

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO
ESCOLA DE GOVERNO PROFESSOR PAULO NEVES DE CARVALHO

Eliakim Macedo Werner

**ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONTEXTO GOVERNAMENTAL:
Estudo do uso de energia solar fotovoltaica no estado de Minas Gerais**

Belo Horizonte
2021

Eliakim Macedo Werner

**ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONTEXTO GOVERNAMENTAL:
Estudo do uso de energia solar fotovoltaica no estado de Minas Gerais**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Administração Pública da Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho da Fundação João Pinheiro, como requisito parcial para obtenção do título bacharel em Administração Pública.

Orientadora: Simone Cristina Dufloth

Belo Horizonte

2021

W492e Werner, Eliakim Macedo.
Energias renováveis no contexto governamental
[manuscrito] : estudo do uso de energia solar fotovoltaica no
estado de Minas Gerais / Eliakim Macedo Werner. – 2021.
[13], 105 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Administração Pública) – Fundação João Pinheiro, Escola de
Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, 2021.

Orientadora: Simone Cristina Dufloth

Bibliografia: f. 106-115

1. Energia solar – Administração pública – Minas Gerais. 2.
Energia solar – Desenvolvimento sustentável – Minas Gerais.
3. Projeto Sol de Minas. 4. Fonte renovável de energia – Minas
Gerais. I. Dufloth, Simone Cristina. II. Título.

CDU 620.9:35(815.1)

Eliakim Macedo Werner

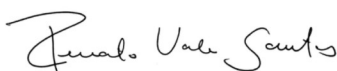
ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONTEXTO GOVERNAMENTAL: Estudo do uso de energia solar fotovoltaica no estado de Minas Gerais

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Administração Pública da Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, da Fundação João Pinheiro, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Administração Pública.

Aprovada na Banca Examinadora




Profa. Simone Cristina Dufloth (Orientadora) – Fundação João Pinheiro



Prof. Renato Vale Santos (Avaliador) – Fundação João Pinheiro

LEONARDO BARBOSA DE
MORAES:23163909604



Assinado de forma digital por LEONARDO BARBOSA DE
MORAES:23163909604
Dados: 2021.12.10 09:30:25 -03'00'

Prof. Leonardo Barbosa de Moraes (Avaliador) – Fundação João Pinheiro

Belo Horizonte, 09 de dezembro de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui.

Aos meus pais pelo amor incondicional, por sempre apostarem em mim e por nunca medirem esforços para me apoiarem em qualquer empreitada.

À Carol pelo companheirismo, carinho, cuidado, incentivo e por ter me ajudado a construir esse trabalho. Sem você, não teria conseguido.

À minha orientadora Simone, pelo direcionamento, pelas conversas sempre instrutivas, agradáveis, e por ter aceitado - sem pestanejar - um tema que está na interface entre a Administração Pública e a Engenharia Elétrica.

Marconi, Marina, Flávio e Ana pelo crescimento pessoal, profissional e pelo ambiente de trabalho tão agradável.

A todos entrevistados e consultados na elaboração dessa monografia pela presteza e confiança.

Aos professores, pesquisadores e demais funcionários da Fundação João Pinheiro, pela rica oportunidade de aprendizado.

RESUMO

O trabalho versa sobre as principais iniciativas de estímulo à geração de energia solar no âmbito do governo de Minas Gerais e na Cidade Administrativa (CAMG). Levanta-se de forma panorâmica a participação de energias sustentáveis nas matrizes energéticas mundial e nacional, bem como suas características. São identificadas as tendências da geração de energia solar, investigadas ações do Governo de Minas Gerais alinhadas ao seu uso tanto na esfera estadual quanto na municipal, e explicitados os principais avanços e desafios nessa área. Além disso, investigam-se iniciativas para implantação e operação de uma usina de energia fotovoltaica na CAMG, elencando pontos facilitadores e dificultadores. Isso se dará por meio de pesquisas bibliográfica e documental, além de entrevistas com atores-chave do Governo de Minas. Os principais resultados da pesquisa identificam exemplos de usinas solares fotovoltaicas construídas em edificações pertencentes ao estado, como as do estádio Mineirão e a da Fapemig; enumeram as principais iniciativas e resultados do projeto Sol de Minas, que visa a atrair investimentos em energia fotovoltaica; e apresentam indicadores acerca do possível retorno financeiro da usina fotovoltaica CAMG, como *payback*, VPL e TIR.

Palavras-chave: sustentabilidade, energia solar fotovoltaica, análise de viabilidade econômica, Cidade Administrativa de Minas Gerais

ABSTRACT

This work addresses the main initiatives to stimulate the generation of solar energy within the scope of the government of Minas Gerais and in Cidade Administrativa (CAMG). The participation of sustainable energies in the global and national energy matrix is raised in a panoramic way, as well as its characteristics. Trends in solar energy generation are identified, actions of the Government of Minas Gerais are investigated in line with its use at both the state and municipal levels, and the main advances and challenges in this area are explained. Furthermore, initiatives are being investigated for the implementation and operation of a photovoltaic power plant at CAMG, listing facilitating and hindering points. This will be done through bibliographical and documentary research, as well as interviews with key actors in the Government of Minas Gerais. The main results of the research identify examples of photovoltaic solar plants built in buildings belonging to the state, such as the Mineirão stadium and Fapemig; they list the main initiatives and results of the Sol de Minas project, which aims to attract investments in photovoltaic energy; and present indicators about the possible financial return of the CAMG photovoltaic plant, such as payback, NPV and IRR.

Keywords: sustainability, photovoltaic solar energy, economic feasibility analysis, Cidade Administrativa de Minas Gerais

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bandeiras tarifárias definidas pela ANEEL (setembro de 2021)	26
Figura 2: Incidência solar no território brasileiro (kWh/m ²)	27
Figura 3: Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil	30
Figura 4: Iluminação emitida pela terra durante a noite, captada por satélite	33
Figura 5: Célula fotovoltaica e seu respectivo circuito equivalente	36
Figura 6: Índice solarimétrico global. As regiões onde o sol incide com maior intensidade são mostradas em vermelho escuro	37
Figura 7: Angulação das placas fotovoltaicas deve ser igual à latitude local	38
Figura 8: Maior usina solar flutuante da Holanda	41
Figura 9: <i>Bhadla Solar Park, Jodhpur District, Rajasthan, India</i>	43
Figura 10: Etapas para adesão do consumidor ao sistema de compensação de energia elétrica	46
Figura 11: Organograma do grupo Cemig	55
Figura 12: Painel montado sobre a cobertura impermeabilizada do Mineirão	63
Figura 13: Cobertura do Mineirão com os módulos fotovoltaicos instalados	64
Figura 14: Usina fotovoltaica da Fapemig, inaugurada em 2017	65
Figura 15: Usina Fotovoltaica de Pirapora (MG), a maior da América Latina (406 MW)	72
Figura 16: Incidência solar em Minas Gerais (kWh/m ²). Uberlândia em destaque	75
Figura 17: Mapa de Disponibilidade de Minigeração da Cemig	77
Figura 18: Raios de Disponibilidade de Minigeração da Cemig. Subestação BH Serra Verde	78
Figura 19: Capacidade máxima e orçamento estimado para a construção de uma usina fotovoltaica no estacionamento principal da CAMG	79
Figura 20: Imagem aérea da CAMG	83
Figura 21: Imagem aérea com destaque para as quatro áreas destinadas à implantação da usina FV de 5 MWp	86
Figura 22: Estrutura proposta para integração de módulos FV nas coberturas dos estacionamentos da Cidade Administrativa	87
Figura 23: Layout da UFV nos quatro estacionamentos da Cidade Administrativa, utilizando módulos da tecnologia p-Si	88
Figura 24: Perspectiva da UFV na Cidade Administrativa (Estacionamento 1)	89
Figura 25: Foto de parte do Estacionamento 1, tirada em outubro de 2021	89
Figura 26: Usina fotovoltaica sobre carports no estacionamento do grupo Dimed	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Participação das fontes de energia na matriz elétrica mundial	20
Gráfico 2: Comparação das matrizes energéticas mundiais: a de 2020 (à esquerda) e a projeção de 2050 (à direita)	21
Gráfico 3: Quantitativo de crescimento anual da geração de energia renovável produzida por fonte, de 2013 a 2019	22
Gráfico 4: Comparativo entre gráficos de capacidade instalada de energia elétrica por fonte renovável no mundo, com destaque aos países que mais produzem – 2021	24
Gráfico 5: Quantitativo de energia elétrica consumida no Brasil a partir de diferentes fontes entre 1985 e 2020	25
Gráfico 6: Geração média horária (MW) da energia fotovoltaica produzida em Minas Gerais de janeiro a maio de 2021	39
Gráfico 7: Preço (em dólares) dos módulos fotovoltaicos ao longo do tempo	40
Gráfico 8: Valores devidos e realizados (em reais) pelas concessionárias brasileiras ao longo do tempo	57
Gráfico 9: Distribuição das notas (primeira capacitação)	68
Gráfico 10: Distribuição das notas (segunda capacitação)	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fatos mais relevantes no panorama global da sustentabilidade e ano de ocorrência (até 2017)	28
Quadro 2: Metas globais e brasileiras sobre “Energia Limpa e Acessível” dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ONU - 2015 a 2030	32
Quadro 3: Entrevistados e objetivos das entrevistas	49
Quadro 4: Perguntas e resumo das respectivas respostas referentes ao follow-up da primeira capacitação	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Orçamento estimado pela Cemig (Mapa de Disponibilidade)	80
Tabela 2: Consumo de energia ativa da CAMG entre janeiro e setembro de 2021	92
Tabela 3: Payback descontado para capex de R\$ 20 milhões e TMA = 10%	94
Tabela 4: Payback descontado para capex de R\$ 28,3 milhões e TMA = 10%	94
Tabela 5: VPL entre 25 e 35 anos para capex de R\$ 20 milhões e TMA = 10%	96
Tabela 6: VPL entre 25 e 35 anos para capex de R\$ 28,3 milhões e TMA = 10%	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APAC	Associação de Proteção e Assistência aos Condenados
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BHTec	Parque Tecnológico de Belo Horizonte
CAMG	Cidade Administrativa de Minas Gerais
capex	capital expenditure / capital expense
CECAD	Coordenadoria Especial da Cidade Administrativa
Cemig	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CODEMIG	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
Comsefaz	Comitê Nacional de Secretários de Fazenda
Copasa	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
EMGD	Empresa Mineira de Geração Distribuída
Fapemig	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
Fhemig	Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais
FIEMG	Federação das Indústrias de Minas Gerais
Gasmig	Companhia de Gás de Minas Gerais
HFP	Horário fora de ponta
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INDI	Agência de Promoção de Investimentos e Comércio Exterior de Minas Gerais
kWp /	kilowatt-pico / megawatt-pico
MWp	
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PEE	Programa de Eficiência Energética
PEE	Programa de Eficiência energética
PPP	Parceria público-privada
REN	Resolução Normativa
SE	Subestação
Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais

SEDE	Secretaria de Desenvolvimento Econômico
Seinfra	Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade
Semad	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIN	Sistema Integrado Nacional
Tergip	Terminal Rodoviário Governador Israel Pinheiro
TJMG	Tribunal de Justiça de Minas Gerais
TMA	Taxa mínima de atratividade
TUSD	tarifa de uso do sistema de distribuição
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Usina Fotovoltaica
UFVJM	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	SUSTENTABILIDADE E ENERGIAS RENOVÁVEIS NO PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL E BRASILEIRO	20
2.1.	Panorama energético mundial e brasileiro	20
2.2.	Sustentabilidade e energias renováveis	28
2.2.1.	ODS 7 - Energia limpa e acessível: contextos internacional e brasileiro	29
2.3.	Fontes de energia renovável	33
3.	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UMA BREVE INTRODUÇÃO AO TEMA	36
3.1.	Legislação vigente sobre Geração Distribuída (GD)	43
4.	METODOLOGIA	48
4.1.	Ferramentas de análise	50
5.	ESTÍMULO À GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO GOVERNO DE MINAS: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS PRINCIPAIS INICIATIVAS	53
5.1.	Programa de Eficiência Energética da CEMIG	53
5.1.1.	A Cemig	53
5.1.2.	O Programa	56
5.2.	Criação da Cemig SIM	59
5.2.1.	Usina fotovoltaica Mineirão	62
5.2.2.	Usinas fotovoltaicas Fapemig e BHTec	65
5.3.	Sol de Minas	66
5.3.1.	Curso de capacitação para gestores municipais	67
5.3.2.	Atração de investimentos	71
5.3.3.	Mapa de Disponibilidade de Minigeração	76
6.	POSSIBILIDADES DE USO DA ENERGIA SOLAR NA CIDADE ADMINISTRATIVA	82
6.1.	A Cidade Administrativa	82
6.2.	Usina fotovoltaica CAMG: projeto idealizado	84
6.3.	Algumas ferramentas de análise econômica preliminar	90
6.4.	Considerações acerca da implementação do projeto UFV CAMG	97
7.	CONCLUSÃO	101
	REFERÊNCIAS	106
	APÊNDICE	116

1. INTRODUÇÃO

Garantir o acesso a fontes de energia confiáveis, sustentáveis e modernas para todos é o sétimo objetivo da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, proposta em 2015 na Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU, 2021). Todavia, combustíveis fósseis continuam sendo responsáveis por cerca de 70% da energia elétrica produzida no mundo (MCKINSEY, 2021), e isso gera efeitos colaterais nocivos ao ecossistema, como a redução da qualidade do ar e o aquecimento global em função da emissão de gases estufa (IPEA, 2018, p. 189).

O Brasil, cuja matriz energética depende fortemente das hidrelétricas (cerca de 65%), enfrenta em 2021 a maior estiagem dos últimos 91 anos, e os reservatórios usados para a geração de energia elétrica encontram-se em níveis críticos. Isso resulta na necessidade de se aumentar a geração proveniente de termelétricas, que têm custos de operação elevados, e isso é transmitido para o consumidor através do aumento da tarifa de energia elétrica. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou em 31 de agosto de 2021 a bandeira de escassez hídrica, que sinaliza uma situação ainda mais alarmante e cara para o consumidor que a bandeira vermelha nível 2, vigente desde junho do mesmo ano. (EXAME, 2021; SANT'ANA, 2021)

A crise energética aliada a questões ambientais vem impulsionando a substituição gradual das fontes de energia tradicionais. Isso é benéfico porque reduz a dependência que o Brasil tem de usinas hidrelétricas e tende a mitigar a elevação da tarifa em tempos de escassez hídrica. Algumas possibilidades para tanto são a energia solar fotovoltaica, a energia eólica e a energia de biomassa, que, além de contribuírem para a redução da emissão de poluentes na atmosfera, produzem externalidades positivas como o surgimento de empresas - que importam, produzem e/ou instalam essas soluções energéticas - e, conseqüentemente, a geração de empregos. Uma pesquisa realizada pelo instituto de pesquisa IDEIA juntamente com a revista Exame entre os dias 25 e 28 de outubro com 1.269 pessoas revelou que, embora os brasileiros estejam preocupados com o aumento geral de preços que se evidenciou no segundo semestre de 2021, 78% dos entrevistados estariam dispostos a pagar mais pela energia se fosse renovável (GARRET JR, 2021)

Em junho de 2021, Minas Gerais formalizou adesão ao *Race to Zero*, uma campanha global para reunir lideranças com objetivo de alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050. O estado é o primeiro da América Latina e Caribe a aderir à ação, se comprometendo a atrair negócios sustentáveis e a fomentar a criação de empregos

verdes. Em seu discurso durante a cerimônia de assinatura do acordo, o governador afirmou que “somos o estado que mais gera energia solar e ficaremos no primeiro lugar mais isolado ainda com os novos investimentos que estão sendo feitos aqui”. (MINAS GERAIS, 2021a)

Minas já está desenvolvendo ações para atrair investimentos no setor de energias renováveis, sendo o estado líder no Brasil em geração solar fotovoltaica, com 18% de toda a potência instalada no Brasil. Essa energia evita a emissão de 394 mil toneladas de gases de efeito estufa por ano. No início de 2021, o Estado anunciou investimento de R\$ 25 bilhões com a instalação de uma fábrica de veículos elétricos e baterias em Minas como resultado da atração de investimentos sustentáveis. O governo estadual vai publicar decreto criando o Fórum Mineiro de Energia e Mudanças Climáticas, que vai determinar medidas específicas para alcançar o *race to zero* até 2050. (MINAS GERAIS, 2021a)

Além disso, Minas Gerais teve posição de destaque na comitiva brasileira que participou da 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26), que aconteceu em Glasgow, na Escócia, entre os dias 31/10 e 12/11 de 2021. Marília Melo, Secretária de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, representou o Governo de Minas na agenda sustentável mundial em eventos que contaram com a presença de diversas autoridades mundiais, nos quais foram discutidas ações concretas para a redução da emissão de gases estufa e o controle das mudanças climáticas no planeta. No dia 11/11, o governador Romeu Zema falou sobre a adesão pioneira de Minas Gerais à campanha *Race To Zero* no painel de abertura do Evento de Ação sobre Cidades, Regiões e Ambiente Construído: “É uma honra saber que Minas está na vanguarda e que pode dar exemplo para outros estados, pela forma como tratamos essa pauta, com o maior respeito e empenho. Precisamos ser criativos e buscar soluções inovadoras.” (AGÊNCIA MINAS, 2021) Nesse mesmo evento, o ministro do Meio Ambiente, Joaquim Leite, anunciou as metas brasileiras de redução de gases poluentes: 50% até 2030 e neutralidade de carbono até 2050 (PASSARINHO, 2021).

É nesse contexto que o Governo de Minas Gerais vem estimulando iniciativas para desenvolvimento de energias renováveis, de forma que já se tem ciência de alguns projetos, dentre eles, o Projeto Sol de Minas. A instalação de usinas fotovoltaicas em prédios municipais e estaduais pode ser uma ferramenta para se maximizar a eficiência do setor público, conforme os princípios explicitados no artigo 37 da Constituição Federal: “A administração pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios obedecerá aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e **eficiência**” (BRASIL, CF 1988, art 37, grifo nosso). Esse aumento de eficiência pode se traduzir em redução de gastos com energia elétrica em um cenário de elevada crise fiscal conforme aponta o PMDI 2019-2030:

Se por um lado o crescimento das receitas apresentou expressiva desaceleração no último quadriênio (2015-2018), por outro, as despesas continuaram crescendo acima da inflação. Dessa forma, considera-se que a retração da atividade econômica, associada à dificuldade de conter o crescimento da despesa, resultou na piora sensível do quadro fiscal e do déficit da previdência. O resultado tem sido o surgimento de déficits fiscais crescentes, dificuldade de honrar compromissos, atrasos de pagamento de servidores e fornecedores, dentre outros. (MINAS GERAIS, 2019, p. 13)

Crise essa que tende a se agravar em um contexto de pandemia, no qual a economia global foi afetada como um todo em função de medidas restritivas que afetaram a circulação de pessoas e o funcionamento do comércio, enquanto os gastos com saúde aumentaram consideravelmente. Segundo dados do Comitê Nacional de Secretários de Fazenda (Comsefaz) publicados no site do Senado, “os estados brasileiros registraram perda média de 18% na arrecadação do ICMS no segundo trimestre de 2020, comparado a período equivalente de 2019”, sendo que a perda de Minas Gerais no período foi de 19%. (BRASIL, 2020)

Muito embora uma parcela dos servidores e comissionados de áreas administrativas estejam em regime de *home office*, e que as aulas da rede estadual tenham sido temporariamente suspensas no ano de 2021, o estado mantém seu gasto com energia nas áreas de educação e segurança pública. Além disso, os gráficos da Seção 2.1 mostram que a demanda por energia elétrica tem crescido a cada ano. Portanto, a geração distribuída por meio de fontes renováveis de energia contribui também para suprir parte dessa demanda sem que seja necessária a construção de usinas elétricas poluentes ou de grandes hidrelétricas, que inundam grandes áreas, interfere no ecossistema ao seu redor e ainda não conseguem gerar sua potência nominal em períodos de seca.

Conhecendo a importância da sustentabilidade financeira e ambiental por parte do Estado, o problema proposto por esta pesquisa é: **como o governo de Minas tem estimulado o uso de energia solar fotovoltaica?** A importância desta pesquisa se dá em dois âmbitos: o fiscal e o ambiental. Em primeiro lugar, considerando a preocupante crise fiscal do Estado que só se agrava em um cenário de pandemia, é imprescindível buscar alternativas para a redução do gasto estatal e maximização da eficiência, mantendo o equilíbrio contábil e prezando pelo interesse público, principalmente em épocas de escassez hídrica, nas quais as tarifas tendem a se apresentar elevadas. Em segundo lugar, a questão ambiental mostra-se como uma tendência global, visando reduzir a poluição e promover sustentabilidade para gerações futuras, aumentando o bem-estar da sociedade em geral.

Este trabalho se justifica pois direciona o olhar para estudos relacionados ao uso da energia solar no âmbito do governo, convergindo com os propósitos da agenda 2030 e expandindo os objetivos do projeto Sol de Minas. Além disso, são relacionadas iniciativas voltadas para a proteção ao meio ambiente e a redução de custos governamentais por meio do uso de fontes alternativas de energia.

Considerando a justificativa apresentada e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável de número 7 da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa a “garantir o acesso a fontes de energia confiáveis, sustentáveis e modernas para todos” (ONU, 2021), é imprescindível conhecer as possibilidades de implantação de fontes de energias renováveis pelo governo mineiro. Dessa forma, o objetivo geral do presente trabalho é **estudar as principais iniciativas de estímulo à geração de energia solar no âmbito do governo de Minas Gerais**. Para tanto, foram propostos três objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico é **estabelecer um panorama da participação de fontes renováveis - com foco na energia solar fotovoltaica - nas matrizes energéticas mundial e nacional**, bem como suas características e avanços tecnológicos. Esse objetivo busca identificar as tendências em se tratando de fontes renováveis, com o intuito de se apontar um norte a ser seguido pelo governo de Minas. Se dará por meio de pesquisas bibliográfica e documental.

O segundo objetivo específico é **verificar se há algum tipo de iniciativa do governo de Minas que visa ao estímulo da geração de energia solar fotovoltaica**, tanto na esfera estadual quanto na municipal e se ela está alinhada com as tendências globais, além de identificar seus principais avanços e desafios por meio de pesquisa documental e entrevistas com eventuais atores-chave.

O terceiro objetivo específico é **investigar a viabilidade técnica e econômica de implantação e operação de uma usina de energia fotovoltaica na CAMG**, elencando pontos facilitadores e dificultadores. Será atingido a partir de estudos de áreas disponíveis para o empreendimento e da aplicação de ferramentas de análise financeira, como VPL, TIR e *payback*. Para tanto, serão utilizados dados fornecidos pela SEDE e pela Coordenadoria Especial da Cidade Administrativa.

O panorama apresentado por esta introdução inclui a crise hídrica e a especial atenção dada para as fontes renováveis de energia pelo atual governo estadual mineiro, o que se traduz em um projeto estratégico que objetiva a atração de investimentos em energia

solar fotovoltaica, por meio de simplificação da legislação, incentivos tributários, capacitação de gestores municipais e elaboração do Mapa de Disponibilidade em parceria com a Cemig. Nesse sentido, justifica-se a importância desta pesquisa e, considerando esta contextualização, esta monografia é composta por essa introdução e outros 6 capítulos, que serão apresentados a seguir.

O segundo capítulo aborda as energias renováveis enquanto pilar da sustentabilidade. Por isso, apresenta o panorama energético mundial e brasileiro, que evidencia a necessária preocupação com o uso de recursos naturais para o desenvolvimento econômico. Assim, o capítulo também demonstra, em detalhes, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7¹ da Organização das Nações Unidas e quais ações são propostas pelo Brasil enquanto signatário. Por fim, também são discutidas as vantagens e desvantagens das principais fontes de energia renováveis, o que permitiu realizar a escolha metodológica para o destaque da energia solar fotovoltaica nesse trabalho.

Em continuação à discussão que encerra o capítulo anterior, o terceiro capítulo se dedica a aprofundar o entendimento do funcionamento da energia solar fotovoltaica, tanto pelo seu aspecto técnico quanto pela variação da incidência solar. Além disso, apresenta-se a legislação vigente sobre a Geração Distribuída, que possui especial impacto para a análise aqui pretendida.

Findado o referencial teórico, o quarto capítulo discute a metodologia utilizada em três aspectos: a primeira parte apresenta os parâmetros metodológicos para situar a pesquisa a partir de sua classificação. A segunda parte explica com maiores detalhes os procedimentos para coleta e análise dos dados utilizados pelos passos metodológicos. A terceira parte descreve as ferramentas de análise utilizadas, a saber: *payback*, VPL e TIR.

O quinto capítulo é intitulado “Estímulo à geração de energia solar no Governo de Minas: apresentação e análise das principais iniciativas” e responde ao segundo objetivo específico anteriormente explicitado por essa introdução. Nesse sentido, discute: o Programa de Eficiência Energética da Cemig, a criação da Cemig SIM e o Projeto Sol de Minas.

O sexto capítulo, por sua vez, discute as possibilidades de uso da energia solar fotovoltaica na Cidade Administrativa de Minas Gerais (CAMG), projeto idealizado em 2015 e que será alvo de discussão para atingir o terceiro objetivo específico aqui proposto. Para tanto,

¹ O ODS 7 é intitulado “Energia limpa e acessível”.

caracteriza o Centro Administrativo do governo mineiro e o planejamento realizado para a instalação de usina fotovoltaica na CAMG, o que permite aplicar técnicas de análise de viabilidade econômica. Por fim, o sétimo capítulo faz as considerações finais tecidas com a conclusão deste trabalho.

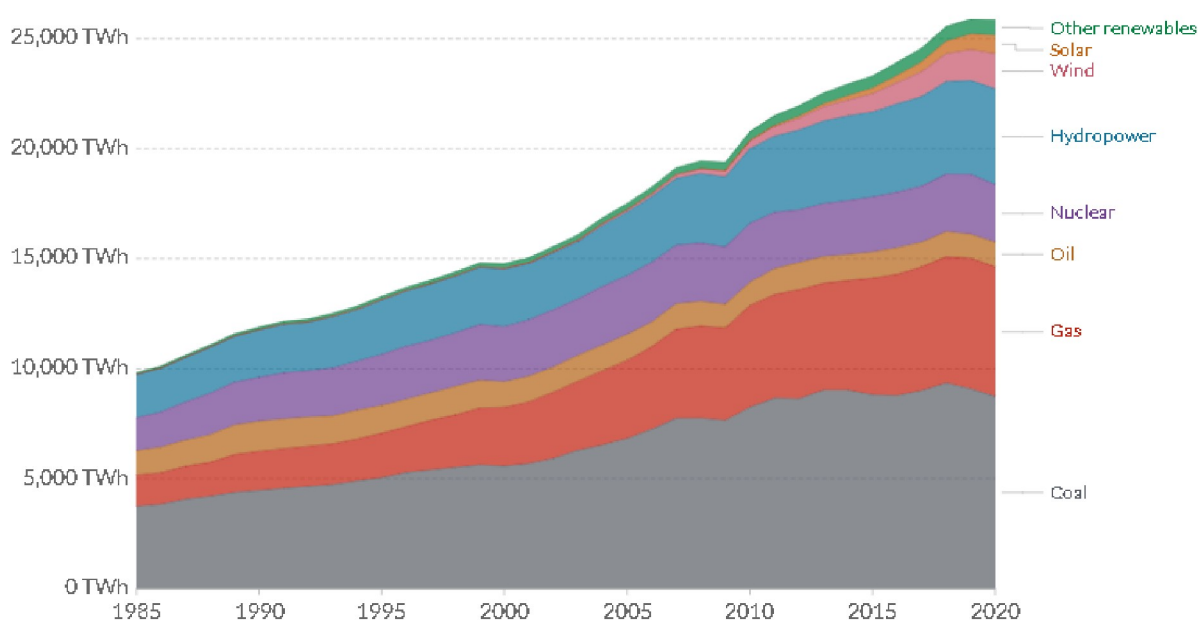
2. SUSTENTABILIDADE E ENERGIAS RENOVÁVEIS NO PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL E BRASILEIRO

O intuito do presente capítulo é apresentar o papel das energias renováveis para alcançar maior sustentabilidade no uso de recursos naturais. Nesse sentido, ele é dividido em três seções. A primeira apresenta o panorama energético mundial e brasileiro, que cumpre o segundo objetivo específico deste trabalho. A segunda seção evidencia o elo entre a sustentabilidade e as energias renováveis, o que permite a compreensão da importância do tema e a sua consequente inclusão nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Por fim, a terceira seção explicita o desenvolvimento tecnológico e o seu relacionamento com as principais fontes de energia renováveis.

2.1. Panorama energético mundial e brasileiro

A evolução da matriz elétrica mundial ao longo dos últimos anos pode ser observada no Gráfico 1. Ele mostra que, embora a participação de fontes renováveis tenha crescido consideravelmente nos últimos 20 anos, ainda se utiliza muito o carvão (*coal*), uma fonte não-renovável e muito poluente.

