

O uso da energia solar fotovoltaica como incentivo ao desenvolvimento rural sustentável

The use of photovoltaic solar energy as incentive to sustainable rural development

Danilo Hungaro Micheletti^{1*}, Arlindo Fabrício Corrêia¹

RESUMO

O conceito de desenvolvimento rural sustentável tem evoluído na medida em que os sistemas agrícolas também mudam, abrangendo aspectos sociais e ambientais mais extensos, além da perspectiva econômica. Deste modo, se faz importante compreender a temática da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, a fim de ampliar a eficácia da aplicação do desenvolvimento sustentável no âmbito rural, buscando-se pela melhor compreensão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no setor energético, os quais dialogam sobre agricultura sustentável e energia limpa. A energia elétrica tem se tornado fundamental nas atividades agrícolas e, desta forma, a energia fotovoltaica está auxiliando na implantação de técnicas produtivas mais eficazes e na melhoria das condições de vida para a população do campo. Assim, as aplicações fotovoltaicas no setor produtivo agrícola têm um potencial considerável para atender às preocupações ambientais e contribuir para o desenvolvimento rural sustentável. Esse estudo se estrutura em uma pesquisa bibliográfica exploratória de abordagem qualitativa, a qual tem por objetivo analisar a aplicação da tecnologia solar fotovoltaica no fomento ao Desenvolvimento Rural Sustentável no Brasil.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Energia na agricultura; Energias renováveis; Energia solar; Sustentabilidade energética;

ABSTRACT

The concept of sustainable rural development has evolved as agricultural systems also change, encompassing broader social and environmental aspects beyond the economic perspective. In this way, it is important to understand the theme of sustainability and sustainable development, to increase the effectiveness of the application of sustainable development in rural areas, seeking a better understanding of the Sustainable Development Goals in the energy sector, which dialogue about sustainable agriculture and clean energy. Electric energy has become fundamental in agricultural activities, and, in this way, photovoltaic energy is helping to implement more effective production techniques and improve living conditions for the rural population. Thus, photovoltaic applications in the agricultural productive sector have considerable potential to address environmental concerns and contribute to sustainable rural development. This study is structured in an exploratory bibliographic research with a qualitative approach, which aims to analyze the application of photovoltaic solar technology in promoting Sustainable Rural Development in Brazil.

Keywords: Sustainable development; Energy in agriculture; Renewable energy; Solar energy; Energy sustainability;

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

*E-mail: danilo.micheletti@unioeste.br

INTRODUÇÃO

Perdurou por muito tempo a ideia de que as fontes de recursos seriam inesgotáveis e que a natureza serviria ao homem todas suas necessidades. Entretanto, esse conceito foi se desconstruindo à medida em que foi se percebendo o aumento na proporção dos impactos negativos causados ao meio ambiente pelas atividades humanas, principalmente em função do aumento populacional e dos avanços tecnológicos obtidos com a revolução industrial.

A atual sociedade capitalista tem se baseado na busca empresarial de resultados financeiros em meio a uma globalização da economia. Assim, a escala de produção tem aumentado, aliada da redução de custos, de modo que as empresas se mantenham dentro dessa competitiva sobrevivência mundial. Desta forma, o ciclo produtivo utilizado retira os insumos necessários do meio ambiente para a produção de bens de consumo e de alimentos. Entretanto, esse processo produtivo tem causado poluição ambiental, esgotamento dos recursos naturais, desgaste do meio ambiente, pobreza, fome e exclusão social (ONU, 2015).

O Brasil é um dos países que mais consome energia no mundo, cerca de 475 TWh segundo EPE (2020), e está investindo fortemente em fontes de energia alternativas para a diversificação da sua matriz energética. Cada uma das áreas de produção energética renovável pode desenvolver um papel substancial para a elevação da participação no volume total da crescente demanda energética mundial.

Dentre as formas de aproveitamento da luz solar, a conversão fotovoltaica tem se difundido devido ao avanço tecnológico na fabricação dos equipamentos e pela versatilidade na construção de sistemas integrados em unidades consumidoras ou de usinas de produção em larga escala, podendo ser um dos elementos essenciais para o futuro do uso energético sustentável (IPCC, 2014; PINHO; GALDINO, 2014).

Os sistemas de geração de energia elétrica utilizados em conexões de Geração Distribuída (GD) têm se popularizado no setor elétrico brasileiro. Ela viabiliza a implementação de diversas fontes de energia renovável para produção de energia elétrica e possibilita um melhor aproveitamento energético de sua utilização. Assim, o consumidor pode gerar sua própria energia através das tecnologias disponíveis (ANEEL, 2021).

É importante que todos os setores do país participem desta transição energética, a fim de contribuir com uma efetiva evolução sustentável. Sendo assim, a sustentabilidade

dos agrossistemas e agronegócios precisa ser avaliada de forma a se buscar uma ótima eficiência energética. Além disso, é necessária a atualização do atual uso energético incluindo as energias renováveis e ambientalmente amigáveis, a fim de garantir o desenvolvimento rural sustentável (FRIGO *et al.*, 2012).

Alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável se entrelaçam na temática do desenvolvimento rural sustentável. Observa-se que o ODS 2, “Fome Zero e Agricultura Sustentável”, ressalta a importância de garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos através de práticas agrícolas sustentáveis e acesso à tecnologia. Ainda, o ODS 7, “Energia Limpa e Acessível”, foca na importância da transição energética para fontes renováveis limpas, aumentando a participação das energias renováveis na matriz energética. Assim, se busca compreender essa relação com a aplicação da tecnologia solar fotovoltaica e seus impactos no desenvolvimento rural sustentável (ONU, 2015).

Na busca pela sustentabilidade energética no âmbito rural, busca-se pela melhor compreensão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os quais dialogam sobre agricultura sustentável e energia limpa. A energia elétrica tem se tornado fundamental nas atividades agrícolas e, desta forma, a energia fotovoltaica está auxiliando na implantação de técnicas produtivas mais eficazes e na melhoria das condições de vida para a população do campo.

Neste sentido, esse estudo se estrutura em uma pesquisa bibliográfica exploratória de abordagem qualitativa, a qual tem por objetivo identificar a aplicação da tecnologia fotovoltaica como fomento ao Desenvolvimento Rural Sustentável no Brasil e no Estado do Paraná.

