

Artigos originais

A regulação normativa da energia solar no Brasil e sua aplicabilidade em Goiás

Normative regulation of solar energy in Brazil and its applicability in Goiás

  Fernanda Chaveiro da Silva¹

  Cleonice Borges de Souza²

Resumo: O artigo tem como finalidade a análise evolutiva das normas pertencentes ao setor de energia elétrica fotovoltaica brasileiro, destacando-se o levantamento do balanço energético no Brasil, em Goiás e no município de Morrinhos. Através da metodologia empregada, foi possível demonstrar o valor do investimento com a implementação do sistema fotovoltaico; o retorno da instalação (*payback*) e a quantidade de CO₂ produzida pela matriz elétrica antes e depois de inserida a energia solar. Verificou-se que a legislação apresenta, num primeiro momento, a busca pela eficiência na produção elétrica e o consumo sem desperdício em resposta à crise de abastecimento energético enfrentada pelo Brasil, com pouco destaque às fontes alternativas de geração. Já num momento posterior, apresenta a busca pela sustentabilidade no âmbito do setor elétrico, em virtude das questões ambientais, em debate, efeito estufa, crise hídrica e impactos socioambientais. Os benefícios ambientais provenientes da utilização do arranjo fotovoltaico na produção energética brasileira mostram resultados positivos.

Palavras-chave: energia; fotovoltaica; normatização; sustentabilidade.

1 Doutora pela Universidade Federal de Goiás (2018-2022). Mestre em Agronegócio pela Universidade Federal de Goiás (2017). Especialista em Direito Civil e Empresarial pela Faculdade Damásio de Jesus (2014). Graduada em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2012). Docente Universitária. Docente Contueidista. Desenvolve pesquisas voltadas aos aspectos jurídicos voltados ao agronegócio e ao meio ambiente. E-mail: fernandachaveiro89@hotmail.com.

2 Doutora em Ciências Ambientais (Universidade Federal de Goiás), Mestre em Agronegócios (Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul) e Graduada em Administração (Pontifícia Universidade Católica de Goiás). Professora Adjunta na Universidade Federal de Goiás (UFG), Docente efetiva no Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da UFG e Diretora do Centro de Empreendedorismo e Incubação da UFG. Atua com pesquisas direcionadas à Sustentabilidade, Empreendedorismo, Agronegócio, Administração, Gestão Empresarial, Inovação e Tecnologia. E-mail: cleobs@ufg.br.

Abstract: The article aims at the evolutionary analysis of the norms pertaining to the Brazilian photovoltaic electric energy sector, highlighting the survey of the energy balance in Brazil, in Goiás and in the municipality of Morrinhos. Through the methodology used, it was possible to demonstrate the value of the investment with the implementation of the photovoltaic system; the return of the installation (payback) and the amount of CO₂ produced by the electrical matrix before and after the insertion of solar energy. It was found that the legislation presents, at first, the search for efficiency in electric production and consumption without waste, in response to the energy supply crisis faced by Brazil, with little emphasis on alternative sources of generation. At a later moment, it presents the search for sustainability in the scope of the electricity sector, due to environmental issues, under debate, greenhouse effect, water crisis and socio-environmental impacts. The environmental benefits from the use of the photovoltaic arrangement in Brazilian energy production show positive results.

Keywords: energy; photovoltaic; standardization; sustainability.

Submetido em: 07 de agosto de 2020

Aceito em: 28 de novembro de 2023

1. Introdução

A vida moderna e a busca contínua por melhores condições de vida, pelo desenvolvimento de novas tecnologias e infraestruturas, acabou por impelir o homem ao uso desenfreado da energia elétrica, tendo como consequência o risco de esgotamento de fontes energéticas e o uso inadequado dos recursos da natureza.

Neste contexto, o interesse pelos sistemas de energia, isto é, as ditas energias “alternativas”, aquelas que causam menor impacto ao meio ambiente, viu-se reaquecido e ampliado, inclusive no meio rural, uma vez que a atividade agropecuária deve, mais do que nunca, voltar-se à sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Dentre elas, destaca-se a fotovoltaica, assim denominada porque se fundamenta na captação e conversão da luz solar em energia elétrica. Obtida por fonte renovável, silenciosa e não poluente, a energia elétrica fotovoltaica se apresenta como uma das opções mais favoráveis ao desenvolvimento humano sustentável.

Nos últimos 24 anos, acompanhou-se, no Brasil, o desenvolvimento e expansão dos sistemas fotovoltaicos. A energia elétrica gerada a partir destas instalações representa, hoje, cerca de 5,46% da matriz energética brasileira. Para um futuro próximo, pode-se esperar um crescimento significativo em virtude das recentes mudanças do setor, conforme dados obtidos no banco de informações e geração da Agência Nacional de Energia (ANEEL) (Brasil, 2023).

Assim, o objetivo desse artigo é mostrar a eficiência do sistema fotovoltaico brasileiro, bem como o seu funcionamento em Goiás, e como o sistema jurídico normativo tem o acompanhado e regulamentado.

2. Metodologia

O trabalho foi construído em duas etapas. Na primeira, por meio da pesquisa bibliográfica, a partir de Leis e Decretos, principalmente os publicados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi possível identificar a regulamentação jurídica do siste-

ma fotovoltaico brasileiro, de 1996 a 2023, e sua correlação com os artigos da Constituição Federal de 1988.

