



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

VALDEIR CARLOS ARAÚJO DE MEDEIROS

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL
ENERGÉTICO SOLAR NO MUNICÍPIO DE IPUEIRA/RN**

ANGICOS

2022

VALDEIR CARLOS ARAÚJO DE MEDEIROS

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL
ENERGÉTICO SOLAR NO MUNICÍPIO DE IPUEIRA/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Rogério Taygra Vasconcelos
Fernandes, Prof. Dr.

ANGICOS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M488g Medeiros, Valdeir Carlos Araújo de.
Geotecnologias Aplicadas a Avaliação do
Potencial Energético Solar no Município de
Ipueira/RN / Valdeir Carlos Araújo de Medeiros. -
2022.
54 f. : il.

Orientador: Rogério Taygra Vasconcelos
Fernandes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2022.

1. Energia Elétrica. 2. Matriz Energética. 3.
Irradiação Solar. 4. Geoprocessamento. I. Taygra
Vasconcelos Fernandes, Rogério, orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

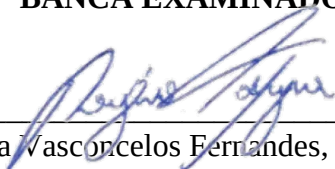
VALDEIR CARLOS ARAÚJO DE MEDEIROS

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL
ENERGÉTICO SOLAR NO MUNICÍPIO DE IPUEIRA/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 03 / 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA


Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

OSVALDO NOGUEIRA DE SOUSA Assinado de forma digital por OSVALDO
NETO:02352207363 NOGUEIRA DE SOUSA NETO:02352207363
Data: 2022.06.14 10:00:28 -03:00
Oswaldo Nogueira de Sousa Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 MARCUS VINICIUS SOUSA RODRIGUES
Data: 14/06/2022 10:50:52-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>
Marcus Vinicius Sousa Rodrigues, Prof. Dr. (UFMA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo que conquistei até agora, por ter me dado saúde e força para superar todos os obstáculos, mas peço sabedoria para conquistar muito mais.

Agradeço à minha mãe Geone Carla Araújo de Medeiros, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas mais difíceis, de desânimo e cansaço.

Agradeço ao meu pai Valdimir Araújo de Medeiros, que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que para mim foi muito importante.

Agradeço a minha irmã Geísa Carla Araújo de Medeiros, por sempre me dar forças, palavras motivacionais e puxões de orelha.

Agradeço ao meu amor Joyce de Araújo Medeiros, sou muito grato por seu apoio e incentivo, por compartilhar palavras de encorajamento e força.

Agradeço a todos, parentes e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar à conclusão do meu curso e começo de uma nova carreira.

Agradeço ao meu professor e orientador Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes pela orientação, apoio e confiança. É com muita admiração e respeito que gostaria de expressar o meu agradecimento por tudo que você já fez por mim, foi essencial na minha formação acadêmica e pessoal.

Agradeço aos membros examinadores, Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto e Prof. Dr. Marcus Vinicius Sousa Rodrigues, pelas considerações e contribuições para o presente trabalho.

Agradeço a equipe LAPP, na qual participei, por todo o aprendizado e toda a ajuda e contribuição na elaboração de projetos e produções acadêmicas.

“Deus não nos fez perfeitos e não escolhe os
capacitados, capacita os escolhidos.”

Albert Einstein

RESUMO

O consumo crescente de energia elétrica em todo o mundo tem estimulado uma corrida pela diversificação de novas fontes de energia, com o intuito de promover a segurança e a diversificação da matriz energética. Nesse sentido, as fontes de energias renováveis vêm se difundindo de forma crescente, ampliando as possibilidades de geração de energia elétrica, contribuindo assim para a ampliação de investimentos no setor, especialmente no litoral e no interior, onde predomina a energia eólica com a ocorrência de ventos intensos e a energia solar com elevada incidência da radiação solar, respectivamente. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do município de Ipueira-RN energético para a instalação de uma usina solar fotovoltaica, por meio do desenvolvimento de critérios estabelecidos de acordo com a legislação vigente e a literatura científica. Para a realização do estudo foram utilizadas geotecnologias como ferramentas no apoio à decisão e interpretação das informações elaboradas a partir dos dados coletados, levando em consideração o uso e ocupação do solo, existência de corpos d'água e cursos d'água, a topografia do terreno através da análise da declividade e o relevo da região, a faixa de domínio das rodovias e a irradiação solar existente na área de estudo. Com o processamento e avaliação dos dados obtidos, foi possível delimitar o potencial energético para a instalação de uma usina solar fotovoltaica resultando em 119 áreas disponíveis. Assim obedecendo o valor mínimo para abrigar uma usina de painéis fotovoltaicos, 26 hectares ou 0,26 km², foram classificados em 29,59 km² com alto e muito alto, 8,01 km² com alto, 0,62 km² com médio e alto, 33,92 km² com médio e 0,99 km² com muito baixo e baixo, totalizando 12 locais disponíveis. Todas os locais selecionados atendem à área destinada para o total de edificações existentes no município, resultando em uma área de 0,01157 km² ou 11.570 m² com a utilização de 10 m² para cada edificação. Dessa forma, a realização do estudo com a utilização de geotecnologias como ferramentas para o desenvolvimento dos dados, foi constatado que o município de Ipueira-RN apresenta um grande potencial para a geração de energia solar, chegando a um valor de 5950,00 Wh/m² de irradiação solar, podendo ser empregada em grande parte do território municipal.

Palavras-chave: Energia Elétrica. Matriz Energética. Irradiação Solar. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The growing consumption of electricity worldwide has stimulated a race for the diversification of new sources of energy, in order to promote the security and diversification of the energy matrix. In this sense, renewable energy sources are becoming increasingly widespread, expanding the possibilities of power generation, thus contributing to the expansion of investments in the sector, especially on the coast and inland, where wind energy predominates with the occurrence of intense winds and solar energy with high incidence of solar radiation, respectively. Therefore, the present work had as objective to evaluate the potential of the municipality of Ipueira-RN energy for the installation of a solar photovoltaic plant, through the development of criteria established according to the current legislation and the scientific literature. For the accomplishment of the study geotechnologies were used as tools in the support to the decision and interpretation of the information elaborated from the collected data, taking in consideration the use and occupation of the soil, existence of water bodies and water courses, the topography of the land through the analysis of the slope and the relief of the region, the domain strip of the highways and the existing solar irradiation in the area of study. With the processing and evaluation of the data obtained, it was possible to delimit the energy potential for the installation of a solar photovoltaic plant resulting in 119 available areas. Thus obeying the minimum value to house a photovoltaic panel plant, 26 hectares or 0.26 km², were classified into 29.59 km² with high and very high, 8.01 km² with high, 0.62 km² with medium and high, 33.92 km² with medium and 0.99 km² with very low and low, totaling 12 available sites. All the selected sites meet the area destined for the total of existing buildings in the municipality, resulting in an area of 0.01157 km² or 11,570 m² with the use of 10 m² for each building. Thus, the realization of the study with the use of geotechnologies as tools for the development of data, it was found that the city of Ipueira-RN presents a great potential for solar energy generation, reaching a value of 5950.00 Wh/m² of solar irradiation, which can be used in much of the municipal territory.

Keywords: Electric power. Energy Matrix. Solar Irradiation. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte	18
Figura 2 - Consumo Energético por Fonte	19
Figura 3 - Amplitude de Valores do Ângulo de Declinação	21
Figura 4 - Geoprocessamento e Geotecnologias	24
Figura 5 - Captação das Informações	25
Figura 6 – Estrutura do Sistema de Informação Geográfica	26
Figura 7 - Mapa de Localização	29
Figura 8 - Mapa de Irradiação Solar Brasileiro Anual	32
Figura 9 - Mapa de Irradiação Solar Brasileiro Mensal	33
Figura 10 - Mapa do Potencial Energético Solar Brasileiro	34
Figura 11 - Mapa de Cobertura do Solo	38
Figura 12 - Mapa das APPs do Município de Ipueira	40
Figura 13 - Mapa da Delimitação do Buffer da Rodovia	41
Figura 14 – Mapa da Declividade	42
Figura 15 - Mapa do Relevo	43
Figura 16 - Mapa da Área Urbana	44
Figura 17 - Restrições de acordo com os Critérios	45
Figura 18 – Mapa da Irradiação Solar	46
Figura 19 - Relação entre restrições e irradiações	47
Figura 20 - Áreas para Instalação	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade Instalada do Brasil	22
Tabela 2 - Classificação do potencial energético Wh/m ²	48
Tabela 3 - Áreas disponíveis	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Preservação Permanente
BDIA	Banco de Dados de Informações Ambientais
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DIIAV	Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HDIF	Irradiação Difusa Horizontal
HDRI	Irradiação Direta Normal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LABREN	Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia
MDE	Modelo Digital de Elevação
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
RN	Rio Grande do Norte
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIN	Sistema Interligado Nacional
UTM	Universal Transversa de Mercator