A SINERGIA ENTRE SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A base principal do capitalismo é o consumo, o qual é fundamentado na movimentação do dinheiro e na influência de quem o tem. Assim, são impostos estilos de vida na sociedade baseados em uma crescente necessidade por novas aquisições, elevando a taxa de desperdício. Nesse sentido, a sociedade de consumo se fundamenta no consumismo de bens e serviços devido a fatores sociais e culturais, associados à geração de lucro e riqueza das corporações capitalistas (BARBOSA, 2010).

A fim de manter a geração de lucro, há uma corrida com o objetivo de se desenvolver novas mercadorias ou novos métodos produtivos, a qual tem reduzido a

durabilidade dos produtos e aumentado as novas aquisições. Desse modo, a imposição da mídia e a variedade de pagamentos disponíveis têm orientado na constituição de uma sociedade consumista que, conseqüentemente, causa poluição e devastação ao meio ambiente pelo uso desenfreado de recursos na fabricação desses produtos e no descarte irracional de resíduos (ABRAMOVAY, 2010; CALGARO, 2009).

Esse desejo por novos produtos é provocado pelas novidades de lançamentos e das tendências articuladas pela mídia, a qual é essencialmente sustentada pela ambição financeira das corporações capitalistas (GONÇALVES, 2011). Assim, há uma conexão entre o estilo de vida das pessoas e o consumismo exacerbado, ligado às ideologias capitalistas que prezam por um desenvolvimento econômico, se esquecendo dos outros pilares do desenvolvimento sustentável (GIACOMINI FILHO, 2008).

Essa busca vertiginosa por inovação traz consigo a ideia do crescimento persistente da produção e consumo, a qual ultrapassa os limites suportáveis pelos ecossistemas naturais. Isso também corrobora a divergência entre a conquista de bem-estar para os grupos populacionais e a incessante produção de bens e serviços. Assim, a partir de 1960, ocorreram debates em nível mundial acerca do consumo, crescimento econômico e preservação dos recursos naturais (ABRAMOVAY, 2010).

A ampla injustiça social, a destruição da biodiversidade ambiental e as evidentes mudanças climáticas têm sido fatores muito relevantes na discussão contra o ideal de prosperidade e progresso expressados no discurso capitalista. Além disso, as recorrentes crises econômico-financeiras têm fragmentado a soberania desse ideal desenvolvimentista (SACHS, 2000).

Contrastando a riqueza e prosperidade que o desenvolvimento industrial trouxe às nações nos últimos 200 anos, a degradação ecológica causada nesse período foi na mesma escala. Desse modo, a Terra está passando por diversos problemas ambientais expressos nas alterações atmosféricas e climáticas, no desmatamento e na desertificação, no desgaste da biodiversidade, nos acidentes industriais e nos resíduos tóxicos incorretamente dispostos (SHRIVASTAVA, 1995).

A fim de se examinar a complexidade dos problemas que a humanidade enfrentava, discussões sobre o ecodesenvolvimento foram compiladas no relatório *The Limits to Growth* (Os Limites do Crescimento) que foi publicado em 1972. Esse estudo apresentou cenários catastróficos do futuro da Terra e defendia a importância do equilíbrio global, da reparação dos problemas ambientais, do desenvolvimento

econômico dos países menos desenvolvidos e dos limites do crescimento populacional (MARGOLIN, 1998).

O Relatório *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), também conhecido como Relatório de *Brundtland*, foi produzido em 1987 pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento aliada à Organização das Nações Unidas (ONU). Esse relatório definiu o conceito de desenvolvimento sustentável como aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem também as suas necessidades (BODNAR; FREITAS; SILVA, 2016; PHILIPPI, 2001).

Na sequência, a conferência mundial Eco 92 sobre Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável foi um marco global das discussões desse assunto. Dentre seus resultados, a Agenda 21 é um documento que expõe vários compromissos assentidos pelos 170 países presentes na Eco 92, que assumiram o objetivo de englobar os princípios do desenvolvimento sustentável em suas políticas públicas (BODNAR; FREITAS; SILVA, 2016).

A conferência mundial Rio+10, em 2002, avaliou que países mais industrializados possuem uma maior utilização de recursos naturais e de emissão de resíduos poluentes. Lá foi elaborado o Protocolo de Kyoto, no qual foi firmado um compromisso no qual esses países com maior nível de industrialização devem ser mais tributados e responsabilizados pela não preservação do planeta (OLIVEIRA FILHO, 2004). Ainda, a Rio+10 elucidou que o Desenvolvimento Sustentável se baseia nos três pilares econômico, social e ambiental, chamados de Triple-Bottom Line ou Tripé da Sustentabilidade, ilustrados na Figura 1.

Figura 1 – Tripé da sustentabilidade



Fonte: Adaptado de Etzkowitz (2008).

No diálogo entre o ser humano e a natureza, é necessário que a humanidade esteja em conexão com o meio ambiente para que o trabalho humano possa ser entendido e executado. Sendo assim, para que a sociedade se torne altruísta, é essencial que sejam desenvolvidas atividades produtivas conscientes unindo as esferas humana e ambiental (SCHMIED-KOWARZIK, 2019).

Seguindo essa linha de pensamento, o entrelaçamento entre a humanidade e o meio ambiente é de grande relevância para alcançar o desenvolvimento sustentável, visando equilibrar a equidade social, o crescimento econômico e a correta utilização dos recursos naturais. Nesse sentido, para se garantir essa relação saudável entre o ser humano e a natureza dentro do desenvolvimento sustentável, observa-se a relevância da sustentação dos alicerces produtivos e reprodutivos da humanidade em sua vasta gama de atividades e identidades (FIORILLO, 2009).

Dessa forma, torna-se substancial o gerenciamento adequado dos recursos naturais dentro desse universo econômico globalizado, devendo-se considerar que o padrão de produção e consumo tende a se modificar conforme evoluem as tendências de mercado. Então, o desenvolvimento precisa estar atrelado à conscientização da população, a fim de reduzir a emissão de poluentes e de minimizar os impactos ambientais. Assim, ao se tomar consciência da real situação e se adotar estratégias de utilização dos recursos, é possível encontrar um modo equilibrado e sustentável, a fim de garantir um futuro amplamente próspero (GRANZIERA; REI, 2015).

Dentro do tema de desenvolvimento sustentável, é fundamental analisar a visão da Sustentabilidade. Esse termo compreende as ações fundamentais para o equilíbrio dos seres vivos e de sua manutenção, restaurando a capacidade do capital natural de se regenerar, reproduzir e coevoluir (BOFF, 2016). Assim, para que se encontre a sustentabilidade como um todo, é substancial se alcançar o desenvolvimento de forma que seja economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto. Portanto, o Desenvolvimento Sustentável é fundamental para alcançar a Sustentabilidade (FREITAS; FREITAS, 2016).

