

DESMATAMENTO INERENTE À INSTALAÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS CENTRALIZADAS NO ESTADO DO CEARÁ

Rosana de Ávila Ferreira – rosana.avila@aluno.uece.br
Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia
Sângela Ramos de Souza
Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia
Albmerc Moura de Moraes
Universidade Federal do Piauí
Marcos Antônio Tavares Lira
Universidade Federal do Piauí
Ana Leônia de Araújo Girão
Superintendência Estadual do Meio Ambiente, SEMACE

Resumo. O desenvolvimento socioeconômico impulsiona o aumento da demanda energética, o que potencializa a exploração de combustíveis fósseis na matriz energética mundial. Isso sinaliza para a necessidade de implantação de modelos de energia renovável, a exemplo da solar fotovoltaica. O Brasil, em particular, detém potencial para a exploração da energia solar fotovoltaica, tendo em vista sua localização privilegiada, com altos índices de radiação solar ao longo de todo o ano. Na região Nordeste, o estado do Ceará se destaca por possuir, aproximadamente, 93% do seu território inserido no clima semiárido, com radiação solar incidente durante o ano todo. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de discutir acerca da expansão de empreendimentos/usinas fotovoltaicas (UFV) no estado cearense e do desmatamento inerente à sua implantação. Foram obtidos dados na Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) e no Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLOR), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Ao todo, foram catalogados 150 empreendimentos, licenciados de 2011 a 2022, em diferentes fases de licenciamento (prévia, instalação, operação). Desses, 27 entraram em operação até dezembro de 2022, tendo sido desmatados 2.045 hectares (ha), com rendimento lenhoso de 157.388,13 st de lenha. Observou-se que, em relação à concentração de empreendimentos licenciados, quatro regiões se destacaram: Vale do Jaguaribe; Cariri; Grande Fortaleza e Centro Sul. No quesito quantitativo de área autorizada para desmatamento, visando à implantação das UFVs, o Vale do Jaguaribe e a Grande Fortaleza obtiveram as primeiras posições. Ressalta-se que o Vale do Jaguaribe teve a maior área desmatada (1.379,64ha), porém, o rendimento lenhoso obtido na região da Grande Fortaleza foi superior. Tal fato ocorreu, provavelmente, devido a diferenças entre unidades geomorfológicas e fitoecológicas de cada local, assim como a fatores de adensamento da vegetação e uso do solo.

Palavras-chave: Desmatamento; Energia Solar Fotovoltaica; estado do Ceará.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana, geram preocupação em nível mundial. Decorrem de alterações na composição da atmosfera global, comprometendo o perfil da temperatura terrestre, podendo, como exemplo clássico, intensificar o efeito estufa (Godoy; Penha; Cruz, 2022).

Infelizmente, as fontes de energia predominantes na matriz energética mundial ainda são de origem fóssil, como o petróleo e seus derivados, o carvão mineral e o gás natural. Segundo publicação do relatório Mudanças Climáticas 2022: Mitigação das Mudanças Climáticas, contribuição do Grupo de Trabalho III, que trata da última parte do sexto relatório do IPPC (AR6), é fundamental que haja reduções drásticas e imediatas nas emissões de gases de efeito estufa; caso isso não ocorra, a limitação do aquecimento global entre 1,5°C e 2°C, proposta no Acordo de Paris, de 2015, estará fora de alcance. Para limitar o aquecimento cerca de 1,5°C, as emissões teriam que atingir o pico, antes de 2025, e serem reduzidas em 43%, até 2030 (IPCC, 2022).

Considerando que a demanda por energia cresce exponencialmente, acompanhando o crescimento populacional, o desafio dos últimos tempos parece ser o de atender às necessidades humanas em níveis sustentáveis de uso de energia, de modo a evitar/mitigar as mudanças climáticas e a garantir o bem-estar geral das pessoas (Voguel *et al.*, 2021).

Nesse contexto surgem, como alternativa à utilização de combustíveis fósseis com altas emissões de gás carbônico, as energias renováveis, a exemplo da solar fotovoltaica, da eólica, de biomassa, da geotérmica (REN, 2023).

A energia solar fotovoltaica, em particular, caracteriza-se como fonte de baixo impacto ambiental, não comprometendo o ambiente com emissões de gases do efeito estufa durante seu funcionamento, com principais interferências socioambientais na etapa de implantação do empreendimento (Petry; Ramos; Costa, 2020).

Ressalta-se que a região brasileira com os maiores valores de irradiação solar e com a menor variabilidade anual é a região Nordeste, onde o Ceará se destaca, tendo aproximadamente 93% do seu território inserido no clima semiárido e radiação solar incidente durante o ano todo (Lira *et al.*, 2019).

Cumpra observar, contudo, que, apesar das vantagens mencionadas, não há como desvincular o impacto ambiental provocado pelas UFVs, ainda que ele seja inferior ao das formas tradicionais de geração de energia elétrica. O desmatamento para obras de implantação impacta as esferas ambientais, sociais/regionais (Borges Neto *et al.*, 2020).

Em relação aos módulos fotovoltaicos, eles têm durabilidade de cerca de 25 a 30 anos e impactam fauna e flora *in loco*, de forma que as adversidades resultantes precisam, de alguma forma, serem mitigadas/compensadas (Rodrigues; Freitas, 2022).