Gráfico 1: Participação das fontes de energia na matriz elétrica mundial

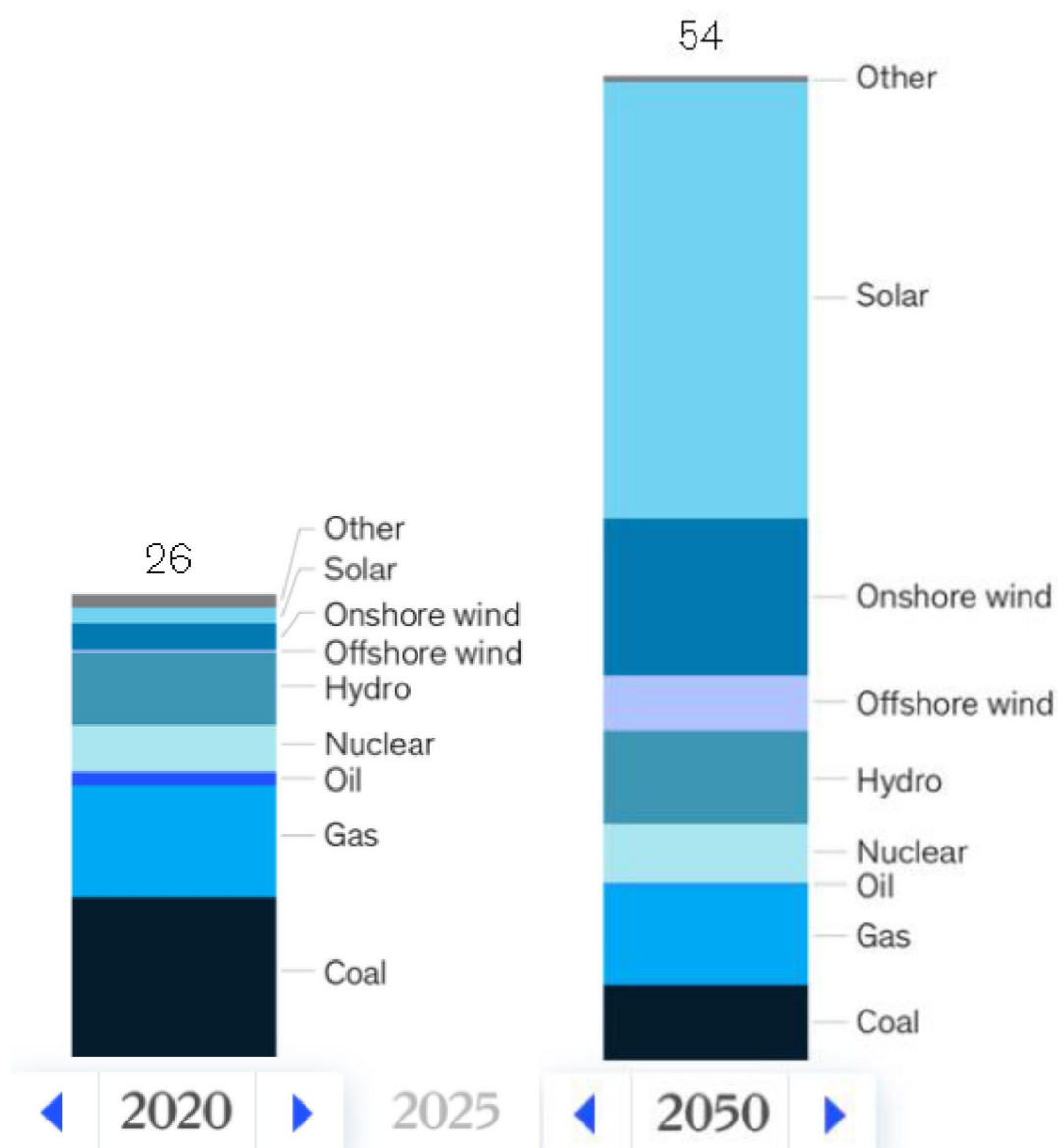


Fonte: OUR WORLD IN DATA, 2021 - Electricity Mix

Analisando-se o panorama global, cerca de 70% da energia elétrica produzida em 2020 foi proveniente de fontes não renováveis como carvão, gás, óleo e nuclear. O carvão,

que é uma fonte barata, liderou com 33% da energia elétrica disponível no mundo naquele ano, mesmo emitindo gases poluentes. Isso evidencia que sem políticas públicas ou sem incentivos estatais, as empresas responsáveis pela geração de energia tendem a priorizar a redução de gastos, mesmo que isso impacte de forma negativa o meio-ambiente. Em se tratando de fontes renováveis, elas somaram os 30% restantes da eletricidade produzida em 2020: hidrelétricas lideram a geração renovável (17%), seguida pela eólica (6%), solar (3,3%) e outras fontes renováveis (2,7%). (OUR WORLD IN DATA, 2021). O Gráfico 2 permite comparar a matriz energética atual com uma estimativa de como será a distribuição no ano de 2050:

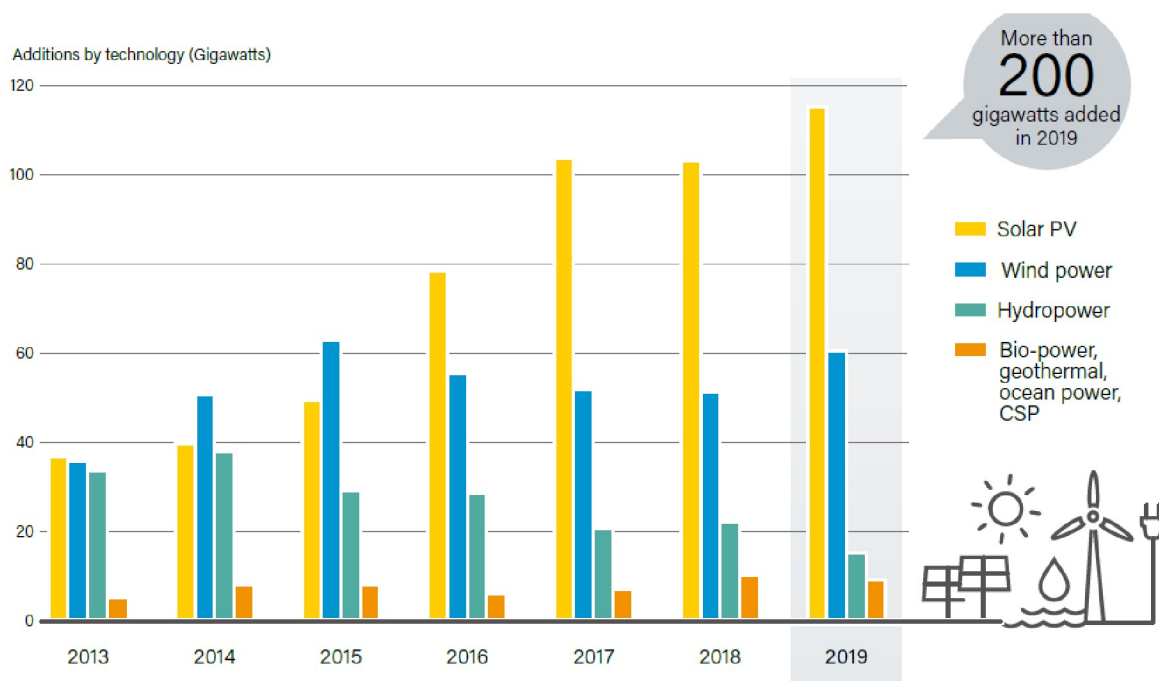
Gráfico 2: Comparação das matrizes energéticas mundiais: a de 2020 (à esquerda) e a projeção de 2050 (à direita)



Fonte: MCKINSEY, 2021

A projeção mostra que a demanda energética vai mais que dobrar ao longo dos próximos 30 anos. A boa notícia é que a dependência de combustíveis fósseis reduzirá consideravelmente: o uso de carvão cairá pela metade e o petróleo sequer aparece no segundo gráfico. A geração eólica, por sua vez, aumentará bastante, tanto em terra (*onshore*) quanto no mar (*offshore*), e a energia solar fotovoltaica é a que apresentará o maior crescimento, passando a ser a principal fonte de energia para o mundo (supondo que a estimativa se concretize). O Gráfico 3 corrobora com o esse palpite ao mostrar os acréscimos da geração de painéis solares ao longo dos últimos anos:

Gráfico 3: Quantitativo de acréscimo anual da geração de energia renovável produzida por fonte, de 2013 a 2019



Fonte: REN, 2020, p 33

Observa-se que, a partir de 2017, os acréscimos em geração fotovoltaica são aproximadamente duas vezes maiores que os de energia eólica. A construção de hidrelétricas, por sua vez, tende a diminuir à medida que usinas solares e eólicas apresentam eficiências cada vez maiores e custos decrescentes (MORAES, 2020).

Estreitando-se o foco para a geração sustentável, o Gráfico 4 mostra os três países com a maior capacidade instalada de diferentes fontes renováveis de energia elétrica, a saber: eólica, solar, bioenergia e hidrelétrica:

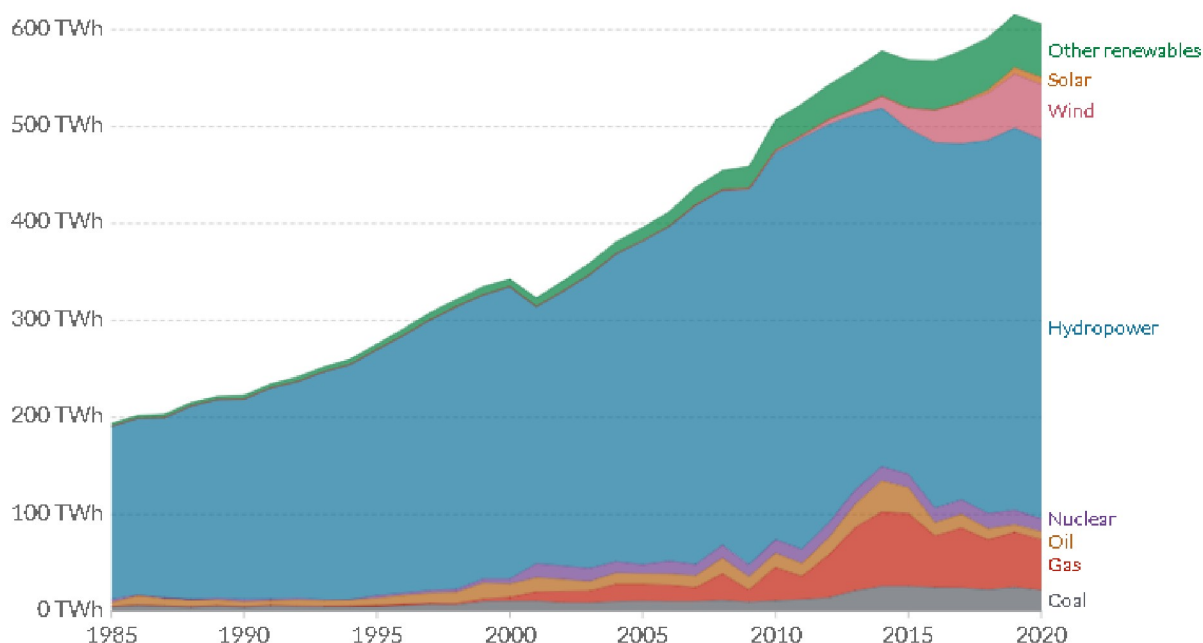
Gráfico 4: Comparativo entre gráficos de capacidade instalada de energia elétrica por fonte renovável no mundo, com destaque aos países que mais produzem – 2021



A partir do Gráfico 4, percebe-se que a China lidera na produção dos quatro principais tipos de energias renováveis, com uma grande diferença para o segundo colocado. O Brasil aparece em segundo lugar em bioenergia e em energia hidrelétrica. Embora a energia hidrelétrica seja responsável pela maior parte da produção brasileira (mais de 64%), a produção chinesa nessa mesma fonte é aproximadamente três vezes maior.

No que se refere ao panorama energético brasileiro, o potencial hídrico do país associado ao impacto das crises do petróleo da década de 70 favoreceu a instalação de hidrelétricas, que vieram a ser a principal fonte de energia. O Gráfico 5 demonstra esse cenário:

Gráfico 5: Quantitativo de energia elétrica consumida no Brasil a partir de diferentes fontes entre 1985 e 2020



Fonte: OUR WORLD IN DATA, 2021 - Brazil: Energy Country Profile

No Brasil, mais de 64% da energia elétrica é proveniente de hidrelétricas. O aspecto positivo reside no fato de ser uma fonte renovável e que não emite gases poluentes, mas há também aspectos negativos: a construção de hidrelétricas alaga grandes áreas e, em tempos de escassez hídrica, é necessário acionar termelétricas, que geram gás carbônico e contribuem para o encarecimento da tarifa energética. É possível perceber no Gráfico 5 uma redução acentuada na produção de energia entre os anos de 2001 e 2002, o que corresponde

à crise do apagão ocorrida durante o segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso.

O sistema de bandeiras tarifárias criado pela ANEEL em 2015 recebeu o acréscimo de uma nova bandeira em 31 de agosto de 2021: a bandeira de escassez hídrica, que sinaliza uma situação ainda mais alarmante e cara para o consumidor que a bandeira vermelha nível 2, vigente desde junho do mesmo ano. Esse custo extra de R\$ 14,20 a cada 100 kWh consumidos representa um aumento de 6,78% na tarifa média da conta de luz dos consumidores e visa cobrir o déficit de R\$ 5 bilhões ocasionado pelo dos custos de produção. (SANT'ANA, 2021)

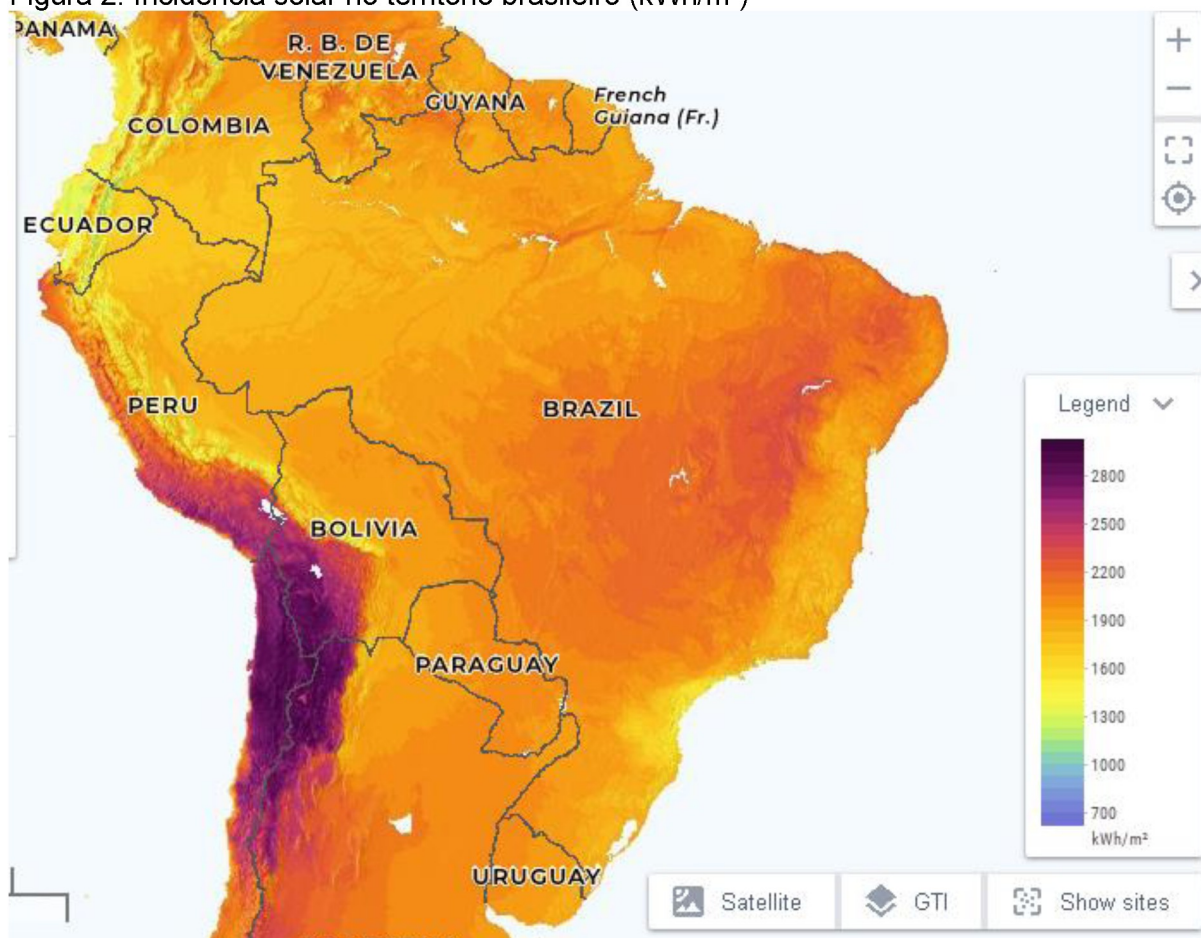
Figura 1: Bandeiras tarifárias definidas pela ANEEL (setembro de 2021)



Fonte: SANT'ANA, 2021

A segunda maior fonte de energia renovável no Brasil é a eólica, responsável por 9,36% da geração de energia elétrica. As outras fontes renováveis somadas (incluindo a de biomassa, mas excluída a solar, que aparece à parte no gráfico) resultam em 9%, e a energia solar representa apenas 1,25% da produção total nacional. Causa até estranheza que um país com território tão vasto e elevado índice solarimétrico não utilize melhor esse potencial para a geração de energia limpa:

Figura 2: Incidência solar no território brasileiro (kWh/m²)



Fonte: GLOBAL SOLAR ATLAS, 2021

Embora os níveis de incidência solar no Brasil sejam inferiores aos de países africanos, do oriente médio e de alguns países localizados mais a oeste na América do Sul (que aparecem na Figura 2 com uma coloração vinho), eles são suficientemente fortes em toda a extensão territorial brasileira e ao longo do ano inteiro, possibilitando o suprimento de grande parte da demanda nacional por meio da instalação de placas fotovoltaicas nos telhados de casas, apartamentos e galpões, além do aproveitamento de regiões pouco favoráveis à agropecuária para a construção de usinas solares.

A apresentação dos panoramas energéticos mundial e brasileiro, além de cumprir o primeiro objetivo específico deste trabalho, permite a apreensão de um preocupante contexto no uso de recursos naturais. Isso foi ilustrado pela grande participação de energias não renováveis na matriz energética mundial. Dessa forma, passa-se para a seguinte seção, que discorre sobre a sustentabilidade e os objetivos internacionais de desenvolvimento nesse caminho.

2.2. Sustentabilidade e energias renováveis

Ao longo do século XVIII, consolidou-se o progresso da ciência como ferramenta para auxiliar o homem a dominar a natureza. Todavia, não demorou para que os efeitos maléficos da revolução industrial começassem a aparecer, como, por exemplo, o desemprego, a pobreza, as doenças e a degradação ambiental. (MEBRATU, 1998). Portanto, este capítulo visa delimitar o conceito de sustentabilidade para a análise pretendida, além de estabelecer um panorama da participação de fontes renováveis - com foco na energia solar fotovoltaica - nas matrizes energéticas mundial e nacional, bem como suas características e avanços tecnológicos, cumprindo o primeiro objetivo específico.

Com a premissa de se melhorar a condição humana por meio de uma estabilidade econômica e ecológica de longo prazo, o conceito de sustentabilidade foi sendo desenvolvido ao longo dos anos, influenciado por publicações, comissões e conferências sobre o tema do meio ambiente.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, que ocorreu em Estocolmo no ano de 1972, abriu caminho para a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, além de outras conferências de relevância mundial, como Rio-92, Rio+10 e Rio+20. Feil e Schreiber (2017) sintetizam os principais eventos no Quadro 1.

Quadro 1: Fatos mais relevantes no panorama global da sustentabilidade e ano de ocorrência (até 2017)

Ocorrência	Ano
Hans Carl Von Carlowitz, na Alemanha, influenciado pelas ideias de Evelyn (1664) e de Colbert 1713 (1669) sobre a rápida devastação florestal da Europa, publica o livro <i>Sylvicultura Oeconomica oder Anweisung zur wilden Baumzucht</i> . Centra-se na escassez da madeira, demonstrando alternativas de consumo eficiente, reaproveitamento de energia, reflorestamento e substituição da madeira pelo fóssil, para a busca do equilíbrio entre o corte e a renovação da madeira, com vistas à sua utilização contínua e perpétua.	1713
Rachel Carson publica <i>Silent Spring</i> , que retrata a utilização de inseticidas e pesticidas, trazendo, assim, seus reflexos na degradação do solo, ar, água e na vida humana, animal e vegetal.	1960
Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (CNUMA), realizada em Estocolmo, centrava-se na ideia de sustentabilidade, demonstra que seria possível alcançar o crescimento econômico e industrial sem agredir o meio ambiente. Essa conferência gerou o livro <i>The Limits to Growth</i> de Meadows (2004) com foco na aceleração industrial, crescimento populacional, desnutrição, esgotamento de recursos não renováveis e a degradação ambiental.	1972

(Continua)

(Continuação)

Ocorrência	Ano
Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED ou Comissão de Brundtland) apresenta o relatório <i>Our Common Future</i> , desenvolvido pela Organização das Nações Unidas (ONU), centrado nas necessidades e nos interesses da humanidade, na segurança do patrimônio global para as gerações futuras e na redistribuição dos recursos às nações mais pobres.	1987
Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como Eco-92 ou Rio-92. Objetivou conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a prestação e conservação do meio ambiente. Na Rio-92, foram elaboradas: a) a declaração do Rio, que estabelece acordos internacionais para proteger e respeitar a integridade da ecologia e do desenvolvimento global, começando pela gestão ambiental e do desenvolvimento sustentável; e b) a Agenda 21, que se centra na implantação de programas e políticas ambientais.	1992
A Rio+10, realizada em Joanesburgo (África do Sul), centrou-se na aniquilação da pobreza e definiu que o desenvolvimento sustentável possui uma base de formação de três pilares essenciais (Triple Bottom Line): Ambiental, social e econômico.	2002
A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), no Rio de Janeiro, conhecida como Rio +20, teve como foco a renovação do compromisso sobre o desenvolvimento sustentável formalizado em diversos países em conferências anteriores. Dessa conferência surgiu o documento intitulado <i>The future we Want</i> , com foco principalmente nas questões da utilização de recursos naturais, e em questões sociais como a falta de moradia.	2012

Fonte: Adaptado de FEIL E SCHREIBER, 2017, p. 670

Muito embora cada uma das conferências listadas no Quadro 1 sejam de extrema importância para a construção do conceito contemporâneo de sustentabilidade, o presente trabalho destaca o apresentado no ano de 1987 no relatório *Our Common Future*, desenvolvido pela ONU: “desenvolvimento sustentável é aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”. (ONU, 1987, p. 41). Como sustentabilidade e energias limpas andam de mãos dadas, a subseção seguinte detalha o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número 7.

2.2.1. ODS 7 - Energia limpa e acessível: contextos internacional e brasileiro

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, lançada no ano de 2015, é um plano de ação global que busca o desafio de erradicar a pobreza em todas as suas formas e dimensões, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas possam desfrutar de paz e de prosperidade. Todos os países e seus respectivos representantes se comprometeram a agir de forma coordenada e colaborativa para tal, e a ONU se propôs a tomar medidas fortes, corajosas e ousadas para que o mundo siga um caminho sustentável e resiliente. (ONU, 2021). Para tal, foram traçados 17 objetivos ambiciosos, integrados e

indivisíveis, conhecidos como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme a Figura 3:

Figura 3: Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil



Fonte: ONU, 2021

Esses objetivos contêm ao todo 169 alvos balanceados em três dimensões: econômica, social e ambiental. São de natureza global e universalmente aplicáveis, mas levam em conta as diferentes realidades dos países, as capacidades, níveis de desenvolvimento e respeitam as circunstâncias, políticas e prioridades nacionais:

A ONU, em diversos documentos, incentiva os países a levarem em consideração suas realidades e prioridades nacionais no momento de definição das estratégias a serem adotadas para o alcance dos objetivos da Agenda. No entanto, alerta que, nesse processo, não se deve permitir redução na magnitude e abrangência da agenda global. É nesse contexto que o Brasil empreende esforços para promover a adaptação a sua realidade das metas estabelecidas globalmente. As características e especificidades da nação brasileira são tantas que, muitas vezes, não se veem representadas de maneira satisfatória em acordos globais. Em alguns casos, o Brasil já alcançou as metas estabelecidas; em outros, essas referem-se a problemas que não são observados internamente, ou não contemplam questões de grande relevância para o país. Ademais, na Federação brasileira, os compromissos com os ODS e com a implementação das políticas públicas requeridas para o seu alcance precisam ser assumidos e implementados nas suas três esferas: União, estados e municípios. É necessário, portanto, adaptar as metas de tal forma que os entes federados se sintam contemplados nas prioridades nacionais. (IPEA, 2018, p. 13)

Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável apresentados pela Figura 3, o objetivo de número 7 possui como tema o uso de energia limpa² e acessível, e visa a “Garantir o acesso a fontes de energia confiáveis, sustentáveis e modernas para todos” (ONU, 2021). Para atingir tal objetivo, foram estabelecidas cinco metas. O Quadro 2 apresenta as metas globais e as respectivas metas brasileiras, trazendo também comentários acerca das alterações efetuadas.

² Energias limpas são “definidas como aquelas que não liberam, durante seu processo de produção ou de consumo, resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento global”(IPEA, 2018, p. 189).

Quadro 2: Metas globais e brasileiras sobre “Energia Limpa e Acessível” dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ONU - 2015 a 2030

Metas Globais	Metas do Brasil
7.1 Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia	7.1 Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia. (inalterada)
7.2 Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global	7.2 Até 2030, manter elevada a participação de energias renováveis na matriz energética nacional. A participação das energias renováveis na matriz energética nacional já é elevada (43,2%, em 2017). Como o compromisso do Brasil no Acordo de Paris é atingir participação de 45% de todas as energias renováveis na matriz energética em 2030, não cabe assumir que o país elevará substancialmente uma participação que já é elevada. Essa posição, contudo, não significa que o Brasil deixará de aprimorar as atuais políticas que vêm sendo implementadas para a ampliação dos investimentos em energias renováveis, especialmente a eólica, a solar e os biocombustíveis.
7.3 Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética	7.3 Até 2030, aumentar a taxa de melhoria da eficiência energética da economia brasileira. O histórico no Brasil do indicador de intensidade energética nos últimos vinte anos e as projeções realizadas no Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) indicaram ser inviável dobrar a taxa de variação do indicador de eficiência energética proposto pela ONU, não obstante as melhorias que foram projetadas pelo Brasil.
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.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. (inalterada)
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	7.b Até 2030, expandir a infraestrutura e aprimorar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos. A redação recebeu adequações com o objetivo de retirar as referências a diversos tipos de países que se encontram particularizados no texto original. A modificação não alterou o objetivo nacional de aderência à meta global.

Fonte: IPEA, 2018, p. 183 - adaptado

Considerando o objetivo 7 dos ODS e as metas apresentadas para atingi-lo, a próxima seção busca elucidar as principais fontes de energias renováveis a serem utilizadas. A partir dessa análise, será possível compreender as possibilidades para utilização pelo governo estadual mineiro.

2.3. Fontes de energia renovável

A busca por fontes renováveis de energia se faz necessária devido à crescente e acelerada demanda energética mundial, o que se deve, dentre outros fatores, tanto ao aumento populacional quanto ao desenvolvimento de máquinas e equipamentos elétricos, utilizados de forma intensiva nos lares, indústrias, meios de transporte ou serviços, etc. Adicionado a isso, estão: o esgotamento das fontes não renováveis e os danos causados ao meio ambiente. A Figura 4 mostra a iluminação emitida pelos grandes centros urbanos durante a noite.

Figura 4: Iluminação emitida pela terra durante a noite, captada por satélite



Fonte: NASA, 2013

Diversos autores apontam uma forte correlação entre energia e desenvolvimento econômico e social: “Na maioria dos países, nos quais o consumo de energia comercial per capita está abaixo de uma tonelada equivalente de petróleo (TEP) por ano, as taxas de analfabetismo, mortalidade infantil e fertilidade total são altas, enquanto a expectativa de vida é baixa.” (GOLDEMBERG, 1998).

Antes de compreender as formas de geração de energia renovável, é preciso apresentar sua definição. Energia renovável, também conhecida como energia limpa, é aquela

derivada de recursos naturais que se reabastecem em ritmo igual ou mais rápido que o ritmo em que são consumidos. Embora muitas vezes seja pensada como algo recente, há muito são desenvolvidas tecnologias e equipamentos capazes de aproveitarem a energia da natureza para geração de calor, transporte de cargas ou pessoas, iluminação, funcionamento de máquinas industriais, bombeamento de fluidos (C2ES, 2020; EDF, 2017; NRCAN, 2017; SHINN, 2018). Como exemplos, pode-se citar embarcações movidas por meio da energia dos ventos, bem como moinhos utilizados para moerem grãos, os quais podem utilizar tanto a força dos ventos quanto das águas.

Todavia, o avanço científico e tecnológico trazido ao longo do Século XVIII (principalmente com a Revolução Industrial), acabou tendo como efeito colateral a adoção de fontes de energia poluentes, como o carvão para alimentar as máquinas a vapor e, posteriormente, petróleo e gás natural (C2ES, 2020; EDF, 2017; NRCAN, 2017; SHINN, 2018). Além de poluírem a atmosfera e agravarem o efeito estufa, combustíveis fósseis não são renováveis porque são utilizados a uma taxa milhões de vezes maior que sua reposição.

No entanto, a inovação científica e tecnológica continuou ao longo dos séculos, de forma que os meios de geração de energias limpas são cada vez mais eficientes, baratos e disponíveis até mesmo para empreendimentos de pequena escala, realizados por pessoas físicas (aquecimento solar, placas de energia solar fotovoltaicas e geradores eólicos de pequeno porte) (C2ES, 2020; EDF, 2017; NRCAN, 2017; SHINN, 2018). Além disso, a evolução do processo de fabricação de baterias viabiliza o armazenamento da energia, que é produzida a taxas variáveis ao longo do tempo. Assim, a força dos ventos, das águas e do sol, utilizada há milênios, torna-se cada vez mais importante para se garantir um futuro verde e sustentável.

As principais fontes de energias renováveis (ou fontes alternativas de energia, por aparecerem como substitutas das fontes não-sustentáveis comumente utilizadas) da atualidade são: biomassa, eólica, hidrelétrica e solar. (NRCAN, 2017). Além de inesgotáveis, cabe ressaltar a vantagem de que as três últimas fontes mencionadas não geram dióxido de carbono e, embora a combustão de biomassa gere esse gás, ele é reabsorvido com o crescimento de novas plantações destinadas à mesma finalidade, num processo chamado de sequestro de carbono, que não agrava o efeito estufa. Quanto às suas respectivas limitações e desvantagens, a energia de **biomassa** depende de uma cadeia logística e de grande espaço de armazenamento para a matéria orgânica a ser queimada. A **eólica** só é viável em regiões onde o vento possui natureza mais constante e velocidade elevada; também é fonte de poluição visual, poluição sonora e causa danos à fauna local, atingindo aves e morcegos. A

energia **hidrelétrica**, por sua vez, requer um fluxo de água perene de grande volume; o ecossistema da região inundada após a construção da barragem é permanentemente afetado (fauna, flora e até o microclima) e pode ser necessária a realocação de comunidades. (SALMERON, 2021)

Em se tratando de áreas próximas ou dentro de centros urbanos, a energia **solar fotovoltaica** mostra-se mais adequada que as demais fontes renováveis de energia supracitadas. Seu *capex* (*capital expenditure* ou *capital expense* que, em tradução direta, são despesas de capital) é menor e, por não possuir partes móveis, sua operação é mais simples e sua manutenção, mais barata. Embora os custos de armazenamento (através de bancos de baterias) sejam altos e a produção de energia seja reduzida em dias nublados e nula durante a noite, esses empecilhos são compensados com a possibilidade de se acumular créditos junto à distribuidora (esse mecanismo será detalhado posteriormente no presente trabalho). Além disso, usinas fotovoltaicas podem ser construídas em cima de estruturas pré-existentes, como telhados ou *carports*.

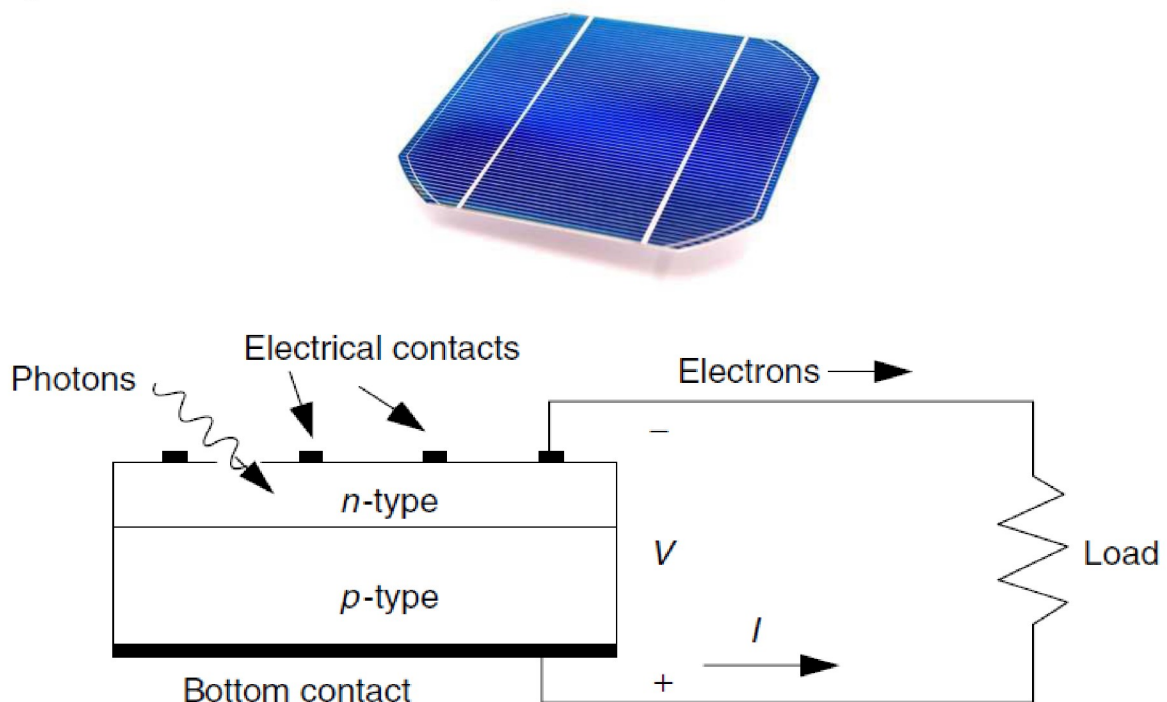
A partir do panorama energético apresentado, das metas para alcançar o ODS 7 e considerando as ponderações acerca de cada uma das fontes de energias renováveis discutidas nesse capítulo, fez-se a escolha metodológica por aprofundar sobre a utilização da energia solar fotovoltaica, que será apresentada na próxima seção. Essa escolha é alicerçada pela matriz energética mundial prevista para 2050 pelo Gráfico 2.

3. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UMA BREVE INTRODUÇÃO AO TEMA

A humanidade utiliza a energia proveniente do sol há milênios para o cultivo de plantações, para se aquecer, para secar roupas e desidratar diversos alimentos. Ela é tão abundante que, de acordo com o *National Renewable Energy Laboratory*, em uma hora a Terra recebe do sol energia mais que suficiente para abastecer o consumo mundial ao longo de um ano. Atualmente, nos deparamos cada vez mais com dispositivos capazes de aproveitar a energia do sol, seja para a produção direta de energia elétrica, ou para o aquecimento de água através de coletores solares, que aquecem determinado fluido condutor de calor e, posteriormente, esse fluido em alta temperatura transfere o calor absorvido aquecendo um tanque de água destinada ao consumo residencial. (C2ES, 2020; SHINN, 2018)

Embora a potência solar interceptada pela Terra seja de 173 petawatts, cerca de 10 mil vezes mais potência que a população mundial utiliza, somente uma parcela ínfima dela é utilizada para a geração de energia elétrica. A conversão direta de luz em tensão e corrente elétricas era algo impossível até a primeira metade do século XIX, período em que esse efeito (conhecido como efeito fotovoltaico) foi descoberto e abriu caminho para o desenvolvimento de células solares, que surgiram na segunda metade do mesmo século. (GUARNIERI, 2015; PERLIN, 1999, p. 147; PETROVA-KOCH *et al*, 2020)

Figura 5: Célula fotovoltaica e seu respectivo circuito equivalente

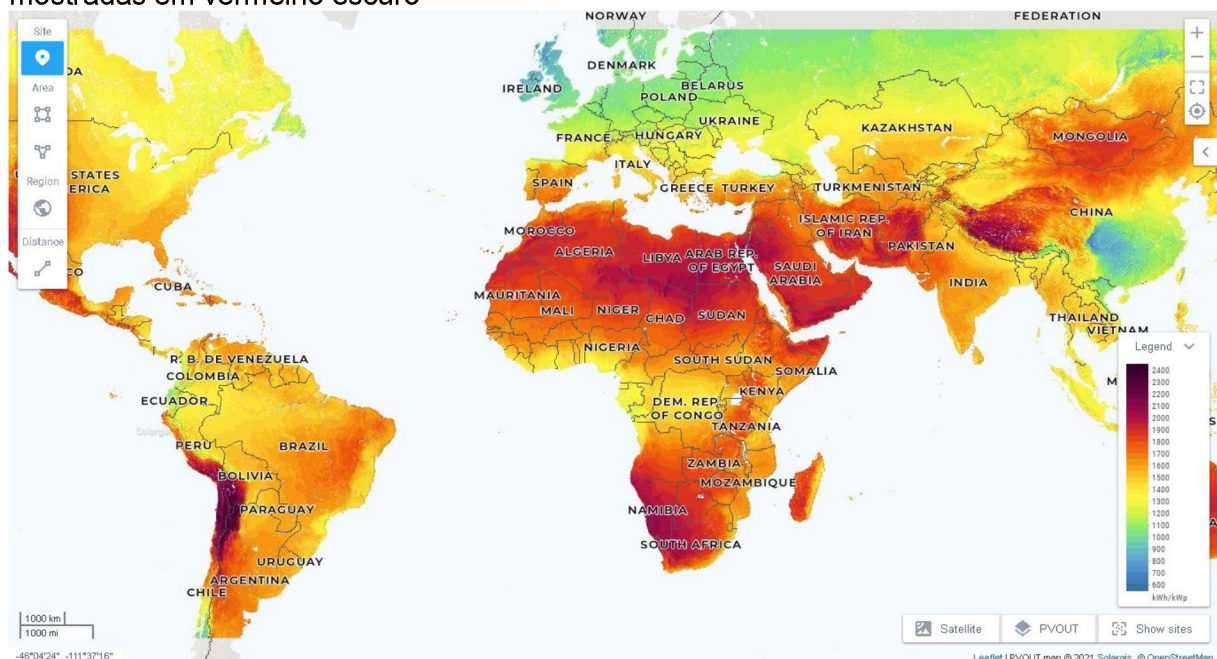


Mas o que são e como funcionam essas células solares? São estruturas compostas pela junção de duas camadas semicondutoras de silício cristalino (junção p-n, que gera um campo elétrico) posicionadas entre camadas metálicas condutoras. Esse arranjo permite que elétrons emitidos a partir da absorção de luz pelo material circulem preferencialmente em determinada direção, gerando uma corrente elétrica e, conseqüentemente, tensão. (MASTERS, 2013, p. 461)

Painéis solares são compostos pela junção de diversas células fotovoltaicas. Como as únicas partes móveis do sistema são os elétrons, o desgaste é mínimo, requerendo pouca manutenção (que consiste basicamente na limpeza periódica dos painéis para evitar que o acúmulo de sujeira reduza a produção de energia) e resultando em uma vida útil que pode chegar a 30 anos. (KOMP, 2016)

Se a energia proveniente do sol é tão abundante e de fácil acesso, por que ela corresponde a apenas uma pequena parcela - da ordem de 2% - de toda a energia elétrica produzida no mundo? (C2ES, 2020). Há fatores políticos e econômicos que buscam manter o *status quo*, todavia, discuti-los foge do escopo do presente trabalho. Quanto aos desafios físicos e logísticos, o primeiro deles é que a incidência solar não é igualmente distribuída pelo planeta, sendo que as regiões tropicais recebem uma quantidade muito maior de irradiação solar que aquelas de maior latitude. (KOMP, 2016)

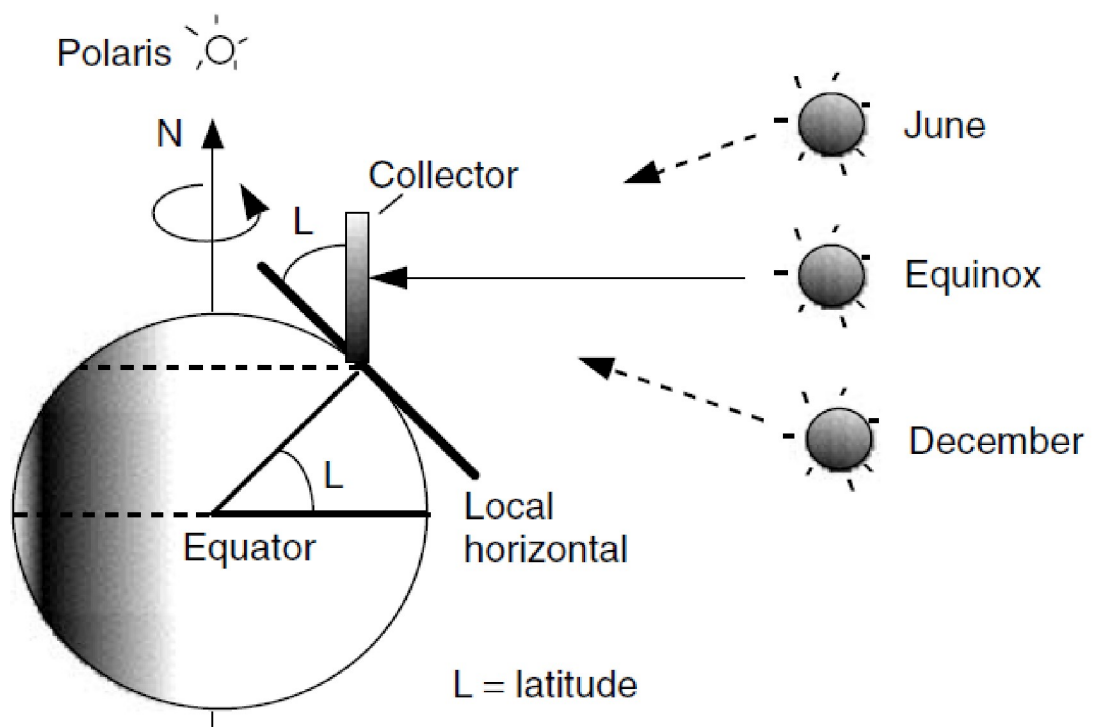
Figura 6: Índice solarimétrico global. As regiões onde o sol incide com maior intensidade são mostradas em vermelho escuro



Fonte: GLOBAL SOLAR ATLAS, 2021

Além da localização geográfica, há ainda a influência das estações do ano (que se alternam em função da inclinação do eixo de rotação do nosso planeta e, conseqüentemente, do ângulo de incidência dos raios solares em sua superfície) e das condições meteorológicas (EDF, 2017; KOMP, 2016). O presente trabalho não tem o intuito de se aprofundar em detalhes técnicos, mas (MASTERS, 2013, p 394) faz considerações acerca da importância da direção e do ângulo de instalação dos painéis para otimizar a potência gerada ao longo do ano. Placas instaladas no hemisfério sul (como é o caso das instaladas em território brasileiro) devem ser orientadas para o norte e o ângulo de inclinação deve ser igual à latitude do local para garantir que, durante o equinócio, os raios solares incidam perpendicularmente às células solares.

Figura 7: Angulação das placas fotovoltaicas deve ser igual à latitude local

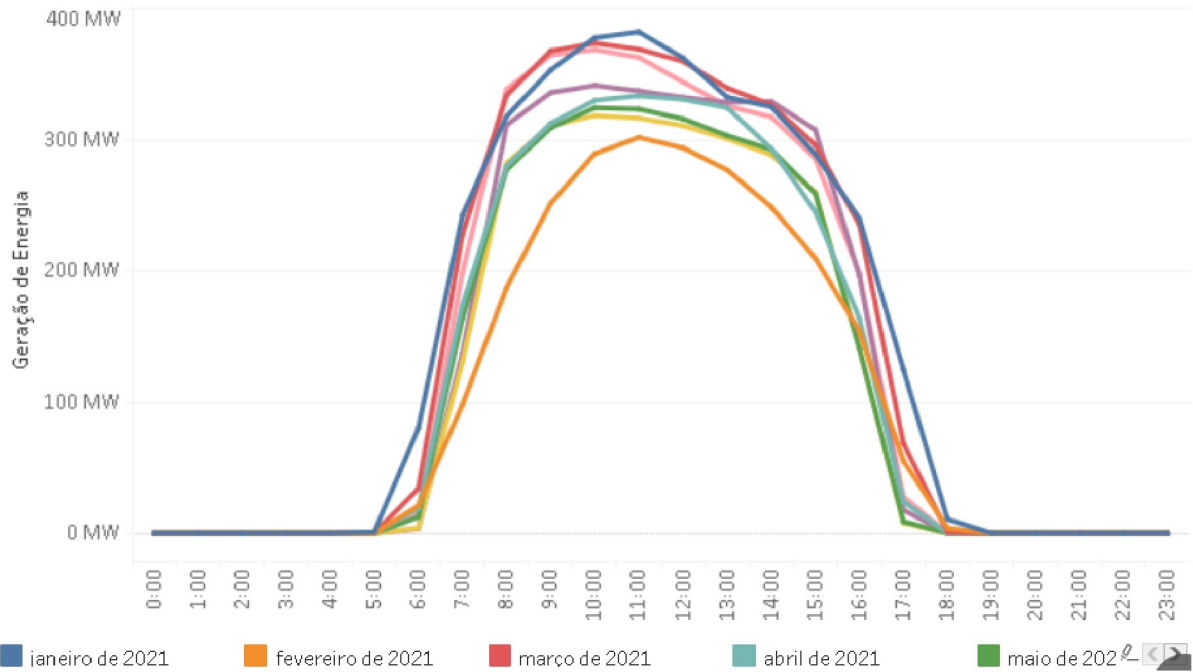


Fonte: MASTERS, 2013, p. 394

Determinadas regiões recebem grandes quantidades de luz solar em dias claros, mas pode ser que a proximidade de oceanos ou outros corpos d'água de grande extensão culmine em grandes períodos nublados, reduzindo drasticamente a produção de energia fotovoltaica. Embora já existam células capazes de converter 46% da luz solar disponível em eletricidade, a grande maioria dos painéis disponíveis comercialmente possuem eficiência mais baixa, entre 15% e 20%, seja pelo fato de que parte da luz incidente é refletida,

seja em função de elétrons livres não conseguirem deixar a estrutura de silício. (EDF, 2017; KOMP, 2016)

Gráfico 6: Geração média horária (MW) da energia fotovoltaica produzida em Minas Gerais de janeiro a maio de 2021



Fonte: ONS, 2021

Outro fator, que talvez seja o mais relevante em se tratando da inconstância na geração desse tipo de energia, é a rotação da Terra: durante o dia, as placas produzem eletricidade, mas durante a noite, não. O Gráfico 6 mostra que das 19 até as 5 horas, a geração das usinas fotovoltaicas tende a zero.

De acordo com o superintendente da Cemig Alexandre Bueno, no período da noite, quando não há sol, o fornecimento de energia às residências é feito por usinas hidrelétricas simples. “Temos que tratar energia como um balanço. Eu injeto de dia, por causa do sol, e alguma usina hidrelétrica em algum lugar do Brasil deixou de produzir essa energia, e à noite, sem sol, essa usina que deixou de produzir supre a demanda daquela residência. O importante é que no balanço energético colocou-se à disposição essa energia”. (TUFANO, 2014)

Isso traz como desafio a necessidade de se armazenar a energia produzida em grandes bancos de baterias que, além de muito caros, perdem sua eficiência com o passar do tempo e possuem em sua composição metais pesados e substâncias tóxicas, que podem contaminar o solo e poluir as águas. Já são estudados novos tipos de baterias líquidas muito mais eficientes e baratas que as de lítio e também existem tecnologias que armazenam energia bombeando água para reservatórios elevados ou aquecendo sais além de seu ponto

de fusão, mas o método que se mostra mais promissor e que deve se tornar tendência global em se tratando de armazenamento de energia é a eletrólise da água para posterior abastecimento de células de hidrogênio, um combustível limpo e eficiente. (BERNARDES *et al*, 2004; MOALEM, 2021)

Todavia, apesar das atuais limitações, painéis solares são capazes de fornecerem energia durante todo o horário comercial (que é o período de mais alta demanda), reduzindo a carga do Sistema Integrado Nacional (SIN). Tornam-se cada vez mais eficientes e acessíveis (Gráfico 7), podendo funcionar (1) de forma isolada (*off grid*) em áreas remotas ou em regiões carentes onde não há fornecimento regular de energia elétrica ou (2) possibilitando a injeção da energia gerada de forma distribuída diretamente na rede elétrica (*smart grid*), acumulando créditos junto à concessionária para redução do valor pago. Vale ressaltar que sistemas de energia solar não poluem nem emitem gases estufa (MASTERS, 2013, p. 505), e aumentam a eficiência do SIN ao diminuírem as perdas energéticas nas linhas de transmissão por meio da geração distribuída (próxima aos centros de consumo).

Gráfico 7: Preço (em dólares) dos módulos fotovoltaicos ao longo do tempo



Fonte: OUR WORLD IN DATA, 2021

Na década de 70, o custo de módulos fotovoltaicos ultrapassavam 100 dólares por watt, mas avanços tecnológicos na linha de produção e o ganho de escala permitiram uma redução drástica desse valor, que se tornou cerca de 10\$/W no final da década de 80 e atualmente está na casa de centavos de dólar por watt (inferior a um centésimo do valor

inicial). Esses painéis solares normalmente são encontrados nos telhados das casas ou de prédios, mas para atender à demanda global de energia, que cresce rapidamente, usinas solares com grande capacidade de geração são construídas ocupando áreas muito extensas (de 5 a 13 acres por MW instalado) (C2ES. 2020). O ideal é que essas usinas sejam montadas em regiões que não são ecologicamente sensíveis, como desertos, reservatórios de barragens e estações de tratamento de resíduos. (SHINN, 2018)

Figura 8: Maior usina solar flutuante da Holanda



Fonte: SNIECKUS, 2019

Usinas solares flutuantes, como a exibida na Figura 8, tornam-se investimentos cada vez mais atrativos para os governos e também para a iniciativa privada em função dos benefícios trazidos pela produção de energia solar fotovoltaica sobre grandes corpos d'água: a absorção dos raios solares pelos painéis reduz consideravelmente a evaporação da água no reservatório, reduzindo a variação de seu volume em tempos de seca; a água controla a temperatura dos painéis, permitindo que operem de forma mais eficiente em temperaturas mais baixas; os painéis se sujam muito menos se comparados com aqueles localizados em áreas desérticas, e a limpeza pode ser feita com a própria água do reservatório; controla-se a reprodução descontrolada de algas e plantas aquáticas que descontrolam o ecossistema local; e, caso a usina flutuante esteja localizada no reservatório de uma hidrelétrica, a energia gerada é injetada nas linhas de transmissão previamente instaladas, otimizando o uso da infraestrutura energética. (AGOSTINELLI, 2020).

A maior usina solar fotovoltaica flutuante do mundo ainda está em fase de construção na região de Saemangeum, Coreia do Sul. Segundo a SDIA (*Saemangeum Development and Investment Agency*), a usina terá capacidade de geração de 2,1 GW e custo total estimado em 3,9 bilhões de dólares. (BELLINI, 2020). Em Minas Gerais, a Cemig investiu aproximadamente R\$ 24 milhões para P&D e instalação de uma usina fotovoltaica na pequena central hidrelétrica (PCH) Santa Marta em Grão Mogol, no Norte de Minas. Serão 7 mil painéis flutuantes capazes de atenderem à demanda de mais de 1250 famílias com a geração de 1,2 MW, além da produção de 1 MW da PCH, totalizando uma potência de 2,2 MW. (MACIEL, 2019; ALMG, 2021). O diretor da Cemig GT, Paulo Mota, disse que a Cemig deseja instalar um total de 350 MW em usinas solares flutuantes nos lagos das hidrelétricas da empresa, como Três Marias (CNN BRASIL, 2020)

Estima-se que cobrir cerca de 1% da área do Saara com placas fotovoltaicas já seria suficiente para atender toda a demanda energética global (MOALEM, 2021). Os custos de construção e manutenção de uma usina solar nessa escala em um ambiente isolado e inóspito seriam elevadíssimos, além da dificuldade de se armazenar toda essa energia durante o dia para abastecer os consumidores durante a noite e de distribuí-la com outros continentes através de milhares de quilômetros de redes de transmissão. No entanto, empreendimentos similares de larga escala já operam, como o maior parque solar em operação no mundo, localizado em Bhadla, na Índia. O parque solar ocupa uma área de 57km², custou cerca de 1,4 bilhões de dólares e tem capacidade de gerar 2,25 GW, produzindo uma energia capaz de alimentar 700.000 residências. (NS ENERGY, 2021)

Figura 9: *Bhadla Solar Park, Jodhpur District, Rajasthan, India*



Fonte: NS ENERGY, 2021

No ano de 2021, a empresa brasileira Eternit - do ramo de construção civil - passou a comercializar uma telha de concreto que é capaz de transformar energia solar em elétrica. Foram três anos de desenvolvimento que incluíram testes e adaptações para que as células fotovoltaicas fossem integradas diretamente no material, respeitando seu formato curvo. A telha, denominada Tégula Solar, tem vida útil estimada em 20 anos e potência unitária de 9W, sendo capaz de gerar, em média, pouco mais de 1kWh por mês. O produto possui peso e estrutura semelhantes ao das telhas convencionais, além de oferecer proteção, conforto térmico e acústico. (NOGUEIRA, 2021) Mas sua grande vantagem é o fato de unificar telhado, estruturas metálicas e painéis fotovoltaicos em uma estrutura única.

3.1. Legislação vigente sobre Geração Distribuída (GD)

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada em 1997 para regular o setor elétrico brasileiro (ANEEL, 2021). Dentre as ferramentas administrativas utilizadas pela ANEEL para o exercício da regulamentação encontram-se as Resoluções Normativas (REN), como a de

número 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Em se tratando de energias renováveis, a REN nº 482, de 17 de abril de 2012, é o dispositivo legal que "estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências". (ANEEL, 2012). Com o intuito de se estabelecer a distinção entre microgeração e minigeração distribuída, a resolução as conceitua nos incisos I e II do art. 2º, bem como traz a definição de sistema de compensação de energia elétrica no inciso III:

I - **microgeração distribuída**: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

II - **minigeração distribuída**: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (Redação dada pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

III - **sistema de compensação de energia elétrica**: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.) (ANEEL, 2012, grifo nosso)

Esse sistema de compensação de energia elétrica injetada na rede de distribuição da concessionária, também conhecido pelo termo em inglês *net metering*, consiste na possibilidade de se utilizar os créditos excedentes produzidos pela unidade consumidora ao longo de um determinado período, que era de 36 meses (REN nº 482, art. 6º, §1º), mas foi estendido para 60 meses em 2015 por meio da REN nº 687, de 24 de novembro de 2015:

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de **60 (sessenta) meses**. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.) (ANEEL, 2012, grifo nosso)

A REN nº 687 também complementou a REN nº 482 trazendo grande avanço ao permitir a instalação de geração distribuída em local diferente do ponto de consumo através das seguintes alternativas:

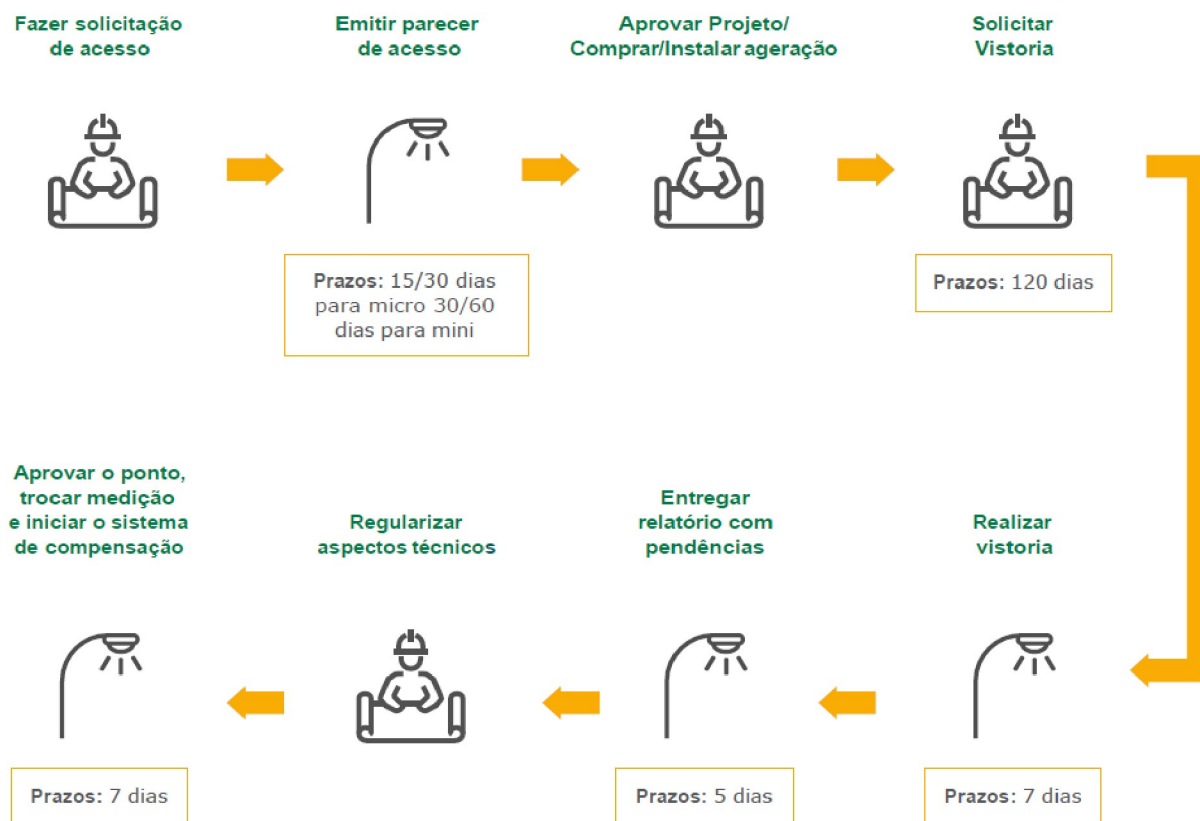
Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada;

Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios): caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com micro ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento. (ANEEL, 2017)

Dessa forma, pessoas físicas e jurídicas que geram mais energia do que consomem passaram a poder abater, dentro do prazo máximo de 5 anos, os créditos gerados por usinas solares construídas em outros bairros ou até municípios, onde o espaço disponível é mais amplo e/ou os índices solarimétricos são mais elevados. No entanto, é preciso se atentar ao fato de que isso somente é válido se a usina e a unidade consumidora estiverem dentro da mesma área de cobertura da distribuidora de energia. Para que o consumidor faça adesão ao sistema de compensação de energia elétrica é necessário percorrer as etapas presentes no fluxo a seguir:

Figura 10: Etapas para adesão do consumidor ao sistema de compensação de energia elétrica



Fonte: CEMIG, 2021c

O Governo Federal, por meio da Lei nº 13.169 de 6 de outubro de 2015, isentou de PIS e COFINS a energia solar injetada na rede, e reduziu para zero a alíquota do imposto de importação para módulos e outros componentes utilizados na implantação de empreendimentos de geração solar fotovoltaica, conforme resoluções nº 69 e nº 70 da Câmara de Comércio Exterior. O Governo de Minas Gerais, por sua vez, sancionou em 6 de janeiro de 2021 a Lei 23.762, de incentivo fiscal à produção de energia elétrica de fontes renováveis. Ela “prevê a redução do ICMS - podendo chegar a 0% - sobre equipamentos, peças, partes e componentes utilizados na instalação de micro e mini sistemas de geração distribuída de energia elétrica no Estado”. Benefício esse que também se aplica à própria energia gerada. (MINAS GERAIS, 2021c). De acordo com o Entrevistado 3, a Aneel quer reduzir o limite superior da mineração distribuída de 5 para 3 MW, e autorizar a cobrança de tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), no entanto, até a data de publicação do presente trabalho, essas mudanças ainda não tinham se concretizado.

A discussão realizada por esse capítulo é, além de um aprofundamento sobre as possibilidades de aumento da sustentabilidade, a base para a crítica proposta por este trabalho. Assim, o arcabouço aqui descrito será utilizado para compreender o estímulo à

geração de energia solar fotovoltaica no estado de Minas Gerais e para tecer considerações acerca da possibilidade de uso dessa energia renovável na CAMG. Findo o referencial teórico, o próximo capítulo versa sobre a metodologia utilizada.

4. METODOLOGIA

Os aspectos metodológicos utilizados para que os objetivos do presente trabalho sejam atingidos são apresentados neste capítulo. Foi feita uma classificação quanto à sua natureza, forma de abordagem e objeto da pesquisa; posteriormente, descritos os procedimentos de coleta e análise de dados; e, por fim, elencadas as ferramentas de análise empregadas. Tal divisão objetiva validar os resultados dessa pesquisa, simplificando e organizando a descrição metodológica utilizada.

Quanto à natureza, é uma pesquisa aplicada, uma vez que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos” (SILVA; MENEZES, 2005, p. 20). Foi estudado o panorama energético global e os próximos capítulos mostram as iniciativas de estímulo à geração de energia fotovoltaica em Minas, bem como considerações acerca de um projeto fotovoltaico idealizado em 2015 para a Cidade Administrativa que, se concretizado, otimizaria o espaço, reduziria os gastos com energia e contribuiria para a redução da emissão de gases estufa.

Quanto à forma de abordagem, a pesquisa é tanto qualitativa, por buscar compreender as características das usinas fotovoltaicas que as tornam mais adequadas à Cidade Administrativa e obter informações relacionadas ao Sol de Minas com gestores do projeto, quanto quantitativa, porque leva em conta a demanda energética da CAMG e o respectivo valor financeiro desembolsado para que seja feita uma análise de viabilidade por meio de ferramentas matemáticas como *payback*, VPL e TIR.

Foi realizado estudo dedutivo, pela utilização da teoria em energias renováveis para determinar sua aplicabilidade ao contexto do governo mineiro. Tal caracterização é confirmada pela definição de método dedutivo:

O método dedutivo, de acordo com a acepção clássica, é o método que parte do geral e, a seguir, desce ao particular. Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente formal, isto é, em virtude unicamente de sua lógica. E o método proposto pelos racionalistas (Descartes, Spinoza, Leibniz), segundo os quais só a razão é capaz de levar ao conhecimento verdadeiro, que decorre de princípios a priori evidentes e irrecusáveis. (GIL, 2008, p.9)

O levantamento de dados foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica, documental e de campo. A revisão bibliográfica (SILVA; MENEZES, 2005, p. 21), analisou a literatura da área de desenvolvimento sustentável, fontes alternativas de energia elétrica,

legislação relacionada, o processo de construção da CAMG e abordagens teóricas sobre estudos de viabilidade financeira do investimento selecionado.

A pesquisa documental foi realizada por meio da coleta de dados secundários, oriundos de relatórios técnicos especializados que abordam as características solarimétricas do estado de Minas Gerais (mais especificamente da região em que a CAMG está localizada) e dados do projeto de construção da CAMG (planta, dimensões, quantidade de vagas de estacionamento, área disponível para a instalação de geradores fotovoltaicos). Há também as respostas dos questionários de feedback aplicados pela SEDE aos gestores municipais que participaram da capacitação do projeto Sol de Minas, enviados via e-mail e compostos tanto por perguntas objetivas quanto discursivas acerca da percepção dos participantes.

A pesquisa documental tem também o intuito de coletar a demanda energética da CAMG (em MW) e os respectivos gastos mensais por meio de documentos internos. Outras informações importantes são a legislação em relação à geração de energia solar fotovoltaica no estado de Minas Gerais e também a disponibilidade de rede na circunvizinhança da CAMG, necessária para que o empreendimento seja aprovado pela concessionária.

Além do levantamento bibliográfico e documental, foi realizada pesquisa de campo por meio de entrevistas parcialmente estruturadas com três gestores públicos que exercem posição de destaque no âmbito do governo do estado. Para preservar o anonimato dos entrevistados, foram identificados como “Entrevistado 1”, “Entrevistado 2” e “Entrevistado 3”. Foram formulados roteiros de entrevistas para expandir a compreensão dos desafios e das capacidades governamentais na utilização de energias sustentáveis. O roteiro não será rígido para que o tema possa ser amplamente explorado a partir da experiência dos entrevistados. O Quadro 3 apresenta objetivos e entrevistados:

Quadro 3: Entrevistados e objetivos das entrevistas

Entrevistados	Objetivos
Gestor responsável pelo projeto Sol de Minas na SEDE	Aprofundar o conhecimento acerca do projeto Sol de Minas, seus principais objetivos, municípios alcançados, verba disponível, resultados obtidos e percepções acerca da utilização do espaço da CAMG para geração de energia renovável, elementos favoráveis e desfavoráveis desse tipo de investimento no âmbito do poder público
Gestor responsável pela Intendência da CAMG (Coordenadoria Especial da Cidade Administrativa - SEPLAG)	Obter dados sobre a energia demandada pela CAMG, o respectivo gasto mensal e esclarecer quais seriam os trâmites para se instalar fontes de energias renováveis no espaço do estacionamento

Engenheiro da Cemig S!M	Compreender os principais aspectos técnicos de se instalar uma usina fotovoltaica em uma área de estacionamento e seu valor aproximado
-------------------------	--

Fonte: Elaboração própria, 2021

A partir dos dados, foi possível desenvolver a análise pretendida pelo trabalho, construída a partir de uma revisão histórica no que se refere a fundamentos, conceitos e iniciativas na temática a da sustentabilidade e do uso de energias alternativas nos últimos anos, direcionado ao governo estadual. O objetivo desse levantamento foi traçar um panorama e identificar as principais iniciativas que Minas Gerais tem implementado em relação a fontes de energias renováveis, principalmente a solar fotovoltaica, levando em conta as experiências, relatos e percepções dos entrevistados, sem deixar de lado as questões normativas relacionadas.

