado de <https://www.ifms.edu.br/noticias/eficiencia-energetica-e-foco-de-pesquisas-em-tres-lagoas>.
- IFPI. (2019). Usina Fotovoltaica do Campus Florianópolis gera economia de mais de R\$ 200 mil. *Portal IFPI*. Recuperado de <https://www.ifpi.edu.br/floriano/noticias/usina-fotovoltaica-do-campus-floriano-gera-economia-de-mais-de-r-200-mil>.
- IFRS. (2019). IFRS vai instalar 18 usinas fotovoltaicas em sete campi. *Portal IFRS*. Recuperado de <https://ifrs.edu.br/ifrs-vai-instalar-18-usinas-fotovoltaicas-em-sete-campi/>.
- IFSULDEMINAS. (2016). IF SOLAR: Projeto inovador do IFSULDEMINAS possibilita a geração de energia solar em 82 unidades da Rede Federal. *Portal IFSULDEMINAS*. Recuperado de <https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/ultimas-noticias-ifsuldeminas/624-projeto-if-solar>.
- IFSULDEMINAS. (n.d.). Energia Elétrica Produzida - Total. *Portal IFSULDEMINAS*. Recuperado de <https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/institucional-geral/3768-energia-eletrica-produzida-total>.
- IPCC. (2023). *Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6) - Longer Report*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.
- Jornalismo IFSC. (2018). Câmpus Criciúma passa a oferecer curso técnico em Meio Ambiente. *Portal LinkDigital o blog dos servidores do IFSC*. Recuperado de <https://linkdigital.ifsc.edu.br/2018/04/24/campus-criciuma-passa-a-oferecer-curso-tecnico-em-meio-ambiente/>.

Lei No. 11.892. (2008, 29 de dezembro). Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm.

Lei No. 12.187. (2009, 29 de dezembro). Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm.

Lei No. 12.527. (2011, 18 de novembro). Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112527.htm.

MCTI. (n.d.). Fatores de emissão da margem de operação pelo método da análise de despacho. *Portal gov.br*. Recuperado de <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>.

MCTI. (2018). Fatores de emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil - Ano Base 2018. *Portal gov.br*. Recuperado de <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao/arquivo/fatores-de-emissao-de-co2-pela-geracao-de-energia-eletrica-no-sistema-interligado-nacional-do-brasil-ano-base-2018.xlsx>.

MCTI. (2019). Fatores de emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil - Ano Base 2019. *Portal gov.br*. Recuperado de <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao/arquivo/fatores-de-emissao-de-co2-pela-geracao-de-energia-eletrica-no-sistema-interligado-nacional-do-brasil-ano-base-2019.xlsx>.

MCTI. (2020). Fatores de emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil - Ano Base 2020 - com correções de setembro a dezembro. *Portal gov.br*. Recuperado de https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/arquivos/emissoes_co2/Despacho_2020_dezembro_corrigido_set-a-dez_MC.xlsx.

MCTI. (2021). Fatores de emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil - Ano Base 2021. *Portal gov.br*. Recuperado de https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao/arquivo/Despacho_2021_jandez.xlsx.

MEC. (n.d.). Plataforma Nilo Peçanha. *Portal gov.br*. Recuperado de <https://www.gov.br/mec/pt-br/npn>.

Menezes, L. L., Madureira, C. P., & Santos Júnior, R. B. (2023). Os impactos econômicos e ambientais em torno da adesão da energia fotovoltaica pelos Institutos Federais no interior

do Piauí. *Revista Foco*, 16(02), e908. Recuperado de <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/908>.

Menezes, D. (2019). MEC libera R\$ 60 milhões para instalação de usinas fotovoltaicas em instituições federais de educação tecnológica. *Portal MEC*. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/12-noticias/acoes-programas-e-projetos-637152388/82751-mec-libera-r-60-milhoes-para-instalacao-de-usinasfotovoltaicas-em-instituicoes-federais-de-educacao-tecnologica-2>.

Morais, F. H. M., Moraes, A. M., & Barbosa, F. R. (2019). Technical-economic analysis of the first mini-generation photovoltaic system of Piauí, Brazil. *IEEE Latin America Transactions*, 17(10), 1706–1714. Recuperado de <https://latamt.ieeer9.org/index.php/transactions/article/view/1409>.