De toda forma, a sustentabilidade compõe a visão de um futuro ideal, no qual a civilização elabora projetos mantendo o foco na coletividade. Assim, a sustentabilidade seria o ideal a ser alcançado no período contemporâneo, ao lado dos ideais buscados no período moderno, que são liberdade, igualdade e fraternidade. Desse modo, a devida

efetivação da Sustentabilidade em suas diversas esferas permite a construção de uma sociedade nova e melhor (MATIAS, 2014).

A sustentabilidade surge nas matrizes originárias da ecologia e da economia. Na esfera ecológica, a sustentabilidade de um ecossistema se conecta com seu próprio estado resiliente, de modo a enfrentar os distúrbios e impactos externos, mantendo suas funções e estruturas naturais (BOFF, 2016). Dessa forma, há diversos pontos de equilíbrio para um ecossistema ter resiliência e ter sustentabilidade (SILVA JUNIOR; FERREIRA, 2013). Entretanto, ainda não há um consenso para definir e explanar a questão da sustentabilidade da esfera econômica, a qual questiona o atual padrão de produção e consumo (NASCIMENTO, 2012; VEIGA, 2005).

Dessa forma, com base na atual conscientização da população, a buscar um consumo mais consciente, as indústrias estão observando que os padrões de consumo estão se voltando para produtos e empresas que se importam com o meio ambiente e com a justiça social. Assim, as indústrias e o comércio estão lentamente despertando o modelo ambientalmente ecológico em seus produtos, além de mostrar suas campanhas ambientais e sociais (ABRAMOVAY, 2010).

O termo desenvolvimento abrange o processo de evolução das ações fomentadas pela humanidade, buscando por um sentido positivo nesse processo. Da mesma forma, a palavra sustentabilidade busca por ações que tragam sustentação à vida no planeta Terra em consonância econômica, ambiental e social. Dessa forma, o termo sustentável complementa e traz um ponto de equilíbrio para o termo desenvolvimento. Assim, o Desenvolvimento Sustentável é uma estratégia que tende a manter os recursos naturais para as próximas gerações e a sustentabilidade é a condição final de estilo de vida que se busca alcançar (SILVA JUNIOR; FERREIRA, 2013)

A partir de toda a evolução do conceito de Desenvolvimento Sustentável, a ONU realizou uma reunião de chefes de estado e de governo no ano de 2015 em Nova York, além de representantes mundialmente importantes. Então, foi proposta a Agenda 2030, com ações para os próximos quinze anos, e expostos os ODS, compostos por 17 objetivos e 169 metas, direcionados a questões ambientais, econômicas, institucionais e sociais. Assim, esta foi considerada uma decisão histórica, reunindo metas universais e transformadoras, de forma abrangente, de longo alcance e voltada às pessoas (ONU, 2015).

Neste sentido, os 17 ODS e as 169 metas universais abrangem os países de modo integral e indivisível, equilibrando as três dimensões do Desenvolvimento Sustentável. Observa-se que esses objetivos e metas foram elaborados pela ONU com base em uma intensiva consulta pública, além de contribuições da sociedade civil, levando essencialmente em consideração a opinião dos mais vulneráveis (ONU, 2015).

DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

Compreender os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável se torna importante para remeter à aplicação de desenvolvimento sustentável no campo. Assim como ocorreu a evolução dos conceitos, a noção de desenvolvimento rural tem apresentado significados e compreensões distintas. Em suma, deve ser compreendido como um ramo distinto e um conceito em evolução, fruto de um conjunto de ideias que se altera ao longo do tempo, influenciado por diversas conjunturas (NAVARRO, 2001).

Segundo Melo (2017), o desenvolvimento rural seria um processo complexo e necessariamente multidimensional, no qual haveria uma diversidade de atividades, correlacionando as relações sociais com os diversos atores. Nesse contexto, é emergente a necessidade de gerir e minimizar o esgotamento de recursos não renováveis, criando mecanismos de reaproveitamento dos recursos renováveis e criando um ciclo de sustentabilidade com fundamento na relação da humanidade com a natureza, de modo a buscar pelo desenvolvimento equilibrado.

Dessa forma, é indispensável a mudança com relação aos hábitos de produção e consumo. Recentemente um dos segmentos que mais tem sido objeto de análise, no que se refere à discussão em torno da sustentabilidade e suas condicionantes, é o agrícola. Sendo discutido os aspectos evolutivos em torno do conceito de desenvolvimento rural sustentável que os sistemas agrícolas têm passado por mudanças em nível mundial, abarcando aspectos mais extensos que apenas a perspectiva econômica, trazendo anseios dos aspectos sociais e ambientais. A implementação de novas tecnologias para o meio agrário, também tem fomentado essas transformações nos padrões de produção e consumo (VAN ITTERSUM *et al.*, 2008).

Nesse sentido, o desenvolvimento rural sustentável pode ser entendido como a síntese de várias de transformações quantitativas e qualitativas que se produzem no meio da população rural, e que visam produzir efeitos ao longo do tempo, trazendo mudanças significativas no nível de vida desses atores. Em suma, o desenvolvimento rural

sustentável não está apenas ligado ao desenvolvimento econômico ou tecnológico, mas também social e ambiental, de modo a trazer progresso às pessoas, comunidades, regiões e para todo o território (SILVA, 2007).

As dimensões fundamentais do conceito de desenvolvimento rural sustentável estão intrinsicamente conectadas à dimensão ecológica, espacial ou geográfica, social, cultural e econômica. Sendo essas dimensões o ponto de partida para se compreender a aplicação de práticas que visam melhorar as condições de vida da sociedade, respeitando os limites das capacidades dos ecossistemas, pensando o meio rural, não mais como um espaço isolado, mas conectado ao sistema (SACHS, 2000; VEIGA, 2005).

Delgado (2010) constrói o pensamento acerca do debate sobre o desenvolvimento rural no Brasil, o qual ele chama a atenção para dois projetos considerados excludentes para o desenvolvimento rural. O primeiro sendo o projeto neoliberal corresponde à produção de commodities para exportação em sistemas extensivos de monoculturas, o qual credita o desenvolvimento ao pilar econômico, sendo uma visão ainda predominante, e prevê que o desenvolvimento vem pela modernização da agricultura. O segundo é o projeto democratizante que tem como base a melhoria da qualidade de vida do agricultor.