Paralelamente, o estudo também buscou analisar o projeto de implantação de uma usina fotovoltaica na CAMG, tendo tido acesso a um projeto desenvolvido em 2015, mas que não chegou a ser concretizado. Utilizando-se estimativas obtidas através de pesquisa documental para o custo de instalação dessa usina e para a economia de energia elétrica que pode ser proporcionada, buscou-se desenvolver preliminarmente, por meio de análise quantitativa, o cálculo de alguns sinalizadores de viabilidade econômica, lançando mão das ferramentas detalhadas na seção a seguir. Esse exercício de simulação traz elementos que podem se traduzir em possíveis ganhos na implementação do projeto.

4.1. Ferramentas de análise

Para atingir o segundo objetivo específico deste estudo, que é o de identificar as principais condições favoráveis/desfavoráveis do uso de fontes alternativas pelo governo, especialmente na CAMG, é preciso analisar os aspectos financeiros para implantação de geradores de energia alternativa. Sendo assim, são utilizadas quatro ferramentas que permitem tal análise: *Payback* (simples e descontado), VPL e TIR, detalhadas a seguir.

Há diversas formas de se calcular a viabilidade econômica de projetos de geração distribuída. O custo dos equipamentos, da instalação, da operação e da manutenção devem ser considerados, de forma que possa ser feita uma comparação entre o cenário atual e o pós-investimento, que nem sempre é vantajoso. (MASTERS, 2004, p. 240)

A primeira ferramenta a ser utilizada é o **payback simples**, que avalia o tempo (normalmente em anos) necessário para que o capital investido no projeto seja recuperado por meio dos benefícios econômicos gerados pelo investimento (ASSAF NETO 2016 *apud* SOUZA; PENHA, 2018, p. 119,).

$$\text{payback (anos)} = \frac{\text{custo do investimento (R\$)}}{\text{economia anual (R\$/ano)}}$$

Por exemplo: uma instalação residencial cujo investimento foi de R\$ 10.000,00 e que economiza R\$ 1.000,00 anualmente na conta de energia elétrica possui um *payback* simples de 10 anos.

Há também o *payback* descontado, que leva em conta uma taxa (que pode ser a taxa básica de juros, por exemplo) no cálculo e normalmente aumenta o tempo de retorno do investimento, tornando-o mais fidedigno. Por estar relacionado à VPL, ele é detalhado na próxima subseção.

O **Valor Presente Líquido (VPL)** traz todo o fluxo de caixa do projeto para o tempo presente, corrigindo cada entrada por uma taxa de desconto escolhida pelo investidor (muitas vezes toma-se a taxa Selic como a taxa mínima de atratividade) e subtraindo o valor inicial do investimento. Um resultado menor que zero indica que a taxa mínima de atratividade não foi atingida e que aplicar o capital em títulos públicos federais, por exemplo, seria mais proveitoso. No entanto, um resultado maior ou igual a zero mostra que o projeto é economicamente viável, cobrindo o investimento inicial e gerando ainda um excedente financeiro. (SOUZA; PENHA, 2018, p. 118). Eis a equação do VPL:

$$VPL = \sum_{n=1}^t \frac{FC_n}{(1+i)^n} - FC_0$$

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido;

i: taxa de desconto (deve ser maior que as taxas de retorno de outros investimentos disponíveis);

n : Período de tempo;

FC_n : Fluxo de Caixa no período n

FC_0 : Investimento Inicial do Projeto;

t: período no qual o investimento trará retornos

O **payback descontado** é o período (t) que torna VPL = 0 para uma determinada taxa de desconto (i). A **Taxa Interna de Retorno (TIR)**, por sua vez, é a taxa de desconto (i) na equação acima que torna VPL = 0 para um período (t) determinado. Somente são viáveis projetos que tenham TIR acima da taxa mínima de atratividade, sendo que quanto

maior a TIR, mais atrativo é o projeto. (SOUZA; PENHA, 2018, p. 118). Fazendo VPL = 0, ficamos com a seguinte equação:

$$FC_0 = \sum_{n=1}^t \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

Onde:

i: taxa de desconto (deve ser maior que as taxas de retorno de outros investimentos disponíveis);

n : Período de tempo;

FC_n : Fluxo de Caixa no período n

FC_0 : Investimento Inicial do Projeto;

t: período no qual o investimento trará retornos

Esse capítulo apresentou os parâmetros metodológicos, os procedimentos de coleta e as ferramentas de análise de dados, que possibilitaram o desenvolvimento dos próximos dois capítulos e, conseqüentemente, o atendimento aos objetivos geral e específicos. Destacam-se as equações elencadas enquanto instrumento para as considerações feitas acerca do projeto idealizado de usina fotovoltaica na CAMG no capítulo seis.

5. ESTÍMULO À GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO GOVERNO DE MINAS: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS PRINCIPAIS INICIATIVAS

A partir de toda a base teórica apresentada pelos Capítulos 2 e 3, este capítulo descreve as principais iniciativas de estímulo à geração de energia fotovoltaica no governo de Minas. Portanto, foi dividido em três seções, a saber: Programa de Eficiência Energética da CEMIG, Criação da Cemig SIM e Sol de Minas. Cabe destacar que a apresentação dos resultados contidos nesse capítulo resulta das informações obtidas por pesquisa documental e por entrevistas a gestores do governo e da Cemig.

5.1. Programa de Eficiência Energética da CEMIG

O Programa de Eficiência Energética objetiva incentivar o “uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia.” (ANEEL, n.p.). Em Minas Gerais, ele é majoritariamente realizado pela Cemig e, por isso, esta seção está dividida em duas partes: a primeira apresenta brevemente a Companhia Energética de Minas Gerais S.A e a segunda explica em maiores detalhes como o programa é operacionalizado no estado.

5.1.1. A Cemig

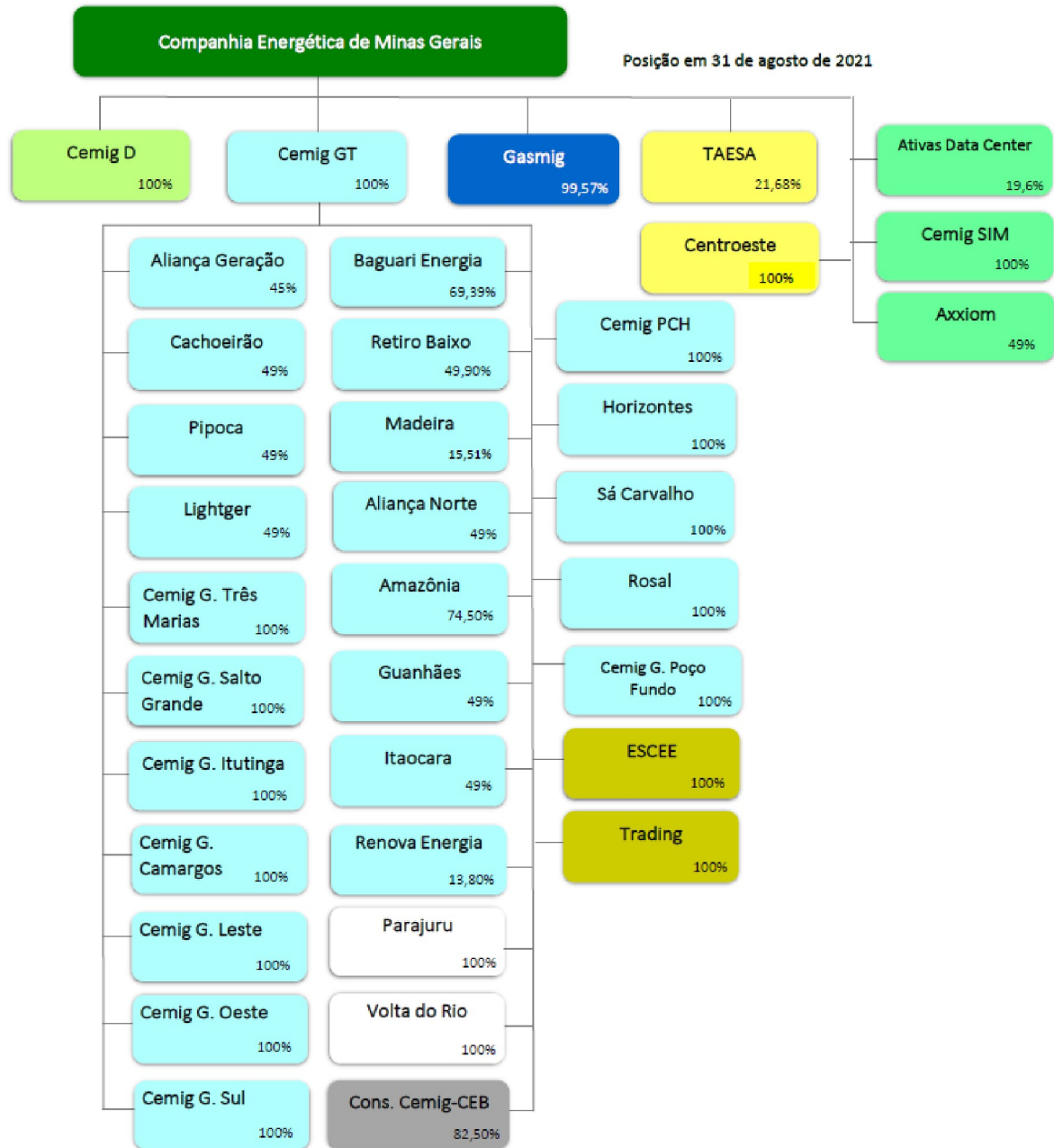
Com ativos e negócios em 24 estados brasileiros e no Distrito Federal, a Cemig é a maior empresa integrada do setor de energia elétrica do Brasil, possuindo mais de 5 mil empregados e 8,7 milhões de consumidores só em Minas Gerais, divididos entre 774 municípios. É a maior comercializadora e distribuidora de energia do país, a segunda maior transmissora e a terceira maior geradora. (CEMIG, 2021d)

A Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (Cemig) é uma **sociedade de economia mista e de capital aberto, cujo controlador é o estado de Minas Gerais, detentor de 50,97% das ações ordinárias da Companhia**. O Governo Federal, por meio do BNDES Participações S.A. - BNDESPar, detém 11% das ações ordinárias. As ações da Companhia são negociadas por meio das bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri. O valor de mercado da Companhia, em 31/12/2020, era de, aproximadamente, R\$ 23 bilhões. O Grupo Cemig está sediado no Brasil, em Belo Horizonte, Minas Gerais e é responsável pelo atendimento de mais de 30 milhões de pessoas em 805 municípios nos estados brasileiros de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Suas operações incluem a gestão da maior rede de distribuição de energia elétrica da América do Sul, com mais de 545 mil quilômetros de extensão. Ademais, a Cemig tem participação de 22,6% no capital social da Light S.A., na qual participa do bloco de controle, e, também, detém participação de

21,68% do capital social da Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A. (Taesa), conferindo-lhe o controle da empresa. (CEMIG, 2020, grifo nosso)

A Companhia é formada por suas subsidiárias integrais, Cemig Geração e Transmissão S/A (Cemig GT) e Cemig Distribuição S/A (Cemig D), além da Gasmig, que é a distribuidora exclusiva de gás natural canalizado em todo o território de Minas Gerais, por outorga ou concessão. A Cemig GT possui participações em 83 empreendimentos de geração operando em 10 estados brasileiros. São 76 usinas hidrelétricas, 6 parques eólicos e 1 usina fotovoltaica, gerando um total de 5.777,63 MW, transmitidos por meio de uma rede de transmissão de quase 10.000 km. É importante ressaltar que 100% da capacidade instalada é proveniente de fontes renováveis de energia. A Cemig D, por sua vez, atende aproximadamente 96% do estado de Minas Gerais, sendo a maior distribuidora de energia elétrica do Brasil em extensão de rede. (CEMIG, 2021d)

Figura 11: Organograma do grupo Cemig



Fonte: CEMIG, 2020

Originalmente denominada Centrais Elétricas de Minas Gerais, a Cemig foi fundada em 22 de maio de 1952 pelo governador Juscelino Kubitschek, sob a égide da política desenvolvimentista dos anos 1950, com o intuito de construir e explorar diretamente sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Destacou-se como uma das primeiras e mais bem-sucedidas empresas públicas do setor elétrico brasileiro, refletindo a preocupação com a industrialização e a transformação da economia mineira. Antes da criação da Cemig, os serviços de eletricidade em Minas estavam dispersos, a cargo de companhias privadas e algumas municipais, sendo que poucas concessionárias possuíam sistemas de

geração e distribuição abrangendo mais de um município. As precárias condições de funcionamento da maioria das usinas representavam um obstáculo à atividade econômica, de forma que muitas indústrias mineradoras se viam obrigadas a instalarem seus próprios sistemas energéticos. (BRANDI, 2021)

Eleito governador de Minas em 1950, Juscelino Kubitschek propôs ambicioso programa de investimentos em dois setores que identificava como pontos de estrangulamento da economia mineira. A proposta foi sintetizada no slogan “Binômio Energia e Transporte”. Em agosto de 1951, em mensagem à Assembleia Legislativa, Kubitschek apresentou o projeto de criação da Cemig, manifestando o “propósito de aumentar, por todos os meios ao nosso alcance, a produção de energia elétrica, a fim de que, superada essa penosa contingência, Minas disponha da potência necessária a alimentar as indústrias novas, a movimentar os transportes, a proporcionar às populações várias comodidades domésticas que são outros tantos requisitos do conforto”. O projeto foi convertido na Lei nº 821, sancionada em dezembro do mesmo ano. A fundação da empresa ocorreu em 22 de maio de 1952 em cerimônia com a presença de Kubitschek no Palácio da Liberdade, em Belo Horizonte. (BRANDI, 2021)

Visando a ampliar a capacidade instalada em Minas Gerais ao longo da década de 1950, o programa de geração inicialmente desenvolvido pela Cemig compreendeu a construção de seis hidrelétricas, com capacidade total de 250 MW, juntamente com os respectivos sistemas de transmissão. Com o apoio do Banco Mundial e do BNDE, entraram em operação as usinas de Itutinga e Camargos (rio Grande), Salto Grande (rio Santo Antônio), Piau (rio homônimo), Tronqueiras (rio homônimo), e Cajuru (rio Pará). Ampliando o escopo de atividade na década de 1960, a Cemig passou a operar de forma integrada nos segmentos de geração, transmissão e distribuição, assumindo os serviços de distribuição em diversos municípios e alcançando 96% do território mineiro. (BRANDI, 2021)

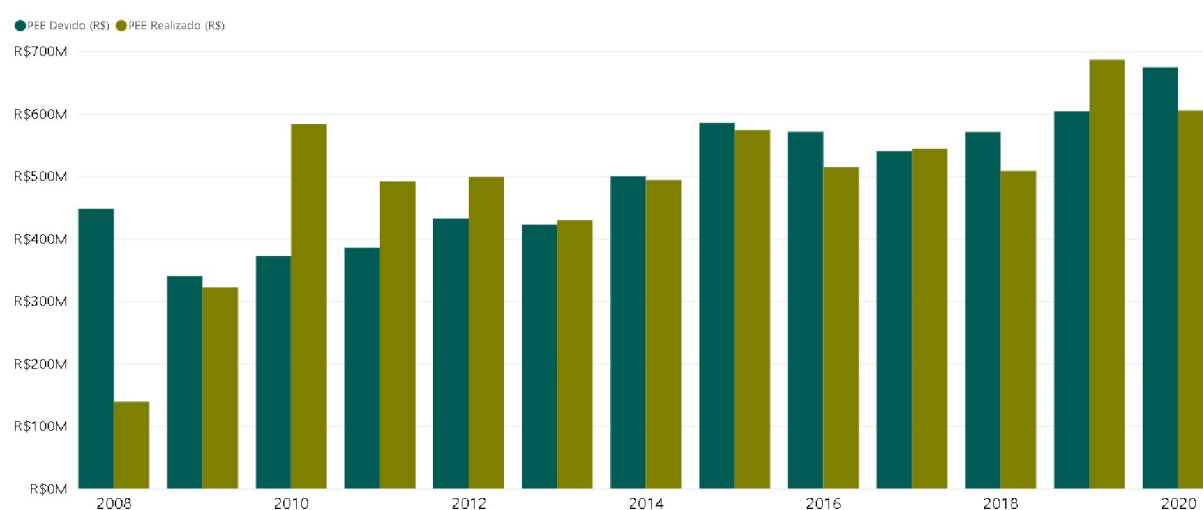
A Cemig mudou sua razão social em 1984 para Companhia Energética de Minas Gerais e, em 1986, constituiu a Companhia de Gás de Minas Gerais (Gasmig), empresa subsidiária responsável pela produção, transporte e distribuição de gás natural no estado. Posteriormente, em 2004, em função de alterações na legislação do setor, a Cemig foi reestruturada com a criação das subsidiárias Cemig GT e Cemig D. (BRANDI, 2021)

5.1.2. O Programa

O Programa de Eficiência Energética (PEE), realizado em parceria com o Governo de Minas Gerais, visa a disseminar a cultura do uso consciente e sustentável de energia, especialmente para comunidades de baixa renda, entidades filantrópicas, órgãos públicos, hospitais, lares de idosos e instituições de ensino. O PEE é regulado pela Agência

Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) por meio da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que “determina a obrigatoriedade na realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias do setor de energia elétrica”. Desde o início do programa, em 1998, foram investidos mais de R\$ 725 milhões em ações para promover o desenvolvimento de Minas Gerais. Em dezembro de 2020, o saldo total da conta do programa era de R\$ 256 milhões, sendo que para o quinquênio 2020-2024, está prevista a aplicação de até R\$ 457 milhões em projetos de eficiência energética. (CEMIG, 2021e; f; l)

Gráfico 8: Valores devidos e realizados (em reais) pelas concessionárias brasileiras ao longo do tempo



Fonte: ANEEL, 2020

A Cemig D desenvolve o PEE anualmente alocando um percentual da receita operacional líquida anual da Empresa em projetos executados em instalações de consumidores, visando incrementar a eficiência energética no uso final de energia elétrica por meio de ações educativas, da implantação de sistemas alternativos de energia, e da substituição de equipamentos ineficientes por outros mais modernos, com selo Procel A. (CEMIG, 2020)

O processo de seleção de parte dos projetos do PEE se dá por chamada pública anual, destinada aos clientes conectados ao sistema de distribuição da Cemig e que estão em dia com suas obrigações legais junto à Companhia. As propostas podem partir de clientes das tipologias industrial, residencial (condomínios), comércio e serviços, poder público e serviço público, rural e, ainda, projetos que compreendem a melhoria da eficiência da iluminação pública. O principal objetivo da chamada pública é tornar o processo decisório de escolha de projetos e consumidores beneficiados pelo PEE mais transparente e democrático, estimulando a participação da sociedade. Nos últimos chamamentos, a Cemig recebeu propostas que resultaram na modernização da iluminação, incluindo a iluminação pública, de

equipamentos de ar-condicionado, motores, equipamentos de lavanderia hospitalar, instalação de sistema de aquecimento solar de água e implantação de sistemas fotovoltaicos.

O PEE mantém um grande número de projetos em execução. No final de 2020 havia uma carteira de 42 projetos em execução, formada por aqueles advindos das chamadas públicas anuais **e por outros construídos diretamente pela Cemig**. Em 2020, o PEE investiu R\$ 52.342.933,85 em projetos em toda a área de concessão da Cemig D, e disponibilizou R\$ 36,6 milhões ao novo processo de chamamento público para a composição da carteira de projetos de 2021. (CEMIG, 2020, grifo nosso)

As frentes de atuação do Programa de Eficiência Energética são muitas. O Cemig nos Hospitais beneficiou 334 unidades de saúde com o investimento de R\$ 95 milhões e pretende investir mais R\$ 65 milhões até 2024, substituindo mais de 100 mil lâmpadas comuns por LED, 144 secadoras, 103 autoclaves (equipamentos de esterilização) e 81 focos cirúrgicos. Só no Hospital das Clínicas da UFMG foram substituídas mais de 16 mil lâmpadas entre fevereiro e julho de 2021, e 10 mil na Santa Casa de Belo Horizonte. No Hospital Risoleta Neves foi feito um investimento de R\$ 630 mil na troca de três autoclaves mais modernos e com maior eficiência energética. Também foram instalados sistemas de geração fotovoltaica em diversos hospitais, como: Cônego Monte Raso (Baependi), Dona Maria da Conceição Fantini Valério (Rio Paranaíba), São José (Ituiutaba), São Sebastião (Três Corações), entre outros. Os investimentos foram de aproximadamente R\$ 285 mil em cada empreendimento e a energia gerada em cada usina fotovoltaica é capaz de alimentar cerca de 78 residências de porte médio. (CEMIG, 2021e; g; i)

O Projeto Cemig nas Escolas, por sua vez, já investira mais de R\$ 12 milhões em 2020 na substituição de mais de 300 mil lâmpadas em mais de 800 escolas públicas estaduais, conscientizou mais de 23 mil alunos por meio de palestras sobre o consumo consciente de energia e pretende, até 2022, instalar microgeração fotovoltaica em 125 instituições de ensino, sendo a Escola Estadual Pandiá Calógeras, no bairro Santo Agostinho, a primeira beneficiada. (AGENCIA MINAS, 2018; CEMIG, 2021e; h). O projeto também beneficia universidades, como a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), que recebeu R\$ 1,24 milhão para instalar nova iluminação e 23 aparelhos de condicionamento ambiental com selo Procel A de eficiência energética (UFU, 2021), e a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), que foi contemplada com cerca de R\$ 2,5 milhões para a troca de 26 mil lâmpadas com tecnologias obsoletas por lâmpadas LED para ambientes interno e externo, incluindo refletores e iluminação pública, além de 14 aparelhos de condicionamento ambiental (UFVJM, 2020).

Para as famílias de baixa renda, há os programas Cemig nas Comunidades RMBH e Cemig nas Comunidades Interior, que destinaram mais de R\$ 38 milhões

beneficiando mais de 130 mil famílias com iniciativas de conscientização e substituindo equipamentos de alto consumo por outros mais sustentáveis. Houve a instalação de 570 mil lâmpadas LED, 16 mil duchas eletrônicas, 1.500 geladeiras com selo PROCEL A, 3.500 sistemas de aquecimento solar e 2466 padrões de energia em 38 municípios das regiões Triângulo Mineiro, Leste, Sul e Norte de Minas. Vale ressaltar, ainda, que os equipamentos ineficientes são recolhidos e destinados à reciclagem, e que foi realizada uma capacitação de 130 alunos para o reparo e manutenção dos sistemas de aquecimento solar instalados. Há também o projeto Cemig no Campo, que se assemelha bastante ao Cemig nas Comunidades, porém com foco em comunidades rurais e quilombolas. Beneficiou cerca de 12 mil famílias com palestras e a troca de 60 mil lâmpadas, 600 chuveiros e 300 geladeiras. (CEMIG, 2021e; j)

Por último, mas não menos importante, a iniciativa Cemig nas Cidades visa a modernizar tanto a iluminação pública (em municípios como Elói Mendes, Mar de Espanha e Ipiáçu) quanto a iluminação interna e externa (lâmpadas, luminárias e refletores) de prédios públicos, como o Palácio da Liberdade e o Terminal Rodoviário Governador Israel Pinheiro (Tergip), em Belo Horizonte, de 61 edificações do Tribunal de Justiça de Minas Gerais (TJMG) e de cerca de 1500 edificações das forças de segurança em todo o estado (Polícia Militar, Corpo de Bombeiros, Polícia Civil e Sistema Penal do Estado), trazendo considerável economia de energia. Nas Associações de Proteção e Assistência aos Condenados (APACs), quase R\$ 7 milhões serão destinados à substituição de geladeiras, freezers horizontais, chuveiros eletrônicos e iluminação de 37 unidades atendidas pela Cemig, e cada uma receberá a instalação de uma usina fotovoltaica capaz de suprir até 90% do consumo de energia elétrica. (CEMIG, 2021k)

5.2. Criação da Cemig SIM

Segundo seu estatuto social, a Cemig Soluções Inteligentes em Energia S.A.(Cemig SIM) é uma sociedade anônima criada no segundo semestre de 2019. É subsidiária integral da Cemig e atua na área de geração distribuída (GD) oferecendo um produto relativamente novo no Brasil, a energia solar por assinatura: fazendas solares localizadas em áreas com radiação solar mais favorável (como norte e noroeste de Minas) injetam a produção na rede da Cemig D gerando créditos para clientes residenciais (com consumo acima de 300kWh/mês) ou empresariais (>500kWh/mês), que recebem um desconto médio de 18% nos custos com energia elétrica sem a necessidade de nenhum investimento ou obra. A empresa também empreende em eficiência energética, mobilidade

elétrica e soluções em engenharia, como a venda de usinas solares para outras empresas. (CEMIG, 2020; 2021d). As atividades da Cemig SIM, de acordo com seu estatuto social são as seguintes:

Artigo 3º- A Sociedade tem por objeto social a realização das seguintes atividades:

- a) **implantar, instalar, operar, manter e locar empreendimentos e equipamentos de micro e mini geração distribuídas, bem como, captar e/ou gerir comercialmente os clientes desse segmento;**
 - b) **formatar negócios, desenvolver soluções associadas à eficiência energética e à micro e minigeração distribuídas;**
 - c) **prestar consultoria, assessoria técnica, serviços de engenharia e desenvolver estudos de instalação e locação de empreendimentos e equipamentos de geração distribuída e de adesão de consumidores ao sistema de compensação de energia elétrica, compreendendo análise de viabilidade técnica, regulatória e econômica;**
 - d) desenvolver negócios, exercer atividades e prestar serviços correlatos, vinculados ou necessários, direta ou indiretamente, no todo ou em parte, relacionados à consecução de seu objeto social;
 - e) prestar serviços de eficiência e soluções energéticas construção, modernização e repotenciação através da elaboração de estudos e execução de projetos de engenharia, para Pequenas Centrais Hidrelétricas-PCH, usinas termelétricas, usinas eólicas e outros empreendimentos;
 - f) realizar gestão energética e de centrais de utilidades nas suas mais variadas formas, incluindo o suprimento energético e a prestação de serviços correlatos;
 - g) prestar serviços de automação e medição para otimização energética e controle de processos;
 - h) gerir contratos de compra e venda de energéticos (energia elétrica, combustíveis, insumos e subprodutos energéticos, dentre outros) e de utilidades (tais como, gases de processo, ar comprimido, vácuo, água industrial);
 - i) realizar estudos para melhoria de confiabilidade de fornecimento de energia no uso final;
 - j) prestar serviços de comissionamento, operação e manutenção em instalações de suprimento e uso de energia e de utilidades;
 - k) **elaborar projetos dentro de sua área de atuação para viabilizar a obtenção de financiamentos pelos clientes junto a instituições financeiras;**
 - l) prestar serviços de consultoria e treinamentos relativos a sistemas de energia, gestão ambiental, segurança e da qualidade;
 - m) intermediar operações de compra e venda de energia elétrica e a prestação de serviços correlatos;
 - n) desenvolver, oferecer e operar serviços de arrecadação de convênios, faturas de terceiros ou valores por meio da fatura de energia elétrica;
 - o) prestar serviços de gestão de iluminação pública, convencionais ou inteligentes;
 - p) desenvolver negócios envolvendo tecnologias e inovação na área de energia;
- (CEMIG SIM, 2019, grifo nosso)

Portanto, além da implantação, instalação e operação de GD, a Cemig SIM também presta consultorias de viabilidade técnica, regulatória e econômica, além de viabilizar a obtenção de financiamentos por parte dos clientes interessados em adquirir alternativas sustentáveis de geração de energia. De acordo com o diretor de novos negócios da Cemig

S!M, João Paulo Dionisio Campos, no quadro “98 Talks” em setembro de 2021, eles possuem mais de 4 mil clientes (somando pessoas físicas e jurídicas), incluindo o Mercado Central, a Minaspetro, os Supermercados Epa, a Fiemg entre outros (BIANCHETTI, 2019)

A empresa é resultado da fusão de outras duas subsidiárias do grupo Cemig: a Cemig Geração Distribuída e a Efficientia, que, como o próprio nome sugere, era responsável pelo desenvolvimento de projetos na área de eficiência energética. Criada em um cenário de possível privatização, a Cemig S!M investe em usinas fotovoltaicas juntamente com o grupo privado Mori Energia, de modo que os empreendimentos já “nascem” privados (49% da Cemig e 51% do grupo Mori). Atualmente, há 11 plantas fotovoltaicas instaladas, fruto de um investimento de cerca de R\$ 600 milhões, e há a expectativa de que mais 7 entrem em operação ainda em 2021. As principais usinas são Porteirinha I e II, Mirabela, Mato Verde, Lagoa Grande, Lontra e Bonfinópolis. (VALOR ECONÔMICO, 2019; CEMIG SIM, 2021)

O grupo Cemig deve aportar um total de R\$ 1 bilhão até o final de 2025 para a expansão do parque solar, que contará com 32 usinas, cada uma com potências entre 150 e 200 MW, distribuídas em 17 municípios das regiões Norte e Noroeste de Minas como Janaúba, Corinto e Manga. O objetivo é aumentar a capacidade instalada para 275 MWp (megawatts pico) e a participação no mercado de 10% para 30%, o que proporcionará um lucro de R\$ 170 milhões por ano. (BIANCHETTI, 2019; VALOR ECONÔMICO, 2019; SIQUEIRA, 2021)

As usinas se localizam predominantemente no norte de Minas, região de solo mais seco, pouco produtivo, com terrenos mais baratos e elevada incidência solar. Uma vez definida a região do empreendimento, sua localização específica vai depender da disponibilidade de rede local, conforme pode ser visto no Mapa de Disponibilidade da Cemig. No Norte de Minas, por exemplo, a maioria das subestações aparece em vermelho, indicando que estão próximas do limite de suas capacidades. (Entrevistado 3)

Acerca da possibilidade de geração de energia eólica, o Entrevistado 3 pontuou que o estado não é tão propício porque a velocidade do vento é baixa e ele não sopra de forma tão constante quanto se observa em estados, principalmente os do Nordeste. A empresa também tem usinas de biogás, mas são menos atrativas por não se beneficiarem com a isenção de ICMS, que tem vigência até 2032 para energia fotovoltaica (essa era a data limite vigente até a publicação do presente trabalho).

Após a apresentação da criação e das atividades desenvolvidas pela Cemig S!M, as próximas duas subseções exemplificam a atuação de sua predecessora, Efficientia, na gestão de dois projetos fotovoltaicos em Minas Gerais: as usinas fotovoltaicas Mineirão, Fapemig e BHTec.