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
0° 0' 0''	Graus, minutos e segundos
GW	Gigawatt
Ha	Hectare
Km	Quilômetro
KWp	Quilowatt-pico
KWh	Quilowatt-hora
MW	Megawatt
TWh	Terawatt-hora
Tep	Tonelada de Petróleo
Wh/m². dia	Watt-hora por metro quadrado por dia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1. Fontes de Energias Renováveis	17
3.2. Matriz Energética Brasileira	17
3.3. Energia Solar.....	19
3.4. Ferramentas de Geotecnologias	23
3.5. Uso de Geotecnologias na Avaliação de Potencial de Energia Solar	27
4 METODOLOGIA.....	29
4.1 Área de Estudo.....	29
4.2 Base de Dados.....	30
4.3. Levantamento de Dados.....	31
4.4 Análise de Dados	34
4.5. Critérios	35
4.6. Área para Instalação.....	37
5 RESULTADOS	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O incentivo à diversificação das matrizes energéticas se tornou maior nas últimas décadas, como reflexo do crescimento da demanda de energia por uma sociedade cada vez mais tecnológica, associada à busca por fontes alternativas, mais seguras e menos impactantes ao meio ambiente (BONDARIK et al., 2018). Nesse sentido cada vez mais os países têm se mostrado interessados na exploração das energias renováveis, incentivando investimentos na área e o desenvolvimento de políticas governamentais de subsídio (GALLINA, 2011).

O Brasil está entre os países que mais investem em energias renováveis. No ano de 2020 o país alcançou a marca de 85% de toda matriz energética composta por fontes renováveis, muito acima da média internacional, estimada em 28 % (DOMINGUES, 2021). Em razão da sua localização próximo à linha do Equador, o país apresenta valores de irradiação solar bastante significativos, contribuindo assim para o desenvolvimento de pesquisas na área e o aperfeiçoamento dos painéis fotovoltaicos (WANDERLEY; CAMPOS, 2013). Segundo o Balanço Energético Nacional (2020), no ano de 2020 a capacidade total instalada de geração de energia elétrica no Brasil foi de 174.737 MW, e com as fontes renováveis representando 84,8% da oferta interna em que é resultado da soma dos montantes com relação à produção nacional acrescido das importações.

Dentre as formas para caracterizar o potencial de geração de energia elétrica proveniente de painéis solares, pode-se destacar a utilização de geotecnologias como ferramentas para auxiliar a análise das informações geradas pelos dados obtidos, que pode ser por sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global (GPS), cartografia digital e sistema de informação geográfica (SIG). Outras opções mais acessíveis e fáceis de utilização encontram-se dispostas online, como é o caso do programa Sundata do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB), o programa Global Atlas Solar e os dados obtidos através do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) no qual foi utilizada a sua base de dados para o trabalho.

Em se tratando da energia solar, segundo Bezerra (2018), a capacidade instalada de geração de energia solar fotovoltaica corresponde a 1,22 GW, sendo 1,02 GW em projetos centralizados e 0,20 GW em geração distribuída no território brasileiro. Fazendo assim que a região Nordeste assuma 73,1% dos projetos centralizados e 20,0% da geração distribuída. A energia solar fotovoltaica vem se destacando no Nordeste e atualmente vem servindo como

fonte para geração de energia elétrica em grandes empresas e para utilização em residências familiares, como é o caso do crescente aumento na instalação de usinas residenciais no interior.

Diante do cenário atual, surge a necessidade de pesquisas para avaliar o potencial energético de geração de energia solar fotovoltaica nos municípios do Nordeste brasileiro, com o intuito de acelerar o processo de verificação de possível potencial para a instalação de usinas solares.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o potencial energético para a instalação de uma usina de energia solar fotovoltaica com a utilização de geotecnologias no município de Ipueira-RN.

2.2 Objetivos específicos

- Apontar as características da área de estudo;
- Construir uma base de dados geo-espacial para avaliação do potencial energético do município;
- Analisar o potencial energético para a instalação da usina de acordo com os preceitos estabelecidos;
- Formular e organizar os dados na forma de mapas temáticos de forma a orientar seleção de eventuais áreas com maior ou menor potencial para a atividade;
- Avaliar e selecionar os possíveis locais para a implementação da usina.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Fontes de Energias Renováveis

A energia é uma fonte imprescindível para a garantia da sobrevivência e a realização de tarefas e funções corriqueiras do dia a dia. Segundo Vila (2014), a energia apresenta grande importância para a sociedade contemporânea, desde a realização de pequenas ações diárias até a conservação de alimentos e utilização no transporte.

Com o passar dos anos, o consumo energético vem crescendo exponencialmente, fazendo-se necessária a busca por soluções e fontes alternativas com capacidade para suprir o aumento da demanda. Assim, a discussão em torno das chamadas “energias renováveis” vem se tornando cada vez mais presentes e frequentes no cenário global. Salino (2011) comenta que as grandes potências vêm incentivando cada vez mais o desenvolvimento de tecnologias limpas, buscando reduzir as emissões de gases estufa e danos ao meio ambiente. As fontes alternativas de energias renováveis podem ser classificadas em hídrica, solar, eólica, biomassa, geotérmica e oceânica.

Reis (2011) define energias renováveis como sendo aquelas que tem a sua reposição pela natureza de uma forma mais rápida, e defende que a utilização dessas fontes pelo homem pode ser feita de maneira adaptada e combinada de acordo com as suas necessidades, o que inclui usinas hidrelétricas, eólicas e solar.

Para Oliveira (2017), diversificar as fontes produtoras de energia de um país é reduzir a sua dependência do consumo de combustíveis fósseis e garantir às populações a oferta continuada independente de agentes externos ou internacionais. Dessa forma, expandir a matriz energética de um país tornou-se uma ação estratégica para garantir a segurança e prevenir à escassez de recursos diante crescente demanda de uma sociedade cada vez mais tecnológica.

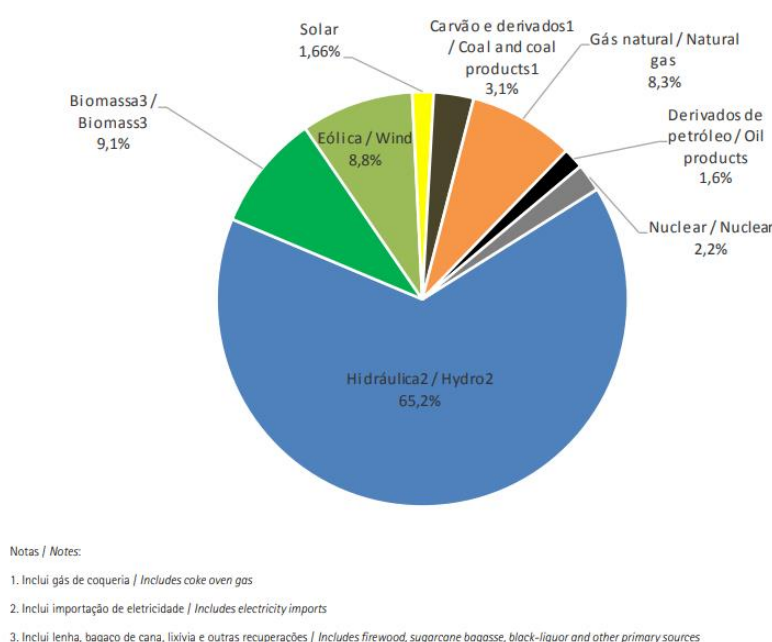
3.2. Matriz Energética Brasileira

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a energia elétrica do Brasil é distribuída através do Sistema Interligado Nacional (SIN) na qual “abrange as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte”, abrigando cerca de 96,6% da capacidade total de produção de energia elétrica. Assim, o órgão responsável pela coordenação e controle da operação do sistema é o Operador

Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em que o mesmo atua através da fiscalização da ANEEL (ANEEL, 2008).

Segundo o Balanço Energético Nacional (2020), a geração de energia no Brasil atingiu 621,2 TWh no ano de 2020 (Figura 1). O referido relatório retratou que o país possui a sua matriz elétrica com origem renovável, dando destaque para a fonte hidráulica, com as fontes de energias renováveis representando cerca de 84,8% da oferta interna, em que estão incluídas hidráulica, biomassa, solar e eólica.