Na segunda etapa, foi feito o balanço energético no estado de Goiás e, posteriormente, analisou-se a implementação do sistema fotovoltaico em propriedades rurais do município de Morrinhos-GO.

Para o levantamento do balanço energético, foram utilizadas as informações do Programa Estadual para o Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica, criado no ano de 2017, em Goiás, sendo possível identificar a colocação dos estados brasileiros no *ranking* nacional da geração distribuída, a quantidade de sistemas instalados e a respectiva potência, bem como as classes de consumo, incluindo a residencial, a comercial, a rural, a industrial e o poder público.

Analisou-se também o *ranking* da geração distribuída por município em Goiás (em kW), porém, relacionando esses dados com os três maiores municípios do estado em relação à participação de cada um deles ao Valor Adicionado da Agropecuária, nos anos de 2010, 2015 e 2016, através de documentos do Instituto Mauro Borges (IMB).

A partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi possível caracterizar Morrinhos-GO, identificando a atividade econômica que mais se destaca nesse município. Localizada no sul do estado, a 132 km da capital (Goiânia), a escolha dessa região se deu pelo fato de ela estar entre os dez municípios de Goiás que apresentam os maiores potenciais da geração distribuída do estado, bem como pela facilidade no acesso às Propostas Técnicas Comerciais fornecidas pela empresa Solucionar Engenharia, que atua não somente em Morrinhos, mas também em outros municípios e estados.

Por fim, diante da Proposta Técnica Comercial fornecida pela empresa Solucionar Engenharia, inscrita no CNPJ: 27.431.135/0001-68, de duas propriedades rurais localizadas em Morrinhos-GO, foi possível identificar: 1) o valor do investimento com a implementação do sistema fotovoltaico; 2) o retorno da instalação (*payback*) e 3) a quantidade de CO₂ produzida pela matriz elétrica antes e depois de inserida a energia solar.

Tanto o valor do investimento com a implementação do sistema fotovoltaico como o retorno dele foram obtidos por meio da Proposta Técnica Comercial de cada propriedade rural. Para verificar a quantidade de CO₂ produzido antes e depois da implementação do sistema fotovoltaico foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Eletricidade produzida em kWh} \times \text{fator para a prevenção de CO}_2 \text{ em kg/kWh} = \text{CO}_2 \text{ produzido em kg}$$

De acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) (2006), é possível obter o consumo produzido de CO₂ na geração da energia relacionando a eletricidade produzida (KW/h) e o fator de emissão de CO₂ (Kg / kWh).

Os dados referentes à eletricidade produzida, ou seja, antes e depois da instalação da energia solar, foram coletados também da Proposta Técnica Comercial, com o consumo médio obtido através da fatura de energia elétrica das unidades consumidoras e com a geração estimada a partir do fornecimento e instalação de uma central geradora fotovoltaica.

Em relação ao fator de emissão, este encontra-se no relatório mensal do órgão Ministério da Ciência e Tecnologia, que tem como objetivo estimar a quantidade de CO₂ associada a uma geração de energia elétrica determinada. Para o estudo e cálculo do volume de CO₂ das duas propriedades rurais foi utilizado o valor de 0,0927 (kgCO₂/Wh), utilizando a referência do ano de 2017.

3. Resultado e discussão

3.1. Regulamentação do sistema fotovoltaico no Brasil

Legalmente, a Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) fundamenta a validade das leis, decretos e regulamentos do Estado brasileiro, sendo o ponto de partida de todo estudo normativo no que se refere ao setor elétrico.

Em seu artigo 21, inciso XII, alínea “b”, atribui à União competência administrativa para explorar ou autorizar, por concessão ou permissão, os serviços e instalações de energia elétrica, bem como, em seu artigo 22, inciso IV, fixa a competência privativa da União para legislar sobre o assunto (Brasil, 1988), cabendo ao Estado criar leis sobre a geração, transmissão e distribuição do setor, podendo, ainda, delegar aos Estados-membros, através de lei complementar, o poder de legislar sobre questões específicas de seus territórios.

Diante desses dispositivos constitucionais, a União, em função da necessidade de implementação de meios para reduzir os impactos socioambientais, aumentar e diversificar a produção energética ao longo dos anos, vem modificando a legislação pertinente, no sentido de adequá-la à realidade de cada período. Para Balbinotti (2011), a regulamentação das atividades relacionadas ao serviço público de energia elétrica foi modificada no decorrer dos anos, de forma a abrir ao investimento privado a exploração de determinadas atividades, visto que o Estado, por seu aparato, não conseguia mais suprir toda a demanda da sociedade.

Dentre as atividades de exploração, insere-se a geração de energia elétrica com a utilização de geradores, principalmente a partir de fontes renováveis (solar, eólica, maremotriz, etc.), desempenhado pelo particular, mas com intervenção estatal, para o abastecimento do consumidor, em conformidade com a Constituição Federal, artigo 170, inciso VI, que informa que por se tratar de uma atividade econômica, deve haver um equilíbrio entre o trabalho humano, a livre iniciativa e os impactos ambientais resultantes do exercício da referida prática (Brasil, 1988).