5.2.1. Usina fotovoltaica Mineirão

A Usina Solar Fotovoltaica Mineirão é fruto de um convênio entre a Cemig, o governo do estado de Minas Gerais e a concessionária do estádio, Minas Arena. Sua concepção original contou com a parceria da Universidade Federal de Santa Catarina e a construção teve início no ano de 2012, tendo um custo aproximado de R\$ 10,5 milhões (à época), sendo que 80% desse valor foi financiado pelo banco alemão KfW, por meio de cooperação técnica Brasil-Alemanha. (CEMIG, 2021b)

Instalada na cobertura de uma das sedes da Copa do Mundo de 2014, a usina representa um marco da geração solar fotovoltaica nacional. Com potência instalada de 1420 kWp (quilowatts pico) e fator de capacidade aproximado de 14% (a potência média gerada ao longo do ano corresponde a 14% de sua capacidade de pico), a Usina Fotovoltaica (UFV) Mineirão entrou em operação no dia 25 de abril de 2014 sendo, na época, a maior usina fotovoltaica do mundo construída sobre a cobertura de um estádio. (CEMIG, 2021b)

Como o Estádio Governador Magalhães Pinto - conhecido como Mineirão - é tombado pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) em função de sua marcante e complexa arquitetura, toda a superfície da cobertura de concreto precisou ser impermeabilizada e as juntas de dilatação cobertas com um manto. Somente após esse processo que os suportes horizontais e as placas fotovoltaicas foram instaladas. (CEMIG, 2021b; ENERGIA SOLAR, 2014)

Figura 12: Painel montado sobre a cobertura impermeabilizada do Mineirão



Fonte: ENERGIA SOLAR, 2014

Na cobertura do Mineirão há 88 segmentos dispostos de forma radial (conforme pode ser visto na Figura 13), e em cada segmento há um painel fotovoltaico composto por diversos módulos (ou placas). Ao todo, estão instalados 5.910 módulos fotovoltaicos de silício policristalino, ocupando uma área de 9.500 m² (aproximadamente 60% da área total da cobertura do estádio). Cada um dos 88 painéis fotovoltaicos converte a energia solar em elétrica e a injeta em seu respectivo inversor de 15 kW (são 88 ao todo), que é o dispositivo responsável por converter a corrente contínua em corrente alternada. (CEMIG, 2021b)

Figura 13: Cobertura do Mineirão com os módulos fotovoltaicos instalados



Fonte: CEMIG, 2021b

Embora a CEMIG GT (Geração & Transmissão) possua 100% do capital social da usina, o convênio com a Minas Arena prevê o repasse de 10% da energia gerada para consumo no próprio estádio, enquanto o restante (90%) segue para as ser injetado diretamente na rede de distribuição de 13,8 kV por meio de duas subestações elevadoras e uma subestação de conexão. A UFV Mineirão gera cerca de 1.825 MWh por ano, sendo capaz de alimentar aproximadamente 1.200 residências de tamanho médio. (CEMIG, 2021b)

O Mineirão foi o primeiro estádio do Brasil a obter o Selo Platinum do U. S. Green Building Council (USGBC), categoria máxima na certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Demonstrado através do certificado LEED, o Mineirão adota, em sua operação diária, práticas de valores fundamentais internacionalmente abraçados e reconhecidos pelas instituições defensoras dos direitos humanos, relações de trabalho, meio ambiente e combate à corrupção, refletidos nos 10 (dez) princípios do Pacto Global, além de também se engajar nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), adotados pelos Estados membros da ONU. Pensando no Meio Ambiente, o Mineirão adota práticas sustentáveis, como o reaproveitamento da água da chuva, geração de energia limpa e renovável, por meio da usina solar fotovoltaica instalada na cobertura do estádio e o reaproveitamento de resíduos, Selo BH SUSTENTÁVEL. (ENERGIA SOLAR, 2014)

5.2.2. Usinas fotovoltaicas Fapemig e BHTec

Outro projeto realizado pela administração indireta de Minas Gerais foi a UFV da Fapemig, instalada pela Efficientia (atualmente denominada Cemig SIM) no ano de 2017 através de recursos provenientes do Programa de Eficiência Energética da Cemig em parceria com a Aneel. A usina, que possui 593 painéis de 265 W totalizando 157 kWp, teve custo de R\$ 1 milhão e proporciona uma economia média de R\$ 125 mil anuais na conta de energia (valores referentes a 2017), indicando um *payback* simples de 8 anos. (CANAL ENERGIA, 2017)

O engenheiro de tecnologia e normalização da Efficientia, Márcio Eli Moreira de Souza, destaca o potencial do Estado para a instalação das usinas solares e os benefícios do governo para o incentivo dessa modalidade de geração. “Minas Gerais conta com fatores altamente favoráveis para a instalação de usinas fotovoltaicas, o que possibilita um retorno do investimento mais rápido, graças aos **excelentes níveis de radiação na maior parte do estado e à tarifa de energia atrativa para os investidores de geração distribuída, que contam ainda com a isenção do ICMS pelo Governo Estadual**”, explica. (CANAL ENERGIA, 2017)

Figura 14: Usina fotovoltaica da Fapemig, inaugurada em 2017



Fonte: MTEC, 2017

A Efficientia, juntamente com a Alsol Energias Renováveis, também foi responsável pela implantação da usina solar fotovoltaica do Parque Tecnológico de Belo

Horizonte (BHTec), com potência elétrica de 107 kWp (30% da demanda total do edifício). O empreendimento foi orçado em R\$ 800 mil e deve gerar uma economia de R\$ 70 mil por ano (CANAL ENERGIA, 2017), com *payback* simples de pouco mais de 11 anos (superior ao observado na Fapemig). É importante ressaltar que, para usinas de mesmo *capex*, quanto mais cara a tarifa paga por um consumidor, menor é o tempo de retorno do investimento.

A economia financeira é apenas uma das vantagens apontadas pelo Diretor-Presidente do Parque, Ronaldo Tadêu Pena. “De certa maneira, estaremos nos colocando como um showroom de energia solar transformada em eletricidade. **Serviremos como exemplo para a cidade, já que este é um sistema que outros prédios poderiam adotar**”, afirma.

O último Balanço Energético Nacional, referente ao ano de 2015, mostra que cerca de 64% da energia gerada no Brasil vem das hidrelétricas, o que nos torna muito dependente de um único sistema. Isabela Aroeira, mestre em energia renovável, explica que iniciativas como a do BH-TEC contribuem não só para a redução do impacto ambiental, mas para o **aumento da segurança energética**. “Diversificar as fontes de energia colabora para que situações como o racionamento de energia e o apagão se tornem menos comuns”, afirma. (SIMI, 2017, grifo nosso)

Embora o BH-TEC não seja um órgão integralmente estatal, o Governo do Estado de Minas Gerais é um de seus sócios-fundadores, juntamente com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), a Federação das Indústrias de Minas Gerais (Fiemg) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (Sebrae-MG). (BHTEC, 2021)

5.3. Sol de Minas

O Projeto Sol de Minas faz parte do planejamento estratégico do Governo de Minas Gerais (PPAG 2020 – 2023), correspondendo à ação 1044 dentro do programa 66 (#vempraminas – Atração de Investimentos) e é atualmente gerenciado pelo secretário adjunto da Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SEDE). O projeto foi pensado ao longo do ano de 2019 na gestão do governador Romeu Zema Neto, e seu produto específico é ampliar a capacidade instalada (em megawatts) de fontes fotovoltaicas no estado (MINAS GERAIS, 2021). De acordo com o site da SEDE, “o objetivo principal do projeto é alavancar o protagonismo do estado no setor de energia fotovoltaica em relação ao Brasil”. Além da SEDE, outros órgãos do governo participam do projeto: a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), a Agência de Promoção de Investimento e Comércio Exterior de Minas Gerais (INDI), o Instituto de Desenvolvimento do Norte e Nordeste de Minas Gerais (IDENE) e a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). (MINAS GERAIS, 2021)

Segundo o Entrevistado 1, a função da SEDE é olhar para fora do governo: “O que pode ser feito para atrair investimentos e desenvolver a geração fotovoltaica em Minas Gerais?” O projeto teve que ser de natureza mais simples em função de um contexto de restrições orçamentárias, tendo como objetivos específicos: (1) alcançar o aumento na capacidade instalada de geração de energia elétrica; (2) fortalecer a cadeia produtiva da geração de energia fotovoltaica; (3) aumentar a participação de energias limpas na matriz energética do estado; e (4) reduzir a emissão de gases do efeito estufa, como o CO₂. (MINAS GERAIS, 2021)

“Portanto, a iniciativa visa à diversificação da matriz energética a partir do aumento de projetos de geração de energia fotovoltaica juntamente com a implantação de empresas fornecedoras de bens e serviços para esse setor. Para alcançar os resultados almejados, o Projeto Sol de Minas se compromete a realizar o diagnóstico e a revisão da legislação pertinente e de regimes tributários, de forma a simplificar a implantação de investimentos em energia fotovoltaica. Além disso, serão realizadas prospecções ativas de investimentos voltados para esse tipo de energia junto com a elaboração de um mapa de disponibilidade de acesso à rede de transmissão e distribuição do estado (publicado em 28 de junho de 2020), que fornece informações para a ligação de novos empreendimentos de geração de energia, como a capacidade da rede de determinada região e os respectivos custos para o empreendedor.” (MINAS GERAIS, 2021)

Como principais produtos e resultados é possível citar o curso de capacitação para municípios mineiros, iniciativas de atração de investimentos e o Mapa de Disponibilidade de Minigeração Cemig, detalhados a seguir.

5.3.1. Curso de capacitação para gestores municipais

De acordo com o Entrevistado 1, constatou-se que menos de 2% dos municípios mineiros de pequeno porte (principalmente os da região norte do estado) possuem alguma usina de geração distribuída em operação e, dentre os que possuem, elas normalmente pertencem a agências bancárias da Caixa e/ou do Banco do Brasil. Portanto, para engajar prefeituras municipais em planos de ação que viabilizem a geração fotovoltaica para suprimento da própria demanda, reduzindo os custos com energia elétrica na sede, nas escolas, postos de saúde e outros prédios públicos, a SEDE elaborou um curso de capacitação abordando os principais temas para a criação desse tipo de empreendimento.

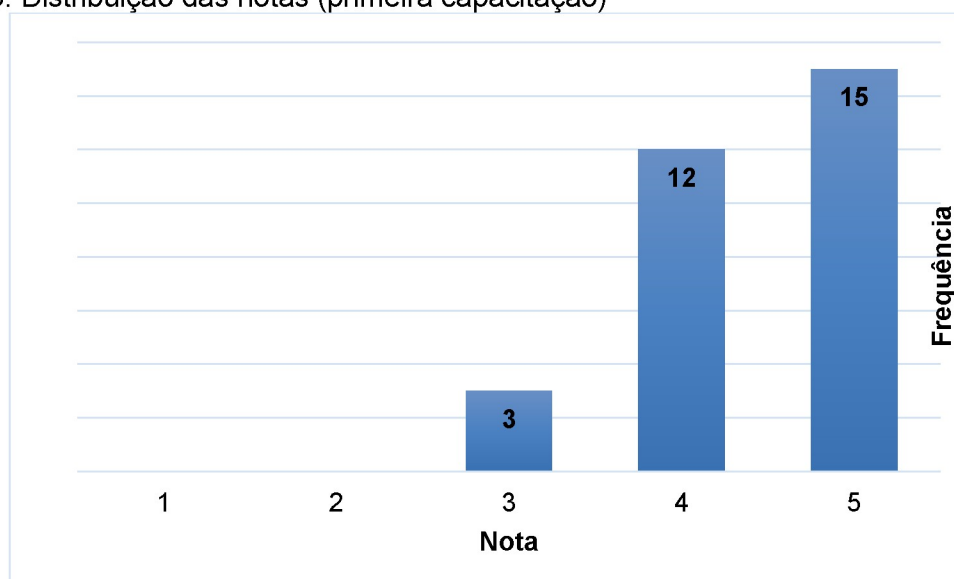
Dessa forma, as prefeituras tanto consomem quanto incentivam a expansão da energia solar, o que se traduz em redução dos custos no mercado. Segundo o diretor de Energia da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Pedro Oliveira de Sena

Batista, o papel da SEDE após as capacitações será o de ajudar as prefeituras a desenvolverem projetos de energia solar fotovoltaica e a atraírem investimentos, os quais têm capacidade de gerar emprego, renda e economia para a gestão municipal. (MINAS GERAIS, 2020a; MINAS GERAIS, 2020b). Além disso, transmite-se para a população que o poder público se importa com o meio ambiente e com a eficiência no uso dos recursos públicos. (Entrevistado 1)

Até a data de publicação deste trabalho, ocorreram duas capacitações. A primeira etapa de capacitação de gestores municipais ocorreu nos dias 26 e 27 de outubro de 2020 e contou com a participação de 40 representantes de 22 municípios mineiros e sete entidades de outros estados brasileiros. A segunda etapa de capacitação, por sua vez, ocorreu nos dias 21 e 22 de junho de 2021 e contou com 26 municípios mineiros e duas entidades de outros estados. (MINAS GERAIS, 2020a; MINAS GERAIS, 2020b).

Em função das restrições impostas pandemia de Covid 19, as palestras foram ministradas à distância (online) pelos seguintes parceiros: INDI, FEAM, Banco do Nordeste, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) e BDMG. Cada etapa de capacitação teve sua respectiva rodada de feedback, onde os participantes atribuíram notas de um a cinco para os seguintes quesitos: qualidade das informações; duração do curso; data de realização; temas abordados; qualidade da plataforma utilizada para a transmissão das informações; e nota geral do curso. Ao todo, 43 pessoas responderam aos questionários.

Gráfico 9: Distribuição das notas (primeira capacitação)

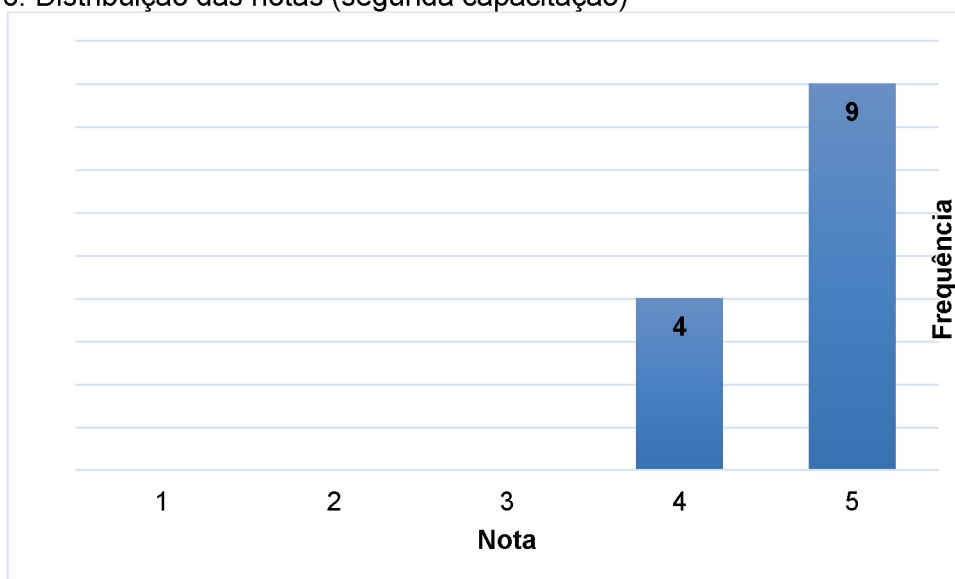


Fonte: Elaboração própria, com dados fornecidos pela SEDE, 2021

Conforme pode ser observado no Gráfico 9, no primeiro questionário, que teve 30 respostas, 3 pessoas (10%) atribuíram nota 3 (bom) à capacitação, 12 pessoas (40%) atribuíram nota 4 (muito bom) e 15 (50%) atribuíram nota 5 (excelente). O formulário tinha um campo aberto para comentários, elogios ou reclamações: alguns parabenizaram a iniciativa de desenvolvimento sustentável, na qual o poder público serve de exemplo por meio da geração de energia limpa. Outros, por outro lado, consideraram que o tempo foi reduzido para a tratativa dos assuntos; que o tema poderia ter sido abordado de forma mais prática; e que poderiam ter sido abordados exemplos de sucesso a serem seguidos pelos demais municípios.

O segundo questionário foi respondido por um número menor de pessoas (13 respostas), mas indica que a percepção do público alvo foi mais positiva: 4 pessoas (30,8%) deram nota 4 (muito bom) e 9 pessoas (69,2%) deram nota 5 (excelente). Ninguém atribuiu nota 3 ou inferior, conforme pode ser visto no Gráfico 10. Todos os comentários parabenizaram a iniciativa, sendo que um deles reforçou que a segunda edição teve mais espaço para discussão, debate e interação.

Gráfico 10: Distribuição das notas (segunda capacitação)



Fonte: Elaboração própria, com dados fornecidos pela SEDE, 2021

Como a primeira capacitação aconteceu há mais tempo (dias 26 e 27 de outubro de 2020), houve tempo para um follow-up, respondido por 17 municípios:

Quadro 4: Perguntas e resumo das respectivas respostas referentes ao follow-up da primeira capacitação

Perguntas	Resumo das respostas
<p>Após as capacitações, o município teve alguma iniciativa para gerar projetos de energia solar fotovoltaica? Se sim, é um projeto da própria prefeitura? Se sim, vocês buscam alguma fonte de financiamento?</p>	<p>Dentre as respostas afirmativas, há projetos de apoio a agricultores, instalação de painéis no hospital municipal com verba proveniente do apoio de deputados federais, aprovação de “IPTU Verde” para incentivar o uso de energia fotovoltaica, iniciativas por intermédio de consórcios como o CODANORTE, parcerias com empresas privadas (PPPs), e um município demonstrou interesse em buscar empréstimo para a instalação de painéis em todas as repartições públicas.</p>
<p>Quais obstáculos e dificuldades vocês enxergam para implementação de projetos de energia fotovoltaica?</p>	<p>As dificuldades apontadas pelos municípios que ainda não desenvolveram nenhuma iniciativa até a data da pesquisa incluem o período eleitoral e respectivas mudanças na administração, que normalmente ocorrem sem a devida gestão do conhecimento; outras prioridades no município (problemas emergenciais) e/ou falta de interesse da parte dos secretários, falta de proatividade, entraves jurídicos, linhas de crédito com juros muito elevados, grande burocracia para as prefeituras conseguirem subsídios, e a falta de verba, principalmente no contexto da pandemia de COVID-19. Alguns respondentes acreditam que o estado poderia se aproximar mais dos municípios e dialogar com prefeitos e secretários para que as iniciativas sejam priorizadas.</p>
<p>Após as capacitações, o município teve alguma iniciativa para melhorar o ambiente de negócios e atrair empresas e empreendimentos de energia solar fotovoltaica?</p>	<p>A maioria das respostas foi negativa, uma vez que as empresas de energia solar fotovoltaicas dos municípios surgiram, até então, de forma espontânea. No entanto, três dos municípios que responderam de forma afirmativa justificaram com as seguintes iniciativas: diálogo com o setor privado; inauguração de um distrito industrial; e legislação concedendo incentivos fiscais e incentivo à inovação.</p>
<p>Quais obstáculos e dificuldades vocês enxergam para melhorar o ambiente de negócios e atrair empresas e empreendimentos de energia solar fotovoltaica?</p>	<p>COVID-19, entraves políticos, baixa arrecadação, infraestrutura precária para os negócios, demanda reduzida. Há também a falta de: recursos, planejamento, iniciativa da Secretaria de Desenvolvimento.</p>

Fonte: Elaboração própria, com dados fornecidos pela SEDE, 2021

Em relação aos treinamentos conduzidos pela SEDE para as prefeituras, a primeira rodada foi menos proveitosa porque ocorreu em data mais próxima ao período eleitoral e as novas gestões ainda estavam em período de ambientação. A segunda rodada, por sua vez, foi melhor e contou com a participação de servidores mais interessados. (Entrevistado 1).

5.3.2. Atração de investimentos

Além dos cursos de capacitação, houve também revisão da legislação relacionada à instalação de empreendimentos fotovoltaicos para tornar o processo mais rápido e menos burocrático: “O ambiente de negócios também será modificado, a partir do momento em que o Projeto atenderá a necessidade de simplificação do licenciamento ambiental de empreendimentos de geração fotovoltaica junto à SEMAD” (MINAS GERAIS, 2021). O Entrevistado 1 reforçou que a instalação de usinas fotovoltaicas normalmente se dá em áreas com solos inférteis, e são empreendimentos que não consomem muita água (somente para a limpeza) nem poluem os solos. Quanto aos incentivos tributários, Minas Gerais concede isenção de ICMS para empreendimentos de geração centralizada no capex (peças, partes e componentes), bem como na venda da energia no mercado livre de operações. Na geração distribuída, a isenção de ICMS se aplica ao capex de empreendimentos de até 5MW. (MINAS GERAIS, 2020a)

Com o intuito de fortalecer as boas condições de investimento em Minas Gerais, o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) oferece financiamento por meio da linha “BDMG Sustentabilidade”, voltada para empresas interessadas em projetos sustentáveis de geração ou de eficiência energética (MINAS GERAIS, 2021c):

O Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) vai liberar R\$ 300 milhões em linhas de crédito para financiar investimentos em infraestrutura e melhorias urbanas nas cidades mineiras. O montante faz parte do Edital de Municípios 2021, anunciado pelo governador Romeu Zema... A quarta linha (de financiamento), BDMG Cidades Sustentáveis, é inédita e vai financiar, além de reformas e ampliações de prédios públicos, a instalação de lâmpadas de LED na iluminação pública, a **geração de energia renovável** e investimentos em sistemas de monitoramento por câmeras e internet em espaços públicos. (MINAS GERAIS, 2021b, grifo nosso)

Por meio de protocolos de intenções firmados com o INDI, a previsão de investimentos em geração fotovoltaica em Minas Gerais ultrapassa a casa dos R\$ 35 bilhões. A espanhola Solatio Energia, proprietária da maior usina fotovoltaica da América Latina (construída em Pirapora por quase R\$ 2 bilhões e com potência de 406 MW), investirá R\$ 28 bilhões ao longo dos próximos quatro anos para a implantação de usinas em nove municípios mineiros, totalizando uma potência de 9,2 GW. (MINAS GERAIS, 2020a; 2020b; 2021d; 2021e; SOLATIO, 2021)

Figura 15: Usina Fotovoltaica de Pirapora (MG), a maior da América Latina (406 MW)



Fonte: SOLATIO, 2021

Em setembro de 2020, o governador Romeu Zema inaugurou em Uberlândia a usina fotovoltaica Granja Marileusa I da Alsol Energias Renováveis, empresa que possui um parque solar de mais de 20 MW se consideradas suas outras 3 usinas: Jardim II, Capim Branco III e Santa Rosa. A multinacional WEG Automação construirá em Betim uma fábrica de eletrocentros, que consistem em salas de controle para clientes de grande porte. A petroleira Shell assinou acordo com a Gerdau para construir seu primeiro parque solar no Brasil, a planta Aquarii, que será localizada no município de Brasilândia de Minas (Noroeste do estado) e gerará 190 MW a partir do ano de 2024. (MINAS GERAIS, 2020a; 2020b; 2021d; 2021e)

Outro investimento atraído para Minas Gerais inclui aportes de R\$ 400 milhões ao longo dos próximos 4 anos, para a construção de mais de 30 usinas predominantemente no Norte de Minas por parte da Empresa Mineira de Geração Distribuída (EMGD). A produção total será de 100 MW e algumas usinas já operam nos municípios de Pirapora, Araçuaí, Mirabela, Coração de Jesus, Taiobeiras e Minas Novas. (RIGHI, 2021). A AXS Energia construirá 30 usinas nos próximos 3 anos por um total de R\$ 1 bilhão nos municípios de São Gonçalo do Sapucaí (Sul de Minas), Passos (Sul) e Prata (Triângulo). De acordo com o presidente, Alysson Barros Paolinelli, Minas conta com **ótimo índice de radiação solar e temperatura amena** (altas temperaturas reduzem a eficiência das placas), o que “contribui com a performance dos equipamentos eletromecânicos e geração dos módulos fotovoltaicos.

A qualidade da infraestrutura da rede também contribuiu para a decisão". (BIANCHETTI, 2021)

A empresa mineira Aurora Energia, que tem a maior licença ambiental do país (mais de 8 GW em desenvolvimento), investirá R\$ 3 bilhões no cluster "Sertão Veredas" em Arinos, no Norte de Minas, que deve começar a operar a partir de 2023. A estimativa é de que, no longo prazo, a empresa aplique R\$ 35 bilhões no estado, gerando milhares de empregos e promovendo desenvolvimento econômico nas regiões próximas às usinas. (SIMONE, 2021). A mineradora Vale, por sua vez, estima um empreendimento de US\$ 500 milhões até o fim de 2022 no complexo de geração "Sol do Cerrado", equipado com rastreadores da empresa Nextracker, que utilizam inteligência artificial para captarem a posição do sol e motores que movem as placas para que fiquem sempre perpendiculares à orientação dos raios solares, melhorando o desempenho entre 20% e 30%. O complexo fotovoltaico ficará em Jaíba e gerará 766 MW, reduzindo os custos anuais de energia da empresa em cerca de US\$ 70 milhões (CNN BRASIL, 2021)

O BNDES financiará a construção de um dos maiores complexos de energia solar da América Latina, que contará com 14 usinas fotovoltaicas no município de Janaúba (norte de Minas) e deve gerar 700 MW. O empreendimento pertence ao grupo Elera Renováveis e terá custo total de R\$ 2,04 bilhões, dos quais R\$ 1,47 bilhão (72%) será financiado pelo BNDES Finem. "O apoio ao Complexo Fotovoltaico Janaúba demonstra o compromisso do BNDES com projetos que ampliem a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira. Além de gerar emprego e renda no entorno, o projeto concilia a preservação do meio-ambiente com o desenvolvimento do país", explicou Petrônio Cançado, diretor de Crédito e Garantia do BNDES. (BNDES, 2021)

Por último, mas não menos importante, há o megaprojeto de R\$ 5,2 bilhões da companhia alemã Sowitec no Norte de Minas. Serão duas usinas fotovoltaicas (Presidente JK e Minas do Sol) e uma híbrida (Gameleiras), que devem ser finalizadas até 2027:

O projeto híbrido (eólica e solar), batizado de Complexo de Geração de Energias Gameleiras, está em processo de regularização das propriedades e obtenção de licença ambiental para a futura construção. Será instalado nos municípios de Monte Azul, Espinosa, Santo Antônio do Retiro, Rio Pardo de Minas e Mato Verde. As capacidades estimadas são de 1.400 MW no eólico e 600 MWac (780 MWp) no solar. Isso quer dizer que, quando estiver totalmente implantado, poderá atender, em média, 1,5 milhões residências por ano.

Os projetos solares Minas do Sol, em Pirapora, e Presidente JK, no município de mesmo nome, estão em estágio avançado de desenvolvimento, com todas

as propriedades regularizadas, medição solarimétrica de acordo com os parâmetros dos órgãos competentes e licença ambiental de implantação emitida. O primeiro terá potencial para atender, em média, 250 mil residências por ano e o segundo, 350 mil. (SEDE, 2021)

A implantação do complexo Gameleiras, que ficará situado em uma região com histórico de complicados processos de regularização fundiária, foi precedida por um acordo entre a Sowitec e o governo de Minas, com o intuito de acelerar os processos de regularização de até 150 imóveis. O projeto também será um grande marco ao demonstrar o potencial eólico do estado de Minas:

Na avaliação de Almeida, Minas Gerais possui um potencial ainda pouco explorado para energia eólica, mas pode se beneficiar da evolução das tecnologias disponíveis nos dias de hoje. “Atualmente há mecanismos que permitem o aproveitamento desse potencial com aerogeradores de maior alcance. A localização do estado também contribui para esse interesse, pois o subsistema elétrico sudeste e centro-oeste é o maior consumidor de energia do Brasil, sendo que existe uma grande procura por projetos de geração de energias renováveis”, afirmou.

Ainda segundo o vice-diretor da Sowitec, **o empenho do executivo estadual para viabilizar os empreendimentos tem sido decisivo**. “O apoio do Governo de Minas, por meio do Indi, é de extrema importância para iniciarmos os projetos dentro do tempo planejado, auxiliando na resolução de entraves de longa data, como o caso da questão fundiária. Há também o suporte essencial em relação às licenças e o tratamento tributário”, afirmou. (SEDE, 2021, grifo nosso)

A potência total instalada ao longo de 2020 representou um crescimento de 47% em relação a 2019, alcançando 1.386 MW naquele ano e 1.680 MW até julho de 2021, rompendo-se a barreira de 1 GW somente em geração distribuída (GD). Minas Gerais continua líder na geração fotovoltaica, sendo importante ressaltar que mais da metade da energia gerada é proveniente de geração distribuída. As regiões com os melhores índices solarimétricos e, conseqüentemente, com as melhores condições geográficas para a geração de energia fotovoltaica são: Triângulo, Noroeste e Norte de Minas, que são as regiões com coloração mais alaranjada conforme a Figura 16, na qual o município de Uberlândia (líder em geração fotovoltaica) aparece indicada com um alfinete. Entre os municípios, Uberlândia lidera com 62 MW, seguida por Belo Horizonte e Montes Claros. (MINAS GERAIS, 2020b; MINAS GERAIS, 2021c; MINAS GERAIS, 2021e).

Figura 16: Incidência solar em Minas Gerais (kWh/m²). Uberlândia em destaque



Fonte: GLOBAL SOLAR ATLAS, 2021

O Entrevistado 1 também destacou a instalação da fabricante de painéis fotovoltaicos Amerisolar Brasil no Aeroporto Industrial de Confins, que é uma zona livre de tributação. A previsão é que sejam gerados cerca de dois mil empregos com produção prevista de 30 mil painéis por mês. Por fim, ele mencionou que as maiores realizações e novidades do Sol de Minas são publicados periodicamente em boletins que têm o mesmo nome do projeto e que há, no Congresso Nacional, há uma proposta para regulamentar as isenções de ICMS visando a evitar “guerras fiscais”. No dia 18 de agosto de 2021, foi aprovado na Câmara dos Deputados o PL 5829/19, conhecido como marco geral da geração distribuída, que retira a isenção do pagamento de tarifas pelo uso do sistema elétrico, mas ainda precisa ser aprovado no Senado:

A regra atual prevê incentivos para quem participa desse sistema, entre os quais a isenção do pagamento de tarifas pelo uso do sistema elétrico, como isenções das tarifas de transmissão de eletricidade e encargos setoriais. Esses valores hoje acabam sendo pagos por quem não tem sistemas de geração distribuída. Por isso, há um subsídio cruzado.

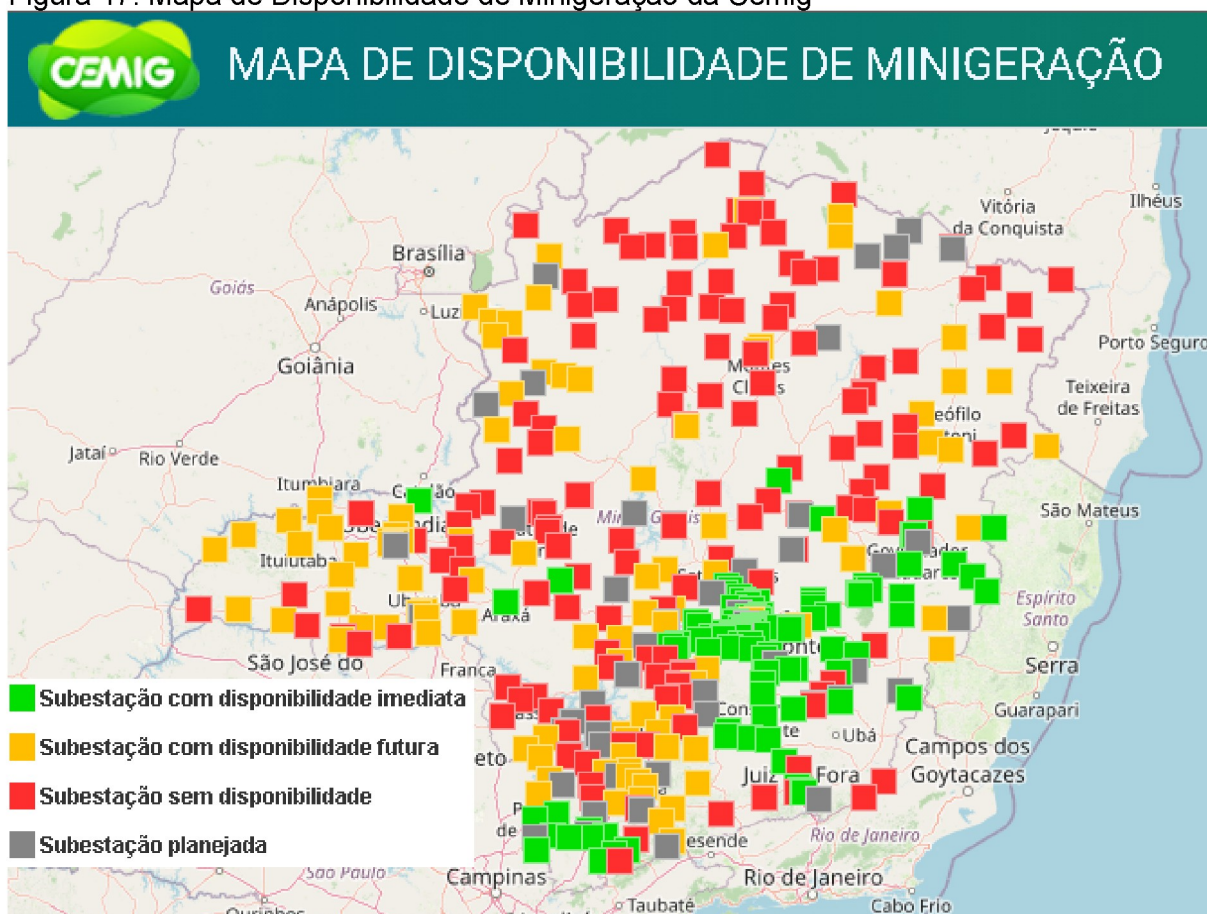
O projeto, que ainda precisa passar pelo Senado, prevê que consumidores que solicitarem acesso à rede das distribuidoras até 12 meses após a publicação da nova legislação também serão beneficiados com a isenção de encargos e taxas até 2045. Já os novos consumidores, o repasse dos encargos começa em 15% em 2023 e assim gradativamente até atingir 100% em 2029. (VENTURA, 2021)

5.3.3. Mapa de Disponibilidade de Minigeração

Outro produto do Sol de Minas, desenvolvido pela Cemig em parceria com a SEDE e o INDI, é o Mapa de Disponibilidade de Minigeração. Publicado em 28 de junho de 2020, o site fornece informações como a capacidade disponível nas subestações de uma determinada região para a ligação de novos empreendimentos, bem como os custos estimados para a ligação, e também permite que o usuário realize a solicitação da análise para conexão (MINAS GERAIS, 2020a). Esse produto é um dos finalistas na categoria “Inovação em Políticas Públicas” do sexto Prêmio Inova Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2021g).