O objetivo do artigo é, então, identificar empreendimentos/usinas fotovoltaicas (UFV) licenciados no estado cearense ao longo do período de 2011 a 2022 e discutir comentários sobre o desmatamento inerente à sua implantação, levando-se em consideração a busca por novas tecnologias de energia mais benéficas ao meio ambiente e viáveis economicamente e a expansão da geração de energia solar fotovoltaica, na região Nordeste, especialmente no estado do Ceará, sem desconsiderar os impactos ambientais decorrentes desta atividade.

2. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO MUNDO, BRASIL E NO CEARÁ

Trata-se de tipo de energia que vem revolucionando o mercado energético mundial por ser uma forma de descentralização energética, ao promover maior independência para os consumidores dessa tecnologia, principalmente, quando se considera o cenário atual de variações climáticas, devido a períodos recorrentes e duradouros de secas, que contribuem com a escassez do volume d'água dos rios e, conseqüentemente, comprometem a produção das usinas hidrelétricas (ainda avaliada como principal componente da matriz elétrica brasileira) (Petry; Ramos; Costa, 2020). Além disso, não compromete o ambiente com emissões de gases do efeito estufa durante seu funcionamento,

Observa-se, na Fig. 1, que a China se destacou em 2022 com implantação de 106 GW de energia Fotovoltaica (FV), o que representa 44% do mercado global, equilibrado entre sistemas centralizados e distribuídos. A União Europeia ficou em segundo lugar, seguida pelos EUA, onde foram instalados cerca de 18,6 GW, seguidos pela Índia, com aumento de mercado de 18,1 GW. O Brasil apareceu em quarto lugar, em relação à capacidade instalada (9,9 GW em 2022), e em décimo lugar, quanto à capacidade acumulada (23,6GW); aproximando-se, nesse último cenário, a países como Austrália, Espanha, Itália e Coreia (IEA-PVPS, 2023).

Tal fato fez com que a energia FV fosse avaliada como uma das principais soluções em desenvolvimento para o combate às mudanças climáticas (IEA-PVPS, 2023).

FOR ANNUAL INSTALLED CAPACITY				FOR CUMULATIVE CAPACITY			
1		China	106 GW	1		China	414,5 GW
(2)		European Union	38,7 GW	(2)		European Union	209,3 GW
2		USA	18,6 GW	2		USA	141,6 GW
3		India	18,1 GW	3		Japan	84,9 GW
4		Brazil	9,9 GW	4		India	79,1 GW
5		Spain	8,1 GW	5		Germany	67,2 GW
6		Germany	7,5 GW	6		Australia	30 GW
7		Japan	6,5 GW	7		Spain	26,6 GW
8		Poland	4,9 GW	8		Italy	25 GW
9		Australia	3,9 GW	9		Korea	24,8 GW
10		Netherlands	3,9 GW	10		Brazil	23,6 GW

Figura 1 – Os dez países em destaque quanto à capacidade anual instalada em 2022 e quanto à capacidade cumulativa.

É importante pontuar que a geração de energia FV pode ser configurada de forma centralizada ou distribuída. A geração centralizada, representada pelas UFVs, caracteriza-se por sistemas com potência superior a 5 MW, e geralmente localizam-se distantes dos centros consumidores, com conexão a uma rede de transmissão de alta tensão, de forma a transportar a eletricidade gerada até os centros de distribuições, e, então, aos consumidores finais (Cruz, 2018; Avelino, 2020).

A geração distribuída em micro ou minigeração (MMGD), por sua vez, é aquela instalada em casas e indústrias, por exemplo, e permite gerar a energia elétrica no próprio local de consumo ou em sua proximidade (Cruz, 2018; Avelino, 2020). Por definição da Resolução Normativa ANEEL nº1.000/2021 e da Lei 14.300, a modalidade de Microgeração é concebida como uma central geradora de energia elétrica ou de cogeração qualificada, com potência em corrente alternada menor ou igual a 75 kW; ao passo que a Minigeração distribuída fotovoltaica diferencia-se pela potência instalada, podendo ir de 75 kW até 3 MW (em casos específicos, conforme disposto no Parágrafo Único, inciso XIII do art.1º da Lei nº14.300/2022, a fotovoltaica pode atingir até 5 MW).

Cumpra sublinhar que este trabalho tratará da evolução dos empreendimentos FV de natureza centralizada, no estado do Ceará, tendo em vista as extensas áreas de ocupação que demandam desmatamentos de dezenas, e até centenas de hectares, o que impacta, de forma relevante, o meio ambiente, com alterações na dinâmica da fauna e flora locais.

2.1 Energia solar fotovoltaica no Brasil

O Brasil, em particular, tem alto potencial para produção de energia solar fotovoltaica, uma vez que a quase totalidade de seu território situa-se entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, com característica de incidência mais vertical dos raios solares e, consequentemente, com altos níveis de irradiância (média anual entre 1.200 e 2.400 kWh/m²ano). A região Nordeste destaca-se quanto ao uso desse tipo de energia, posto que agrega a maior média de irradiação anual, associada à menor taxa de variabilidade interanual e a menores amplitudes em todas as estações do ano, o que proporciona estabilidade para a produção de energia solar (Avelino, 2020).

Quanto à matriz elétrica brasileira, em 2024, a partir de dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR (atualizados até abril de 2024), demonstrados na Fig.2, a fonte hídrica continuou predominando, com 109.949 MW de capacidade instalada, representando 48,0% do total. A fonte solar fotovoltaica aparece logo depois, com 41.196 MW (18,0%), somando-se geração centralizada e distribuída, seguida pela eólica, com 29.786 MW (13,0%).