Figura 1 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte

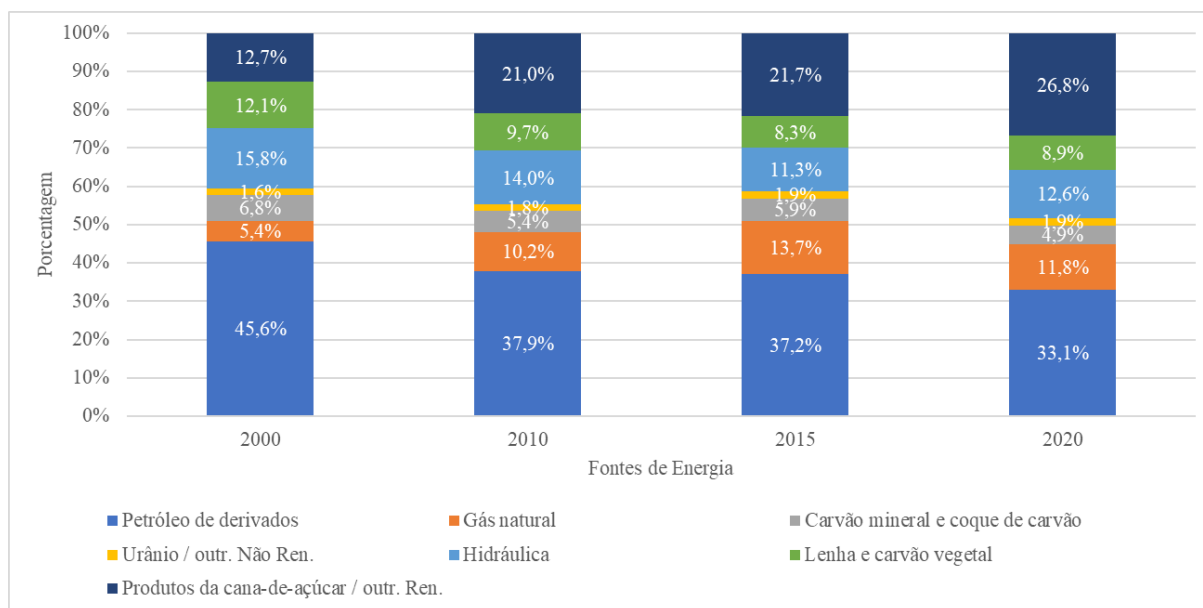


Fonte: Balanço Energético Nacional (2020)

Segundo o Atlas da Eficiência Energética do Brasil (2021), as fontes renováveis cresceram em ritmo mais acelerado devido à expansão do setor sucroalcooleiro e a forte penetração de outras renováveis, como as fontes eólica, biodiesel, e lixívia no qual é um subproduto do processamento de madeira para a produção de celulose, mais conhecido como licor negro e é utilizado como combustível em usinas. Constatou-se também o grande crescimento pelo qual a energia eólica passou desde a sua origem no ano de 2000 até o ano de 2020, com um valor de 4,9 milhões de tep. (tonelada equivalente de petróleo) referente à matriz, como mostra a Figura 2 onde retrata os dados referentes à outras energias renováveis, em que é retratada a diminuição do consumo energético por meio do petróleo e seus derivados, e em consequência disso o maior aparecimento das fontes de energias renováveis, principalmente

nos últimos anos. Dessa forma, pode-se observar o progresso das energias renováveis atualmente e a sua implementação para a expansão da matriz energética brasileira, favorecendo o meio ambiente sem a expressiva agressão por meio de poluentes e impactos causados pela utilização de fontes não renováveis para a geração de energia elétrica.

Figura 2 - Consumo Energético por Fonte



Fonte: Adaptado de Atlas da Eficiência Energética (2021)

3.3. Energia Solar

Dupont (2014), descreve que entre as fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica é uma das mais abundantes em toda a superfície terrestre e inesgotável na escala humana de tempo. Diante disso, é uma fonte energética que vem ganhando espaço no cenário global, podendo atender grande parte da população mundial com a sua implementação.

De acordo com Vicari (2012), “atualmente existem diversas tecnologias para o aproveitamento da energia solar e sua transformação em energia elétrica. Dentre esses sistemas, os principais são os painéis fotovoltaicos e os concentradores solares”. Segundo Oliveira (2017), “a energia solar fotovoltaica é uma das fontes de energia cujo uso mais cresce em todo o mundo”. Sendo assim, esse sistema de energia solar fotovoltaica pode ser utilizado com o objetivo de atender a demanda de populações onde se encontram aglutinadas e também

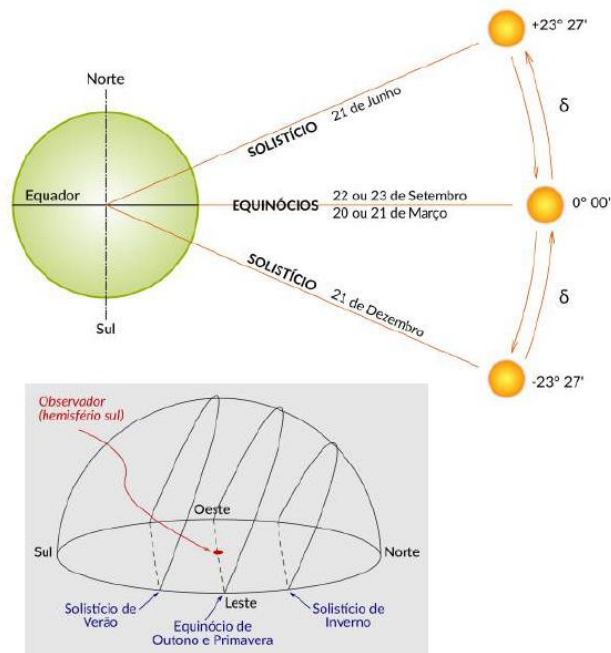
distantes dos centros urbanos, onde apresentam características de acordo com a sua forma, como é o caso da geração feita de forma isolada ou conectada à rede (OLIVEIRA, 2017).

Tolmasquim (2016) descreve que a radiação solar que é difundida na superfície da terra é dividida em planos, na qual no plano horizontal a radiação global é composta da soma das radiações direta e difusa, enquanto que na radiação no plano inclinado é o resultado da soma das radiações direta, difusa e a parcela que é refletida na superfície e através dos elementos ao redor. O autor ainda reconhece que para o aproveitamento fotovoltaico, a radiação que mais interessa a área é a Irradiação Global Horizontal, na qual é a parcela responsável pela quantificação da radiação recebida no plano horizontal, em que esse tipo de irradiação é o resultado da junção da Irradiação Difusa Horizontal (HDIF) e a Irradiação Direta Normal (HDIR), levando em consideração que para a geração de energia eólica e aplicações fotovoltaicas com concentração, a parcela da Irradiação Direta Normal é a mais importante (TOLMASQUIM, 2016).

Segundo Pereira et al. (2017), a declinação solar é o ângulo formado pela inclinação do plano equatorial da Terra e a linha de direção Sol-Terra, apresentando uma variação entre $-23^{\circ} 27'$ e $+23^{\circ} 27'$ ao longo de um ano. O ângulo horário solar é aquele em que consiste no deslocamento angular do movimento do Sol em razão da rotação da Terra variando entre -180° e $+180^{\circ}$, com cada hora equivalendo a 15° de variação do ângulo horário solar. O ângulo zenital é aquele em que representa entre a vertical do lugar, no caso o ponto de observação, e a direção da linha que vai ligar o mesmo ponto da superfície em relação à Terra e o Sol. Por último, o ângulo azimutal do Sol é aquele em que é formado entre a linha de eminência do Sol no plano horizontal com o meridiano do observador, podendo variar entre -180° e $+180^{\circ}$.

A Figura 3 apresenta a amplitude de valores em relação ao ângulo de declinação ao decorrer do ano.

Figura 3 - Amplitude de Valores do Ângulo de Declinação



Fonte: Pereira et al. (2017)

Segundo Tolmasquim (2016), o Brasil está situado numa região com incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de irradiação em quase todo o território nacional. Portanto, essa fonte de energia renovável se torna de grande importância por existir de forma abundante na natureza, contribuindo assim para a redução dos impactos ambientais.