Antes do advento do Mapa de Disponibilidade, o processo de reserva de regiões para a instalação de geração distribuída era por “tentativa e erro”, porque a área de interesse poderia já ter sido reservada previamente por terceiros e o pedido era rejeitado, sendo necessário reiniciar o processo. Dessa forma, poderia ser necessário fazer diversos pedidos até se conseguir a permissão por parte da concessionária, fato que era agravado por pessoas que previamente tentavam reservar diversas áreas para posteriormente revenderem a autorização. (Entrevistado 1)

Figura 17: Mapa de Disponibilidade de Minigeração da Cemig



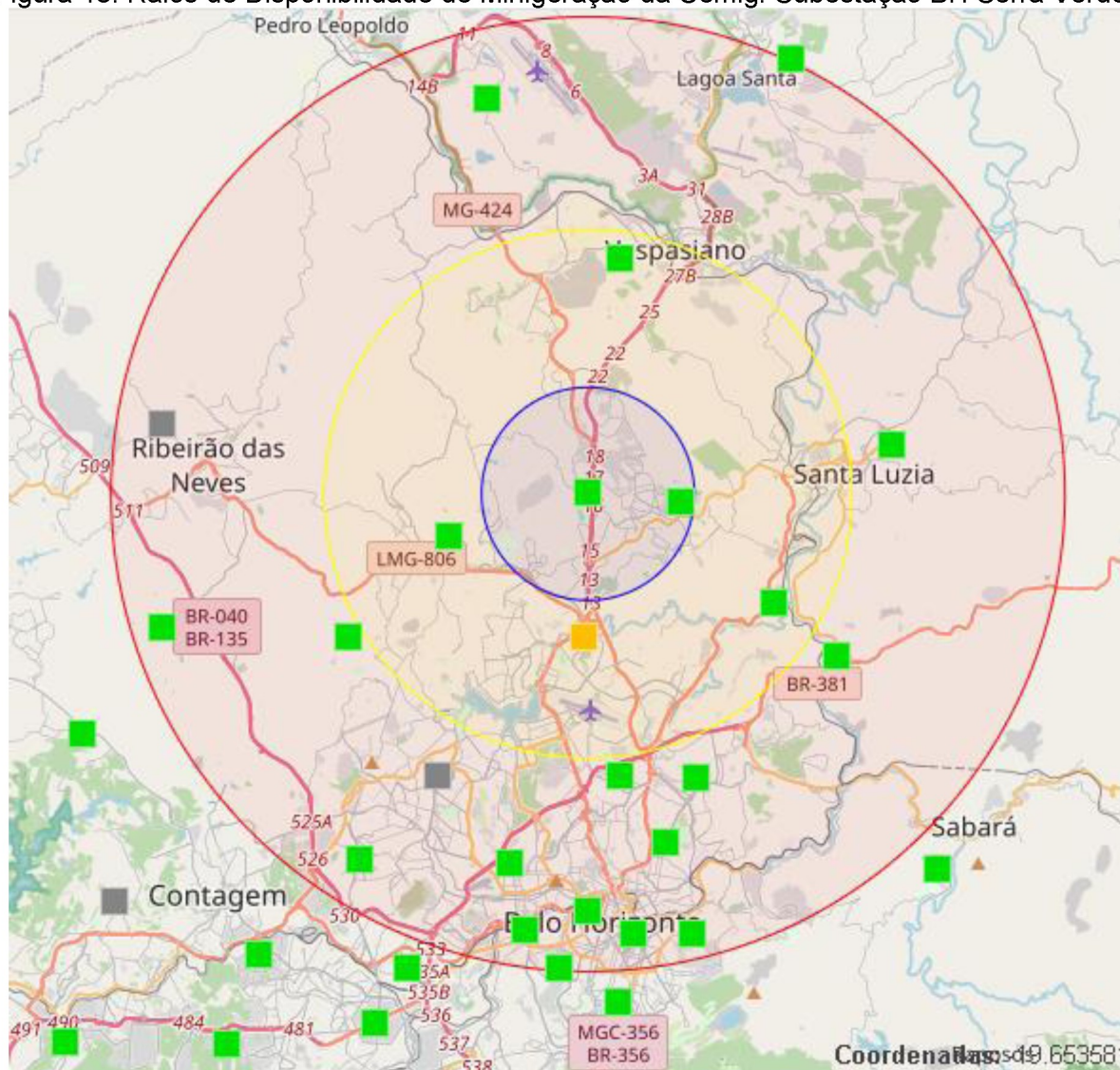
Fonte: CEMIG, 2021

Conforme a legenda disponibilizada no site, as subestações são indicadas de acordo com um sistema de cores, podendo ser verdes (disponibilidade imediata), amarelas (disponibilidade futura), vermelhas (sem disponibilidade) ou cinzas (subestação planejada). A Figura 17, extraída do Mapa de Disponibilidade no mês de setembro de 2021, mostra que não há subestações com disponibilidade imediata no norte de Minas (região com os mais altos índices solarimétricos do estado) e poucas na região do triângulo mineiro, enquanto há um número considerável delas no sul do estado e a maioria se concentra na região central.

O grau de disponibilidade das subestações é influenciado pelo número de empreendimentos em energia solar na região, pela capacidade individual de geração dessas usinas fotovoltaicas, pela capacidade individual das subestações e também pelo número de subestações na área, o que influencia na distribuição da carga atendida por cada uma delas. Para realização da consulta de disponibilidade para minigeração, o usuário pode informar as coordenadas geográficas do local de interesse ou selecioná-lo diretamente no mapa, arrastando-o com o mouse e utilizando os botões + ou -, disponíveis no canto inferior direito da tela, para alterar as configurações de zoom. Ao selecionar a subestação mais próxima do

local onde se deseja instalar a minigeração, são criados raios de disponibilidade considerando as distâncias de 4 (azul), 10 (amarelo) e 18 km (vermelho), da subestação selecionada:

Figura 18: Raios de Disponibilidade de Minigeração da Cemig. Subestação BH Serra Verde



Fonte: CEMIG, 2021

Na Figura 18, foi selecionada a subestação (SE) BH Serra Verde (mais próxima da CAMG), com capacidade total de 50 MW e tensão nominal de 13,8 kV. No momento da pesquisa (21/09/2021), não havia nenhuma unidade geradora conectada a ela, mas já havia reserva de ponto de 2,5 MW solicitada, deixando um excedente de 47,5 MW para futuras reservas de demais interessados, dentro do raio máximo de 18 km. O site informa também a disponibilidade máxima para injeção em média tensão na região em função da distância em relação à subestação, além do orçamento estimado. Na área vermelha, a potência máxima é 500 kW com custo total estimado em R\$ 4.679.841,00; na amarela, por sua vez, a potência

Tabela 1: Orçamento estimado pela Cemig (Mapa de Disponibilidade)

Responsável pelo desembolso	Valor (R\$)
Participação da Cemig (proporcionalidade)	118.627,72
Participação da Cemig ERD	1.280.150,00
Participação do cliente	697.063,28
Custo total estimado	2.095.841,00

Fonte: CEMIG, 2021

Todavia, esse “custo total estimado” de R\$ 2.095.841,00 não pode ser confundido com o custo total da usina fotovoltaica porque não leva em conta as despesas de capital (CAPEX) como a compra dos módulos, inversores, estruturas e os gastos com mão-de-obra. Ele é apenas uma estimativa do valor necessário para preparar a rede de distribuição local para que ela receba a energia injetada:

A micro e a minigeração distribuída são conectadas à rede por meio de uma unidade consumidora. Assim, o tratamento regulatório acerca das responsabilidades para conexão é similar àquele dado a unidades consumidoras convencionais. Portanto, aplica-se o princípio da Participação Financeira, regulamentado na Seção X do Capítulo III das Condições Gerais de Fornecimento (Resolução Normativa nº 414/2010).

Vale ressaltar que os custos de eventuais ampliações ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração distribuída participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica são arcados integralmente pela distribuidora acessada, exceto para o caso de geração compartilhada.

Para o caso de minigeração distribuída (em todas as modalidades) e de microgeração na modalidade de geração compartilhada, **se houver a necessidade de ampliações ou reforços em função exclusivamente de sua conexão à rede de distribuição, deve-se incluir tais custos no cálculo de participação financeira do consumidor** (art. 5º, §2º da Resolução Normativa nº 482/2012). (ANEEL, 2017, grifo nosso)

O Entrevistado 1 apresentou considerações acerca do projeto. Segundo ele, a projeção da meta física (potência instalada em megawatts) foi feita em 2019 de forma um pouco arbitrária porque não havia parâmetros anteriores para servirem de base. Além disso, essa meta é limitada no sentido de não ser capaz de isolar o real impacto do projeto, dado que o setor de energia fotovoltaica já estava aquecido em função de variáveis externas que também estimulam a instalação dessas fontes de energia.

Dentre essas variáveis, ele citou: a presença de subsídios sobre o custo das placas e da instalação; a retirada do imposto de importação sobre esses produtos; a isenção de ICMS em Minas Gerais tanto para o capex quanto para a energia produzida (isenção essa que está prevista para terminar no final de 2022, mas que o Governo estadual quer estender

por mais 10 anos); a redução drástica dos custos de produção e venda de painéis fotovoltaicos; o acesso a crédito subsidiado pelo Banco do Nordeste para as regiões de Minas na área da Sudene (outros bancos também têm oferecido linhas especiais de financiamento para empreendimentos sustentáveis, como o BDMG e o banco Santander); além do fato de que o investimento é lucrativo por natureza em médio e longo prazos. Portanto, os resultados são extremamente positivos, mas graças ao alinhamento de diversos fatores. O gestor também elencou oportunidades de melhoria para o projeto:

É natural que os governos pensem no curto prazo, dentro do período do mandato, mas o ideal é pensar no longo prazo, num horizonte de 30 anos. Em se tratando de energias renováveis como eólica e fotovoltaica, cuja geração não é constante ao longo do dia, é essencial investir em tecnologias para o armazenamento de energia, como bancos de baterias com tecnologias inovadoras e a produção de hidrogênio, que pode abastecer carros que não geram gases poluentes. O Ceará, por exemplo, começará a produzir hidrogênio a partir de 2022, o qual poderá ser exportado para a Europa por meio de navios. Minas Gerais também poderia pensar em subsidiar a produção de veículos elétricos e movidos a hidrogênio, além de investir mais na infraestrutura do setor elétrico, como subestações, linhas de transmissão e distribuição. (Entrevistado 1)

Esse capítulo respondeu ao segundo objetivo específico da pesquisa: “verificar se há algum tipo de iniciativa do governo de Minas que visa ao estímulo da geração de energia solar fotovoltaica”. Foi possível perceber a atuação multifacetada do governo para a política em estudo, uma vez que incentiva a utilização desse tipo de energia renovável pela iniciativa privada (pessoas naturais e jurídicas), o desenvolvimento de novos projetos afetos ao tema, a aplicação por outras esferas de governo, a atração de investimentos e o fornecimento de informações técnicas para a operacionalização desse tipo de empreendimento. Além das iniciativas implementadas pelo governo, existe um projeto idealizado para a construção de uma usina fotovoltaica na CAMG, que será discutido em maiores detalhes pelo próximo capítulo.

6. POSSIBILIDADES DE USO DA ENERGIA SOLAR NA CIDADE ADMINISTRATIVA

Este capítulo se propõe a atingir o terceiro objetivo específico: “investigar a viabilidade técnica e econômica de implantação e operação de uma usina de energia fotovoltaica na CAMG, elencando pontos facilitadores e dificultadores.” Para tanto, é dividido em três seções: “A Cidade Administrativa”, que caracteriza sua construção e explica o contexto de sua idealização, com vistas a facilitar a compreensão da possibilidade de implantação de uma usina fotovoltaica em suas imediações; “Usina fotovoltaica CAMG: projeto idealizado”, que apresenta as características e pormenores de um projeto que previa a instalação de painéis fotovoltaicos na CAMG; e “Considerações acerca da implementação do projeto UFV CAMG”, com uma crítica acerca da viabilidade técnica e econômica do projeto.

6.1. A Cidade Administrativa

A Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves, projetada pelo arquiteto Oscar Niemeyer, está localizada às margens da Rodovia Papa João Paulo II (Linha Verde), no bairro Serra Verde, região de Venda Nova (Norte de Belo Horizonte), próxima dos limites dos municípios de Vespasiano e Santa Luzia. O terreno, de cerca de 800 mil m², pertencia ao Jockey Clube de Minas Gerais, na antiga sede do Hipódromo Serra Verde. A nova sede do governo do estado de Minas Gerais foi inaugurada em março de 2010 e tem capacidade de reunir até 16 mil servidores em uma área construída de aproximadamente 270 mil m², composta pelo Palácio Tiradentes, dois prédios de secretarias de estado (os edifícios Minas e Gerais), Prédio Alterosas (sede da Polícia Militar e do Corpo de Bombeiros), Centro de Convivência e Auditório Presidente Juscelino Kubitschek, além de unidades de apoio para equipamentos, estacionamentos e dois lagos. (MINAS GERAIS, 2021d)

Estudos de viabilidade prévios realizados pelo governo previam uma economia anual de 92 milhões de reais a partir de 2010 em função da concentração dos órgãos públicos, que culminaria no fim do pagamento de aluguéis, menor deslocamento por parte dos servidores que precisassem se reunir em outras secretarias de estado e redução da frota de veículos. Essa economia gerada poderia ser revertida para investimentos em áreas prioritárias como saúde, educação e segurança pública. (SOUKI; FILGUEIRAS, 2019) Em se tratando de sustentabilidade, estima-se que o sistema de esgoto sanitário a vácuo utilizado nos banheiros reduz em até 85% o consumo de água em relação à descarga convencional, economizando cerca de 55 mil litros por dia. (FATOR BRASIL, 2010). Os prédios são ilustrados pela Figura 20.

No ato de inauguração da CAMG em 2010, no mesmo dia em que se comemorou o “Centenário de Nascimento do Presidente Tancredo Neves”, seu avô, o governador Aécio Neves destacou que a centralização da administração pública estadual traria economia e dinamismo ao governo. As secretarias da administração, até então espalhadas pela cidade de Belo Horizonte, 43 órgãos e entidades ocupando 73 edifícios, agora se agregariam no mesmo espaço, visando a melhoria na prestação de serviços e melhorando as condições de trabalho dos funcionários estaduais. (SOUKI; FILGUEIRAS, 2019)

Figura 20: Imagem aérea da CAMG



Fonte: AGÊNCIA BRASIL, 2020

Todavia, há críticas ao projeto em função do grande deslocamento necessário para que servidores de outras regiões de Belo Horizonte cheguem até a CAMG, dos fenômenos que Nunes (1999) denomina de “insulamento burocrático, ilhas de racionalidade e especialização técnica”, e também do alto custo do empreendimento. O valor da obra, estimado no ano de 2003 em R\$ 880 milhões a serem pagos pela CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais), acabou extrapolando em muito o orçamento inicial:

Apesar de o governo estadual ter divulgado que o investimento foi de responsabilidade exclusiva da CODEMIG e que não foram utilizados recursos do Tesouro do Estado, foram empregados recursos fiscais nas obras necessárias à existência da CAMG como o entorno e os acessos viários. Consta no relatório apresentado pelo governo estadual ao Tribunal de Contas sobre o exercício 2010 que a despesa com o Centro Administrativo desde 2004 fora de aproximadamente R\$ 1,7 bilhões, dos quais cerca de R\$ 1,4 bilhões foram investidos pela Codemig e o restante teria saído dos cofres do governo estadual.

Sabe-se, com base em informação fornecida pela Intendente da CAMG, que o pagamento pelo terreno estava fora dos valores declarados no investimento. Em relação à compra do terreno do Jôquei Clube, a indenização ao expropriado foi de R\$ 24.095.395,94, não havendo informação sobre as indenizações aos proprietários de outros terrenos vizinhos. (SOUKI; FILGUEIRAS, 2019)

6.2. Usina fotovoltaica CAMG: projeto idealizado

Segundo o Entrevistado 2, o projeto da UFV CAMG foi idealizado em 2015 pelo Núcleo de Inovação e Gestão da Infraestrutura, que faz parte da Coordenadoria Especial da Cidade Administrativa (CECAD), anteriormente conhecida como Intendência. Em dezembro daquele ano, o Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sob coordenação do professor Ph.D. Ricardo Rütther, publicou um relatório denominado “ESTUDO KfW: Implantação de usina fotovoltaica na Cidade Administrativa”, com o intuito de “auxiliar a CEMIG a proceder a avaliação da viabilidade de instalar geradores solares fotovoltaicos (FV) nas dependências da Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais, em Belo Horizonte - MG.” (RÜTHER, 2015). Em 2016, uma equipe de servidores da Seplag fez uma visita à UFSC para conhecerem o estacionamento solar que fora instalado lá que, se comparado ao que pode ser construído na CAMG, é em pequena escala, mas que possui a mesma estrutura e os mesmos equipamentos. Portanto, a parte técnica já estava consolidada. (Entrevistado 2)

O relatório é parte do contrato “*Solar World Cup 2014 Brazil*”, no qual o banco alemão KfW (que oferecia uma taxa de juros atrativa para projetos de energias renováveis) participou do financiamento e a UFSC auxiliou com o projeto da UFV Mineirão. Como havia um capital proveniente do financiamento da UFV Mineirão, pensou-se em utilizar esse excedente para a construção de uma usina solar fotovoltaica na CAMG. Inicialmente, seria projetada para o topo dos prédios, mas a área construída não é grande o suficiente para que a energia gerada suprisse um percentual considerável da demanda. Portanto, a ideia foi de se usar a área dos estacionamentos, que é vasta, gerando uma grande quantidade de energia e protegendo os veículos do sol e de eventuais chuvas de granizo. (Entrevistado 2). Abaixo, são apresentados detalhes do relatório elaborado pela UFSC:

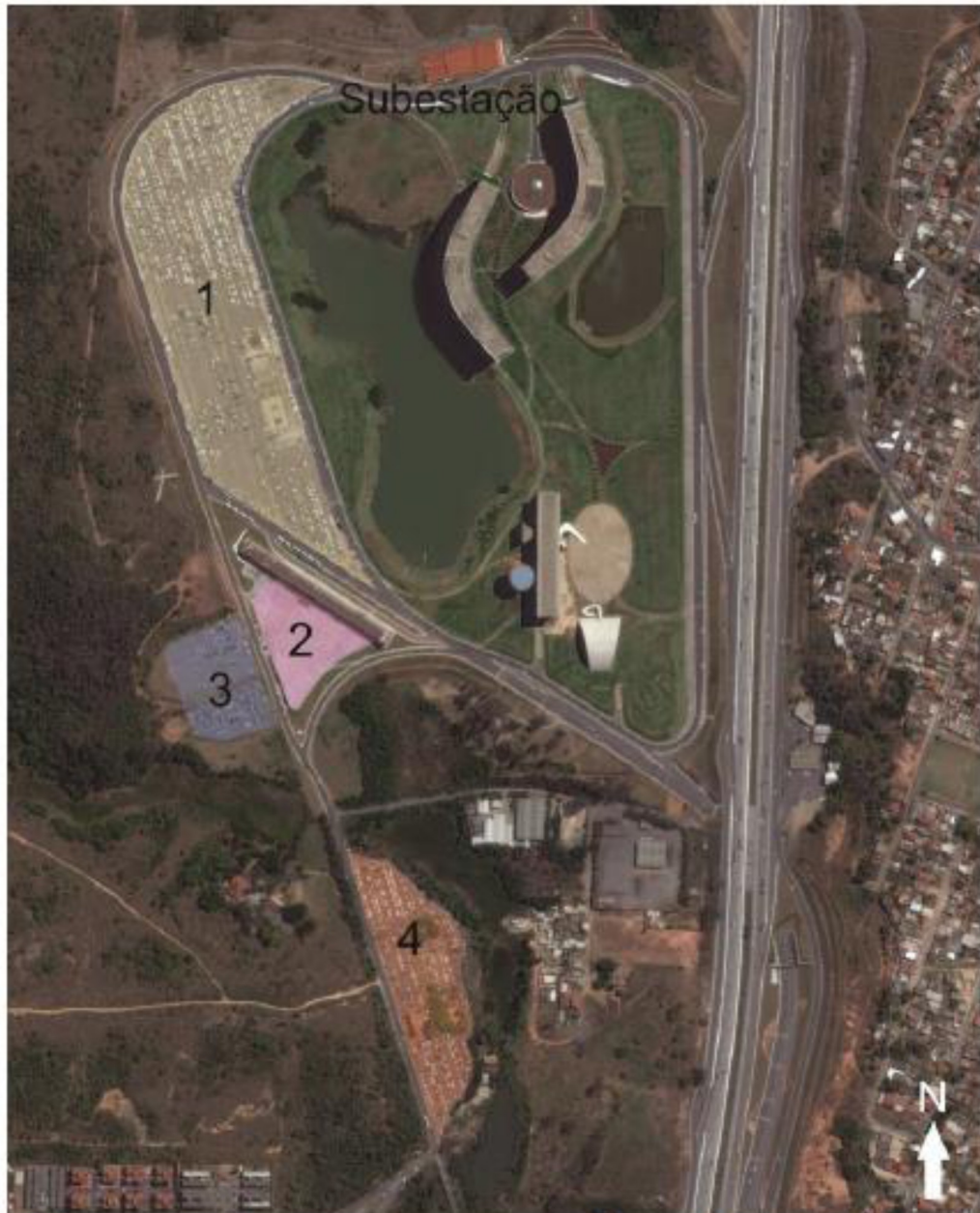
As principais conclusões do estudo realizado para a Cidade Administrativa do Governo do Estado de Minas Gerais são que, sob as premissas utilizadas, os estacionamentos da Cidade Administrativa têm capacidade de acomodar geradores solares FV de **potência nominal igual a 5,0 MWp** utilizando a tecnologia FV de silício policristalino. Se construído, o gerador solar nos estacionamentos da Cidade Administrativa será um dos maiores estacionamentos solares do mundo! A pedido da CEMIG, um estudo de paisagismo foi realizado, incluindo a criação de espaços verdes com bancos,

árvores e flores de cores diferentes, proporcionando assim pontos de referência ao longo do percurso. Além disso, foram intercaladas fileiras com e sem cobertura. Desta forma, o usuário poderá se localizar e identificar com maior facilidade o local em que estacionou seu veículo.

Sob as condições locais, estes geradores podem apresentar uma **geração anual de energia elétrica no primeiro ano de cerca de 7.760 MWh**, o que corresponde a **29% do consumo** da Cidade Administrativa no horário fora de ponta. [...] o estudo conclui também que estes geradores solares FV integrados a coberturas a serem construídas nos estacionamentos podem ser instalados e postos a operar em um período **inferior a 8 meses**. (RÜTHER, 2015, p. 6)

O projeto aproveita uma área total de 111.800 m², referente a 4 estacionamentos: (1) estacionamento principal da Cidade Administrativa, com 73.500 m²; (2) estacionamento anexo ao Prédio de Serviços, com 8.200 m²; (3) estacionamento a oeste do estacionamento 2, com 12.100 m²; e (4) estacionamento na região denominada Fazendinha, ao sul dos demais estacionamentos, com 18.000 m². A Figura 21 apresenta os espaços destacados por esse parágrafo:

Figura 21: Imagem aérea com destaque para as quatro áreas destinadas à implantação da usina FV de 5 MWp

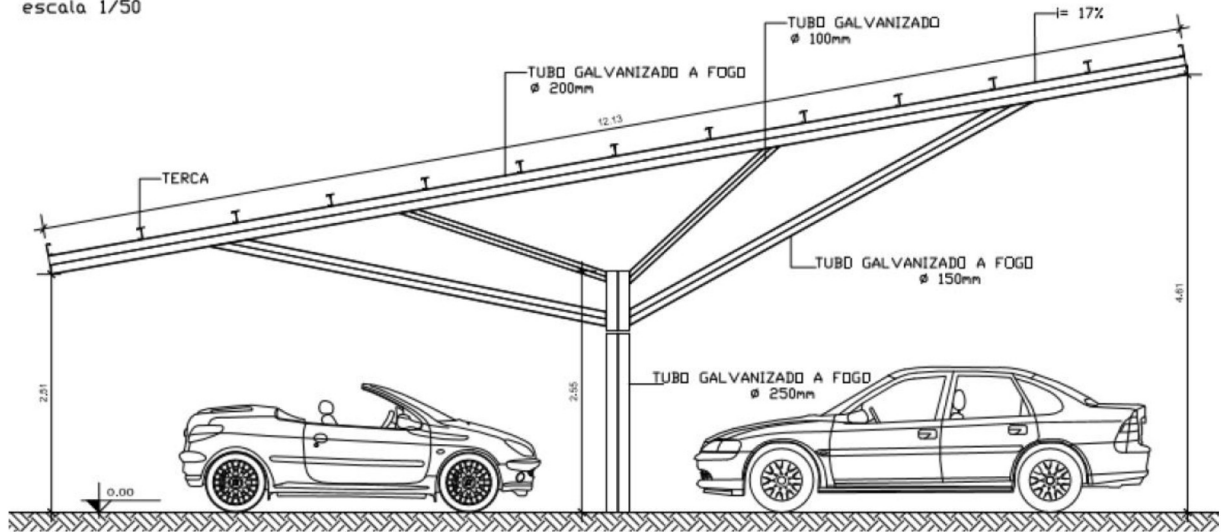


Fonte: RÜTHER, 2015, p. 13

As estruturas metálicas (*carports*) foram planejadas para que não seja necessária a instalação de telhados, uma vez que a cobertura e vedação é toda feita através dos painéis. Elas possuem inclinação de 10° , com altura de 2,5 metros no lado mais baixo de 4,6 metros no lado mais elevado:

Figura 22: Estrutura proposta para integração de módulos FV nas coberturas dos estacionamentos da Cidade Administrativa

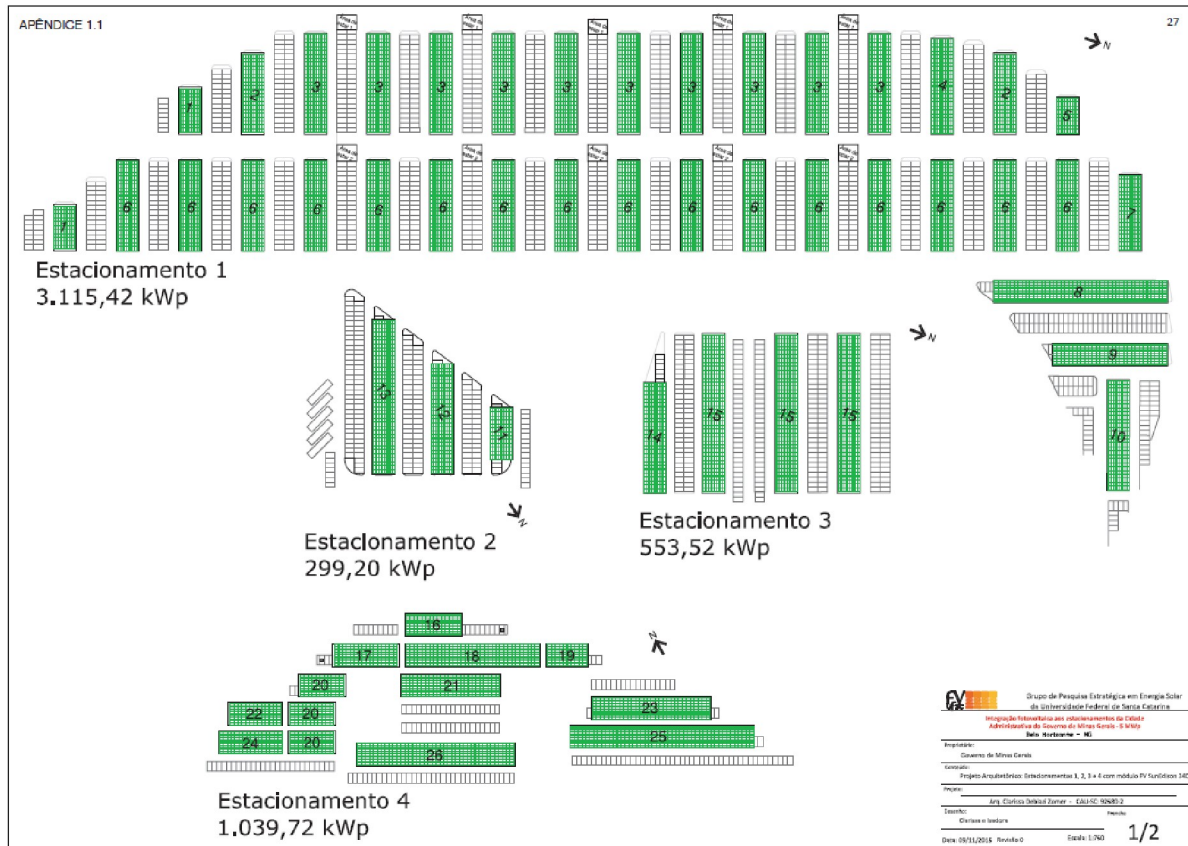
DETALHE DA ESTRUTURA
escala 1/50



Fonte: RÜTHER, 2015, p. 18

O *layout* da usina fotovoltaico é apresentado na Figura 23, sendo que o estacionamento 1 possui 36 painéis, produzindo 2.686 kWp; o estacionamento 2 possui 3 painéis e produz 253 kWp; o estacionamento 3 possui 4 painéis e produz 483 kWp; e o estacionamento 4 possui 13 painéis e produz 904 kWp.