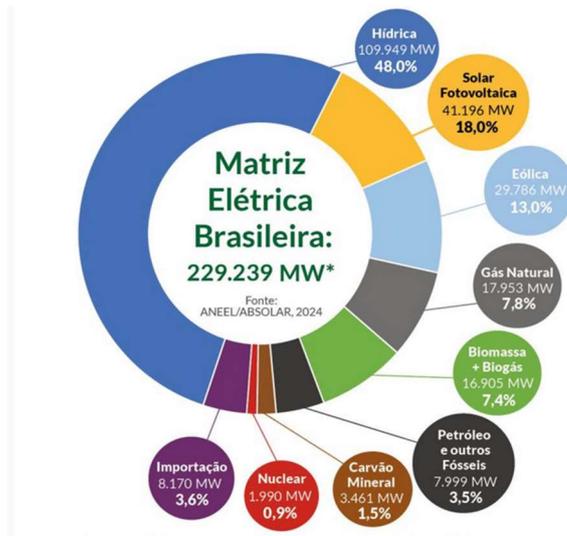


Figura 2 – Representatividade da Matriz Elétrica Brasileira por tipos de energia. Fonte: ABSOLAR (2024).

Quanto à energia solar FV, dos 41.196 MW de capacidade instalada, verifica-se na Fig.3, que 12.805 MW representam a geração centralizada e 28.391 MW, a geração distribuída. Em termos percentuais, a geração centralizada corresponde cerca de 31% e a distribuída, cerca de 69% do total.

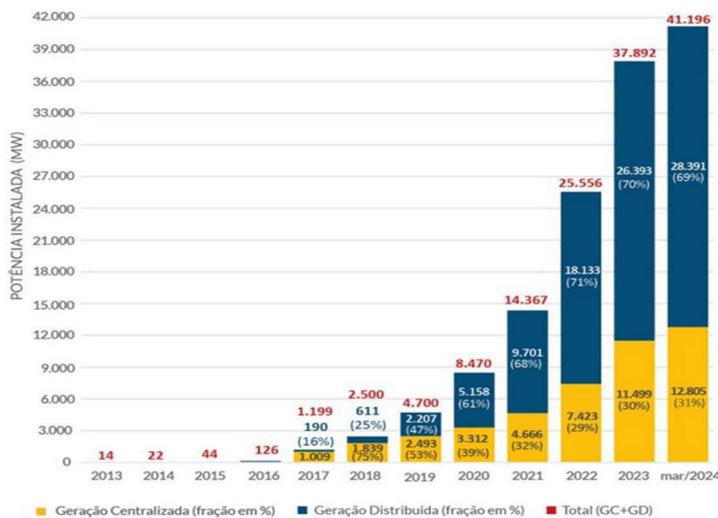


Figura 3 – Evolução da energia solar FV no Brasil. Fonte: ABSOLAR (2024).

Segundo Oliveira e Guerra (2021), a expansão da capacidade instalada da modalidade de geração centralizada está diretamente relacionada ao incentivo às políticas e planejamento do setor de energia do país, manifestado através dos leilões de energia realizados nos últimos anos.

A Lei 10.848 de 2004 (que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica) mudou a direção dos incentivos/investimentos com a introdução dos leilões de compra de energia, tanto por meio de leilões específicos quanto por meio de tratamento diferenciado para as novas renováveis; o primeiro leilão de energia solar ocorreu em 2014. A sistemática de leilões específicos foi se consolidando com sucesso, à medida que coincidia com a queda sistemática dos preços da fonte solar nos mercados globais (Pereira; Ruther, 2021).

2.2 Energia solar fotovoltaica no Ceará

A matriz elétrica cearense distingue-se da matriz elétrica brasileira por ser alicerçada, principalmente, em usinas eólicas e térmicas. Conforme a Fig.4, juntas, essas fontes representaram, no ano de 2021, 93,72% da geração de eletricidade do estado (EPE, 2022).

De um total de 16.609 GWh (100%) de energia elétrica, gerada em 2021, 8.287 GWh (49,89%) corresponde à fonte eólica; 7.281 GWh (43,83%), à fonte térmica; 1.037 GWh (6,24%), à fonte solar fotovoltaica e 4 GWh (0,02%) à fonte hidrelétrica.

Geração de energia elétrica no Ceará (GWh) (%) em 2021

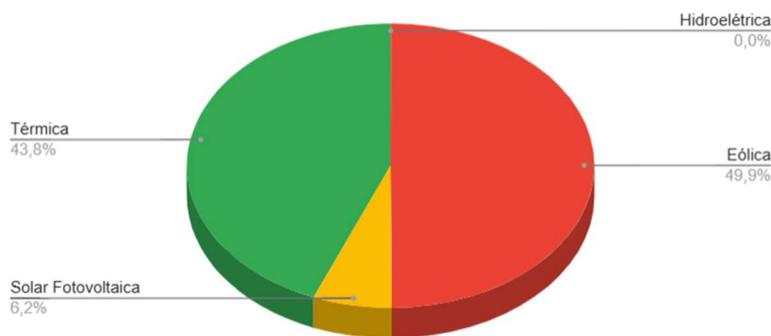


Figura 4 – Participação de fontes de energia na matriz elétrica cearense em 2021. Fonte: EPE (2022).