A cogeração de energia elétrica realizada pelo ente estatal em conjunto com o particular associada à análise da utilização dos bens naturais com equilíbrio, adequam-se, ainda, ao artigo 225 da Constituição Federal, que determina o dever do poder público e da coletividade de preservar e defender o meio ambiente para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988), apresentando as ener-

gias renováveis como um dos caminhos na busca da medida entre a atividade econômica e a responsabilidade ambiental.

Identificada, portanto, na ordem constitucional, a necessidade de submissão da atividade econômica de produção da energia elétrica ao princípio de preservação do meio ambiente, a energia obtida pelo arranjo fotovoltaico desponta como uma opção de geração de energia integrada aos moldes da sustentabilidade.

Infraconstitucionalmente, e tendo por objeto as Leis e os Decretos que fazem parte do processo evolutivo da produção e expansão da energia elétrica solar brasileira, a partir da implementação da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi instituída. Autarquia sob regime especial, com personalidade jurídica de direito público, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), a ANEEL tem como uma de suas principais atribuições a regulação e fiscalização das atividades do setor energético brasileiro, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal; além de estabelecer tarifas, implementar as políticas e diretrizes relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos, dentre outras (Brasil, 2018).

Sequencialmente, no ano de 2001, devido à crise no abastecimento energético pelo consumo de energia elétrica no Brasil ter superado a capacidade de geração, atingindo várias regiões brasileiras, buscou-se a implantação de políticas públicas de enfrentamento, culminando em um racionamento.

Segundo Bardelin (2004), além da oferta de energia não ter sido suficiente para suprir a demanda em 1999, o plano decenal de expansão já previa um alto risco de racionamento. O risco maior se concentrava no ano de 2000, porém, como neste ano as chuvas foram mais favoráveis que em 2001, e a expansão prevista para o setor energético acabou não ocorrendo, e, com um parque gerador de energia elétrica com mais de 90% sendo proveniente da hidráulica, o racionamento incidiu em 2001.

Como resposta à crise e aos constantes apagões vivenciados no Brasil em 2001, foi promulgada a Lei nº 10.295 (Brasil, 2001a), conhecida como a Lei da Eficiência Energética, que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia, visando à alocação eficiente de recursos energéticos e à preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, abrindo caminhos para a regulamentação da geração de energia elétrica por fontes alternativas (Brasil, 2001a).

Ainda em 2001, editou-se o Decreto nº 4.059 (Brasil, 2001b), que regulamentou a Lei de Eficiência Energética, atribuindo ao presidente da república decretar sobre os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no Brasil e das edificações construídas, devendo estas serem estabelecidas com base em indicadores técnicos e regulamentação específica. Além dessas diretrizes, coube ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) a responsabilidade pela regulamentação, condução e fiscalização dos programas relacionados à energia eficiente (Brasil, 2001b); encargo que desempenha, atualmente, com relação aos sistemas solares de eletricidade.

Já no ano de 2002, a Lei 10.438 (Brasil, 2002) deu início à criação de projetos com uso de fontes alternativas de produção de energia elétrica. Criou-se a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) visando ao desenvolvimento energético dos Estados, além de promover a competitividade da energia produzida a partir de fontes eólica, termossolar, fotovoltaica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, outras fontes renováveis e gás natural, sendo que, em se tratado do sistema fotovoltaico, os recursos da CDE poderiam ser destinados a programas de desenvolvimento e qualificação de mão de obra técnica no segmento de instalação de equipamentos (Brasil, 2002), indicando um apoio ainda maior à geração de energia fotovoltaica.

Dois anos depois, em 2004, institui-se um novo modelo para o setor elétrico brasileiro. Foram sancionadas a Lei nº 10.847 (Brasil, 2004a) e a Lei nº 10.848 (Brasil, 2004b) autorizando, dentre outras

ações, a implantação dos projetos que utilizam fontes alternativas, visando ao equilíbrio entre a atividade de exploração energética e a preservação da natureza. A primeira Lei autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que tinha por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo, gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras (Brasil, 2004a). Já a segunda permitiu a possibilidade de comercialização da autoprodução de energia gerada por projetos alternativos junto às concessionárias e permissionárias (Brasil, 2004b).

Nesse contexto, com a criação de diversas leis e decretos brasileiros regulamentando e incentivando a geração de novas fontes de energia, e diante do debate global sobre mudanças climáticas (incluindo o efeito estufa, a crise hídrica, e a ameaça à biodiversidade), bem como os impactos socioambientais provocados pela construção de grandes hidrelétricas e termelétricas, as energias alternativas ganharam crescente relevância. A partir de 2004, as resoluções da ANEEL passaram a regulamentar de forma mais específica a geração de energia a partir de fontes renováveis e alternativas, tanto para a autoprodução com consumo independente quanto para a geração distribuída conectada à rede pública de energia elétrica.

Dentre as resoluções normativas da ANEEL, é importante citar a de nº 482/2012 (Brasil, 2012), marco para o avanço da geração fotovoltaica conectada e distribuída, que abriu espaço para as unidades consumidoras de pequeno porte implantarem mini ou microgeradores de energia elétrica solar, possibilitando a inserção da energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos na rede de distribuição pública e, em troca, o recebimento de créditos, que poderão ser compensados no valor da conta de energia elétrica, dentro do prazo máximo de 36 meses (Brasil, 2012).