Dentro do contexto da democratização, em prol do desenvolvimento rural sustentável, Veiga (2001) afirma que se necessita dar valorização e se fortalecer a agricultura familiar, fomentar a produção e comercialização local, a diversificação econômica, criando políticas públicas que incentivem esse desenvolvimento regionalizado. Além disso, quanto maior a diversificação produtiva maior serão as oportunidades de se incrementar um desenvolvimento e gerar bons resultados no desenvolvimento rural sustentável.

Nesse sentido, compreender que a modernização rural é uma parte do desenvolvimento rural e remodelar as práticas de agricultura aproximam o rural dos anseios do desenvolvimento sustentável. Assim, Delgado (2010) diz que o desenvolvimento rural se apresenta como contribuinte para a ampliação da heterogeneidade do setor agrícola. Complementando esse pensamento, Ploeg (2011) revisa o desenvolvimento rural, o qual está conectado a vários problemas globais, desde falhas de mercado ou interterritorialidade, ou seja, as novas percepções sobre as práticas de desenvolvimento rural que se articulam através de novos mercados aninhados podem alavancar o desenvolvimento rural sustentável.

A energia é geralmente reconhecida como um elemento importante do desenvolvimento socioeconômico rural, contida nos serviços viabilizados por meio dos insumos energéticos como bombeamento de água e iluminação. Como tendência geral, uma demanda crescente de energia, tanto em quantidade quanto em qualidade, está altamente relacionada ao desenvolvimento socioeconômico. No entanto, as populações rurais de muitos países em desenvolvimento foram excluídas da maioria dos benefícios do desenvolvimento econômico e da transição para serviços de energia de melhor qualidade, afetando diretamente no bem-estar rural em áreas como saúde, segurança alimentar e produção agrícola (CAMPEN; GUIDI; BEST, 2000).

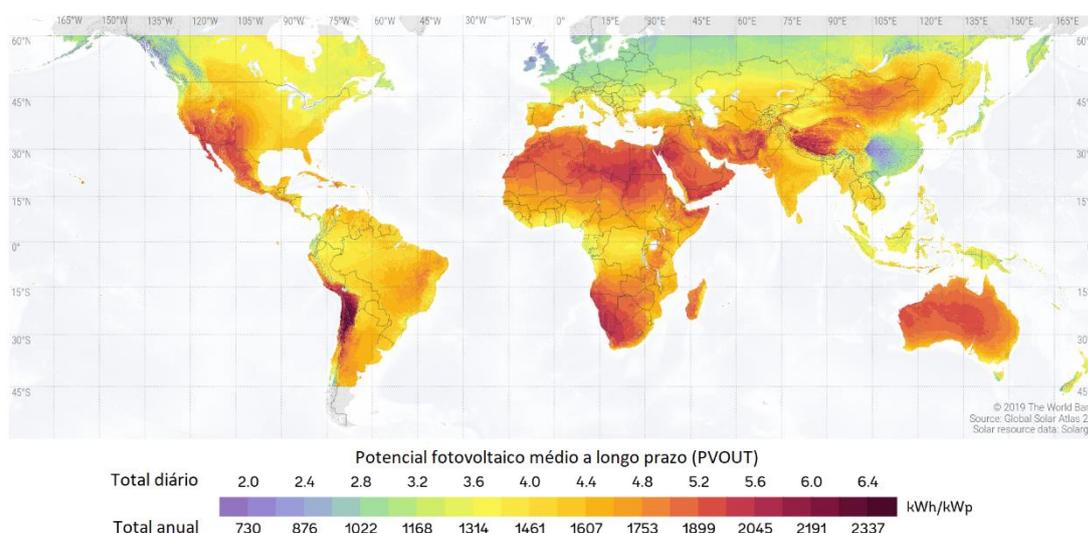
A ENERGIA SOLAR E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

O aproveitamento da fonte energética solar para geração de energia elétrica vem evoluindo nas últimas décadas, principalmente devido à rápida expansão do consumo energético. Uma das formas de conversão de energia solar em energia elétrica acontece através do efeito fotovoltaico sobre determinados materiais, o qual é a tecnologia com maior aderência de utilização (ANEEL, 2005).

No Brasil, a energia solar fotovoltaica inicialmente foi empregada em pequenos sistemas autônomos, instalados principalmente em locais não atendidos pela rede elétrica (FREIRE, 2015). Entretanto, com o advento da Resolução Normativa nº 482 de 2012, a tecnologia passou a ser implantada no formato de GD (ANEEL, 2012). A inovação no setor fotovoltaico no Brasil mostrou que o desenvolvimento sustentável aliado a evolução tecnológica pode ser uma realidade, levando em consideração o grande potencial que o país tem para gerar energia através dessa tecnologia.

O potencial fotovoltaico no Brasil se destaca com excelentes índices de irradiação solar para geração de energia elétrica em grandes usinas ou distribuída em unidades consumidoras. Vale ressaltar que, conforme ilustrado na Figura 2, a maior parte do Brasil possui potencial fotovoltaico e índice de irradiação solar maiores do que alguns países como Japão e Alemanha, os quais estimulam e aplicam amplamente a energia solar fotovoltaica (FREIRE, 2015; VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Figura 2 – Potencial fotovoltaico mundial



Fonte: Global Solar Atlas (2019)