É possível verificar também a disparidade entre a energia eólica com a energia solar fotovoltaica, cujo crescimento se deu somente a partir do ano de 2017, apresentando uma enorme ascensão desde então. Entre os anos de 2017 e 2020 a energia solar quase quadruplicando sua participação na matriz energética nacional, mostrando assim uma maior abertura do mercado brasileiro e possibilidades para investimentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Capacidade Instalada do Brasil

	HIDRO			TERMO			EÓLICA			SOLAR			NUCLEAR	TOTAL		
	SP e/ou PIE	APE	TOTAL	SP e/ou PIE	APE	TOTAL	SP e/ou PIE	APE	TOTAL	SP e/ou PIE	APE	TOTAL	SP e/ou PIE	SP e/ou PIE	APE	TOTAL
2011	78,023	4,436	82,459	17,906	13,337	31,243	1,423	2	1,425	1		1	2,007	99,359	17,775	117,135
2012	79,673	4,621	84,294	18,558	14,220	32,778	1,890	2	1,892	2		2	2,007	102,131	18,842	120,743
2013	81,213	4,805	86,018	21,426	15,102	36,528	2,200	2	2,202	2	3	5	1,990	106,831	19,913	126,743
2014	84,330	4,863	89,193	21,800	16,027	37,827	4,886	2	4,888	6	9	15	1,990	113,011	20,901	133,913
2015	86,766	4,884	91,650	21,607	17,956	39,563	7,631	2	7,633	6	15	21	1,990	118,000	22,858	140,858
2016	91,982	4,943	96,925	22,101	19,174	41,275	10,122	2	10,124	20	4	24	1,990	126,215	24,123	150,338
2017	95,273	5,003	100,275	21,900	19,728	41,628	12,281	2	12,283	932,000	3	935,000	1,990	132,376	24,736	157,112
2018	99,108	5,031	104,139	20,725	19,798	40,523	14,388	2	14,390	1,793	5	1,798	1,990	138,004	24,836	162,84
2019	104,001	5,058	109,058	21,237	19,982	41,219	15,376	2	15,378	2,464	10	2,473	1,990	145,067	25,051	170,118
2020	104,205	5,066	109,271	22,827	20,230	43,057	17,129	2	17,131	3,271	16	3,287	1,990	149,423	25,314	174,737

Fonte: Adaptado de Balanço Energético Nacional (2020)

3.4. Ferramentas de Geotecnologias

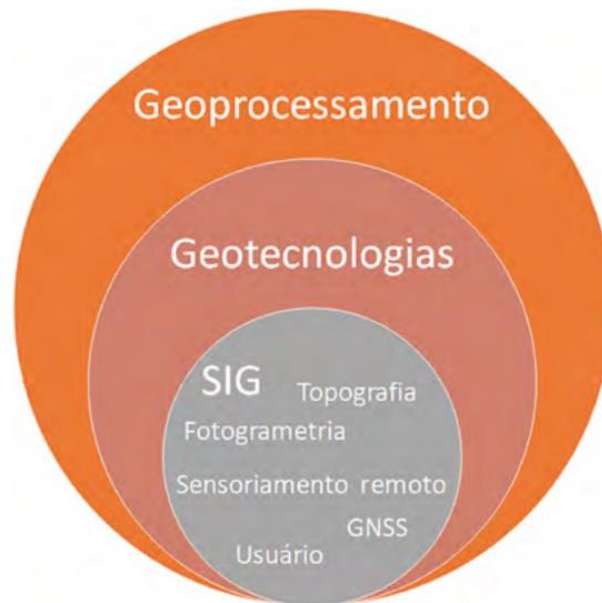
De acordo com Oliveira (2017), com o uso das ferramentas de Geotecnologias é possível agregar diversas informações sobre um componente espacial conhecido, facilitando a tomada de decisão de diversas atividades. O autor ainda afirma que atualmente existem projetos que fazem uso das geotecnologias com o intuito de compreender em relação às fontes de energias renováveis.

Para Oliveira (2017), as Geotecnologias têm se firmado como uma importante ferramenta neste campo, para análise de estudos de implantação de parques eólicos, energia fotovoltaica, biomassa e identificação de possibilidades de geração hidrelétrica, dentre outras aplicações.

Fitz (2008) define as geotecnologias como sendo aquelas novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processo de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

Stein et al. (2021) relata que as geotecnologias também podem ser consideradas como técnicas de processamento das informações espaciais, fazendo com que o geoprocessamento tenha uma perspectiva mais ampla com relação ao tema, e assim engloba as diversas geotecnologias de aquisição, integração, armazenamento, análise e visualização dos dados, sensoriamento remoto, topografia, e o sistema de informação geográfica. A Figura 4 representa a relação existente entre o geoprocessamento e as geotecnologias.

Figura 4 - Geoprocessamento e Geotecnologias

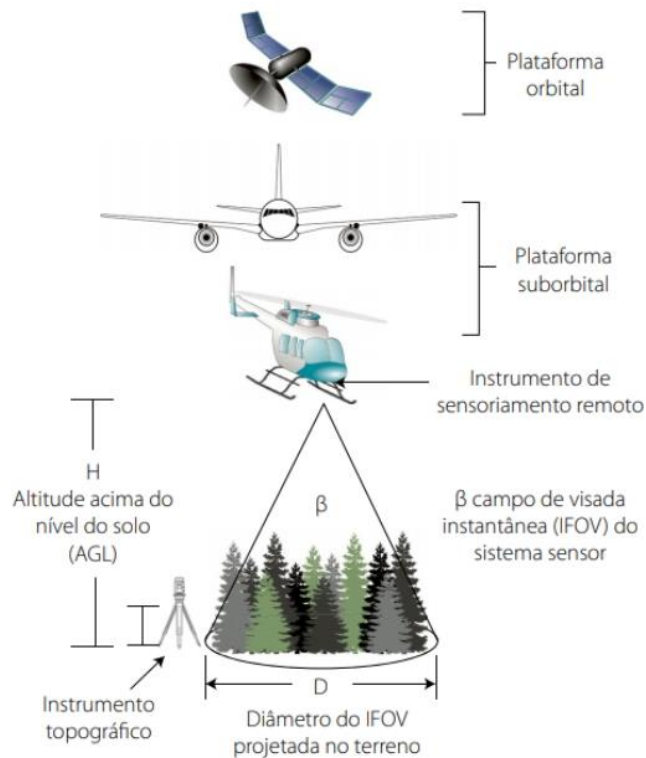


Fonte: Stein et al. (2021)

Dentre as principais ferramentas de geotecnologias estão sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global, cartografia digital, sistemas de informações geográficas. O sensoriamento remoto funciona através de sensores que orbitam em torno da terra, captando a radiação e assim seja em qualquer localidade do mundo, pode ser observada as parcelas que integram o planeta terra, esses sensores são responsáveis por coletarem dados de posicionamento global, assim são classificados como Sistemas de Posicionamento Global (GPS) (OLIVEIRA, 2017).

O sensoriamento remoto é classificado como sendo as atividades necessárias para a coleta de dados em determinada superfície terrestre sem a necessidade de ir à campo para obter esses dados, com o auxílio de satélites e veículos aéreos. A Figura 5 retrata as técnicas utilizadas para a obtenção dos dados, através de processos eletromagnéticos. Para um sistema de sensoriamento remoto funcionar de forma eficaz, são necessários elementos para a realização da técnica, que são área de estudo, radiação eletromagnética e sensor. A área de estudo é aquela em que vão ser coletadas as informações necessárias para o estudo e análise da superfície terrestre. A radiação eletromagnética é composta por diversos tipos em que ocorre a oscilação em fase dos campos elétricos e magnéticos, podendo ser classificadas em função da frequência e o comprimento de onda. O sensor é o componente em que registra a radiação eletromagnética (STEIN et al., 2020).

Figura 5 - Captação das Informações



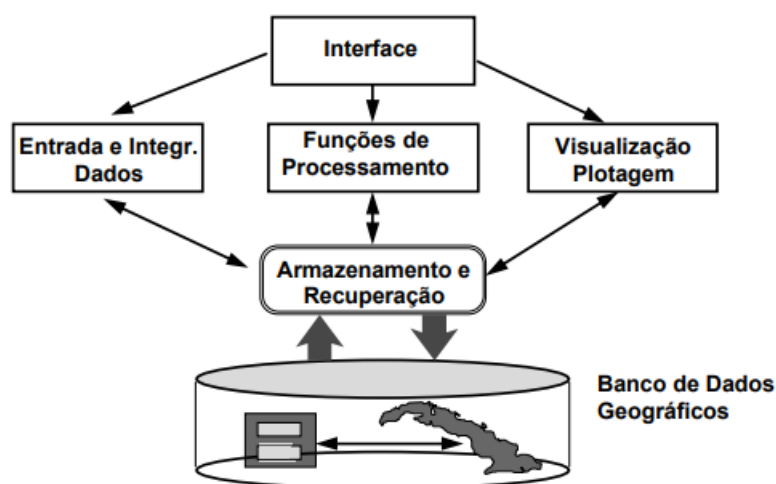
Fonte: Stein et al. (2020)

A cartografia digital acompanhou o avanço tecnológico diante do cenário de constantes mudanças e aperfeiçoamento dos elementos que constituem a tecnologia, dessa forma foi possível a elaboração de mapas digitais, com o manejo e processamento dos dados em diferentes áreas constituintes. Assim, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), desempenharam um papel muito importante para a contribuição do avanço com relação ao gerenciamento, análise e representação das informações obtidas através de dados, podendo ser aplicada em diversos segmentos (OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Câmara et al. (1996), “Sistemas de Informação Geográfica – SIGs – são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la.” O autor ainda relata que os sistemas de informações geográficas englobam diferentes tipos de dados e aplicações, como é o caso das otimizações de tráfego, controle cadastral, gerenciamento de serviços de utilidade pública, demografia, cartografia, administração de recursos naturais, monitoramento costeiro, controle de epidemias e planejamento urbano.