Oliveira, J. L. C., Moraes Neto, H. J., Alencar, J. C. C., Silva, J. R., Conceição, L. A., & Mineu, H. F. S. (2022). Matriz orçamentária da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica: uma ferramenta de análise entre a relação aluno matriculado versus aluno contabilizado. *Revista Foco*, 15(6), 01-18. Recuperado de <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/573>.

ONU. (2015). *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Tradução por Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Recuperado de <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>.

Palma, L. C., Alves, N. B., & Silva, T. N. (2013). Educação para a sustentabilidade: a construção de caminhos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). *Revista de Administração Mackenzie*, 14(3), 83-118. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/ram/a/KcLFZwgT7KP8CnrqcGx7HwS/?lang=pt>.

Pereira, E. B., Martins, F. R., Gonçalves, A. R., Costa, R. S., Lima, F. J. L., Rütther, R., Abreu, S. L., Tiepolo, G. M., Pereira, S. V., & Souza, J. G. (2017). *Atlas brasileiro de energia solar*. 2a ed. São José dos Campos: INPE.

Portaria No. 713. (2021, 8 de setembro). Ministério da Educação. Estabelece diretrizes para a organização dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e Colégio Pedro II, define parâmetros e normas para a sua expansão e dispõe sobre a criação e implementação do modelo de dimensionamento de cargos efetivos, cargos de direção e funções gratificadas e comissionadas, no âmbito dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, dos Centros Federais de Educação Tecnológica e do Colégio Pedro II. Recuperado de <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-713-de-8-de-setembro-de-2021-43837861>.

Rebelatto, B. G., Salvia, A. L., Reginatto, G., Daneli, R. C., & Brandli, L. L. (2019). Energy efficiency actions at a Brazilian university and their contribution to sustainable development Goal 7. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(5), 842-855. doi: [10.1108/IJSHE-01-2019-0023](https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2019-0023).

Rocha, S. M., Rocha, R. R. C., Biazotto, P. D., & Leite, A. H. O. (2017). Sustentabilidade na Administração Pública. *Revista ESMAT*, 8(11), 105–120. doi: [10.34060/reesmat.v8i11.125](https://doi.org/10.34060/reesmat.v8i11.125).

- Roedel, T., & Mafra, G. (2019). Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico: estudo de caso em uma escola de idiomas, de Brusque - SC. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 15(37), 612-634. Recuperado de <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9806>.
- Santiago, J. V. A. (2020). *O mercado emergente de energia solar fotovoltaica no Brasil entre 2012 e 2018: avanços, desafios e perspectivas*. (Dissertação de Mestrado em Administração de Organizações, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo). Recuperado de https://teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-24042020-142420/publico/JoaoVitorASantiago_Corrigida.pdf.
- Santos, L. D. P. G., Duarte, F. R., & Santos, V. M. L. (2019). Viabilidade técnico-econômica da utilização de energia solar na UNIVASF - Campus Juazeiro (BA). *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(4), 1227-1249. doi: [10.17765/2176-9168.2019v12n4p1227-1249](https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1227-1249).
- Secretaria do Tesouro Nacional. (2015a). *Relatório Mensal Dívida Pública Federal Novembro 2015*. Recuperado de https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9:::9:P9_ID_PUBLICACAO:27193.
- Secretaria do Tesouro Nacional. (2015b). *Relatório Mensal Dívida Pública Federal Outubro 2015*. Recuperado de https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9:::9:P9_ID_PUBLICACAO:27194.
- Secretaria do Tesouro Nacional. (2016). *Relatório Mensal Dívida Pública Federal Novembro 2016*. Recuperado de https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9:::9:P9_ID_PUBLICACAO:27181.
- Secretaria do Tesouro Nacional. (2017). *Relatório Mensal Dívida Pública Federal Agosto 2017*. Recuperado de https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9:::9:P9_ID_PUBLICACAO:27172.
- Silva, J. I. A. O., & Pinheiro, A. L. S. (2018). Avaliação da Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. *Desenvolvimento em Questão*, 16(45), 249–272. doi: [10.21527/2237-6453.2018.45.249-272](https://doi.org/10.21527/2237-6453.2018.45.249-272).
- Simões, A. F. (2022). A crise climática e a questão energética diante da pandemia de Covid-19 – uma reflexão com foco no Brasil e na necessidade de redução das desigualdades socioeconômicas. In S. H. Zanirato, A. P. Fracalanza, A. F. Simões, C. Morsello, C. Adams, L. G. de Araujo, M. B. de Carvalho, P. H. C. Torres & S. G. Dias. (Orgs.), *Sociedade, meio ambiente e cidadania em tempos de pandemia* (pp. 75-109). São Paulo, SP: Blucher. Recuperado de <https://openaccess.blucher.com.br/article-details/03-23528>.
- Souza Júnior, A. J., Ghilardi, W. J., Madruga, S. R., & Alvarenga, S. M. (2019). Energia Solar em Organizações Militares: Uma Análise da Viabilidade Econômico-Financeira. *NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia*, 9(1), 63-73. doi: [10.22279/navus.2019.v9n1.p63-73.762](https://doi.org/10.22279/navus.2019.v9n1.p63-73.762).