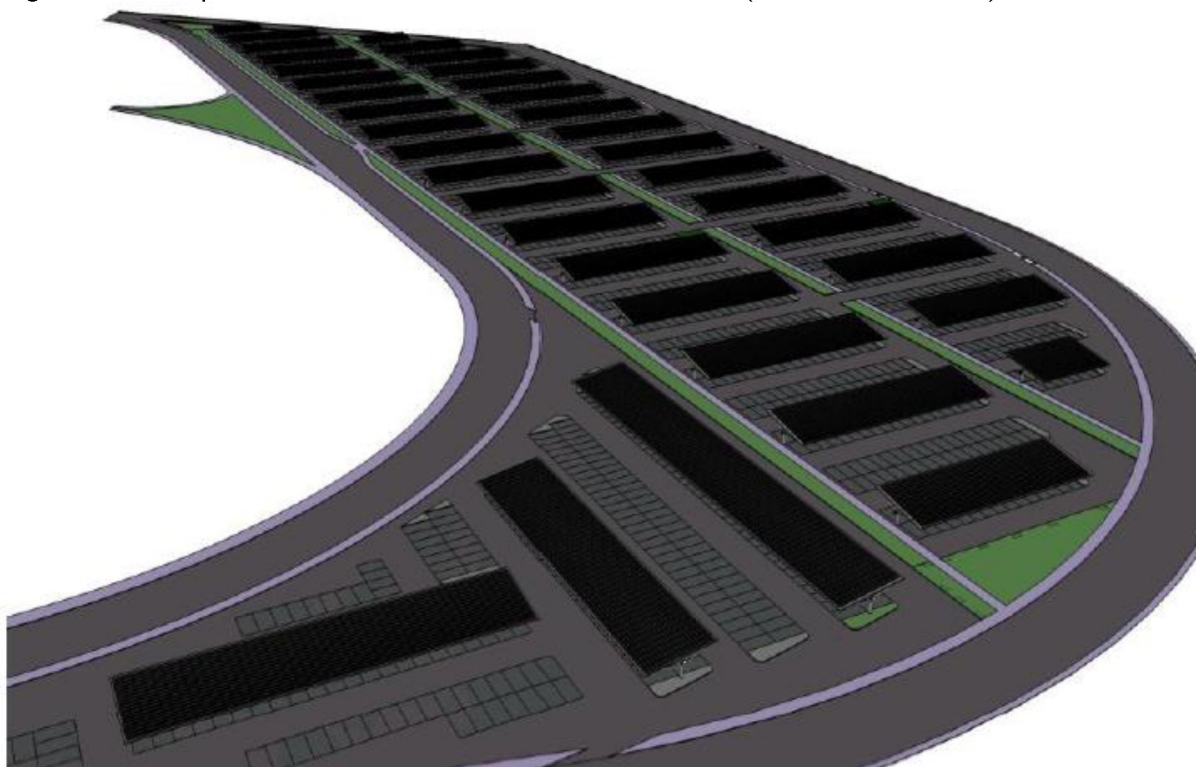
Figura 23: Layout da UFV nos quatro estacionamentos da Cidade Administrativa, utilizando módulos da tecnologia p-Si



Fonte: RÜTHER, 2015, p. 21

Com o intuito de proporcionar uma melhor visualização do empreendimento, o relatório apresenta também cada estacionamento em perspectiva, já com as coberturas fotovoltaicas modeladas em 3D. A Figura 24 mostra a modelagem 3d do estacionamento 1 em perspectiva e a Figura 25 é uma foto de como o estacionamento é atualmente (outubro de 2021):

Figura 24: Perspectiva da UFV na Cidade Administrativa (Estacionamento 1)



Fonte: RÜTHER, 2015, p. 19

Figura 25: Foto de parte do Estacionamento 1, tirada em outubro de 2021



Fonte: Elaboração própria, 2021

A foto acima, embora mostre apenas a parte mais ao norte do estacionamento 1, permite que se tenha uma ideia de quão grande é a área disponível para a acomodação dos veículos dos servidores estaduais. Essa mesma área pode ser utilizada para a produção

de energia. Além disso, embora existam algumas árvores no estacionamento, a grande maioria dos veículos fica exposta ao tempo.

6.3. Algumas ferramentas de análise econômica preliminar

Durante a fase de negociações, a proposta apresentada em 2017 pela Efficientia (documento fornecido pela SEDE) mencionava um financiamento de 80% pelo banco KfW com parcelas semestrais (seriam pagas entre agosto de 2019 e dezembro de 2024), e o restante (20%) seria aportado pela Cemig GT na forma de empréstimo (na época, não foi analisada a possibilidade de se utilizar verba proveniente do PEE). As adequações de infraestrutura a cargo da CAMG seriam: remanejamento das vagas, cercamento das usinas e implantação de sistema de iluminação.

De acordo com essa proposta, as obras durariam menos de um ano, sendo que a Efficientia seria responsável por sua gestão (especificações para licitação; medições mensais para pagamento a fornecedor; gestão da implantação; diligenciamento com fornecedores; medição e verificação final; e acompanhamento de manutenção e operação - O&M - nos primeiros 24 meses junto a empresa licitada) e a empresa ganhadora da licitação prestaria contas mensalmente quanto às partes financeira e técnica (execução da obra; contratos com fornecedores; garantia do desempenho estabelecido em contrato; e O&M até 2 anos após implantação). Após 2 anos, O&M passaria a ser responsabilidade da Efficientia.

Quanto ao valor total estimado pelo relatório produzido pela UFSC para a usina de 5 MWp foi de **R\$ 28,3 milhões**, o que equivale a **R\$ 5,65 milhões por MWp**. Esse cálculo foi realizado em uma época em que US\$ 1,00 era equivalente a R\$ 4,00 e leva em conta a aquisição de módulos de silício policristalino (de 340 Wp cada), inversores (responsáveis pela conversão da corrente contínua produzida pelos painéis em corrente alternada), cabos, sensores, estrutura de suporte (*carports*) e também os custos de engenharia e montagem. Os elementos mais caros das usinas são os módulos fotovoltaicos, que correspondem a quase metade do valor total (R\$13,8 milhões). É importante destacar que, no caso da UFV CAMG, R\$ 3,3 milhões são referentes aos *carports*, o que equivale a 11,6% do orçamento. Caso fossem utilizadas as estruturas tradicionais (sobre telhados ou mais próximas do solo), esse valor seria inferior, mas isso inviabilizaria o empreendimento nos estacionamentos da CAMG. (RÜTHER, 2015, p. 127)

Embora o capex seja cotado em dólar e essa moeda tenha sofrido uma valorização considerável frente ao real nos últimos anos, atingindo o valor médio de R\$ 5,50

ao longo do mês de novembro de 2021, o preço de módulos e inversores torna-se cada vez menor, conforme pode ser observado no Gráfico 7 (página 38). Walter Fróes, CEO da Solatio Energia, disse em uma entrevista ao estado de Minas que “um painel fotovoltaico hoje custa 10% do que custava há 10 anos” (MORAES, 2020). Além disso, o aumento do número de empresas que instalam essas usinas contribui para a redução do valor de mercado do serviço prestado, e o aumento de eficiência das células solares permite que determinada potência de saída seja alcançada com um número cada vez menor de placas fotovoltaicas, reduzindo-se custos.

Como resultado, o valor médio de uma usina construída diretamente sobre o solo hoje em dia é de aproximadamente R\$ 4,2 milhões por megawatt de pico (uma usina fotovoltaica de 5 MWp custaria algo em torno de R\$ 21 milhões) (Entrevistado 3), valor ratificado pelo site Portal Solar, no gráfico de preços médios industriais. (PORTAL SOLAR, 2021). Como exemplo prático é possível citar as usinas fotovoltaicas em construção nos três campi da Universidade Federal de Viçosa pelo valor total de R\$ 4 milhões, que gerarão juntas 1 MWp e promoverão economia aproximada de R\$ 100 mil por mês a partir de dezembro de 2021(UFV, 2021)

Além das estimativas de preço apresentadas no parágrafo anterior, há o orçamento recente de uma usina que também tenha utilizado *carports* como base para os painéis. Em outubro de 2021, a rede de farmácias Panvel, do grupo Dimed, inaugurou uma UFV com 2.280 painéis que geram 1 MW na área de estacionamento da sede, localizada em Eldorado do Sul (RS). A companhia desembolsou R\$ 4 milhões na instalação, e a expectativa é de uma economia anual de R\$ 700 mil. (CHENG, 2021)

Figura 26: Usina fotovoltaica sobre carports no estacionamento do grupo Dimed



Fonte: CHENG, 2021

Portanto, considerando-se o valor por MWp instalado da usina em carports da Panvel (Figura 29), é possível estimar que a UFV CAMG custaria algo em torno de **R\$ 20 milhões**, um valor que é quase 30% inferior ao orçado pelo relatório publicado no fim de 2015 pela equipe da UFSC (R\$ 28,3 milhões). Além da redução de preços dos componentes, outro fator que contribui para essa diferença é o aumento da eficiência das placas, que permite que uma usina com a mesma potência instalada tenha um número reduzido de módulos e estruturas.

Para que seja possível analisar *payback* e VPL do projeto, primeiro é necessário analisar o consumo mensal da CAMG:

Tabela 2: Consumo de energia ativa da CAMG entre janeiro e setembro de 2021

MÊS (2021)	CONSUMO ENERGIA ATIVA kWh HFP ÚNICO	VALOR ENERGIA ATIVA kWh HFP
Jan	1.765.240,00	R\$ 1.237.775,31
Fev	1.857.920,00	R\$ 1.230.757,30
Mar	2.309.428,00	R\$ 1.524.053,24
Abr	1.581.200,00	R\$ 1.040.106,72
Mai	1.797.240,00	R\$ 1.200.906,10
Jun	1.801.825,40	R\$ 1.368.764,44

Jul	1.682.520,00	R\$	1.194.546,68
Ago	1.730.200,00	R\$	1.288.517,67
Set	1.716.020,00	R\$	1.289.410,45
Média	1.804.621,49	R\$	1.263.870,88

Fonte: Elaboração própria por meio de dados fornecidos pela CECAD

A análise da Tabela 2 mostra que o valor mensal médio pago à Cemig entre janeiro e setembro de 2021 foi de **R\$ 1.263.870,88**. Como o relatório da UFSC calculou que a economia seria de 29% do consumo de energia ativa em horário fora de ponta (HFP) para a CAMG (RÜTHER, 2015, p. 127), a economia mensal média seria de:

$$\text{Economia mensal média} = R\$ 1.263.870,88 \times 29\% = R\$ 366.522,56$$

Considerando-se um *capex* de R\$ 20 milhões (valor estimado à partir da usina da Panvel), o *payback* simples (em meses) seria de:

$$\text{Payback simples (meses)} = R\$ 20M / R\$ 366.522,56 = 54,6 \text{ meses}$$

O tempo encontrado acima é equivalente a **4 anos e 7 meses**. Para fins comparativos, o presente trabalho também fará paralelamente as análises de viabilidade considerando o valor apresentado em 2015, de R\$ 28.289.631,00 (RÜTHER, 2015, p. 127)

$$\text{Payback simples (meses)} = R\$ 28,3M / R\$ 366.522,56 = 77,2 \text{ meses}$$

Esse tempo é equivalente a **6 anos e 5 meses**, 41% maior que o calculado anteriormente. Isso já era de se esperar em função de que o segundo *capex* analisado é 41% maior que o primeiro: a relação entre os *capex* é igual à relação entre os *paybacks* simples.

Para uma análise mais minuciosa, serão calculados agora os *paybacks* descontados para ambos os *capex*. Esse cálculo depende da definição de uma taxa de desconto que, quanto maior ela for, maior será o tempo de retorno do investimento. O Banco Central do Brasil elevou a meta da taxa básica de juros (SELIC) para 7,75% ao ano em 28 de outubro de 2021 (BCB, 2021) e é provável que ela continue subindo em resposta à inflação. Para antecipar um provável aumento da SELIC, será considerada uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% ao ano, e essa também será a taxa de desconto (i) utilizada.

Cabe lembrar que todas as fórmulas aqui utilizadas estão listadas e explicadas no Capítulo 4. Para o cálculo do *payback* descontado, a coluna “Fluxo de caixa” apresenta o valor total desembolsado no empreendimento no ano zero e as demais linhas apresentam o valor anual economizado ($R\$ 366.522,56 \times 12 = R\$ 4.398.270,72$), levando em conta a aplicação da taxa de desconto (i) ao longo do período (n), que é indicado na coluna “Ano” (vide equação abaixo). A coluna “VPL” é o acumulado dos fluxos de caixa.

$$\frac{FC_n}{(1+i)^n} \Rightarrow \frac{R\$ 4.398.270,72}{(1,1)^n}$$

Tabela 3: Payback descontado para capex de R\$ 20 milhões e TMA = 10%

Ano	Fluxo de caixa		VPL	
0	-R\$	20.000.000,00	-R\$	20.000.000,00
1	R\$	3.998.427,93	-R\$	16.001.572,07
2	R\$	3.634.934,48	-R\$	12.366.637,59
3	R\$	3.304.485,89	-R\$	9.062.151,70
4	R\$	3.004.078,08	-R\$	6.058.073,62
5	R\$	2.730.980,07	-R\$	3.327.093,55
6	R\$	2.482.709,16	-R\$	844.384,39
7	R\$	2.257.008,33	R\$	1.412.623,94

Fonte: Elaboração própria por meio de dados fornecidos pela CECAD

Tabela 4: Payback descontado para capex de R\$ 28,3 milhões e TMA = 10%

Ano	Fluxo de caixa		VPL	
0	-R\$	28.289.631,00	-R\$	28.289.631,00
1	R\$	3.998.427,93	-R\$	24.291.203,07
2	R\$	3.634.934,48	-R\$	20.656.268,59
3	R\$	3.304.485,89	-R\$	17.351.782,70
4	R\$	3.004.078,08	-R\$	14.347.704,62
5	R\$	2.730.980,07	-R\$	11.616.724,55
6	R\$	2.482.709,16	-R\$	9.134.015,39
7	R\$	2.257.008,33	-R\$	6.877.007,06
8	R\$	2.051.825,75	-R\$	4.825.181,31
9	R\$	1.865.296,14	-R\$	2.959.885,17
10	R\$	1.695.723,76	-R\$	1.264.161,41
11	R\$	1.541.567,06	R\$	277.405,64

Fonte: Elaboração própria por meio de dados fornecidos pela CECAD

O *payback* descontado se dá no ponto em que o VPL se iguala a zero. Todavia, como as tabelas acima mostram apenas valores discretos referentes a cada ano, considera-se que o *payback* descontado se dá entre o último ano com VPL negativo (penúltima linha de cada tabela) e o primeiro ano com VPL positivo (última linha de cada tabela). Os valores foram calculados utilizando-se taxa de desconto igual a 10% e mostram que, para um *capex* de R\$ 20 milhões, o *payback* descontado está **entre 6º e 7º anos** (seu respectivo *payback* simples foi de 4 anos e 7 meses). Já para o *capex* de R\$ 28,3 milhões, o *payback* descontado é consideravelmente maior, ocorrendo **entre 10º e 11º anos** (o respectivo *payback* simples era de 6 anos e 5 meses).

Segundo o Entrevistado 2, o *payback* descontado calculado em 2016 estava entre 6 e 7 anos, valor bem inferior ao encontrado na Tabela 4. Todavia, o fornecimento na época era subterrâneo e a tarifa era mais cara que a contratada atualmente, contribuindo para a redução do *payback*. Outro item a ser analisado é a TMA utilizada no cálculo, que pode ter sido inferior a 10%, reduzindo ainda mais o tempo de retorno do investimento.

O Entrevistado 3 disse que a Cemig SIM não tem o hábito de trabalhar com *payback*, mas sabia estimar. O tempo de retorno de projetos residenciais gira em torno de 3 anos porque a tarifa é alta, e quanto mais alta a tarifa, maior a economia e mais rápido o *payback*. Em se tratando de projetos comerciais, o tempo passa a ser de 6, 7, e até 8 anos se as tarifas forem baixas. Considerando-se um *capex* de até R\$ 23 milhões para a UFV CAMG, o retorno é inferior a 8 anos (os cálculos foram omitidos, mas utilizou-se o mesmo método de fluxo de caixa utilizado nas tabelas apresentadas anteriormente).

De qualquer forma, um *payback* de 8 anos, ou até maior, pode ser considerado interessante para um empreendimento fotovoltaico (Entrevistado 3), que “consegue gerar energia com uma boa eficiência por um período de mais de 30 anos.” (RÜTHER, 2015, p. 131). Tendo em mente essa vida útil média (30 anos) e uma taxa de desconto (i) igual a 10%, calcula-se o VPL da UFV CAMG para ambos os valores de *capex* analisados, no período entre 25 e 35 anos: o intuito é mostrar os diferentes VPLs em função do tempo de funcionamento da usina. A fórmula do VPL é detalhada no Capítulo 4, e o cálculo foi realizado no Excel³ de forma bem similar ao do *payback* descontado. Os VPLs referentes a períodos anteriores a 25 anos foram omitidos para que a tabela não ficasse muito extensa.

³ Uma outra maneira de se calcular o VPL é através da função “=VPL(taxa,valor1,[valor2],...)”, onde a taxa é 10% (para o presente trabalho) e os valores subsequentes são iguais a R\$ 4.398.270,72 (retorno anual). O VPL de um período de 30 anos deve conter, além da taxa, os argumentos desde valor1 até valor30 (podem estar em uma tabela). O valor do *capex* (período zero) deve ser subtraído do resultado posteriormente.

Tabela 5: VPL entre 25 e 35 anos para capex de R\$ 20 milhões e TMA = 10%

Ano	Fluxo de caixa		VPL	
25	R\$	405.942,79	R\$	19.923.279,34
26	R\$	369.038,90	R\$	20.292.318,23
27	R\$	335.489,91	R\$	20.627.808,14
28	R\$	304.990,82	R\$	20.932.798,96
29	R\$	277.264,39	R\$	21.210.063,35
30	R\$	252.058,53	R\$	21.462.121,88
31	R\$	229.144,12	R\$	21.691.266,00
32	R\$	208.312,84	R\$	21.899.578,84
33	R\$	189.375,31	R\$	22.088.954,14
34	R\$	172.159,37	R\$	22.261.113,51
35	R\$	156.508,52	R\$	22.417.622,03

Fonte: Elaboração própria por meio de dados fornecidos pela CECAD

Tabela 6: VPL entre 25 e 35 anos para capex de R\$ 28,3 milhões e TMA = 10%

Ano	Fluxo de caixa		VPL	
25	R\$	405.942,79	R\$	11.633.648,34
26	R\$	369.038,90	R\$	12.002.687,23
27	R\$	335.489,91	R\$	12.338.177,14
28	R\$	304.990,82	R\$	12.643.167,96
29	R\$	277.264,39	R\$	12.920.432,35
30	R\$	252.058,53	R\$	13.172.490,88
31	R\$	229.144,12	R\$	13.401.635,00
32	R\$	208.312,84	R\$	13.609.947,84
33	R\$	189.375,31	R\$	13.799.323,14
34	R\$	172.159,37	R\$	13.971.482,51
35	R\$	156.508,52	R\$	14.127.991,03

Fonte: Elaboração própria por meio de dados fornecidos pela CECAD

A análise das tabelas permite afirmar que, mesmo com um investimento de R\$ 28,3 milhões (acima dos valores praticados em 2021), o VPL > 0 para uma taxa de desconto (i) = 10%. Isso quer dizer que, em médio e longo prazos, o empreendimento é vantajoso, com um retorno (após 30 anos) superior a **R\$ 13 milhões** para o pior caso considerado e superior a **R\$ 21 milhões** para o melhor caso. As outras conclusões são mais intuitivas: quanto menor o investimento inicial, maior o VPL; e, para um mesmo *capex*, quanto maior a vida útil da usina, maior a economia de energia proporcionada e maior o VPL.

Após *payback* e VPL, a terceira e última análise a ser realizada é a de TIR. Conforme explicado no Capítulo 4, TIR é a taxa que torna VPL = 0 para um determinado período (t), que será fixado em 30 anos. Colocando-se o valor inicial investido (com sinal negativo) no período (t = 0) e as demais parcelas anuais fixas de R\$ 4.398.270,72 de (t = 1) a (t = 30), utilizou-se a fórmula “=TIR(valores)” no Excel para que o programa encontrasse os valores de forma iterativa⁴.

Para o *capex* de R\$ 20 milhões, a TIR encontrada foi **21,93%**. Esse valor quer dizer que, caso a UFV CAMG funcione ao longo de 30 anos ou mais com eficiência próxima à nominal, ela será mais interessante que outros empreendimentos com taxas de retorno anuais inferiores. Mesmo para o *capex* de R\$ 28,3 milhões, a TIR foi **15,33%**, quase o dobro da SELIC vigente na publicação do presente trabalho. O Entrevistado 3 disse que a Cemig SIM utiliza a TIR para analisar a viabilidade de seus empreendimentos e, quando perguntado acerca da TMA utilizada pela empresa, optou por não revelá-la, apenas respondendo que era superior a 10% ao ano.

6.4. Considerações acerca da implementação do projeto UFV CAMG

O intuito dessa seção é elencar os pontos apresentados pelos entrevistados que podem ter contribuído para que o projeto não tenha se concretizado. O Entrevistado 1 disse que, em primeiro lugar, é um projeto caro. O CBMMG vetou a instalação de painéis sobre os prédios (porque são áreas que podem ser utilizadas para a retirada de servidores por meio de helicópteros em caso de incêndio), de forma que, além dos custos de instalação dos painéis e inversores, seria também necessário fazer modificações nos estacionamentos e colocar *carports*, que são consideravelmente mais caros que as estruturas convencionais colocadas diretamente sobre telhados ou sobre o solo.

Ainda segundo ele, no início do governo Zema, isso foi novamente discutido, inclusive com a CEMIG. O então secretário de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais, Otto Levy Reis, avaliou a questão e optou por utilizar a verba do PEE da Cemig de forma mais pulverizada (como em escolas, hospitais e outros prédios pertencentes ao Executivo do estado de Minas Gerais) ao invés de construir a UFV CAMG. Além disso, a usina não seria tão chamativa porque os prédios não permitem que seja vista por quem passa de automóvel na Linha Verde. (Entrevistado 1)

⁴O uso de fórmulas que utilizam métodos numéricos de aproximações sucessivas poupa o trabalho de se encontrar a TIR por tentativa e erro (chute).

Sobre o projeto arquitetônico, o Entrevistado 2 disse que qualquer alteração na fachada dos prédios deve ser comunicada ao escritório Oscar Niemeyer, mas a instalação de painéis nos estacionamentos não seria um problema. Um dos principais fatores que serviram de entrave ao andamento do projeto foram as negociações entre governo e *stakeholders* (sendo a Cemig o maior deles) quanto à participação financeira e o retorno de cada uma das partes; o outro fator, que talvez tenha sido o principal, foi a troca de gestão, o que acabou colocando a UFV CAMG em segundo plano. Algum tempo depois, pensou-se em viabilizar a construção da usina fotovoltaica por meio de uma Parceria Público-Privada (PPP) como ocorreu no Piauí, onde a geração de 3,5 MW por meio de placas solares é capaz de suprir grande parte da demanda estadual de energia (o estado da Paraíba e municípios como São Paulo e Uberaba também já lançaram mão de PPPs para a instalação de UFVs). Todavia, essa ideia foi posta de lado pois, com o rompimento de três barragens na Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, surgiu a possibilidade de se utilizar parte da verba do acordo com a Vale para o financiamento do projeto:

Em 04/02/2021 foi assinado entre o Estado de Minas Gerais, o Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG), a Defensoria Pública do Estado de Minas Gerais (DPMG), o Ministério Público Federal (MPF) e a Vale S.A. o Acordo Judicial para reparação integral relativa ao rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IVA na Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho.

O Acordo, no valor total de **R\$ 37.689.767.329,00** (trinta e sete bilhões, seiscentos e oitenta e nove milhões, setecentos e sessenta e sete mil, trezentos e vinte e nove reais), representa um momento histórico para o Estado de Minas Gerais na garantia da devida reparação à sociedade. Tal formalização não impacta ou impossibilita o prosseguimento das ações judiciais individuais que eventualmente estejam em andamento ou as que podem ser futuramente ajuizadas, bem como o processo criminal em relação às vítimas.

[...]

8. Programa de Fortalecimento do Serviço Público (anexo IV): **R\$ 3.650.000.000,00** (três bilhões, seiscentos e cinquenta milhões de reais) – Obrigação de Pagar da Vale; (MINAS GERAIS, 2021e)

Esse valor destinado ao fortalecimento do serviço público foi utilizado para, entre outras coisas, melhorar os hospitais da Rede Fhemig que são referência para população dos municípios atingidos, reestruturar e modernizar a capacidade de resposta de Bombeiros, Defesa Civil e Polícias, e para combater a dengue e outras doenças transmitidas pelo *Aedes Aegypti* (MINAS GERAIS, 2021f), mas nada foi destinado para o projeto da UFV CAMG, que foi engavetado novamente.

O Entrevistado 2 disse que a ideia não foi descartada em definitivo, mas não há nenhum prazo estipulado para a sua construção. O volume de dinheiro é muito elevado

para o estado construir com recursos próprios, mas isso seria sanado se o modelo de PPP voltasse a ser considerado. Algumas empresas já foram consultadas, mas em função do fato de que a GD pode acumular créditos em qualquer área atendida pela Cemig, elas preferem construir no Norte de Minas, onde os índices solarimétricos são mais favoráveis e não há a necessidade de se instalar *carports*. Infelizmente isso acaba privando o governo da economia de energia, e os servidores dos benefícios de um estacionamento parcialmente coberto. (Entrevistado 2)

Uma outra opção seria buscar financiamentos com juros baixos que incentivam a instalação de fontes de energias limpas. Não se sabe se seria viável fazer outro financiamento com o banco alemão KfW, mas não deixa de ser uma opção a se estudar. Pode ser também que bancos brasileiros ofereçam melhores condições, como o próprio BDMG, que agora tem a linha de “crédito verde” para financiar iniciativas de desenvolvimento sustentável (na época da construção da UFV Mineirão, a taxa de juros do BDMG era maior que a do KfW). Em sua concepção original, o projeto tinha como stakeholders a Copasa, a Secretaria de Estado de Defesa Social SEDS (atualmente Sejus) e a Cemig GT (maior *stakeholder*), mas é provável que esse modelo não se repetirá. Quanto ao PEE da Cemig, que já beneficiou hospitais, escolas e prédios da Segurança Pública com a instalação de placas fotovoltaicas, seriam necessárias reuniões da alta gestão para se saber se parte dessa verba poderia ser destinada à construção da UFV CAMG. (Entrevistado 2)

O Entrevistado 3 também não soube informar se a verba proveniente do PEE (5% da receita proveniente do serviço de distribuição de energia pelas concessionárias) poderia ser destinada à construção da UFV CAMG, sendo necessário conversar com outros gestores do grupo Cemig. Quanto aos possíveis motivos para a usina não ter sido construída, o engenheiro elencou: (1) tarifa reduzida (provavelmente A4), que aumenta o tempo de retorno do investimento, como citado previamente; (2) a estrutura “*carport*” em alumínio, utilizada como cobertura para os veículos, que encarece o projeto; (3) a área útil de um estacionamento é reduzida, uma vez que os *carports* ficam somente sobre os carros, deixando as áreas onde os veículos circulam sem placas fotovoltaicas; (4) os serviços de manutenção e limpeza de placas sobre essas estruturas são mais complexos em comparação com os de fazendas solares montadas diretamente sobre o solo.

Suas considerações finais foram de que o projeto tem como elemento facilitador uma subestação ao lado da CAMG com margem de sobra para a conexão da usina (isso é indicado pelo fato de que essa subestação aparece como um ponto de cor verde no mapa de disponibilidade Cemig). Quanto à viabilidade econômica, ela depende da tarifa

cobrada atualmente. No entanto, mesmo com um *payback* um pouco maior que o praticado nos investimentos da Cemig SIM, a usina ainda pode ser justificada por reduzir emissões, mostrar para a sociedade que o estado se preocupa com as questões ambientais e por estabelecer um exemplo a ser seguido por pessoas jurídicas e físicas. Além disso, há o benefício da cobertura para os carros dos servidores. (Entrevistado 3)

Maiores considerações sobre a possibilidade de implantação da UFV CAMG são feitas pela Conclusão.

7. CONCLUSÃO

No decorrer do presente trabalho foi possível estudar as principais iniciativas de estímulo à geração de energia solar no âmbito do governo de Minas Gerais.

Tais iniciativas revelaram estímulos visíveis pela criação da Cemig SIM, responsável pelos projetos que envolvem energias renováveis e tem como principal ramo de atuação a energia solar por assinatura, no qual os créditos gerados pelas fazendas solares do grupo podem ser convertidos em economia de até 18% na conta de energia sem que seja necessário nenhum tipo de investimento ou obra por parte dos assinantes. Antes de se tornar Cemig SIM, a Efficientia S.A. gerenciou diversos projetos, dentre os quais esse trabalho evidenciou as usinas fotovoltaicas Mineirão, Fapemig e BHTec por pertencerem a órgãos estaduais (no caso do BHTec, o governo do estado é um dos cinco sócios fundadores). Esses empreendimentos, além de gerarem economia para a Administração Pública, têm contribuído para a redução da emissão de gases poluentes e também sinalizam para a população que o governo realmente se importa com questões de sustentabilidade, servindo de estímulo para que os cidadãos e a iniciativa privada também invistam em usinas fotovoltaicas de menor porte.

Outra iniciativa estudada foi o Projeto Sol de Minas, gerenciado pela SEDE. Esse projeto já propiciou entregas relevantes, com o objetivo de desenvolver a geração fotovoltaica em Minas Gerais. Os cursos de capacitação para gestores municipais, ocorridos em outubro de 2020 e em junho de 2021, envolveram diversos parceiros e contribuíram com a transmissão de informações relevantes para 48 municípios (até a data de publicação desse trabalho) acerca da possibilidade de implantação de usinas para suprirem parte da demanda energética municipal. Dentre os servidores que participaram das capacitações e responderam ao questionário de *feedback* aplicado pela SEDE, 93% consideraram-nas muito boas ou excelentes.

Em se tratando de iniciativas para atração de investimentos, também valem destaque os esforços de simplificação de licenciamento ambiental junto à SEMAD; isenção de ICMS para o *capex* de empreendimentos de geração distribuída de até 5 MW; alternativas de financiamento por meio da linha BDMG Sustentabilidade; e protocolos de intenção de construção de usinas fotovoltaicas firmados com o INDI. Por meio desses protocolos, a previsão de investimentos em geração fotovoltaica em Minas Gerais ultrapassa a casa dos R\$ 35 bilhões, sendo proveniente de empresas como WEG, Shell, Gerdau, Vale e diversas outras do ramo de energias renováveis. Além de contribuírem para a diversificação da matriz

elétrica mineira, esses projetos também contribuíram para a redução de emissões, geração de emprego e renda para as comunidades locais, e movimentaram a economia do estado.

Por fim, o Mapa de Disponibilidade de Minigeração, construído em parceria com a Cemig e publicado em junho de 2020 trata-se de uma iniciativa importante. O site fornece informações como a capacidade da rede de distribuição de uma determinada região para a ligação de novos empreendimentos, bem como os custos estimados para a ligação, e também permite que o usuário realize a solicitação da análise para conexão. A ferramenta é de fácil acesso, a consulta é intuitiva, e trouxe eficiência tanto para o cidadão quanto para empresas que têm o intuito de instalarem usinas fotovoltaicas de geração distribuída.

Além dessas iniciativas, outro projeto idealizado em 2015 com o intuito de utilizar a área da Cidade Administrativa de Minas Gerais para a construção de uma usina solar fotovoltaica, foi analisado nesta monografia. O estudo de implantação, solicitado pelo Núcleo de Inovação e Gestão da Infraestrutura da CECAD, foi realizado pela UFSC sob coordenação do professor Ph.D. Ricardo Rütther e propôs a construção de uma usina com potência de 5 MWp gerando 7,76 GWh/ano, o que corresponde a cerca de 29% do consumo da CAMG. A estrutura seria montada sobre *carports* em quatro áreas de estacionamento que, juntas, totalizam 111.800 metros quadrados, e seria utilizado o excedente do capital proveniente do financiamento da UFV Mineirão.

Nesse projeto, o valor total estimado pelo relatório para o empreendimento foi de R\$ 28,3 milhões. Todavia, os avanços tecnológicos acumulados ao longo dos últimos seis anos, juntamente com processos de produção mais eficientes e um maior número de fabricantes disputando mercado, culminaram em módulos fotovoltaicos muito mais baratos, de forma que uma usina solar sobre *carports* custaria, hoje em dia, algo em torno de R\$ 20 milhões mesmo com a alta do dólar. Para uma análise mais minuciosa, foi considerado também o valor original de R\$ 28,3 milhões nos cálculos, de forma que dois cenários foram contemplados: um otimista e um mais pessimista, com *capex* maior.

Os documentos enviados pela CECAD revelam que o valor mensal médio pago à Cemig entre janeiro e setembro de 2021 foi de R\$ 1.263.870,88. Com uma estimativa de economia de 29% na conta de energia, teríamos um *payback* simples de 4 anos e 7 meses para o investimento de R\$ 20 M e de 6 anos e 5 meses para R\$ 28,3 M. Considerando-se o cálculo de *payback* descontado a uma taxa arbitrada em 10% ao ano para esse trabalho, os valores obtidos passaram a ser entre 6 e 7 anos para o menor investimento, e entre 10 e 11 anos para o maior.