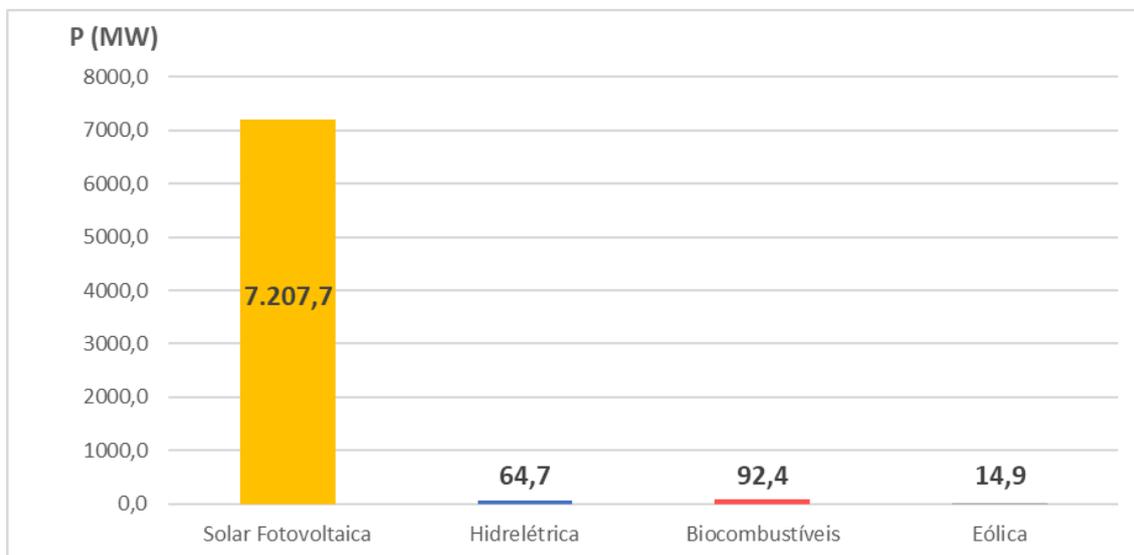
A Resolução Normativa nº 482 de 2012 trouxe a possibilidade de que sistemas geradores fotovoltaicos possam ser conectados à rede elétrica de distribuição em baixa e média tensão, desde que alimentados por fontes renováveis de energia. Esses sistemas funcionam como compensadores de crédito e, para isso, um medidor bidirecional registra a quantidade de energia que entrou e que saiu da unidade consumidora para, no fim do mês, realizar uma compensação desses valores (ANEEL, 2012; VILLALVA; GAZOLI, 2012).

A modalidade de conexão de fontes geradoras de energia elétrica com a rede de distribuição das companhias de energia acontece por meio da GD e se divide em duas categorias: microgeração e minigeração (ANEEL, 2012). Na GD a energia produzida é consumida primeiramente dentro do estabelecimento da unidade consumidora e, caso haja excedente, ele é injetado na rede de energia elétrica da distribuidora. Nos momentos em que não há produção ou que a potência gerada não é suficiente para as cargas, a energia é fornecida pela companhia integralmente ou em complemento (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Dentre as fontes energéticas renováveis permitidas na modalidade de GD, estão a energia hidráulica, a solar, a eólica e a de biocombustíveis (ANEEL, 2012). Dessa forma, a Figura 3 mostra que a energia elétrica produzida por meio da energia solar fotovoltaica teve destaque no Brasil com uma participação de 97,7% do total, mostrando uma grande diferença de potência instalada sobre as demais fontes energéticas. Observa-

se que a participação das fontes renováveis em centrais de venda de energia não se enquadra neste comparativo (ANEEL, 2021; AGUIAR JUNIOR; PINTO, 2017).

Figura 3 – Potência instalada por fonte energética em GD no Brasil até 2021



Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Desse modo, conforme Barbosa e Azevedo (2013), a GD possui vários pontos positivos, pois auxilia o sistema elétrico de modo a complementar a matriz energética nacional. A GD traz grandes benefícios técnicos à geração fotovoltaica, como o sistema de compensação de energia, que possibilita ao consumidor deixar de utilizar baterias que possuem vida útil curta e difícil descarte em áreas isoladas. Além disso, a possibilidade de instalação em locais que já possuem construções no local reduz ainda mais os impactos ambientais na produção de energia (AGUIAR JUNIOR; PINTO, 2017).

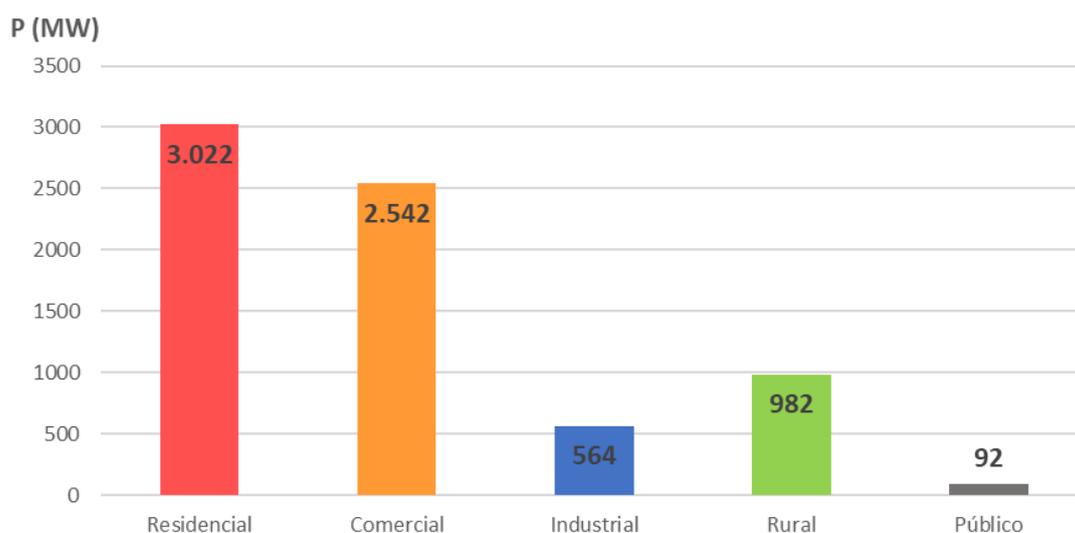
O USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO INCENTIVO AO DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

Conforme a energia elétrica tem se inserido nas atividades agrícolas, seu uso tem crescido junto com sua importância na produtividade rural, atingindo 82,5 TWh de consumo de energia elétrica, cerca de 6,5% do total consumido no Brasil (EPE, 2020). Desse modo, a inserção de fontes de energia renovável no ambiente rural auxilia no processo de tornar as atividades rurais mais sustentáveis e produtivas (PAZZINI *et al.*, 2002). Dentre essas fontes, a energia solar fotovoltaica possui um bom potencial, auxiliando na implantação de técnicas produtivas mais eficazes e na melhoria das condições de vida da população do campo (SEBRAE, 2018).

A modularidade e a flexibilidade da tecnologia solar fotovoltaica são elementos que a torna uma eficiente alternativa de matriz energética renovável, capaz de se adaptar às diferentes necessidades do campo (FERREIRA *et al.*, 2018). Além disso, ela é considerada uma fonte inesgotável, limpa e dissociada de consequências nocivas imediatas para o ambiente. Assim, ela se tornou uma poderosa ferramenta de redução de custos energéticos nos sistemas conectados à rede, quanto de autonomia com sistemas isolados em áreas longe das redes elétricas (TILMISINA; KURDGELASHVILI; NARBEL, 2011).