A explicação para a participação insignificante de hidrelétricas no estado deve-se, principalmente, às precipitações irregulares, características da região, detentora de muitos rios intermitentes. Os quadros de estiagens e secas distribuem-se por todos os meses do ano, ocorrendo com maior frequência, no período de pouca chuva, entre junho e outubro, com o fim da quadra chuvosa (Lima e Lira, 2021).

No Ceará, a produção hidrelétrica é realizada por meio de duas Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH): uma localizada na Macrorregião do Sertão de Sobral, no açude Taquara, no município de Cariré (CGH de Taquara), capaz de gerar 860 KW de potência; e outra, localizada entre os municípios de Alto Santo e Iracema (CGH de Figueiredo), com capacidade de 403 KW de potência. Além delas, há no estado uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), denominada PCH de Araras, com potência instalada de 4 MW e situada no rio Acaraú, no município de Varjota (Wikipedia, 2020).

Assim, em vista da escassez de recursos hídricos no estado do Ceará, a diversificação da matriz elétrica torna-se ainda mais importante, como forma de garantir a segurança da continuidade do suprimento energético, em consonância com a sustentabilidade e a redução dos impactos ambientais (Lira *et al.*, 2019).

3. METODOLOGIA

Com relação à coleta e à análise dos dados, efetuou-se levantamento sobre empreendimentos de geração de energia elétrica solar fotovoltaica centralizada no estado do Ceará, por meio do aplicativo SEMACE MOBILE.

Para essa pesquisa selecionou-se a opção “Consulta de processos de licenciamento ambiental”, com vistas a quantificar o número de processos. Utilizou-se o filtro de busca avançada, preenchendo-se os seguintes itens de pesquisa: tipologia de atividade (código 09.11 – Energia Solar/ Fotovoltaica – geração, transmissão e distribuição de energia); situação (todas); tipo de processo (físico/digital) e data de emissão da licença ambiental. O período de busca utilizado contemplou uma série histórica de aproximadamente 12 anos (período compreendido entre 01/01/2011 e 31/12/2022). O período inicial foi determinado considerando-se que, em 2011, foi instalada a primeira usina fotovoltaica no estado do Ceará, o complexo solar de Tauá, localizado na cidade de Tauá, a 360 km de Fortaleza-CE (Cruz, 2018).

Após clicar em consultar, gerou-se uma planilha em Excel e realizou-se apuração dos seguintes filtros, como se pode visualizar na Tab.1.

Tabela 1 – Tipo de busca realizada na SEMACE para confecção de dados sobre UFV no Ceará.

Filtros	Observações de busca
Número do processo	SPU
Interessado	Nome do empreendimento/ CNPJ
Atividade	Energia solar/Fotovoltaica
Tipo de processo	Físico/Digital
Tipo de licença	LP/Ren LP/ LI/Ren LI/ LO/ Ren LO/ LIO/ Ren LIO
Cidade	Municípios do estado do Ceará
Data de emissão da licença	Dia/mês/ano
Data de validade da licença	Dia/mês/ano
Situação da licença	Em vigência/ Emitida
Coordenadas do empreendimento	Latitude/Longitude (coordenadas geográficas)

As informações serviram para subsidiar a elaboração dos mapas e gráficos de localização das UFVs no Ceará, no período de pesquisa selecionado, demonstrando-se a distribuição regional e o quantitativo de empreendimentos em cada fase de licenciamento ambiental.

Para confecção do mapa de localização das UFVs, utilizou-se o software QGIS, versão 3.22, DATUM SIRGAS 2000, no qual os dados da planilha em Excel foram inseridos e transformados em formato shapefile (.shp), que foi comparado com o arquivo (.shp), do estado do Ceará e das Regiões de Planejamento, obtidas no site do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Dessa forma, pôde-se identificar onde se concentram o maior número de empreendimentos. As coordenadas utilizadas foram no formato geográfico. Para a confecção dos gráficos, usou-se a ferramenta Excel com inserção de dados das Usinas (região de localização, tipo de licença em vigência), tendo-se escolhido a forma de apresentação em colunas.

Acerca dos dados de desmatamento, as informações foram colhidas pela análise dos processos de autorização de supressão vegetal para implantação dos empreendimentos pesquisados. Utilizou-se acesso ao SIGA e ao SINAFLOR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Localização de empreendimentos FVs licenciados no Ceará entre o período de 2011 a 2022

Foram catalogados 150 empreendimentos. Na Fig. 5 mostra-se a localização geográfica dos empreendimentos FVs, enquanto na Fig.6 apresenta-se o número de empreendimentos FVs por tipo de região e por tipo de licença obtida na SEMACE (Licença Prévia – LP; Renovação LP; Licença de Instalação – LI; Renovação de LI; Licença de Instalação e Operação – LIO; Renovação LIO; Licença de Operação – LO; Renovação de LO).