De acordo com o artigo 14 do Decreto Lei nº 5.163/2004: “Considera-se geração distribuída toda produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou

autorizados conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador (...)” (Brasil, 2004).

Em novembro de 2015, a Normativa nº 482/2012 (Brasil, 2012) foi modificada, ampliando as possibilidades para micro e minigeração distribuída. Assim, a partir de março de 2016, foi autorizado o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada de até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 megawatts (MW) (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (Brasil, 2015).

Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos, que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. Assim, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora (Brasil, 2015).

De 2015 a dezembro de 2018, outras resoluções foram criadas pela ANEEL, bem como foram publicadas leis e decretos, todos com o propósito de estimular ainda mais o setor de energia elétrica fotovoltaica, aprimorando e ampliando a geração e o consumo.

Por fim, em janeiro de 2022, foi instituída a Lei nº 14.300 (Brasil, 2022), com aplicabilidade a partir de 2023. Essa Lei constitui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS) e, ainda, alterou a Lei nº 10.848 (Brasil, 2004b), comentada anteriormente. Ou seja, todos os projetos instalados antes de 7 de janeiro de 2023 serão válidos nas regras atuais de compensação previstas na Resolução 482 (Brasil, 2012) até o dia 31 de dezembro de 2045. Assim, anteriormente, todo consumidor que usasse fontes de energia renováveis para

gerar a própria energia, com conexão com a distribuidora local, teriam créditos e pagariam menos na conta de luz. O valor do crédito dependia da quantidade de energia produzida e direcionada para o uso da distribuidora, mas funcionava na proporção 1 para 1 (1 *quilowatt* emprestado é igual a 1 kWh em crédito). O que muda agora é que os créditos passam a ser taxados para cobrir os custos da distribuidora com sua infraestrutura e investimentos na rede elétrica. Quando o excedente de energia é direcionado para a concessionária, haverá cobrança de tarifa (Brasil, 2022).

Embora a Lei nº 14.300 (Brasil, 2022) estabeleça uma nova taxa, ela ainda não se compara ao custo da energia elétrica, continuando o sistema a ser viável e econômico, além de sustentável.

Atualmente, o Brasil possui 18.330 empreendimentos em operação voltados à geração solar fotovoltaica, estando no topo quando comparada a outras matrizes energéticas, o que indica que a criação das políticas e ações governamentais ao longo dos anos, principalmente a partir de 2004, no sentido de expandir a implementação e a geração de energia elétrica fotovoltaica, operou positivamente (Brasil, 2023).

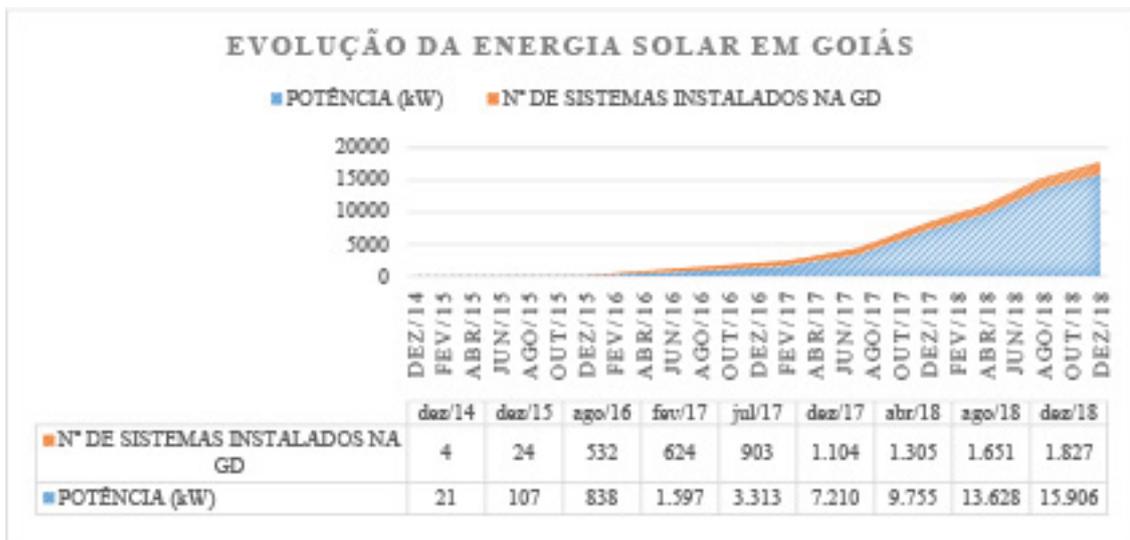
3.2. Balanço energético no estado de Goiás

Em Goiás, com o propósito de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e diversificar a matriz elétrica nas áreas urbanas e rurais, levando em consideração o potencial do Estado para o aproveitamento de energia solar fotovoltaica, no dia 17 de fevereiro de 2017 foi publicado o Decreto nº 8.892 (Brasil, 2017), que instituiu o Programa Estadual para o Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica. A partir desta data, a geração distribuída em Goiás tem aumentado, subindo da 16ª a 9ª colocação no *ranking* nacional, estando atrás apenas de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina, Ceará, Paraná, Rio de Janeiro e Mato Grosso (Goiás, 2019).