Conforme mostra a Figura 4, a geração de energia solar fotovoltaica no âmbito rural não foi tão expressiva na GD do Brasil quanto nos âmbitos residencial e comercial, atingindo apenas 13,6% do total de potência instalada em GD.

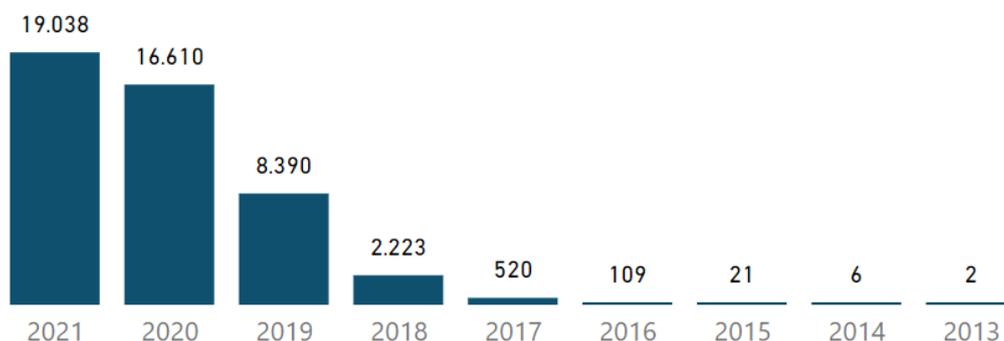
Figura 4 – Potência instalada do tipo radiação solar no Brasil de acordo com a classe de consumo até 2021



Fonte: Adaptado de ANEEL (2021).

Entretanto, conforme gráfico da Figura 5, a quantidade de unidades consumidoras que realizaram conexões em GD teve expressivo aumento nos últimos 5 anos na área rural. Dessa forma, observa-se que a inserção da energia solar fotovoltaica ocorreu de forma mais lenta no âmbito rural do que no âmbito urbano, mas demonstra grande potencial.

Figura 5 – Quantidade anual de conexões do tipo radiação solar da classe de consumo rural no Brasil até 2021



Fonte: ANEEL (2021).

Além de reduzir os diversos danos causados à Terra pelas emissões de gases de efeito estufa, as energias renováveis promovem o desenvolvimento rural sustentável. No meio rural, a possibilidade de obtenção de energia limpa integra as novas tecnologias ao campo, promovendo uma revolução no modo de consumo e produção. Além disso, as energias renováveis auxiliam trazendo liberdade aos agricultores, que passam a ter um menor custo no fator energia pela utilização destes sistemas geradores (SILVA, 2015).

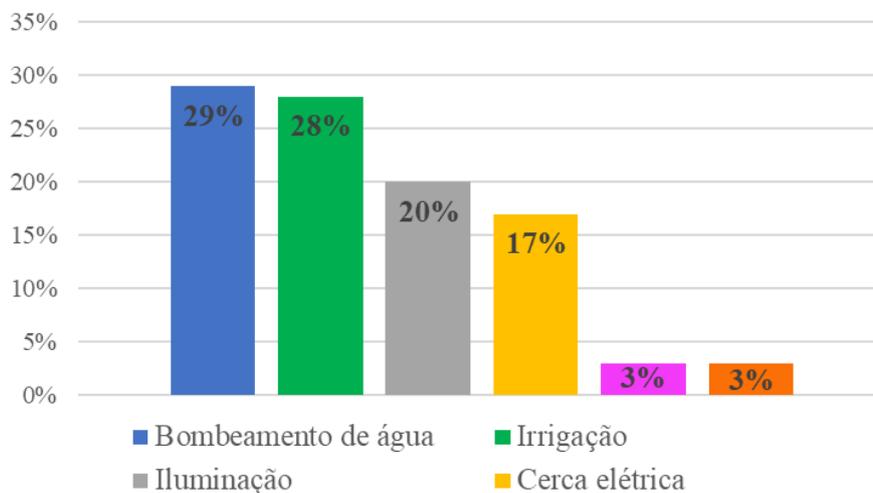
A Agenda 21, resultante da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, clama por uma "transição energética rural". A FAO aponta a necessidade de tal transição energética como um meio de melhorar efetivamente as condições socioeconômicas das populações rurais, especialmente como um requisito para a produtividade e a geração de renda (CAMPEN; GUIDI; BEST, 2000; ONU, 2015).

A ênfase na energia mostra o potencial dos sistemas solares fotovoltaicos para uso na agricultura e no desenvolvimento rural, especialmente para atividades geradoras de renda, como base para desenvolvimento rural sustentável. A pesquisa de CAMPEN; GUIDI; BEST (2000), conforme observado na Figura 6, indicou que as atividades rurais mais estimuladas pela utilização da energia solar foram o bombeamento de água e a irrigação.

Ainda, conforme observado na Figura 7, a energia solar impactou na agricultura trazendo maior produtividade, produtos de melhor qualidade e uma melhor gestão dos recursos naturais, mostrando que a maior disponibilidade de energia realmente promove as atividades agrícolas. Desse modo, diversas atividades rurais são estimuladas por meio da utilização da energia produzida para compensar o consumo elétrico proveniente da

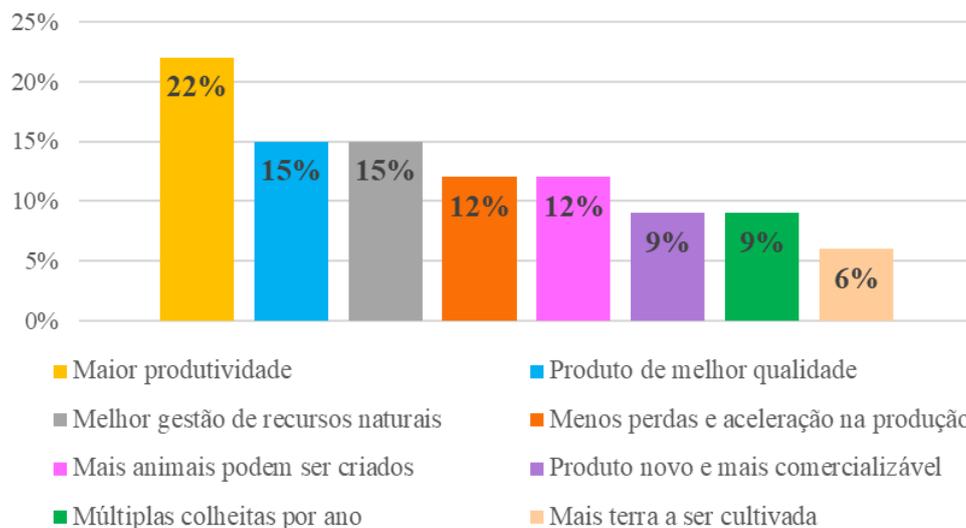
rede da companhia de energia ou para utilização em aplicações isoladas (CAMPEN; GUIDI; BEST, 2000).