O Sistema de Informação Geográfica é composto dos seguintes componentes: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento, visualização e plotagem e armazenamento e recuperação de dados. Diante disso, cada sistema implementa esse sistema de forma distinta, mas todos são utilizados em um sistema de informação geográfica. A Figura 6 retrata a relação entre esses componentes (CÂMARA et al. 1996).

Figura 6 – Estrutura do Sistema de Informação Geográfica



Fonte: Câmara et al. (1996)

Um Sistema de Informação Geográfica tem a possibilidade de aplicado na elaboração de mapas em diferentes tipos de finalidades, com isso exige a inserção de componentes como a metodologia, os recursos humanos, os dados, o hardware e o software. (STEIN et al., 2021)

O primeiro componente do Sistema de Informação Geográfica é a metodologia, na qual deve ser implementada para auxiliar na geração dos mapas temáticos através do gerenciamento das informações, dos dados necessários para a elaboração, do tipo de software, e isso se dá através do nível de experiência do profissional que está executando a metodologia impostas, o que vai influenciar na qualidade dos resultados. (STEIN et al., 2021)

O segundo componente são os recursos humanos, em que estão habilitados para definir as diretrizes do trabalho, definindo os objetivos e as finalidades como também a análise dos resultados para a apresentação e interpretação. Então, é necessária a realização de treinamentos para os profissionais se qualificarem na área e assim poder dominar o funcionamento e o manuseio de novas tecnologias para que se tenha uma melhor eficiência e eficácia da utilização do sistema de informação geográfica (STEIN et al., 2021).

O terceiro componente são os dados, em que consiste nas ferramentas que são utilizadas para a geração das informações, contribuindo para a geração do banco de dados para a realização de estudos acumulando todas as informações da área como objeto de estudo, dependendo da quantidade de dados que seja necessário armazenar (STEIN et al., 2021).

O quarto componente é o hardware, em que são os equipamentos utilizados para o processamento das informações por meio dos softwares, contribuindo com a interação existente entre a parte física e a parte lógica do equipamento (STEIN et al., 2021).

O quinto e último componente do Sistema de Informação Geográfica é o software, em que consiste na escolha do programa que vai desempenhar o processamento e armazenamento das informações para a elaboração dos produtos. O software é disponibilizado de forma paga e gratuita, dependendo do produto que é esperado. Os mais utilizados na área de geoprocessamento são QGIS, ArcGIS e o Spring (STEIN et al., 2021).

3.5. Uso de Geotecnologias na Avaliação de Potencial de Energia Solar

Galvão (2017) realizou um estudo para determinar o potencial de instalação de usinas fotovoltaicas no estado de Goiás com a utilização de SIG (Sistema de Informação Geográfica). Utilizou uma metodologia baseada em atributos como declividade, radiação solar, centros urbanos, linhas de transmissão, estradas, unidades de conservação e comunidades tradicionais, com a aplicação de análise multicritério.

Rediske (2019) realizou um estudo para avaliar os locais adequados para a instalação de usinas fotovoltaicas, com a aplicação de uma metodologia baseadas nos fatores restritivos e fatores determinantes para poder assim avaliar as potenciais áreas de instalação.

Lima (2021) realizou um estudo com o intuito de mapear a irradiação solar em área degradadas ou perturbadas no estado de São Paulo, aplicando uma metodologia em torno da cobertura de terra do estado de São Paulo, as unidades de conservação da natureza, terras indígenas, áreas quilombolas e sítios arqueológicos, e a declividade.

Vicari (2012) realizou um estudo com a utilização de SIG e análise multicritério para levantamento do potencial de implantação de usinas eólica e solar no rio grande do sul, utilizando uma metodologia em que consiste primeiramente numa fase exploratória onde define os pesos para cada fator considerado para o levantamento, logo em seguida é realizada a fase de preparação dos dados base, onde vai se obter os dados georreferenciados, a criação do SIG

e o pré-processamento dos dados, e por último a realização da análise multicritério juntamente com os cálculos das áreas de acordo com as classes.

Cruz (2017) realizou um estudo para a aplicação de uma metodologia de análise do potencial solar e eólico na zona urbana apoiado em geoprocessamento, aplicando uma metodologia baseada em cinco etapas, onde a primeira consistiu no inventário da informação, a segunda com a definição e classificação das variáveis, a terceira com a definição dos critérios, a quarta com os cálculos das variáveis faltantes e análise geográfica apoiada no geoprocessamento e a quinta e última com a geração dos mapas de restrições e de regiões candidatas para geração por fonte.

Vargas (2016) realizou um estudo para a prospecção de potenciais de geração distribuída em propriedades rurais utilizando geotecnologias e metodologias multicriteriais de apoio à decisão, em que a metodologia de avaliação consiste na identificação dos decisores e enfoques de planejamento, formas de avaliação dos requisitos energéticos que englobam a avaliação da demanda inteira da propriedade rural, avaliação da demanda por conjunto de edificações, avaliação da demanda por edificação, avaliação mista e ações de GLD.

Oliveira (2017) realizou um estudo em relação às geotecnologias aplicadas ao diagnóstico do potencial de geração de energias renováveis no município de Morada Nova – CE. A metodologia aplicada consiste na identificação da área de estudo com a caracterização do local escolhido para a análise e demais informações pertinentes ao município, levantamento de dados para todas as energias renováveis e as opções de conversão em eletricidade das fontes alternativas.

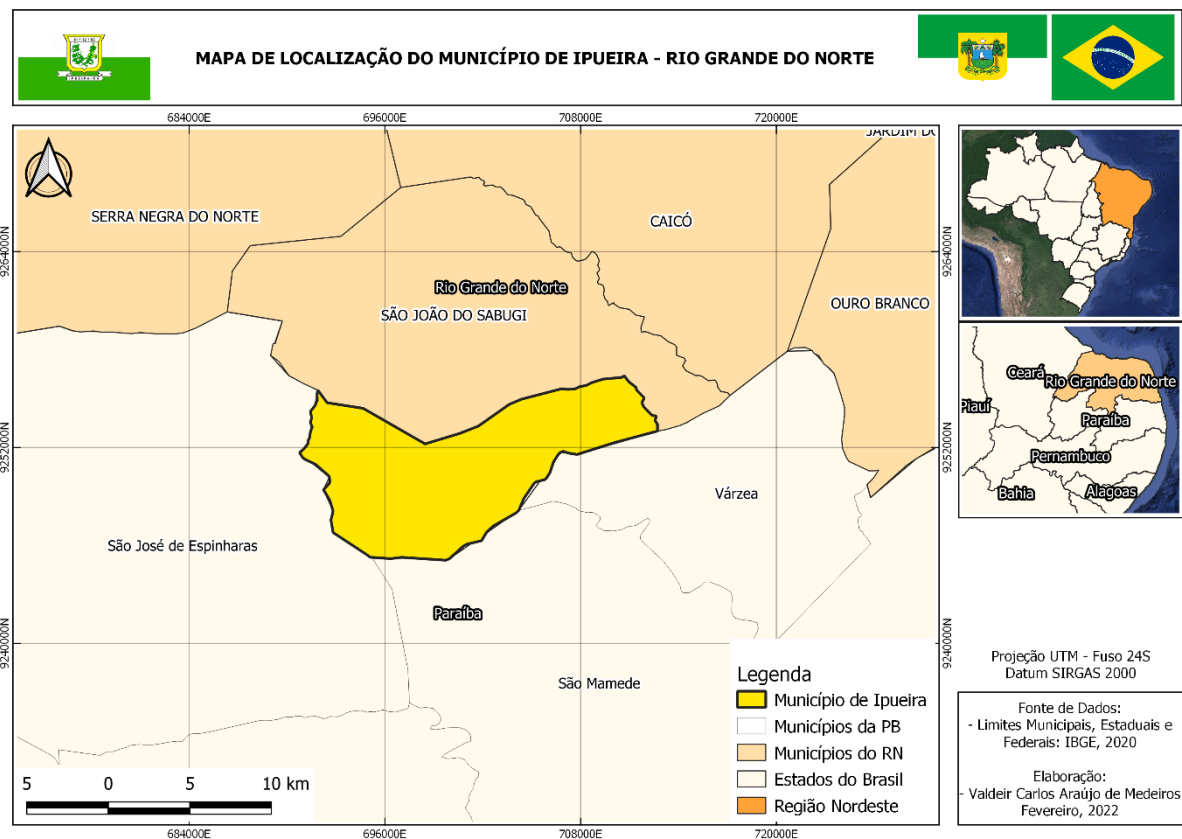
4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O local escolhido para a realização do presente estudo foi o município de Ipueira, situado no interior do Rio Grande do Norte. De acordo com o censo de 2010 realizado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade contava com uma população de 2.077 habitantes.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a cidade é localizada na região do Seridó, situada na microrregião do Seridó Ocidental e mesorregião Central Potiguar, com uma distância de aproximadamente 318 km da capital do estado, Natal. O município de Ipueira ocupa uma área com cerca de 171 km², limitando-se com o município de São João do Sabugi, São Mamede, Várzea e São José de Espinharas. Apresenta altitude média de 217 m, com sede nas coordenadas 37°11'56,4" de longitude oeste e 06°48'50,4" de latitude sul, de acordo com a Figura 7.