Enquanto, em fevereiro de 2017, a quantidade de sistemas instalados na geração distribuída no estado de Goiás era 624, com uma potência de 1.597 (kW), em dezembro de 2018, ou seja, em

um pouco mais de um ano e meio, essas referências passaram para 1.827 e 15.906 (kW), respectivamente, o que representa quase 3 vezes a mais na primeira e, 10 vezes a mais na segunda (Goiás, 2019). Com a criação do referido Programa Governamental, o sistema energético fotovoltaico teve um crescimento expressivo, conforme é possível verificar no gráfico abaixo (Gráfico 01).

Gráfico 01. Evolução da energia solar em Goiás



Fonte: GOIÁS, 2019. SECIMA. Secretaria do Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos, elaborado com dados da ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica, Geração Distribuída, 30/11/2018.

Adaptação: autoras.

No que se refere à classe de consumo, dentre os projetos de geração distribuída que funcionam no estado de Goiás, a classe residencial detém 83% da quantidade de sistemas instalados, porém apresenta uma potência equivalente a 3.486 (kW), número este duas vezes menor se comparado com a classe comercial, que tem uma potência igual a 7.003 (kW), representando 46% da potência total, embora possua apenas 11% da quantidade de sistemas instalados. Outra classe de consumo expressiva é a rural, com 65 sistemas implementados, e com potência de 3.116 (kW), ou seja, 20% da potência total instalada, sendo as classes industrial e o poder público as menos expressivas (Tabela 01).

Tabela 01. Tabela da Geração Distribuída em Goiás por Classe de Consumo.

Classe Consumo	Nº de Sistemas	%	Potência (kW)	%
Residencial	1307	83%	3486	23%
Comercial	178	11%	7003	46%
Rural	65	4%	3116	20%
Industrial	5	0%	248	1,60%
Poder Público	28	2%	1365	9%
Total	1583	100%	15.220 *	100%

Fonte: GOIÁS, 2019. SECIMA. Secretaria do Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos, elaborado com dados da ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica, Geração Distribuída, 02/10/2018.

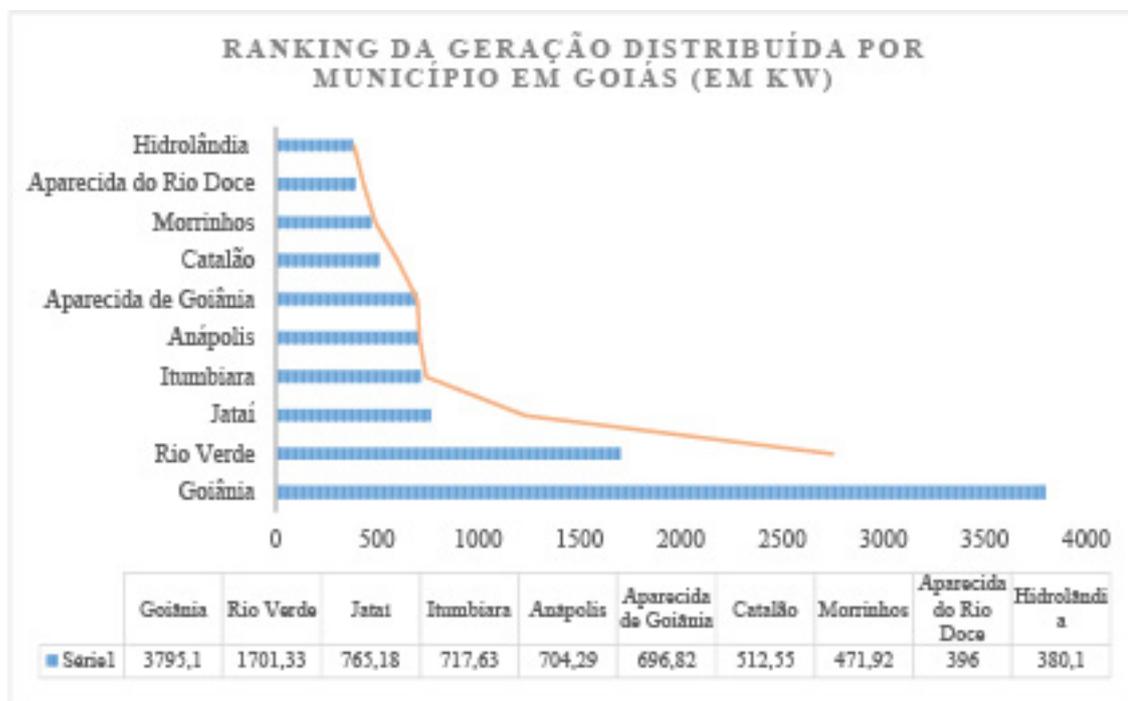
Adaptação: autoras.

Ressalta-se que a potência total apresentada nesta tabela é inferior à potência total apresentada no gráfico anterior, pois aqui os dados são de 02/10/2018 e naquele as informações referem-se a 30/11/2018, indicando a ocorrência de aumento na potência (kW) total de energia solar em Goiás de um mês a outro.

Segundo Migliavacc e Scartazzini (2015), a adoção de sistemas de energia fotovoltaicos pela classe rural tende a aumentar, por se tratar de uma forma de melhorar o desempenho dos processos produtivos agropecuários, uma vez que permite a redução de custos na produção, incentiva o produtor à capacitação e estimula sua permanência no campo.