- UNFCCC. (2010). *Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009. Addendum. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its fifteenth session.* Recuperado de <https://unfccc.int/documents/6103>.
- UNFCCC. (2016). *Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session.* Recuperado de <https://unfccc.int/documents/9097>.
- UNFCCC. (2018). *Methodological tool: Tool to calculate the emission factor for an electricity system.* Version 07.0. Recuperado de <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/>.
- UNFCCC. (2023). *Report of the Conference of the Parties on its twenty-seventh session, held in Sharm el-Sheikh from 6 to 20 November 2022. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-seventh session.* Recuperado de <https://unfccc.int/documents/626561>.
- Viegas, S. de F. S., & Cabral, E. R. (2015). Práticas de sustentabilidade em Instituições de Ensino Superior: evidências de mudanças na gestão organizacional. *Revista GUAL*, 8(1), 236-259. <http://dx.doi.org/10.5007/1983-4535.2015v8n1p236>.
- Warren, I. L. M., Henn, V. J. & Rosa, F. S. (2014). Gestão da sustentabilidade: um estudo sobre o nível de sustentabilidade socioambiental de uma Instituição Federal de Ensino Superior. *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, 4(3), 147- 166. Recuperado de <https://www.revistas.uneb.br/index.php/financ/article/view/740>.
- Wilson, J. (2022). Understanding the impact of state-level financial incentives on the deployment of renewable energy at colleges and universities. *The Electricity Journal*, 35(5), 107060. doi: [10.1016/j.tej.2021.107060](https://doi.org/10.1016/j.tej.2021.107060).
- Wrasse, P. A., Pfitscher, E. D., & Boca Santa, S. L. (2018). Avaliação da sustentabilidade: estudo em edificações sustentáveis em um campus de um Instituto Federal de Ensino Paranaense. *Brazilian Journal of Development*, 4(5), Edição Especial, 2127-2149. Recuperado de <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/243>.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. (C. M. Herrera, trad.) 5a ed. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Zhang, Z., Chen, M., Zhong, T., Zhu, R., Qian, Z., Zhang, F., Yang, Y., Zhang, K., Santi, P., Wang, K., Pu, Y., Tian, L., Lü, G., & Yan, J. (2023). Carbon mitigation potential afforded by rooftop photovoltaic in China. *Nature Communications*, 14, 2347. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/s41467-023-38079-3>.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Notas de Empenho relativas à implantação dos sistemas fotovoltaicos

<i>Campus</i>	Nota de Empenho	Data	Disponível em
IFMS-1	2017NE000318	11/08/2017	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158132264152017NE000318?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFPI-1	2015NE800225	28/10/2015	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158355264312015NE800225?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFPI-1	2015NE800226	28/10/2015	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158355264312015NE800226?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFPI-1	2015NE800227	28/10/2015	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158355264312015NE800227?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFPI-1	2015NE800228	28/10/2015	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158355264312015NE800228?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFPI-1	2015NE800229	28/10/2015	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158355264312015NE800229?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFPI-1	2015NE800230	28/10/2015	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158355264312015NE800230?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFMG-1	2015NE803468	10/11/2015	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158122264092015NE803468?ordenarPor=fase&direcao=asc
IFSC-1	2016NE002871	24/11/2016	https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/empenho/158516264382016NE002871?ordenarPor=fase&direcao=asc

Fonte: Controladoria Geral da União (2023)⁸.

⁸ Controladoria Geral da União (2023). *Portal da transparência*. <https://portaldatransparencia.gov.br/>