Estipulando-se uma vida-útil média de 30 anos para uma usina fotovoltaica, foram calculados mais dois indicadores de viabilidade financeira: o valor presente líquido e a taxa interna de retorno. Para um *capex* de R\$ 20 M, foram computados VPL de R\$ 21 M e TIR de 21,93%. Para um *capex* de R\$ 28,3 M, esses valores são R\$ 13 M e 15,33% respectivamente. Isso significa que, mesmo para um valor de mercado acima do praticado atualmente, a usina fotovoltaica CAMG se mostrou um investimento vantajoso em médio e longo prazos. Além do retorno financeiro proporcionado com a economia na conta de energia, ainda haveria os benefícios ambientais e as externalidades positivas para os servidores, que teriam maior conforto térmico ao adentrarem veículos protegidos do sol e contariam com mais segurança na eventualidade de uma chuva de granizo, que pode vir a danificar a pintura e a lataria.

Embora a matriz elétrica brasileira tenha uma grande participação de energias renováveis em função das características hidrográficas que favorecem a implantação de hidrelétricas (as quais correspondem a mais de 64% da energia elétrica produzida), é importante salientar que novos empreendimentos desse tipo são muito caros, causam impacto ambiental em função das grandes áreas inundadas e, durante os períodos de escassez hídrica, a compensação realizada através de termelétricas polui a atmosfera e encarece consideravelmente as tarifas cobradas pelas concessionárias. Nesse sentido, a percepção dos entrevistados para que a UFV CAMG não tivesse saído do papel, foram elencados diversos fatores: valor elevado do projeto, modificações no estacionamento, dificuldades com stakeholders, preferência pela construção de usinas fotovoltaicas no norte do estado, entre outros. Todavia, essa conclusão enumera algumas alternativas para que o projeto se concretize.

Contudo, verifica-se que a participação de fontes renováveis no panorama energético mundial deverá se tornar cada vez maior e, até o ano de 2050, deve exceder a marca de 50% de toda a energia elétrica produzida, sendo que a campeã de produção deve ser a solar fotovoltaica. Levando em conta também a sustentabilidade, em junho de 2021, Minas Gerais formalizou adesão ao *Race to Zero*, uma campanha global para reunir lideranças com objetivo de alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050. Considerando-se o fato de que a energia solar fotovoltaica possui custos de aquisição, instalação, operação e manutenção relativamente baixos (em comparação com outras fontes), que pode ser instalada sobre edificações e estacionamentos sem a necessidade de uma área

destinada especificamente para a usina, e que Minas possui elevados índices solarimétricos, é estratégico que o governo estadual trace iniciativas nesse sentido.

Portanto, conclui-se que, com o intuito de se mitigar a dependência que a matriz elétrica brasileira tem das hidrelétricas, é essencial o estímulo governamental a fontes alternativas de energia, como usinas fotovoltaicas, eólicas e de biomassa. Isso pode ser alcançado através de, dentre outras coisas: (1) estabelecimento de metas para que as empresas geradoras de energia migrem gradativamente para fontes renováveis, (2) incentivos fiscais para que os a instalação de painéis fotovoltaicos e/ou geradores eólicos de pequeno porte seja mais viável para pessoas físicas instalarem em suas residências, (3) investimentos diretos por parte do próprio Estado como a instalação de usinas fotovoltaicas, eólicas e de biomassa, e (4) disponibilização de linhas de crédito para empresas que procuram empreender na área de energias renováveis.

Vale ressaltar, porém que, no que se refere ao projeto de UFV da CAMG, são necessários estudos futuros e entrevistas com outros gestores da Cemig para se verificar a possibilidade de utilização da verba do Programa de Eficiência Energética (PEE) para esse fim. O programa contava com mais de R\$ 256 milhões em caixa no fim do ano de 2020, de forma que, se a instalação da usina tivesse ocorrido naquela época com parte dessa verba, a quantia repassada seria inferior a 10% do valor total. Há também a possibilidade de que apenas parte do capital venha do PEE e o restante seja investido pelo Governo de Minas, ou de se instalar os painéis fotovoltaicos somente no estacionamento principal, o que reduziria a potência produzida para algo entre 3 e 4 MWp e os custos envolvidos para menos de R\$ 16 milhões. Caso isso não seja viável, pode ser considerado um financiamento com bancos que ofereçam condições especiais para investimentos sustentáveis, como o BDMG, o BNDES ou o KfW, que financiou 80% da UFV Mineirão.

O montante financiado também poderia ser reduzido se for considerada a construção da usina fotovoltaica somente sobre o estacionamento principal. Outra oportunidade de estudo futuro é relacionada com a utilização dos créditos de energia gerados pela usina: como as tarifas aplicadas à CAMG são baixas, os indicadores do Capítulo 6, como *payback* e VPL, não são ótimos. Logo, o pagamento de contas de energia com tarifas mais elevadas, como a de escolas estaduais e pequenas unidades de saúde sob responsabilidade da Fhemig, por exemplo, reduziria o *payback* e aumentaria o VPL do investimento de forma considerável. Se, por acaso, isso não for permitido por questões legais, é mais interessante que o governo estadual pulverize a verba para construir pequenas usinas fotovoltaicas nessas unidades consumidoras de baixa tensão da educação e da saúde.

Abrindo mão da possibilidade de utilização da energia gerada para suprir a demanda do próprio estado, surgem alternativas. A primeira delas é construir a UFV com a verba da Cemig SIM, num acordo onde a Companhia Energética seria proprietária da usina e da energia gerada. A outra, mencionada pelo Entrevistado 2, é o estabelecimento de parcerias público-privadas (PPPs), como foi feito nos estados do Piauí e da Paraíba. Minas Gerais é referência nacional em PPPs e a Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade (Seinfra) tem vasto *know-how* no assunto, podendo se encarregar da condução desse processo. Em ambos os casos, os servidores se beneficiariam com as externalidades positivas previamente mencionadas e o governo transmitiria a mensagem de que uma matriz elétrica com maior participação de fotovoltaicas é prioridade, ainda mais em um contexto de escassez hídrica.

A iniciativa privada tende a optar por empreendimentos no norte do estado e no Jequitinhonha, onde os índices solarimétricos são favoráveis e o investimento nos terrenos é mais barato. Todavia, já há uma redução da oferta de espaço nessas regiões e as subestações se aproximam do limite operacional, o que faz com que investimentos em outras localidades se tornem mais interessantes de forma gradual. No caso de uma parceria diretamente com a Cemig ou de uma PPP, haveria a vantagem de que não seria necessário adquirir o terreno, o qual seria cedido pela CAMG. O estado ainda poderia fornecer um incentivo extra arcando com as estruturas dos carports e deixando o restante do *capex* a cargo de quem se incumbir da implantação da usina fotovoltaica.

Por fim, foi possível responder afirmativamente à pergunta proposta por essa pesquisa: o governo de Minas tem estimulado o uso de energia solar fotovoltaica. Isso mostra que o estado está alinhado com a tendência internacional de aumento da participação de fontes renováveis de energia. Todavia, é natural a priorização de iniciativas que demandam menos recursos, como as implementadas pelo projeto Sol de Minas, ou daquelas que geram retorno no curto prazo. Em se tratando de um empreendimento caro e com *payback* de longo prazo, como uma usina solar fotovoltaica, é necessário que ele tenha forte incentivo político, como a UFV Mineirão, que teve muita visibilidade pelo contexto da Copa do Mundo. Esse fato pode ser mitigado através de parcerias público-privadas ou de um acordo com a Companhia Energética estadual, a Cemig.

REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. **Cai em 2019 pessoal ocupado nas administrações estaduais e distritais**. 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-12/cai-em-2019-pessoal-ocupado-nas-administracoes-estaduais-e-distritais#>>. Acesso em: 3 out. 2021.

AGENCIA MINAS. **Cemig inaugura 1ª microusinha fotovoltaica em escola pública estadual**. 2018. Disponível em: <<https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/cemig-inaugura-1%C2%AA-microusinha-fotovoltaica-em-escola-p%C3%BAblica-estadual-1.680110>>. Acesso em: 7 out. 2021.

AGENCIA MINAS. **Governo de Minas assume protagonismo na agenda climática mundial durante a COP26, na Escócia**. 2021. Disponível em: <<https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-assume-protagonismo-na-agenda-climatica-mundial-durante-a-cop26-na-escocia>>. Acesso em: 6 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Programa de Eficiência Energética - ANEEL**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

AGOSTINELLI, G. **Floating Solar Photovoltaic on the Rise | EMERGING ENERGY SOLUTIONS**. [s.l.] IFC | International Finance Corporation, maio 2020.

ALMG. **Corte de verba em projeto de geração híbrida será debatido**. 2021. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2021/09/27_release_adm_publica_v_eredas_sol_lares>. Acesso em: 16 out. 2021.

ANEEL. **Resolução Normativa no 482**. 17 abr. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2021.

ANEEL. **Perguntas e Respostas sobre a aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012**. 25 mai. 2017.

ANEEL. **Programa de Eficiência Energética**. 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPmo/content/gestao-do-programa/656831?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_94kK2bHDLPmo%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2>. Acesso em: 10 out. 2021.

ANEEL. **Conheça a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso em: 2 out. 2021.

BCB. **Banco Central do Brasil - Taxas de juros básicas – Histórico**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BELLINI, E. **Korean group to deploy 200 MW of floating PV at Saemangeum tidal flats**. Ano: 2020. Disponível em: <<https://www.pv-magazine.com/2020/09/21/korean-group-to-deploy-200-mw-of-floating-pv-at-saemangeum-tidal-flats/>>. Acesso em: 8 set. 2021.

BERNARDES, A. M.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. **Recycling of batteries: a review of current processes and technologies**. Journal of Power Sources, v. 130, n. 1-2, p. 291–298, maio 2004.

BHTEC. **Institucional**. Disponível em: <<https://www.bhtec.org.br/>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

BIANCHETTI, M. **Cemig lança subsidiária na área de energia solar**. 2019. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/cemig-lanca-subsidiaria-na-area-de-energia-solar/>>. Acesso em: 15 out. 2021.

BIANCHETTI, M. **AXS prevê investir até R\$ 1 bi em dezenas de usinas no Estado**. 2021. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/axs-preve-investir-ate-r-1-bi-em-dezenas-de-usinas-no-estado/>>. Acesso em: 18 out. 2021.

BNDES. **BNDES financia maior complexo de energia solar em construção na América Latina**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/05/bndes-financia-maior-complexo-de-energia-solar-em-construcao-na-america-latina>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BRANDI, P. **Cemig: Passado e Presente. História do Setor Elétrico**. Disponível em: <<https://memoriadaeletricidade.com.br/artigos/historia-do-setor-eletrico/54285/cemig-passado-presente>>. Acesso em: 6 out. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Congresso Nacional. Senado Federal. **Pandemia fez estados perderem 18% de ICMS no segundo trimestre de 2020**. Ano: 2020. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/07/21/pandemia-fez-estados-perderem-18-de-icms-no-segundo-trimestre-de-2020> Acesso em 12 de abr de 2021

C2ES. **Renewable Energy | Center for Climate and Energy Solutions**. Disponível em: <<https://www.c2es.org/content/renewable-energy/>>. Ano: 2020.

CANAL ENERGIA. **Efficientia inaugura microusina solar em Belo Horizonte**. 2017. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/52199552/efficientia-inaugura-microusina-solar-em-belo-horizonte>>. Acesso em: 21 out. 2021.

CEMIG. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2020**. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/05/ras-2020.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2021.

CEMIG. **Mapa de Disponibilidade**. 2021. Disponível em: <<https://geo.cemig.com.br/mca/Home/IndexData?tipoAcesso=1>>. Acesso em: 19 set. 2021.

CEMIG (b). **Usina Solar Fotovoltaica Mineirão**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/usina/usina-solar-fotovoltaica-mineirao/>>. Acesso em: 29 set. 2021.

CEMIG (c). **Cartilha Minigeração Distribuída CEMIG D**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/mini-e-microgeracao-distribuida/>>. Acesso em: 02 out. 2021.

CEMIG (d). **Quem Somos**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/quem-somos/>>. Acesso em: 5 out. 2021.

CEMIG (e). **Mais Eficiência, Sustentabilidade E Responsabilidade Social Em Minas**. 2012. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/noticia/mais-eficiencia-sustentabilidade-e-responsabilidade-social-em-minas/>>. Acesso em: 7 out. 2021.

CEMIG (f). **Conheça o Programa de Eficiência Energética**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/conheca-o-programa-de-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 7 out. 2021.

CEMIG (g). **Investimos mais de R\$ 600 mil no Hospital Risoleta Neves, que beneficia milhares de pacientes**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/noticia/investimos-mais-de-r-600-mil-no-hospital-risoleta-neves-que-beneficia-milhares-de-pacientes/>>. Acesso em: 7 out. 2021.

CEMIG (h). **Cemig nas escolas**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/programa-sustentabilidade/modernizacao-e-geracao-de-energia-nas-escolas/>>. Acesso em: 7 out. 2021.

CEMIG (i). **Cemig inicia projeto de energia sustentável no Hospital São José, em Ituiutaba**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/noticia/cemig-inicia-projeto-de-energia-sustentavel-no-hospital-sao-jose-em-ituiutaba/>>. Acesso em: 7 out. 2021.

CEMIG (j). **Mais de 114 mil famílias são beneficiadas pelo Programa Cemig nas Comunidades em Minas Gerais**. 2021. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/noticia/investimentos-do-programa-de-eficiencia-energetica-beneficiam-38-municipios-de-minas-gerais/>>. Acesso em: 8 out. 2021.

CEMIG (k). **Cemig nas cidades**. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/programa-sustentabilidade/renovacao-na-iluminacao-de-predios-publicos-e-cidades/>>. Acesso em: 11 out. 2021.

CEMIG (l). **Audiência Pública**. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/audiencia-publica/>>. Acesso em: 11 out. 2021.

CEMIG SIM. **Estatuto Social**. 2019. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/cemig-sim.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2021.

CEMIG SIM. **Cemig SIM: Soluções em energia limpa e renovável com qualidade.** Disponível em: <<https://cemigsim.com.br/fazenda-solar>>. Acesso em: 15 out. 2021.

CHENG, D. **Panvel vai inaugurar em outubro usina fotovoltaica que abastecerá sede e centro de distribuição.** Disponível em: <<https://www.moneytimes.com.br/panvel-vai-inaugurar-em-outubro-usina-fotovoltaica-que-abastecera-sede-e-centro-de-distribuicao/>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

CNN BRASIL. **Vale faz acordo com Nextracker para projeto de energia solar em Minas Gerais.** 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/vale-faz-acordo-com-nextracker-para-projeto-de-energia-solar-em-minas-gerais/>>. Acesso em: 18 out. 2021.

CNN BRASIL. **Cemig busca investir em renováveis e fará chamada para comprar projetos eólicos.** 2020. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/cemig-busca-investir-em-renovaveis-e-fara-chamada-para-comprar-projetos-eolicos/>>. Acesso em: 16 out. 2021.

EDF ENERGY. **Types and alternative sources of renewable energy.** Disponível em: <<https://www.edfenergy.com/for-home/energywise/renewable-energy-sources>>. Ano: 2017.

ENERGIA SOLAR. **Descubra porque o Mineirão é hoje a maior usina fotovoltaica em estádios no mundo.** 2014. Disponível em: <<https://www.energiasolarshop.com.br/post/descubra-porque-o-mineir%C3%A3o-%C3%A9-hoje-a-maior-usina-fotovoltaica-em-est%C3%A1dios-no-mundo>>. Acesso em: 29 set. 2021.

ESSEX. **Stock Windmill in Ingatestone, Essex.** Disponível em: <<https://www.visitessex.com/things-to-do/stock-windmill-p1268001>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

EXAME. **Na contramão da crise hídrica, energia solar bate recorde no Nordeste.** 2021. Disponível em: <<https://exame.com/brasil/com-calor-intenso-energia-solar-bate-recorde-no-nordeste/>>. Acesso em: 18 set. 2021.

FAPEMIG. **Energia solar: inovação, economia e sustentabilidade.** 2021. Disponível em: <<https://fapemig.br/pt/noticias/659/>>. Acesso em: 15 out. 2021.

FATOR BRASIL. **Nova sede do governo de Minas inova em sustentabilidade.** 2010. Disponível em: <<http://www.revistafatorbrasil.com.br/imprimir.php?not=107699>>. Acesso em: 3 out. 2021.

FEIL, Alexandre André e SCHREIBER, Dusan. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados.** Cad. EBAPÉ.BR [online]. 2017, vol.15, n.3, pp.667-681. ISSN 1679-3951. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/1679-395157473>>.

GARRET JR, G. **78% estariam dispostos a pagar mais pela energia se fosse renovável.** Disponível em: <<https://exame.com/economia/78-estariam-dispostos-a-pagar-mais-pela-energia-se-fosse-renovavel/>>. Acesso em: 6 nov. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Global tilted irradiation at optimum angle**. World Bank Group. ESMAP. SOLARGIS 2021. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map>. Acesso em 23 de junho de 2021

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento**. *Estudos Avançados*, v. 12, p. 7–15, 1 ago. 1998.

GUARNIERI, M. "More Light on Information [Historical]," in IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 9, no. 4, pp. 58-61, Dec. 2015, doi: 10.1109/MIE.2015.2485182.

IEA (International Energy Agency). **Global Energy Review 2020**. IEA, Paris. Disponível em <https://www.iea.org/reports>. Acesso em 17 de maio de 2021

IPEA. **ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - AGENDA 2030**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Governo Federal. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. 2018

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Capacity and Generation - Country Rankings**. Disponível em <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>. Acesso em 19 de maio de 2021

KOMP, R. **How do solar panels work?** Disponível em: <<https://ed.ted.com/lessons/how-do-solar-panels-work-richard-komp>>. Ano: 2016

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 1, 2015.

MACIEL, D. **PCH de Grão Mogol terá células flutuantes**. 2019. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/negocios/pch-de-grao-mogol-tera-celulas-flutuantes/>>. Acesso em: 17 out. 2021.

MASTERS, Gilbert M. **Renewable and efficient electric power systems**. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2013

MCKINSEY & COMPANY. **Global Energy Perspective 2021**. Disponível em <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2021#>. Acesso em 23 de abril de 2021

MEBRATU, D. **Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review**. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 18, n. 6, p. 493-520, 1998.

MIKHAILOVA, Irina. **Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. *Revista Economia e Desenvolvimento*, Santa Maria, p.22, n° 16, 2004.

MINAS GERAIS. **Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado 2019 - 2030**. Secretaria de Planejamento e Gestão, 2019

MINAS GERAIS (a). **Boletim Sol de Minas**. SEDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico, julho de 2020. Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Todas edições disponíveis em:

<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/application/projetos/projeto/1079> Acesso em 10 abr 2021

MINAS GERAIS (b). **Boletim Sol de Minas**. SEDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico, novembro de 2020. Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Todas edições disponíveis em:

<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/application/projetos/projeto/1079> Acesso em 10 abr 2021

MINAS GERAIS (c). **Boletim Sol de Minas**. SEDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico, janeiro de 2021. Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Todas edições disponíveis em:

<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/application/projetos/projeto/1079> Acesso em 10 abr 2021

MINAS GERAIS (d). **Boletim Sol de Minas**. SEDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico, maio de 2021. Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Todas edições disponíveis em:

<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/application/projetos/projeto/1079> Acesso em 18 set 2021

MINAS GERAIS (e). **Boletim Sol de Minas**. SEDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico, agosto de 2021. Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Todas edições disponíveis em:

<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/application/projetos/projeto/1079> Acesso em 18 set 2021

MINAS GERAIS. **Sol de Minas**. SEDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico, 2021. Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Disponível em <http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/application/projetos/projeto/1079>. Acesso em 05 de abril de 2021

MINAS GERAIS (a). **Minas Gerais formaliza adesão à campanha mundial Race to Zero para zerar emissões de carbono**. Agência Minas, 2021. SECGERAL - Secretaria-Geral, Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Disponível em:

<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-gerais-formaliza-adesao-a-campanha-mundial-race-to-zero-para-zerar-emissoes-de-carbono>. Acesso em 21 de junho de 2021

MINAS GERAIS (b). **Governo de Minas e BDMG lançam edital de R\$ 300 mi para financiamento aos municípios mineiros**. Agência Minas, 2021. SECGERAL - Secretaria-Geral, Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Disponível em:

<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-e-bdmg-lancam-edital-de-r-300-mi-para-financiamento-aos-municipios-mineiros>. Acesso em 26 de maio de 2021

MINAS GERAIS (c). **Governo amplia incentivo à produção de energia elétrica de fontes renováveis - SEF/MG**. Disponível em:

<http://www.fazenda.mg.gov.br/noticias/2021.01.12_energia/index.html>. Acesso em: 2 out. 2021.

MINAS GERAIS (d). **Cidade Administrativa de Minas Gerais**. Disponível em: <<https://www.minasgerais.com.br/pt/atracoes/belo-horizonte/cidade-administrativa-de-minas-gerais>>. Acesso em: 3 out. 2021.

MINAS GERAIS (e). **Esclarecendo os Anexos do Acordo Judicial**. Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/conteudo/pro-brumadinho/esclarecendo-os-anexos-do-acordo-judicial>>. Acesso em: 24 out. 2021.

MINAS GERAIS (f). **Medidas de Reparação**. Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/sites/default/files/geral/4-2-21-medidasdereparacao-final.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2021.

MINAS GERAIS (g). **Prêmio Inova - Minas Gerais**. Disponível em: <<http://premioinova.mg.gov.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

MOALEM, M. **We Could Power The Entire World By Harnessing Solar Energy From 1% Of The Sahara**. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/quora/2016/09/22/we-could-power-the-entire-world-by-harnessing-solar-energy-from-1-of-the-sahara/?sh=72882d33d440>>. Acesso em: 8 set. 2021.

MORAES, M. **Fazendas em Minas geram energia solar mais barata**. 2020. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2020/11/02/internas_economia,1200266/fazendas-em-minas-geram-energia-solar-mais-barata.shtml>. Acesso em: 14 nov. 2021.

MTEC. **Usina Fotovoltaica FAPEMIG**. 2017. Disponível em: <<https://mtcecnergia.com.br/portfolio/fapemig/>>. Acesso em: 21 out. 2021.

NASA. **Satellite Reveals New Views of Earth at Night**. Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/NPP/news/earth-at-night.html>. Acesso em: 30 ago. 2021.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. **Season**. Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/season/>>. Acesso em: 3 mar. 2021.

NOGUEIRA, L. **Brasil desenvolve sua primeira telha de concreto que capta energia solar**. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2021/09/20/brasil-desenvolve-sua-primeira-telha-de-concreto-que-capta-energia-solar.htm>>. Acesso em: 21 set. 2021.

NRCAN. **About renewable energy**. Disponível em: <<https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/energy-sources-distribution/renewable-energy/about-renewable-energy/7295>>. Ano: 2017.

NS ENERGY. **Bhadla Solar Park, Rajasthan**. Disponível em: <<https://www.nsenergybusiness.com/projects/bhadla-solar-park-rajasthan/>>. Acesso em: 8 set. 2021.

NUNES, Edson. **A Gramática Política do Brasil. Clientelismo e insulamento burocrático**. Rio de Janeiro, Zahar, 1999, 2ª ed.

ONS. **Operador Nacional do Sistema Elétrico - Boletim Geração Solar**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/boletim-geracao-solar.aspx>>. Acesso em: 29 set. 2021.

ONU. World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press. 1987. p. 27. ISBN 019282080X.

ONU. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Casa ONU Brasil, Brasília, DF. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 21 de maio de 2021

OUR WORLD IN DATA. **Global Change Data Lab**. University of Oxford, England, 2021. Disponível em <https://ourworldindata.org/>. Acesso em 19 de maio de 2021

OVERTON, T. **Desert Sunlight Solar Farm, Desert Center, California**. Disponível em: <<https://www.powermag.com/desert-sunlight-solar-farm-desert-center-california/>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

PASSARINHO, N. Brasil promete reduzir emissões pela metade até 2030 e zerar desmatamento 2 anos antes. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59065366>>. Acesso em: 1 nov. 2021.

PETROVA-KOCH, V.; HEZEL, R.; GOETZBERGER, A. **High-efficient low-cost photovoltaics : recent development**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2020.

PERLIN, J. **From space to earth : the story of solar electricity**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.

PORTAL SOLAR. **Painel solar: preços e custos de instalação | Portal Solar – orçamento de energia solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-precos-custos-de-instalacao.html>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

REN - Renewables Now. **KEY FINDINGS OF THE RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT**. Paris, França. Disponível em www.ren21.net/GSR. Acesso em 27 de abril de 2021

RIGHI, F. **Usinas solares instaladas pela EMGD começarão a operar em 2021**. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/usinas-solares-instaladas-pela-emgd-comecarao-a-operar-em-2021/>>. Acesso em: 18 out. 2021.

RÜTHER, R. **ESTUDO KfW: Implantação de usina fotovoltaica na Cidade Administrativa**. 2015.

SALMERON. **Energia Renovável: Vantagens e Desvantagens – Grupo Salmeron**. Disponível em: <<https://www.gruposalmeron.com.br/energia-renovavel/>>. Acesso em: 7 nov. 2021.

SANT'ANA, J. **Governo anuncia bandeira tarifária “escassez hídrica”; custo será de R\$ 14,20 a cada 100 kWh**. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2021/08/31/governo-anuncia-criacao-da-bandeira-tarifaria-escassez-hidrica-acima-da-vermelha-patamar-2.ghtml>>. Acesso em: 14 out. 2021.

SEDE. Megaprojeto eólico e solar de mais de R\$ 5 bilhões será implantado em Minas Gerais. Disponível em:

<<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/application/noticias/noticia/1658/megaprojeto-eolico-e-solar-de-mais-de-r>>. Acesso em: 18 out. 2021.

SHINN, L. Renewable Energy: The Clean Facts. Disponível em:

<<https://www.nrdc.org/stories/renewable-energy-clean-facts#sec-what-is>>. Ano: 2018.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SIMI. BH-TEC inaugura Usina Fotovoltaica. 2017. Disponível em:

<<http://www.simi.org.br/noticia/BH-TEC-inaugura-Usina-Fotovoltaica>>. Acesso em: 21 out. 2021.

SIMONE, M. Aurora investirá R\$ 3 bilhões em geração solar no Norte de Minas.

Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/aurora-vestira-r-3-bilhoes-em-geracao-solar-no-norte-de-minas/>>. Acesso em: 18 out. 2021.

SIQUEIRA, J. Cemig SIM terá investimento de R\$ 1 bilhão em fazendas solares. 2021.

Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/cemig-sim-tera-investimento-de-r-1-bilhao-em-fazendas-solares/>>. Acesso em: 15 out. 2021.

SNIECKUS, D. Largest floating solar farm in Netherlands switched on | Recharge.

Disponível em: <<https://www.rechargenews.com/transition/largest-floating-solar-farm-in-netherlands-switched-on/2-1-700797>>. Acesso em: 3 jul. 2021.

SOLATIO. UFV Pirapora. 2021. Disponível em: <<https://solatio.com.br/>>. Acesso em: 17 out. 2021.

SOUKI, L. G.; FILGUEIRAS, C. A. C. Decisões para a construção da Cidade

Administrativa em Belo Horizonte. O Público e o Privado, p. 229–252, 11 nov. 2019.

SOUZA, G. R.; PENHA, R. S. Viabilidade Econômica de um Projeto de Investimento de Energia Fotovoltaica, RAGC, v.8, n.35, p.113-128, 2020

TUFANO, T. Com energia solar, Mineirão “alimenta” 1,2 mil casas de BH. Disponível

em: <<https://www.terra.com.br/esportes/futebol/copa-2014/com-energia-solar-mineirao-alimenta-12-mil-casas-de-bh,2d6287526e666410VgnVCM10000098cceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 29 set. 2021.

UFU. Programa de Eficiência Energética da Cemig leva melhorias a campi da UFU, em

Uberlândia. 2021. Disponível em: <<https://comunica.ufu.br/noticia/2021/03/programa-de-eficiencia-energetica-da-cemig-leva-melhorias-campi-da-ufu-em-uberlandia>>. Acesso em: 7 out. 2021.

UFV. Usina Fotovoltaica do campus Viçosa começa a operar e UFV estima economia superior a R\$ 200 mil até final do ano. Disponível em:

<<https://www2.dti.ufv.br/noticias/scripts/exibeNoticiaMulti.php?codNot=35732>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

UFVJM. **Programa de Eficiência Energética da Cemig investe quase 2,4 milhões na UFVJM.** 2020. Disponível em: <<https://portal.ufvjm.edu.br/noticias/2020/programa-de-eficiencia-energetica-da-cemig-investe-quase-2-4-milhoes-na-ufvjm>>. Acesso em: 7 out. 2021.

VALOR ECONÔMICO. **Correção: Cemig anuncia investimento de R\$ 300 milhões até 2020 em energia solar.** 2019. Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/10/09/correcao-cemig-anuncia-investimento-de-r-300-milhoes-ate-2020-em-energia-solar.ghtml>>. Acesso em: 15 out. 2021.

VENTURA, M. **Câmara aprova projeto que garante subsídios para consumidores que usam energia solar até 2045.** Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/um-so-planeta/camara-aprova-projeto-que-garante-subsidios-para-consumidores-que-usam-energia-solar-ate-2045-25161145>>. Acesso em: 23 out. 2021.

APÊNDICE

Questionário aplicado ao Entrevistado 1:

Em que ano foi concebido? Quem foi o gestor responsável pelo projeto e seu respectivo cargo?

Quais foram as principais motivações e o contexto em que o projeto foi desenvolvido?

O que já foi implementado (principais resultados)?

Quais elementos contribuíram com o projeto e quais foram as principais dificuldades/desafios enfrentados (tanto os já superados quanto os que ainda persistem)? A pandemia atrapalhou muito o andamento do projeto?

O que você vê como o futuro do projeto (próximos passos)?

Há possibilidade de expansão do projeto para dentro do governo, como a instalação de painéis fotovoltaicos em edifícios que pertencem ao estado (escolas, hospitais estaduais, etc.)? (Poderia haver priorização das edificações cujo telhado necessitasse de reformas, por exemplo)

Quais os principais projetos de geração fotovoltaica em Minas?

A limitação de 5MW se aplica a eles?

Em quais municípios houve capacitação do Sol de Minas?

Como foi a receptividade das prefeituras?

Já houve algum questionário de feedback enviado a esses municípios? Tem algum contato nessas secretarias? (Perguntas: O que acharam da capacitação? Fizeram projeto fotovoltaico? Há obras em andamento? Qual a quantidade a ser gerada?)

A proposta da usina fotovoltaica na CAMG surgiu como desdobramento do Sol de Minas? Em caso de resposta negativa, o Sol de Minas pode viabilizar ou catalisar a instalação da usina na CAMG?

Conhece outro gestor que possa ter trabalhado com o projeto da usina fotovoltaica da CAMG?

Algum contato da Intendência que possa fornecer o histórico dos gastos mensais da CAMG com energia?

Algum contato da CEMIG que trabalhou com o mapa de disponibilidade e/ou possa ter trabalhado com o projeto da usina fotovoltaica da CAMG?

Questionário aplicado aos Entrevistados 2 e 3:

O projeto da usina fotovoltaica na CAMG foi idealizado por qual secretaria em que ano?

Quais suas principais motivações?

Quem foi o gestor responsável pelo projeto e seu respectivo cargo?

O limite de 5MW para GD se aplica ao projeto da CAMG?

Qual o atual status do projeto da usina fotovoltaica? Foi suspenso ou abandonado?

Quais fatores impediram seu andamento na ocasião em que foi apresentado? Esses fatores já foram superados?

Por que o projeto seria feito com financiamento do banco alemão KfW? Não houve possibilidade de financiamento pelo BDMG?

Há possibilidade de utilização de parte da multa da Vale para seu custeio?

Chegou a haver processo licitatório?

A CEMIG SIM pode instalar a usina sem licitação por ser uma empresa estatal? Há vantagens em relação a um processo licitatório com empresas privadas?

Seria possível informar algum contato na CEMIG que tenha acompanhado o desenvolvimento do projeto?

Houve outros orçamentos?

Seria possível informar algum contato da Intendência que pode me fornecer a série histórica da conta de energia da CAMG?

Há outros documentos/relatórios relevantes para a concepção do projeto?