Em Goiás, essa informação pode ser confirmada ao relacionar o *ranking* da geração distribuída por município no estado (em kW) e a participação destes no valor adicionado da agropecuária. Observa-se, no Gráfico 02, que os municípios de Goiás, Rio Verde e Jataí estão entre os dez municípios goianos que apresentam as maiores potências de geração distribuída, sendo esses os municípios que apontaram a maior participação no total da produção agropecuária do estado, com 6,6% e 4,9%, respectivamente (Tabela 02) (Goiás, 2018).

Gráfico 02. Ranking da geração distribuída por município em Goiás (em kW).



Fonte: ALVES, 2018.

Elaboração: Instituto Mauro Borges/Segplan-GO/Gerência de Estudos Socioeconômicos e Especiais, a partir de dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Geração Distribuída, 02/12/2018.
 Adaptação: autoras.

Tabela 02. Os três maiores municípios de Goiás em relação ao Valor Adicionado da Agropecuária (2010, 2015 e 2016).

2010			2015			2016		
Município	Valor (R\$ Mil)	Participação	Município	Valor (R\$ Mil)	Participação	Município	Valor (R\$ Mil)	Participação
Rio Verde	593.343	5,70%	Rio Verde	992.862	6,20%	Rio Verde	1.294.402	6,60%
Chapadão do Céu	566.726	5,50%	Jataí	784.901	4,90%	Jataí	969.787	4,90%
Jataí	522.810	5,00%	Cristalina	723.400	4,50%	Cristalina	894.720	4,50%

Fonte: GOIÁS, IMB, 2018 (Instituto Mauro Borges/Segplan-GO/Gerência de Contas Regionais e Indicadores - 2018 IBGE/ órgãos estaduais de estatística).
 Adaptação: autoras.

O aumento da participação no setor agropecuário dos municípios de Rio Verde e Jataí, bem como na geração distribuída (kW), sugere que parte de uma exigência do mercado: altos índices de

produção e de produtividade estão ligados à incorporação e implementação de tecnologias no campo, responsáveis por gerar menos impactos ambientais, além de reduzirem os riscos da atividade, como o sistema fotovoltaico, que permite ao produtor gerar e armazenar sua energia, sem que elevadas perdas na transmissão e distribuição da mesma influenciem nos resultados produtivos.

Essa tendência em aumentar a geração distribuída (kW) do setor fotovoltaico e a participação do setor agropecuário nos municípios de Rio Verde e Jataí pode se ampliar para todo o Estado.

De 2010 a 2016 a estrutura produtiva de Goiás vem sofrendo modificações, com uma perda do setor Industrial e um aumento do setor Agropecuário, sendo que esta última é a atividade que mais se destaca da estrutura dos municípios goianos (97 municípios, 39,4%), seguida pela atividade Serviços (95 municípios, 38,8%), caracterizando estas como as atividades mais representativas na economia local (Goiás, 2018).

3.3. Análise da implementação do sistema fotovoltaico em propriedades rurais do município de Morrinhos-GO

Embora o município de Morrinhos-GO não possua participação expressiva no setor agropecuário (Tabela 02), este encontra-se na oitava posição do *ranking* da geração distribuída por município em Goiás, fechando o ano de 2018 com uma potência equivalente a 471,92 kW (Gráfico 02).

Localizado no sul goiano, a atividade econômica que se destaca em Morrinhos é a agropecuária (com foco na produção leite), que corresponde a 23,35% do Produto Interno Bruto Municipal (PIB), ocupando, desta forma, a 17ª posição no *ranking* do PIB dos municípios em Goiás. Em seguida vem a indústria, com uma participação de 20,84% (IBGE, 2016), confirmando a força do setor rural e a necessidade da adoção de práticas e tecnologias econômicas e sustentáveis.

A partir dos dados fornecidos pela empresa Solucionar, foi possível verificar o valor do investimento com a implementação

do sistema fotovoltaico em duas propriedades rurais localizadas em Morrinhos-GO, bem como o retorno com a instalação dele.

Na propriedade 01, inicialmente, foi possível identificar um consumo médio de 1.000,00 kWh/mês, por meio da fatura de energia elétrica das unidades consumidoras, sendo que, com a instalação de uma central geradora, com 26 módulos fotovoltaicos de 330Wp cada, a média de geração estimada passaria para 1.018,00 kWh/mês.

Com um custo total referente ao fornecimento e instalação da central geradora equivalente a R\$ 50.849,91, estimou-se que o retorno investido fosse alcançado em 5,5 anos após a entrada em operação da central, ou no início do sexto ano, a partir da economia dita com o custo anual com a energia elétrica de R\$ 9.253,62, tendo como base a geração/consumo de 1.018,00 kWh/mês e uma tarifa de R\$ 0,7575 (valor do kWh retirado da fatura de energia elétrica) (Tabela 03).

Tabela 03: Propriedade 01

Consumo médio obtido através da fatura de energia elétrica das unidades consumidoras	1.000, 00 kWh/mês
Geração estimada a partir do fornecimento e instalação de uma central geradora fotovoltaica	1.018,00 kWh/mês
Custo referente ao fornecimento e instalação da central geradora	R\$ 50.849,91

Retorno do investimento (payback)				
Geração/Consumo (kWh/mês)	Tarifa (R\$)	Economia Prevista (R\$/mês)	Custo anual com energia elétrica	Retorno total (anos)
1.018,00	0,7575	771,135	12x 771,135= 9.253,62	50849,91/ 9.253,62= 5,495

Fonte: Solucionar, 2018.