Figura 7 - Mapa de Localização



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

De acordo com o Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil (2005), o município de Ipueira apresenta como aspectos fisiográficos clima muito quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono, compreendendo o período chuvoso de março a abril, dispondo de temperaturas médias anuais com máxima de 33° C, média de 27,5° C e mínima de 18° C, com uma umidade relativa média anual de 59% e 2.700 horas de insolação. Tem como formação vegetal a Caatinga Hiperxerófila, em que se caracteriza por dispor de uma vegetação mais seca, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhadas, dentre as espécies *mimosa tenuiflora*, *combretum leprosum* mart, *cnidoscolus quercifolius*, *cydonia oblonga*, *pilosocereus gounellei* e *pilosocereus pachycladus* que se destacam na região.

O CPRM (2005) definiu os solos presentes na região de Ipueira como sendo o Bruno Não Cálcico Vértico, em que apresenta uma alta fertilidade natural, com uma textura arenosa/argilosa e media/argilosa com um relevo suave ondulado, raso, susceptível a erosão e moderadamente drenado. Atualmente essa classificação de solo recebeu uma atualização, passando a ser conhecido como Luvisolo, em que são constituídos por material mineral segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O relevo da região possui de 200 a 400 metros de altitude com a presença de depressão sertaneja, em que consiste em terrenos baixos entre as partes altas do Planalto da Borborema e da Chapada do Apodi. Encontrando-se totalmente inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado apenas por cursos d'água secundários, dos quais os mais importantes são os riachos dos Cachorros a SW; Salgado a NW; dos Grossos, do Cipó da Caiçara e córregos João Ribeiro, Coati e Ribeiro a NE; da Pomba, da Roça e dos Bois a S. E todos os cursos são intermitentes e o padrão de drenagem é o dendrítico.

4.2 Base de Dados

Com o intuito de desenvolver o banco de dados da pesquisa, foi realizada a identificação da área de estudo através de sensoriamento remoto com dados obtidos no site eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com os respectivos limites territoriais federais, estaduais e municipais e os trechos rodoviários estaduais. As informações acerca do uso e ocupação do solo e os tipos de solos foram obtidas por meio do site eletrônico do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA). Para a elaboração do mapa hipsométrico, a declividade, o relevo, a altitude, as bacias hidrográficas, a rede de drenagem e os cursos d'água,

foi necessário a obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE) no Mapa Índice do site eletrônico do TOPODATA em que dispõe do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. As informações referentes aos rios do Brasil foram coletadas no Catálogo de Metadados da ANA, de acordo com o órgão Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Para a determinação do fuso, foi utilizado o Sistema UTM para a identificação da zona em que o município está inserido.

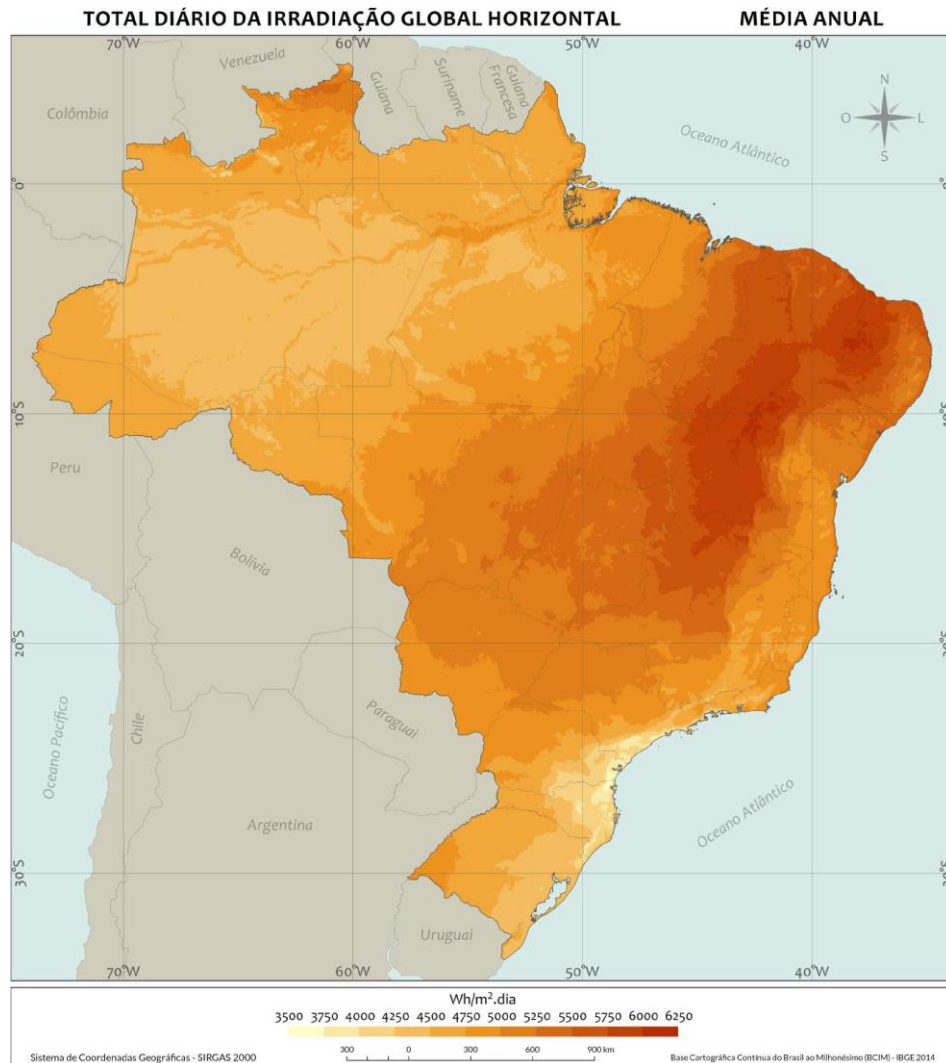
4.3. Levantamento de Dados

A elaboração dos dados referentes ao tema da pesquisa se deu com o auxílio do Atlas Brasileiro de Energia – 2ª (2017) do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) em parceria com a Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Através da análise dos dados referentes à radiação solar de acordo com a base de dados metadados foram identificados os valores de acordo com a variação das médias anuais e mensais do total diário da irradiação com uma resolução espacial de aproximadamente 10 km x 10 km (PEREIRA et al., 2017). Os dados foram obtidos no site eletrônico do LABREN no Formato QGIS com a base de dados completa do Brasil.

Para a elaboração do banco de dados referentes ao tema da pesquisa, os dados de irradiação solar global horizontal e irradiação solar direta normal foram obtidos no site eletrônico do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) e juntamente com a base de dados em formato QGS (Projeto QGIS) com informações mais detalhadas como a irradiação global horizontal, direta normal, plano inclinado, difusa e PAR, com direitos reservados ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV).

De acordo com Pereira et al. (2017), o Atlas Brasileiro de Energia Solar contempla três tipos de componentes de irradiação solar de acordo com as informações obtidas com o modelo BRASIL-SR em que se classificam em: total diário da irradiação global horizontal (H); total diário da irradiação direta normal (Hn); e o total diário da irradiação no plano inclinado na latitude (Hi). Sendo assim, com os dados disponibilizados em formato shapefile, foi realizada a confecção de mapas temáticos com o total da irradiação global horizontal, utilizando a média anual e as médias mensais. A Figura 8 representa o total diário de irradiação global horizontal anual para todo o território brasileiro, com a indicação dos valores expressa em Wh/m². dia.