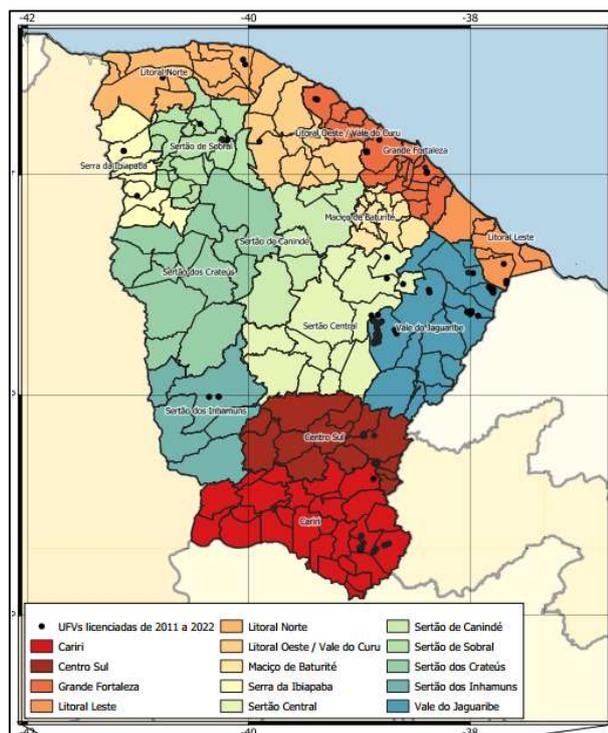


Figura 5 – Localização regional de empreendimentos/ UFVs licenciadas no Ceará entre 2011 e 2022.

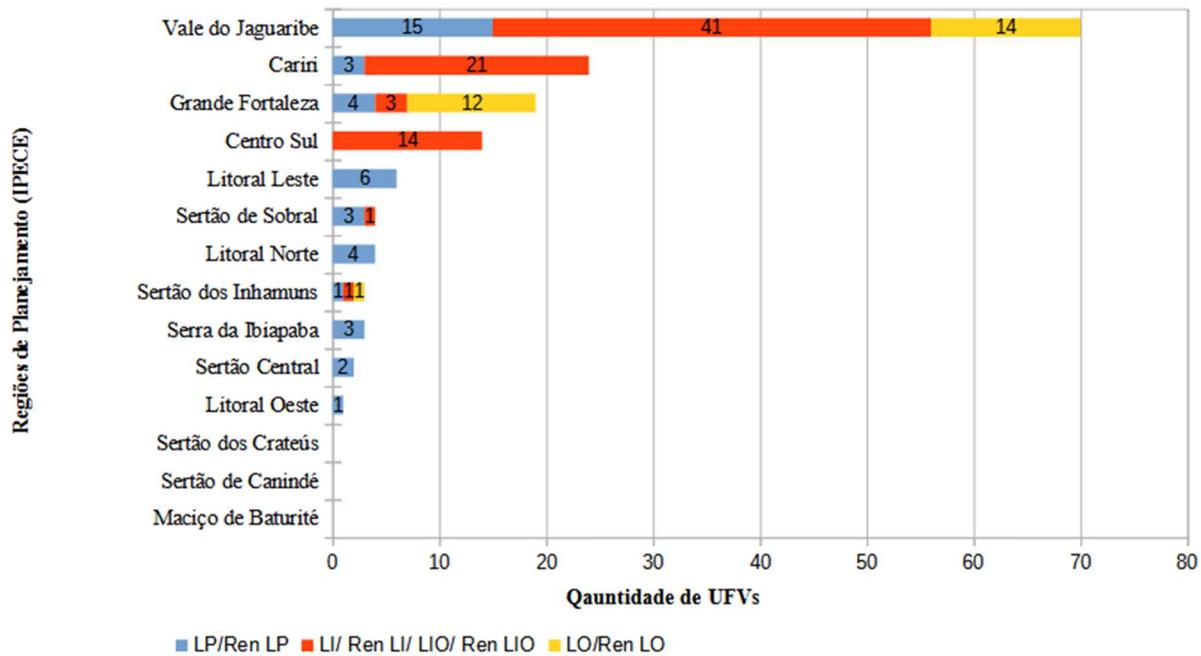


Figura 6 – Quantidade de empreendimentos FVs por região e por tipo de licença vigente. (Licença Prévia – LP; Renovação LP; Licença de Instalação – LI; Renovação de LI; Licença de Instalação e Operação – LIO; Renovação LIO; Licença de Operação – LO; Renovação de LO).

Constatou-se que as quatro regiões de planejamento do Ceará que se destacaram no quesito concentração de empreendimentos FVs foram as seguintes: Vale do Jaguaribe; Cariri; Grande Fortaleza e Centro Sul. É interessante sinalizar que, no período pesquisado não se identificou empreendimento FV centralizado nas regiões do Maciço de Baturité, Sertão de Canindé e Sertão de Crateús.

Além disso, ainda com base nos dados da Fig.6, observou-se que, dos 150 empreendimentos fotovoltaicos catalogados, 27 entraram em operação até dezembro de 2022. Na Fig.7 (a) demonstra-se a distribuição desses empreendimentos nas seguintes regiões: Vale do Jaguaribe, Grande Fortaleza e Sertão dos Inhamuns e na Fig.7 (b) demonstra-se a relação das potências nominais instaladas nas regiões referenciadas.