Elaboração: autoras, 2019, com base na Proposta Técnica Comercial fornecida pela empresa Solucionar.

Já na propriedade 02, o consumo médio mensal de energia elétrica adquirido através da fatura das unidades consumidoras era de 2.683kWh/mês. Com a instalação de uma central geradora composta por 66 módulos fotovoltaicos de 325W cada, a geração estimada foi de 3.200 kWh/mês, ou seja, quase 1,2 vezes a mais que aquela.

O valor do investimento referente ao fornecimento e à instalação da central geradora foi de R\$ 94.953,37, sendo o retorno alcançado, também, como na propriedade rural 01, a partir do início do 6º ano de operação da central geradora, com uma economia mensal de R\$ 1.376,00, considerando uma geração de 3.200 kWh/mês e uma tarifa de R\$ 0,43 (valor do kWh retirado da fatura de energia elétrica) (Tabela 04).

Tabela 04: Propriedade 02

Consumo médio obtido através da fatura de energia elétrica das unidades consumidoras					2.683 kWh/mês
Geração estimada a partir do fornecimento e instalação de uma central geradora fotovoltaica					3.200kWh/mês
Custo referente ao fornecimento e instalação da central geradora					R\$ 94.953,37
Retorno do investimento (payback)					
	Geração/Consumo (kWh/mês)	Tarifa (R\$)	Economia Prevista (R\$/mês)	Custo anual com energia elétrica	Retorno total (anos)
	3.200,00	0,43	1.376,00	12x 1.376,00= 16.512,00	94.953,37/ 16.512,00= 5,75

Fonte: Solucionar, 2018.

Elaboração: autoras, 2019, com base na Proposta Técnica Comercial fornecida pela empresa Solucionar.

É possível observar que, diante desses dados, a implementação do sistema fotovoltaico nas duas propriedades rurais dependeu da quantidade de energia que deverá ser gerada para atender ao percentual desejado de economia na conta de energia elétrica, sendo a geração estimada a partir do fornecimento e instalação de uma central geradora fotovoltaica quase equivalen-

te ao consumo médio obtido através da fatura de energia elétrica das unidades consumidoras.

Além disso, outros dois fatores devem ser considerados: primeiramente, o retorno do investimento (*payback*): embora o valor aplicado para a adoção de uma central geradora fotovoltaica seja alto, o *payback* foi a partir do sexto ano, tempo relativamente pequeno se considerarmos que o custo da energia vem aumentando significativamente anualmente, tornando o tempo de retorno cada vez menor; em segundo lugar, o CO₂ lançado na atmosfera, que pode ser quantificado utilizando a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Eletricidade produzida em kWh} \times \text{factor para a prevenção de CO}_2 \text{ em kg/kWh}}{\text{CO}_2 \text{ produzido em kg}}$$

Para obter a quantidade de CO₂ produzida pela matriz elétrica antes e depois da instalação do sistema fotovoltaico nas duas propriedades rurais, somou-se, para a primeira hipótese, o consumo médio obtido através da fatura de energia elétrica das unidades consumidoras de cada uma das propriedades e, posteriormente, multiplicou-se pelo fator de emissão com a média anual de consumo igual a 0,0927 (tCO₂/MWh) (Brasil, 2017), cujo resultado pode ser observado abaixo.

- i. $1.000 + 2.683 = 3.683$ kWh/mês
- ii. $3.683 \times 0,0927 = 341,4141$ CO₂/kg

Já para a segunda hipótese, somou-se a geração estimada a partir do fornecimento e instalação de uma central geradora fotovoltaica de cada uma das propriedades e, posteriormente, multiplicou-se pelo fator emissão de CO₂ produzido por um sistema fotovoltaico, que, de acordo com a Comissão Europeia (2016), é de 0,024 (kgCO₂/Wh).

- iii. $1.018 + 3.200 = 4.218$ kWh/mês
- iv. $4.218 \times 0,024 = 101,232$ CO₂/kg

Diante desses resultados, é possível verificar que a quantidade de emissão de CO₂ antes da instalação do sistema fotovoltaico é bem maior do que após a sua implementação, visto que a quantidade de CO₂ produzida anteriormente foi de 341,4141 kg, já após a inserção do sistema fotovoltaico nestas duas propriedades rurais, elas produziram apenas 101,232 kg, ou seja, 3,34 a menos que a produção da primeira, sendo possível afirmar que o sistema fotovoltaico é mais eficiente, com a utilização de um recurso natural ilimitado (sol), de rápido retorno de investimento e que contribui para a redução nas emissões de gases do efeito estufa.

4. Considerações finais

Em razão da grande demanda por energia elétrica mundial, faz-se necessário investir nas fontes renováveis e alternativas de energia, principalmente na fotovoltaica, que se mostra versátil para atender aos diversos tipos de usuários e diversos setores, principalmente o setor rural, por buscar nos últimos anos o desenvolvimento de atividades agropecuárias sustentáveis, que visam à proteção e à preservação do meio ambiente.

Em Goiás, verificou-se que, excluindo Goiânia, os municípios de Rio Verde e Jataí, além de serem os maiores produtores agropecuários do estado, são os que mais apresentam uma geração distribuída de energia fotovoltaica, por terem uma produção rural mais tecnificada e precisa, reduzindo custos que consomem grande parte do investimento de produção.