Figura 6 – Atividades rurais estimuladas com energia solar fotovoltaica



Fonte: Adaptado de CAMPEN; GUIDI; BEST (2000).

Figura 7 – Impacto dos sistemas fotovoltaicos na agricultura



Fonte: Adaptado de CAMPEN; GUIDI; BEST (2000).

Assim, a tecnologia fotovoltaica além de ser uma fonte limpa que possibilita mitigar as mudanças climáticas, já que não emite gases poluentes, apresenta diversos benefícios sociais, ambientais e econômicos. Na esfera econômica gera receita para a administração pública através da arrecadação de tributos, como para a população onde possibilita a geração de emprego, além de toda a movimentação comercial e de serviços

adjacentes que se instalam durante a construção dos empreendimentos (TOLMASQUIM, 2016).

Portanto, as aplicações fotovoltaicas, especialmente aquelas para atividades produtivas, têm um potencial considerável para atender às preocupações ambientais e contribuir para a realização da agricultura sustentável e do desenvolvimento rural. Todas as partes interessadas envolvidas na disseminação e uso desses aplicativos precisam desempenhar suas respectivas funções para atingir esse potencial. Espera-se que as agências de cooperação internacional se comprometam a ajudar os países em desenvolvimento a fazer uso desse potencial, particularmente no processo de promoção da agricultura sustentável e do desenvolvimento rural (CAMPEN; GUIDI; BEST, 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse contexto, observa-se que a transição energética do setor rural para tecnologias mais sustentáveis é muito importante, priorizando a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, principalmente a energia solar fotovoltaica. Por evoluir e optar por um sentido contrário ao setor energético, de extração e consumo, é colocada a responsabilidade nas mãos de governos e pessoas físicas.

Assim, a tecnologia fotovoltaica, além de ser considerada uma energia limpa e renovável, vem sendo um instrumento de desenvolvimento sustentável em diversos setores, elencada como promissora fonte de geração de energia elétrica em muitos países do mundo. Tendo os governos e os agricultores um olhar mais sustentável, é evidente que a reparação e a preservação ambientais são indispensáveis para a manutenção da qualidade de vida das próximas gerações.

A inovação da tecnologia fotovoltaica no setor rural brasileiro mostrou que o desenvolvimento sustentável aliado à evolução tecnológica pode ser uma realidade, levando em consideração o grande potencial que o país tem para gerar energia através dessa tecnologia. Nesse sentido, a energia solar vem se tornando uma alternativa interessante para os produtores rurais que desejam reduzir custos nas faturas de energia, aliada às políticas públicas que estão fomentando o segmento através de novas linhas de crédito, facilitando a aquisição e a instalação de sistemas fotovoltaicos e ajudando a ampliar esse mercado.

Os sistemas geradores fotovoltaicos trazem benefícios ambientais, sociais e econômicos ao produtor rural, porém deve ser destacado que na modalidade de GD, o

produtor ainda necessita garantir o fornecimento de energia elétrica, pois o sistema gerador fotovoltaico vai auxiliar a diminuir os custos com a energia elétrica, mas não garante o fornecimento. Por isso, mesmo investindo em um sistema fotovoltaico, é recomendável ter um sistema energético emergencial, o qual geralmente é movido a combustível.

Em suma, a flexibilidade e a modularidade dos sistemas geradores fotovoltaicos são elementos de destaque para a aplicação dessa tecnologia na área rural, conseguindo aliar uma alternativa energética renovável e limpa nesse segmento. Além disso, a tecnologia fotovoltaica na modalidade de GD pode trazer viabilidade econômica, social e ambiental, de forma a fomentar o desenvolvimento rural sustentável.

Portanto, as aplicações fotovoltaicas no setor produtivo agrícola têm um potencial considerável para atender às preocupações ambientais e contribuir para o desenvolvimento rural sustentável. Entretanto, observa-se que os sistemas fotovoltaicos, mesmo com valores mais acessíveis, os agricultores de subsistência ainda têm dificuldade para adquiri-los. Mesmo assim, esses sistemas oferecem algumas vantagens particulares para várias aplicações, as quais se tornam mais interessantes com o avanço contínuo nos preços e na tecnologia.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. **Desenvolvimento sustentável: qual a estratégia para o Brasil?** Novos estudos CEBRAP, n. 87, 2010. p. 97-113

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Resolução Normativa nº 482.** Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Outorgas e Registros de Geração: Unidades consumidoras com geração distribuída.** Brasília: SCG, 2021. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/-/asset_publisher/mJhnKli7qcJG/content/registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida/655808. Acesso em: 03 out. 2022.

AGUIAR JUNIOR, E. A.; PINTO, V. M. **Breve avaliação do cenário regulamentar da geração distribuída no Brasil.** Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2017. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos_17/28625363.pdf. Acesso em: 01 out. 2022.

BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R. C.; CORBELLIA, O. D. **Sustentabilidade urbana e desenvolvimento sustentável: uma discussão em aberto.** XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juíz de Fora, MG, 2012.

BARBOSA, L. **Sociedade de consumo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010. p. 7-8.

BARBOSA, W. P. F.; AZEVEDO, A. C. S. **Discussão sobre a minuta de Resolução CONAMA sobre o licenciamento ambiental de usinas eólicas em superfície terrestre**. Belo Horizonte: FEAM, 2013.

BODNAR, Z.; FREITAS, V. P.; SILVA, K. C. A epistemologia interdisciplinar da sustentabilidade: por uma ecologia integral para a sustentação da casa comum. **Revista Brasileira de Direito**, v. 12, n. 2, p. 59-70, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18256/2238-0604/revistadedireito.v12n2p59-70>.

BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é - O que não é**. 5. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2016.

CALGARO, C. Desenvolvimento sustentável e consumismo: a busca do equilíbrio entre o homem e o meio ambiente. In: PEREIRA, A. O. K., HORN, L. F. R. **Relações de consumo: meio ambiente**. Caxias do Sul, RS: Educs, 2009. p. 45-72.