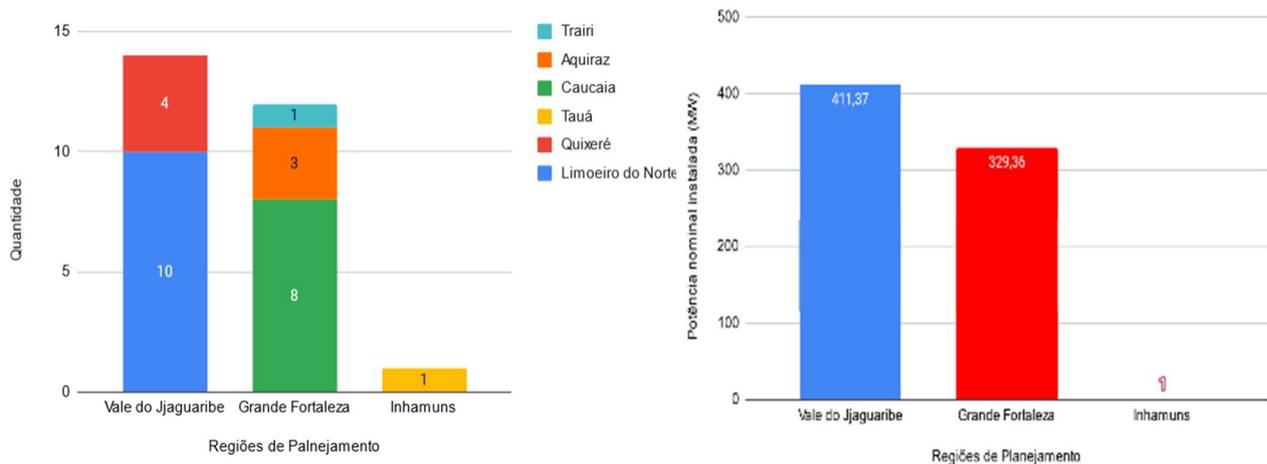


Figura 7 – Distribuição de empreendimentos FVs em operação, por região e por município (a) e potências nominais dos empreendimentos nessas regiões (b).

Na Fig.8(a), relata-se o quantitativo de áreas desmatadas para implantação dos 27 empreendimentos e, na Fig.8(b), destaca-se o respectivo rendimento lenhoso, em estéreos (st) dessas áreas.

De acordo com o disposto na Seção II, da Resolução COEMA n.º 02/2019, que trata do Licenciamento Florestal, dentre as autorizações emitidas pela SEMACE para desmatamento, encontra-se a Autorização para Supressão de Vegetação (ASV), que permite a supressão de vegetação nativa de determinada área para fins de uso alternativo do solo, visando à instalação de empreendimentos de utilidade pública ou de interesse social, conforme definido, respectivamente, nos incisos VIII e IX, do Art. 3.º, da Lei Federal nº 12.651/2012. As UFVs solicitam esse tipo de autorização por desenvolverem atividade de utilidade pública.

Antes da emissão da referida autorização é gerado Parecer Técnico, que relata vistoria no local a ser desmatado, com vistas a analisar a vegetação nativa in loco, a existência de espécimes vegetais protegidos por lei, as áreas com restrição para instalação (reserva legal, APP, terras de Indígenas, de Quilombolas ou Assentamentos), as feições do relevo local. No Parecer, menciona-se a área que foi requerida para supressão e calcula-se, a partir da avaliação do potencial do potencial madeireiro estimado da vegetação, a quantidade aproximada em metros cúbicos ou em estereos de madeira que resultará da exploração.

Assim, consultou-se, no sistema SIGA da SEMACE, o quantitativo de rendimento lenhoso constante nos Pareceres Técnicos e nas autorizações de supressão vegetal, emitidas para implantação das UFVs no Ceará; dados apresentados na Fig.8.

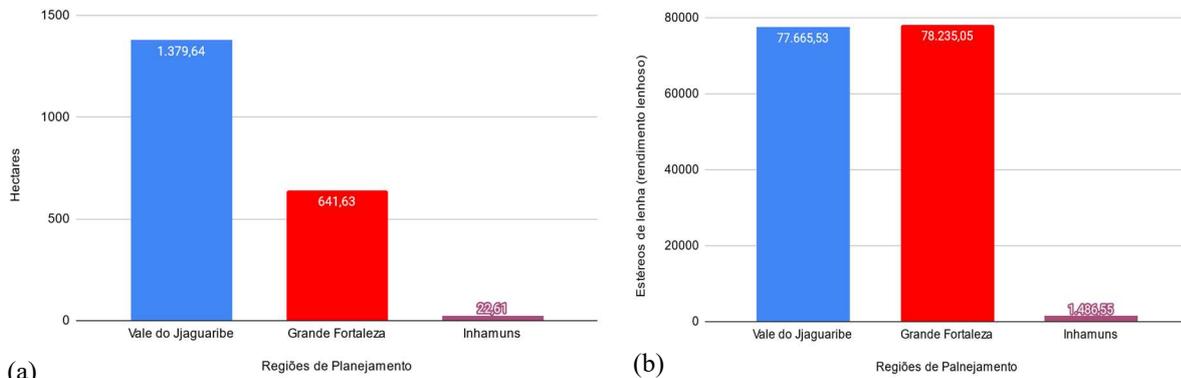


Figura 8 – Área desmatada (ha) por UFVs (a) e rendimento lenhoso (b).

Verifica-se, ao se comparar os dados das Fig.8(a) e 8(b) que, apesar da diferença significativa de área desmatada entre as regiões do Vale do Jaguaribe e da Grande Fortaleza (que mais se destacaram), o rendimento lenhoso desta última região se apresentou superior. Esse fato, provavelmente se deve a diferenças entre características das regiões como, por exemplo, geomorfológicas, fitoecológicas, adensamento da vegetação e uso do solo.

A partir da leitura dos Pareceres Técnicos relativos às licenças ambientais e das autorizações de supressão, emitidas pela SEMACE, realizou-se levantamento acerca de aspectos geoambientais dos locais de implantação das UFVs, com as seguintes considerações (Tab. 2) sobre as regiões do Vale do Jaguaribe e da Grande Fortaleza.