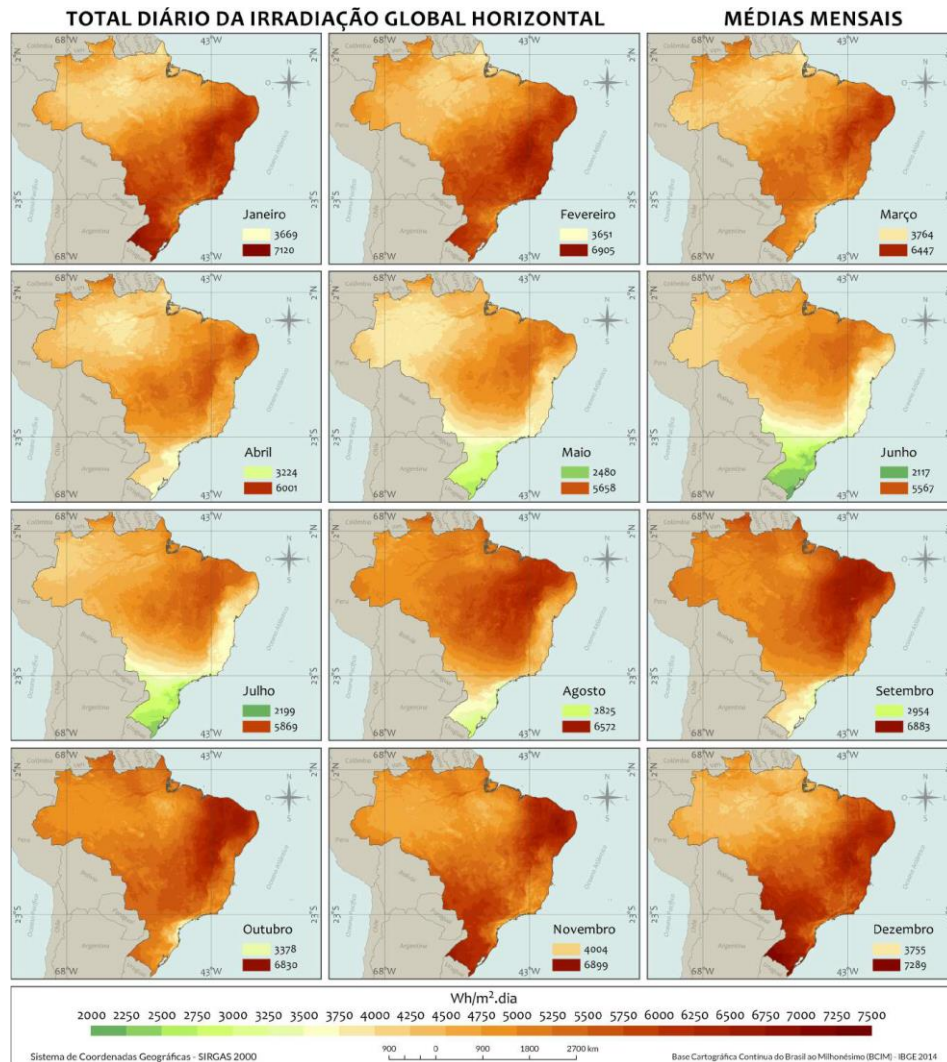
Figura 8 - Mapa de Irradiação Solar Brasileiro Anual



Fonte: Pereira et al. (2017)

Como forma de determinar o maior potencial energético de acordo com o decorrer do ano foram analisadas as médias mensais do total diário da irradiação global horizontal do município de Ipueira. Sendo assim, Pereira et al. (2017) disponibiliza os dados em shapefile na resolução espacial horizontal de $0,090^\circ \times 0,090^\circ$, ou aproximadamente $10 \times 10 \text{ km}$ no eixo zenital do satélite. A Figura 9 representa o total diário da irradiação global horizontal, assim foram utilizados os dados em shapefile para definir as médias mensais de acordo com os ids que compõe as células da cidade de Ipueira.

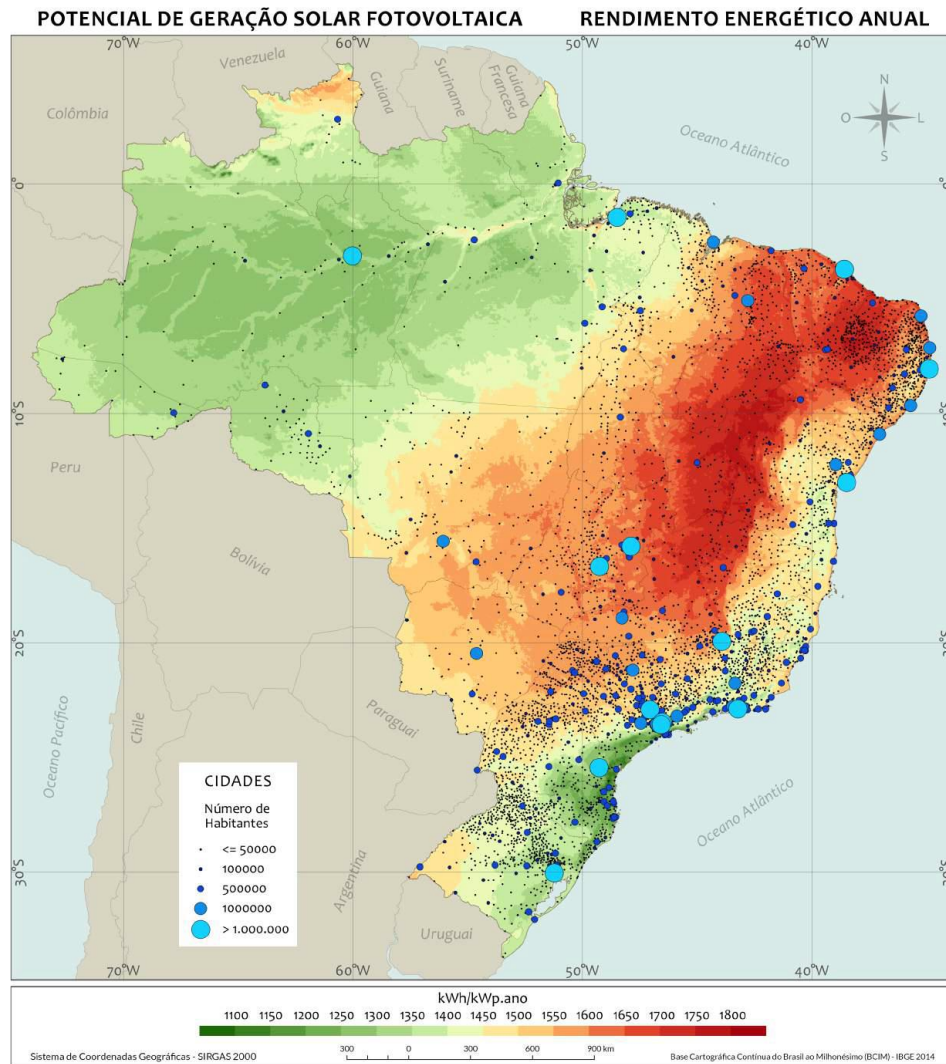
Figura 9 - Mapa de Irradiação Solar Brasileiro Mensal



Fonte: Pereira et al. (2017)

Para aferir o potencial energético de energia solar fotovoltaica, Pereira et al. (2017) “mostra o rendimento energético anual máximo em todo o território nacional, tanto para usinas de grande porte centralizadas e instaladas em solo, como para a geração fotovoltaica distribuída integrada em telhados e coberturas de edificações” de acordo com a Figura 10. O mapa está expresso em kWh de energia elétrica gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada, englobando usinas de grande porte e usinas instaladas em edificações. Assim, para determinar o potencial energético do município estudado, foi aplicada uma metodologia em que consiste na análise dos ids que compõem o município e os respectivos valores de irradiação em forma de classificação com cinco categorias que são: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

Figura 10 - Mapa do Potencial Energético Solar Brasileiro



Fonte: Pereira et al. (2017)

4.4 Análise de Dados

Como forma de embasamento teórico e levantamento bibliográfico, foram utilizados trabalhos acadêmicos referentes à aplicação das geotecnologias como ferramentas para auxiliar na análise e definição dos locais de acordo com as características geográficas e legais da área de estudo.

Para a visualização, geração, edição, análise dos dados e elaboração de mapas temáticos foi utilizado o software QGIS. O programa se trata de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto, com a manipulação de dados vetoriais e raster. Esse software de

geoprocessamento permitiu analisar as informações geográficas para a produção de mapas e representações cartográficas em geral.

4.5. Critérios

Para a investigação do potencial energético, foram aplicados critérios para estabelecer e desenvolver parâmetros regulatórios de acordo com a legislação vigente para cada critério, com isso foram utilizadas referências acadêmicas e legislativas para a análise das prerrogativas que deverão ser levadas em consideração.

A radiação solar é o principal fator para poder identificar o potencial de determinada região. Por isso é necessário a determinação de um local para um melhor aproveitamento energético. Assim é importante analisar as médias anuais e mensais do total diário da irradiação solar global horizontal, em que é expressa em Wh/m². dia. Essa informação é coletada através do Atlas Brasileiro de Energia Solar, o que favorece a instalação dessa energia renovável pelo motivo da área de estudo estar localizada em uma região com um clima muito quente e semiárido.

A declividade é um importante fator para a realização do estudo, Galvão (2017) enfatiza a necessidade de se obter o máximo aproveitamento da produção energética pois locais com declividade elevada podem resultar em sombreamentos durante o período de insolação. Assim, áreas com declividade elevada não são tecnicamente viáveis, afetando assim no potencial de produção energética. Através de pesquisa por temas relacionados, de acordo com vários trabalhos acadêmicos, o critério para esse parâmetro deve ser menor ou igual a 5°.