CAMPEN, B.; GUIDI, D.; BEST, G. **Solar photovoltaics for sustainable agriculture and rural development**. Environment and Natural Resources Working Paper No. 2. Roma: FAO, 2000. Disponível em: <https://www.fao.org/uploads/media/Solar%20photovoltaic%20for%20SARD.pdf>. Acesso em: 02 out. 2022.

DELGADO, G. C. Especialização primária como limite ao desenvolvimento. **Desenvolvimento em Debate**, UFRJ, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 111-125, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/dd/article/view/31914>. Acesso em: 04 out. 2022.

DOVERS, S. R.; HANDMER, J. W. Uncertainty, sustainability and change. **Global Environmental Change**, v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 03 out. 2022.

ETZKOWITZ, H. **The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action**. Nova Iorque: Routledge, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203929605>.

FERREIRA, A.; KUNH, S. S.; FAGNANI, K. C.; SOUZA, T. A.; TONEZER, C.; SANTOS, G. R.; COIMBRA-ARAÚJO, C. H. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 181-191, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.102>.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 10. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

FREIRE, L. Energias renováveis complementares: benefícios e desafios. **FGV Energia**, Rio de Janeiro, n. 4, p. 6-7, 2015.

FREITAS, M.; FREITAS, M. C. S. **A sustentabilidade como paradigma: cultura, ciência e cidadania**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2016. p. 16.

FRIGO, M. S.; MELLO, E. L.; BOAS, M. A. V.; HERMES, E.; VASCONCELOS, H. L. **Eficiência energética de agroecossistemas: índice na avaliação de sustentabilidade**. In: SANTOS, R. F., SIQUEIRA, J. A. C. (Ed.). *Fontes renováveis: agroenergia*. v. 1. Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2012. p. 183-203.

GIACOMINI FILHO, G. **Meio ambiente e consumismo**. São Paulo: SENAC, 2008. p. 118.

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Solar Resource Map: Photovoltaic Power Potential**. 2019. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/download/world>. Acesso em: 03 out. 2022.

GONÇALVES, P. **A cultura do supérfluo: lixo e desperdício na sociedade de consumo**. Rio de Janeiro: Garamond, 2011. p. 59.

GRANZIERA, M. L. M.; REI, F. (Ed.). **Energia e meio ambiente: contribuições para o necessário diálogo**. Santos, SP: Editora Universitária Leopoldianum, 2015.

IPCC [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas]. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf. Acesso em: 06 out. 2022.

MARGOLIN, V. O design e a situação mundial. **Revista Arcos**, UERJ/ESDI, Rio de Janeiro, v. 1, 1998.

MATIAS, E. F. P. **A humanidade contra as cordas: a luta da sociedade global pela sustentabilidade**. São Paulo: Paz e Terra, 2014. p. 55.

MELO, S. W. C. Desenvolvimento rural no Cerrado, desenvolvimento e envolvimento das famílias agroextrativistas. **Guaju**, Matinhos, PR, v. 3, n. 1, p. 111-131, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/guaju/article/view/51522/32965>. Acesso em: 03 out. 2022.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do social ao ambiental, do ambiental ao econômico. **Estudos Avançados**, USP, 26, p. 51-64, 2012.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Revista Estudos Avançados**, v. 16, n. 44, p. 83-100, 2001.

OLIVEIRA FILHO, J. E. Gestão ambiental e sustentabilidade: um novo paradigma econômico para as organizações modernas. **Rev. Teor. Pol. Soc. Cidad.**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 103-125, jan./jun. 2004.

ONU [Organização das Nações Unidas]. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. [S.l.], 2015. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.

PAZZINI, L. H. A.; RIBEIRO, F. S.; KURAHASSI, L. F.; GALVÃO, L. C. R.; PELEGRINI, M. A.; AFFONSO, O. F. Luz para todos no campo: a universalização do atendimento de energia elétrica na zona rural brasileira. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, UNICAMP/NIPE, Campinas, 2002.

PHILIPPI, L. S., 2001. A Construção do Desenvolvimento Sustentável. In.: LEITE, A. L. T. A.; MININNI-MEDIA, N. (Coord.). **Educação Ambiental: Questões Ambientais - Conceitos, História, Problemas e Alternativa**. 2. ed. v. 5. Brasília, 2001. p. 303.

PINHO, J. T., GALDINO, M. A. (Ed.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014.

PLOEG, J. D. van der. Trajetórias do desenvolvimento rural: pesquisa comparativa internacional. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 13, n. 27, p. 114-140, 2011.

SACHS, W. **Meio Ambiente**. Dicionário do desenvolvimento: guia para o conhecimento como poder. Petrópolis: Vozes, 2000. p. 117-131.

SCHMIED-KOWARZIK, W. **A relação dialética do homem com a natureza: Estudos histórico-filosóficos sobre o problema da natureza em Karl Marx**. Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2019.

SEBRAE [Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas]. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Brasília: Sebrae, 2018. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Cadeia%20de%20Valor%20da%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.

SHRIVASTAVA, P. The role of corporations in achieving ecological sustainability. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 4, p. 936-960, 1995.

SILVA, N. L. S. **Estudo da sustentabilidade e de indicadores de desenvolvimento rural**. 2007. 271 f. Tese (Doutorado) – Programa pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2007.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, 2015. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>. Acesso em: 01 out. 2022.

SILVA JUNIOR, R. D.; FERREIRA, L. C. Sustentabilidade, entre Ecologia e Sociologia. **Estudos De Sociologia**, Araraquara, SP, v. 18, n. 35, p.421-439, 2013.

TILMISINA, G.; KURDGELASHVILI, L.; NARBEL, P. A review of solar energy: markets, economics and policies. **Policy Research Working Paper**, p. 1-49, 2011.

TOLMASQUIM, M. T. (Ed.). **Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

VAN ITTERSUM, M. K.; EWERT, F.; HECKELEI, T.; WERY, J.; OLSSON, J. A.; ANDERSEN, E.; BEZLEPKINA, I.; BROUWER, F.; DONATELLI, M.; FLICHTMAN, G.; OLSSON, L.; RIZZOLI, A. E.; VAN DER WAL, T.; WIEN, J. E.; WOLF, J. Integrated assessment of agricultural systems - a component-based framework for the European Union (SEAMLESS). **Agricultural Systems**, v. 96, n. 1-3, p. 150-165, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.07.009>.

VEIGA, J. E. **O Brasil rural precisa de uma estratégia de desenvolvimento**. Texto para Discussão nº 01. Brasília, 2001.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2005.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J.R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Editora Érica, 2012.

Recebido em: 05/09/2022

Aprovado em: 10/10/2022

Publicado em: 18/10/2022