Cenário semelhante foi demonstrado no município de Morrinhos, determinando ainda o valor investido e o retorno com a implementação do sistema fotovoltaico em duas propriedades rurais, bem como a quantidade de emissões de CO₂, antes e depois da instalação.

Assim, verificou-se que a contribuição da energia solar para a redução das emissões de gases de efeito estufa na geração de energia elétrica é positiva. Embora o mercado de energia solar ainda esteja no estágio inicial de adesão, com o tempo o amadu-

recimento será natural, e o mercado principal tornará a energia solar fotovoltaica uma realidade ainda mais sólida, principalmente através do escopo normativo que regulamenta o setor.

Sugere-se, como trabalhos futuros, a ampliação de análises que envolvam a emissão de CO₂ de propriedades rurais que façam adesão ao sistema fotovoltaico e como isso reflete em escalas maiores, como em estados e em países.

Referências

ALVES, Luiz Batista. **Energias Renováveis**: análise da geração fotovoltaica no Brasil e Goiás. Instituto Mauro Borges/Segplan-GO/Gerência de Estudos Socioeconômicos e Especiais, Goiás, 2018. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/estudos/2018/energias-renovaveis-analise-da-geracao-fotovoltaica-no-brasil-e-goias-2018.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2019.

BALBINOTTI, Franciele. O regime jurídico das atividades envolvidas na prestação do serviço público de energia elétrica. 2011. 63 f. Monografia de Pós-Graduação (Especialização em Direito Administrativo) – Instituto de Direito Romeu Felipe Bacellar, Curitiba, 2011. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Monografia_Pos_Graduacao_Franciele_Balbinotti.pdf. Acesso em: 21 ago. 2024.

BARDELIN, Cesar Endrigo Alves. **Impactos do Racionamento de Energia Elétrica de 2001 e 2002 no Brasil**. Universidade de São Paulo: USP, 2004. Disponível em: <http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/CLAGTEE2003/Papers/EUE%20B-066.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. **Bem-vindo à ANEEL**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/a-aneel>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001a**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá

outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001b.

Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.

Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no 9.648, de 27 de maio de 1998, no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 5.655, de 20 de maio de 1971, no 5.899, de 5 de julho de 1973, no 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10438.htm. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004a.

Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.847.htm. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004b.

Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de

7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.848.htm. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa n. 687**, de 24 de novembro de 2015. Brasília, 2015.

BRASIL. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012**. 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. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Capacidade de Geração do Brasil, 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 8.892, de 17 de fevereiro de 2017**. Institui o Programa Estadual para o Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/69636/pdf>. Acesso em: 16 jan. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/Decreto/D5163.htm. Acesso em: 16 jan. 2019.

BRASIL. MCTIC. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Fator médio - Inventários corporativos**.

Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html. Acesso em: 22 jan. 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Matriz Elétrica Brasileira**. 2023. Disponível em: <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/Ralie#>. Acesso em: 08 nov. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997**. Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2335.htm?origin=instituicao. Acesso em: 21 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº. 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 de dezembro de 1996. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9427-26-dezembro-1996-366792-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 21 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº. 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2014.300%2C%20DE%206%20DE%20JANEIRO%20DE%202022&text=Institui%20o%20marco%20legal%20da,1996%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em: 08 nov. 2023.

COMISSÃO EUROPEIA. **Guia para a apresentação de Planos de Ação para as Energias Sustentáveis e relatórios de Monitorização**. Desenvolvido pelo Secretariado do Pacto de Autarcas e Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia. Publicado em 2014. Atualizado em Julho de 2016.

GOIÁS. IMB – Instituto Mauro Borges/Segplan-GO/Gerência de Contas Regionais e Indicadores – Publicado em dez. 2018, com base nos dados de IBGE/ órgãos estaduais de estatística. **PIB dos municípios goianos 2016**. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/pib-municipios/pibmun2016.pdf>. Acesso em 18 jan. 2019.

GOIÁS, 2019. SECIMA. Secretaria do Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. **Geração Distribuída**. Disponível em: http://goiassolar.secima.go.gov.br/?page_id=42. Acesso em: 18 jan. 2019.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/morrinhos/pesquisa/38/46996?localidade1=52&indicador=47007&ano=2016&tipo=ranking>. Acesso em: 22 jan. 2019.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2006 IPCC Guidelines for National

Greenhouse Gas Inventories. Chapter 1: Introduction. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf. Acesso em: 21 ago. 2024.

MIGLIAVACCA, Alencar; SCARTAZZINI, Luiz Silvio. **A energia solar aplicada à atividade leiteira em pequena propriedade do sul do Brasil**. 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. AGRENER: Universidade de São Paulo – USP – São Paulo, 2015.

SOLUCIONAR. **Proposta Técnica Comercial.** Fornecida pelo proprietário Jonatas Aguiar da empresa Solucionar Engenharia, inscrita sob o CNPJ: 27.431.135/0001-68. Goiânia, 2017.

SOLUCIONAR. **Proposta Técnica Comercial.** Fornecida pelo proprietário Jonatas Aguiar da empresa Solucionar Engenharia, inscrita sob o CNPJ: 27.431.135/0001-68. Goiânia, 2018.