Tabela 2 – Considerações sobre as áreas de implantação de empreendimentos FVs no Ceará por região de planejamento.

Regiões	Características Geoambientais
Vale do Jaguaribe (municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré)	<p>Relevo plano (sem ondulações), podendo ser observadas as seguintes Unidades Geomorfológicas: Superfície Sertaneja, Chapada do Apodi e Planície Fluvial do rio Jaguaribe.</p> <p>Vegetação característica ocorrente é, geralmente, bem dispersa, com pouco adensamento e composta pela Caatinga Arbóreo-Arbustiva, sendo as espécies vegetais mais presentes as seguintes: <i>Caesalpinia pyramidalis</i> (Catingueira), <i>Combretum leprosum</i> (Mofumbo), <i>Croton blanchetianus</i> (Marmeleiro), <i>Mimosa Caesalpinifolia</i> (Sabiá),</p> <p>Localização em zona rural, integrando o contexto da mesorregião do Jaguaribe e com o desenvolvimento socioeconômico pautado sobretudo no agronegócio de frutas tropicais com destaque para a produção de melão e banana. Porém, também há presença de áreas de pastagens e solos expostos.</p> <p>Compartimentação geomorfológica compreendendo: Depressão Sertaneja, Maciços Residuais e Cristas, Tabuleiros Costeiros e Planície Litorânea.</p>
Grande Fortaleza (municípios de Caucaia, Aquiraz e Trairi)	<p>Cobertura vegetal nativa classificada por Vegetação Arbustiva arbórea, que vai se adensando à medida que o cristalino começa a ser substituído pela formação barreiras, em direção ao litoral (Tabuleiro Litorâneo).</p>

5. CONCLUSÕES

Diante do atual contexto de mudanças climáticas, envolvendo o aquecimento global e a predominância de fontes com altas emissões de gás carbônico – como petróleo, carvão mineral e gás natural –, o uso de fontes energéticas renováveis é essencial para que a temperatura da Terra seja amenizada ao longo dos anos, o que contribuiria para a possível redução da emissão de poluentes, ao se utilizar de fontes naturais, abundantes.

Nesse sentido, a energia solar fotovoltaica no Brasil – em especial na região Nordeste, com destaque para o estado do Ceará – vem revolucionando o mercado energético, posto que representa uma forma de descentralização, promovendo maior independência para os consumidores dessa tecnologia; além do fato de não emitir poluentes em sua fase de operação.

Porém, há sempre impactos relacionados às fontes energéticas; no caso da fotovoltaica, destaca-se o desmatamento para implantação dos módulos FVs, que costuma envolver extensas áreas ocupadas. Como exemplo, uma usina situada em um terreno de 45 hectares tem capacidade de 15 MW para o consumidor, ou seja, para produção de cada MW teria de se ocupar um terreno de cerca de 3ha (Aranha, 2022).

Este estudo teve como proposta a discussão acerca do desmatamento inerente a implantação de empreendimentos/usinas fotovoltaicas (UFV) no estado cearense. Os dados foram obtidos na SEMACE e no SINAFLO. Ao todo, foram catalogados 150 empreendimentos, licenciados de 2011 a 2022, em diferentes fases de licenciamento (prévia, instalação, operação). Desses, 27 entraram em operação até dezembro de 2022, distribuídos pelas seguintes regiões: Vale do Jaguaribe, Grande Fortaleza e Sertão dos Inhamuns.

O quantitativo de área desmatada para implantação das 27 UFVs foi de 2.058,88 ha, com rendimento lenhoso de 157.388,13 st de lenha. Observa-se que a maior parte dos empreendimentos catalogados (123), no período pesquisado, ou estavam em fase de instalação, ou estavam com projeto prévio aprovado; destacando-se o fato de que estes últimos são complexos fotovoltaicos (o maior deles, a ser implantado em Quixeré, contará com 41 UFVs, com potência nominal total de 1,3 GW).

Assim, é importante avaliar, de forma criteriosa, o processo de expansão de energias renováveis, como a solar fotovoltaica, por exemplo, com vistas a se respeitar a sustentabilidade ambiental. A utilização de fontes menos poluentes ou de fontes que não gerem gases de efeito estufa, durante sua operação, é importante no atual cenário de mudanças climáticas. Há que se analisar, contudo, até que ponto os impactos resultantes podem ou não comprometer o meio ambiente. Pensar em alternativas locais, para a implantação dos empreendimentos que ocupam extensas áreas, é um caminho interessante, assim como a implantação de empreendimentos híbridos de energia elétrica (que utilizem mais de uma fonte de energia).

Espera-se que as informações deste trabalho sirvam de subsídio para planejamentos estratégicos no estado do Ceará, a médio e longo prazo, relativos à utilização da energia solar fotovoltaica centralizada e que possam contribuir para pesquisas científicas futuras acerca do tema.

REFERÊNCIAS

- Aranha, C.; 2022. Energia Solar Deve se Tornar 2ª Matriz Elétrica no Brasil. Disponível em: <https://www.czapp.com/pt/analyst-insights/energia-solar-deve-se-tornar-2a-matriz-eletrica-no-brasil/>. Acesso em: 01 out. 2023.
- Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR)., 2023. Infográfico ABSOLAR nº59. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- Avelino, L.P., 2020. Energia Solar Fotovoltaica Centralizada e Distribuída: o Caso do Brasil, Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Portugal.
- Borges Neto, M. R; Borges, T. S. H., Teófilo, R. B., Borges, L. S., 2020. Licenciamento Ambiental para usinas fotovoltaicas em territórios do bioma Caatinga, CBENS - VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza.
- Brasil, D. R., 2020. Reflexões sobre o licenciamento ambiental do processo de produção de energia solar fotovoltaica. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 2, p. 6735-6763. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-103>.
- Cruz, V. O. R., 2018. Avaliação das alterações ambientais ocasionadas por usinas fotovoltaicas no Ceará, Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental), DCMA, UFRJ, Três Rios.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2023. Balanço Energético Nacional (BEN) Relatório Síntese 2023: Ano base 2022. Ministério de Minas e Energia (MME).Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 13 ago. 2023.
- Energia no Ceará, 2020. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Energia_no_Cear%C3%A1&oldid=59552903. Acesso em: 25 out. 2023.
- Godoy, T., Penha, L., Cruz, T., 2022. Mudanças Climáticas: Histórico e Futuro, O eco da Graduação, v.7, n.2, p.26-40. Disponível em: <http://ecodagraduacao.com.br/index.php/ecodagraduacao/article/view/129>. Acesso em: 10 jan. 2023.

- International Energy Agency (IEA)., 2023. Snapshot of Global PV Markets 2023. Report IEA-PVPS T1-44. Disponível em: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/04/IEA_PVPS_Snapshot_2023.pdf. Acesso em: 01 mai. 2023.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC)., 2022. AR6 Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- Lima, M. A da S., Lira, M. A. T., 2021. A Variabilidade Climática e os Desastres Naturais no Estado do Ceará (1991-2019). Revista Brasileira de Meteorologia, v.36, n.3, p.603-614. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863630035>.
- Lira, M.A.T., Melo, M. L., Rodrigues, L.M., Souza, T.R.M., 2019. Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO2 no Estado do Ceará. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 34, n. 3, p. 389-397. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786343046>.
- Nascimento, M. G., Souza, B. C. B. N., Junior, R. A. M., Camara, R. a., Fernandes, A. C. G; Mello, S. C., 2022. Impactos ambientais associados à instalação e ao funcionamento de parques solares: estudo de nível de interesse por análise cognitiva de dados TREND DATA. Research, Society and Development, v. 11, n. 13, p. 1-15. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35265>.
- Oliveira, I. C.; Guerra, F. K de O. M.; 2021. Geração Fotovoltaica no Ceará. Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica, v. 3, n. 2, p. 38-49. <https://doi.org/10.21708/issn27635325.v3n2.a10567.2021>.
- Pereira, O. S.; Ruther, R.; 2021. Energia Solar Fotovoltaica. Revista Brasileira de Energia, v. 27, n. 3, p. 61-84. <https://doi.org/10.47168/rbe.v27i3.642>.
- Petry, P.M.; Ramos, K.N.; Costa, H.K de K., 2020. A expansão da energia fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, ed especial, p. 22-43. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102287>.
- Renewable Energy Policy Network For 21st Century (REN), 2023. Renewables 2023: Global Overview. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2023_GlobalOverview_Full_Report_with_endnotes_web.pdf. Acesso em 02 abr. 2023.
- Rodrigues, A. G., Freitas, F. B., 2022. Estudo da Viabilidade de Implantação do Sistema de Energia Solar Fotovoltaica como Alternativa para a Crise Energética Brasileira. Engenharia na Prática, Epitaya E-books, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 154-197. <https://doi.org/10.47879/ed.ep.2022397p154>.
- Semace Mobile. In: Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Disponível em: <https://mobile.semace.ce.gov.br/>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- Vogel, J., Steinberger, J. K., O'Neil, D.W., Lamb, W. F., Krishnakumar, J., 2021. Socio-economic conditions for satisfying human needs at low energy use: An international analysis of social provisioning. Global Environmental Change, v.69, p. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102287>.

DEFORESTATION INHERENT TO THE INSTALLATION OF CENTRALIZED PHOTOVOLTAIC PLANTS IN THE STATE OF CEARÁ

Abstract. Socioeconomic development drives an increase in energy demand, which increases the exploitation of fossil fuels in the global energy matrix. This signals the need to implement renewable energy models, such as solar photovoltaics. Brazil, in particular, has potential for the exploration of photovoltaic solar energy, given its privileged location, with solar incidence throughout the year. In the Northeast region, the state of Ceará stands out for having approximately 93% of its territory in a semi-arid climate, with solar radiation incident throughout the year. Thus, the objective of this work was to discuss the expansion of photovoltaic projects/plants (UFV) in the state of Ceará and about the deforestation inherent to their implementation. Data were obtained from the Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) and from Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLO) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). In total, 150 projects were catalogued, licensed from 2011 to 2022, in different licensing phases (preliminary, installation, operation). Of these, 27 came into operation by December 2022, with 2,058.88 ha having been deforested, with a woody yield of 157,388.13 st of firewood. It was observed that, in relation to the concentration of licensed enterprises, four regions stood out: Vale do Jaguaribe; Cariri; Grande Fortaleza and Centro Sul. In terms of quantity of area authorized for deforestation, Vale do Jaguaribe and Grande Fortaleza obtained the first positions. It is noteworthy that the Vale do Jaguaribe had a larger deforested area, however, the woody yield obtained in the Grande Fortaleza region was higher. This fact was probably due to the differences between geomorphological and phytoecological units of each location, as well as the factors of vegetation density and land use.

Keywords: Deforestation; Photovoltaic Solar Energy; state of Ceará