A rodovia estadual, como é o caso da pesquisa, corta o município de Ipueira e assim possui uma faixa de domínio. Rediske (2019) retrata que além das pistas possui faixas de domínio que de acordo com o projeto podem variar entre 20 e 100 metros. Rediske (2019) referencia a legislação de acordo com a Lei Federal Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências, no Capítulo II dos requisitos urbanísticos para loteamento, vai retratar que “ ao longo das faixas de domínio público das rodovias, a reserva de faixa não edificável de, no mínimo, 15 (quinze) metros de cada lado poderá ser reduzida por lei municipal ou distrital que aprovar o instrumento do planejamento territorial, até o limite mínimo de 5 (cinco) metros de cada lado”. Rediske (2019) definiu como parâmetro, 100 metros distante das rodovias com o objetivo de preservar as áreas de circulação e o impacto visual.

Os cursos d'água de acordo com Lima (2021), “abrange todas as águas interiores, rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares, lagos naturais e reservatórios artificiais”. Em se tratando da legislação vigente, Rediske (2019) estabeleceu uma distância mínima de acordo com a Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, em que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, capítulo II das áreas de preservação permanente, na seção I da delimitação das áreas de preservação permanente, Art. 4º:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;” (BRASIL, 2012)

Rediske (2019) delimitou a distância permitida de acordo com o Código Florestal Brasileiro, também conhecido como a Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, em que leva em consideração as obras próximas de Áreas de Preservação Permanente (APP), como os cursos d'água naturais, perenes e intermitentes, como citado anteriormente. Diante disso, como forma de estabelecer um parâmetro para a representação dessas áreas, verificou-se a existência de lagos naturais e reservatórios artificiais, e assim como forma de estabelecer uma distância mínima foi constatado a existência de diferentes larguras de cursos d'água, desde distâncias inferiores a 10 metros até 100 metros, levando a fazer assim a adequação para cada caso de curso d'água e para os lagos e lagoas naturais segundo o Código Florestal Brasileiro. Através da análise dos corpos d'água existentes, como forma de garantir a segurança dessas Áreas de Preservação Permanente, foram classificadas como lagos e lagoas naturais, levando em consideração a largura mínima prevista no Código Florestal Brasileiro.

A área urbana é outro fator muito importante para desenvolver esse trabalho, Rediske (2019) fala que “a usina de energia fotovoltaica não deve ser estabelecida perto de áreas urbanas devido à alta densidade de população e edifícios, e porque pode afetar o crescimento urbano”. Galvão (2017) comenta que “os parâmetros de distância de centros urbanos têm duas possíveis interpretações; quanto mais próximo de centros urbanos, mais próximo dos consumidores,

portanto, menos gastos com o transporte da energia”. Vicari (2012) retrata que “a distância da região avaliada em relação aos centros urbanos é uma preocupação da população, em função da geração de ruídos e impacto visual” e assim “deve respeitar uma distância mínima dos centros urbanos, visando reduzir os impactos sobre a população”. Então, através dessas informações Rediske (2019) referencia um trabalho acadêmico estrangeiro em que “uma distância mínima de 500 metros deve ser mantida de terras urbanas” de acordo com Uyan (2013).

A área para instalação da usina solar fotovoltaica deve ser “de no mínimo 26 hectares, considerando uma usina com potência de 30 MW”. (REDISKE, 2019)

4.6. Área para Instalação

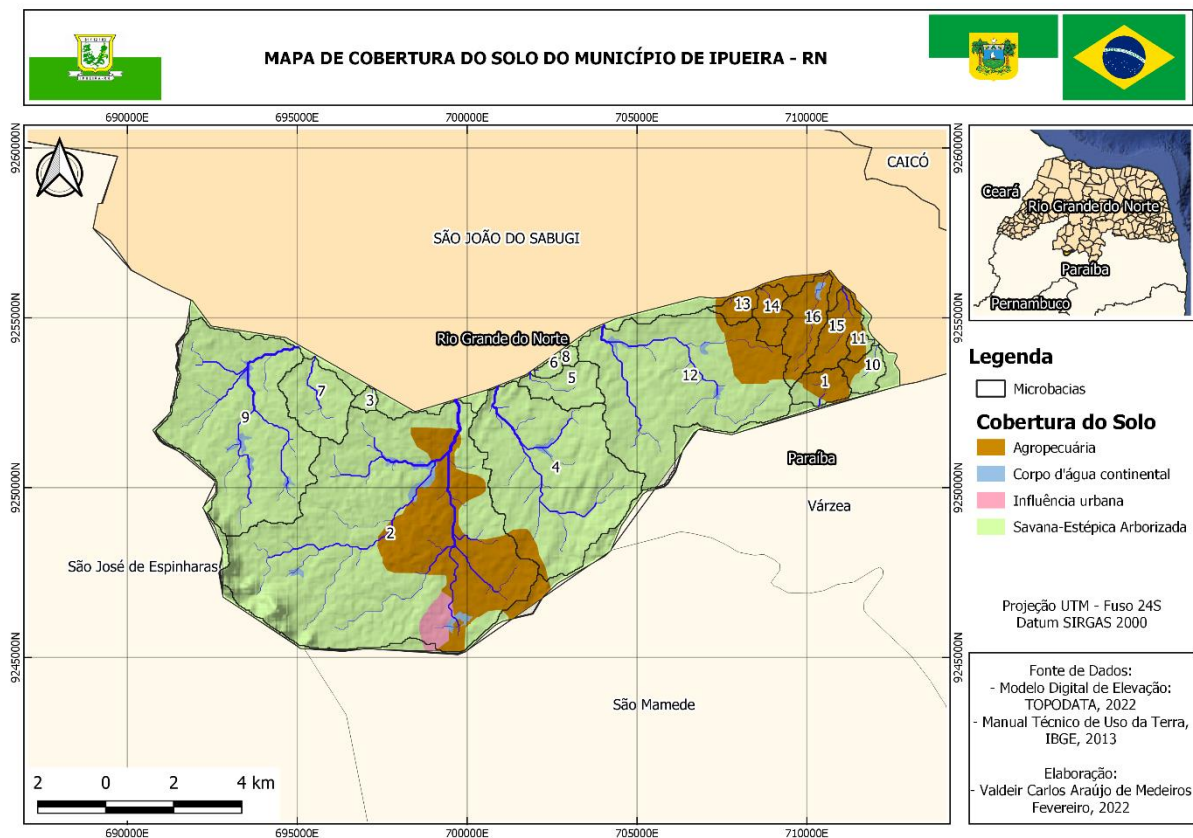
Como forma de contribuição e planejamento futuro para o município se resguardar podendo expandir a sua matriz energética para outra fonte de energia, foi realizado um estudo para determinar a área decorrente para a instalação da usina com o intuito de abastecer todas as habitações do centro urbano.

Oliveira (2017) realizou um estudo para a implementação de módulos fotovoltaicos em residências, levantando o total de habitações e estimando uma área de 10 m² de painel fotovoltaico para cada cobertura. Então, o presente trabalho obedeceu a metodologia utilizada pelo mesmo, com o intuito de estimar a área necessária para abastecer o município de Ipueira. Sendo assim, não foram considerados aspectos socioeconômicos, levando em consideração apenas a área pretendida para implementar a usina solar fotovoltaica de acordo com o total de edificações existentes na cidade, especificamente no centro urbano.

5 RESULTADOS

A Figura 11 retrata a cobertura do solo do município de Ipueira, em que se apresenta com grande contribuição de áreas de vegetação naturais campestres, como é o caso da savana-estépica arborizada em que se caracteriza por possuir vegetação rasteira e árvores de tamanho pequeno, como também uma significativa parcela referente à agropecuária, que no estudo de caso se dá através da pastagem e para utilização com relação às atividades primárias, como é o caso da agricultura e a criação de animais.

Figura 11 - Mapa de Cobertura do Solo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Com a classificação da cobertura do solo, é possível analisar os fatores correspondentes aos critérios estabelecidos, como é o caso dos corpos d'água, a região urbana, áreas de preservação permanente e a parcela referente à agropecuária que deve ser preservada, pois essas áreas possuem potencial agricultável. Através do conhecimento dos tipos de coberturas dos solos existentes foi possível distinguir e aplicar essas informações para o desenvolvimento de dados de acordo com os parâmetros reguladores da pesquisa.

De acordo com a Lei Municipal Nº 459 de dezembro de 2017, o Plano Plurianual referente aos anos de 2018-2021 apresenta a economia do município como sendo baseada na produção agrícola, como também a participação da pecuária com a criação de animais e os minerais com a extração da pedra cal.

Vargas (2016) enfatiza que “além da fauna e flora, as mudanças no uso do solo podem ajudar na redução do efeito estufa, desde que sejam instalados em locais antes sem cobertura de vegetação expressiva”. Ele ainda relata o favorecimento com relação à diferentes espécies de animais e vegetações, fazendo assim com que se tenha um equilíbrio com o meio ambiente, contribuindo na diminuição da temperatura e assim melhorando a performance das placas solares fotovoltaicas.

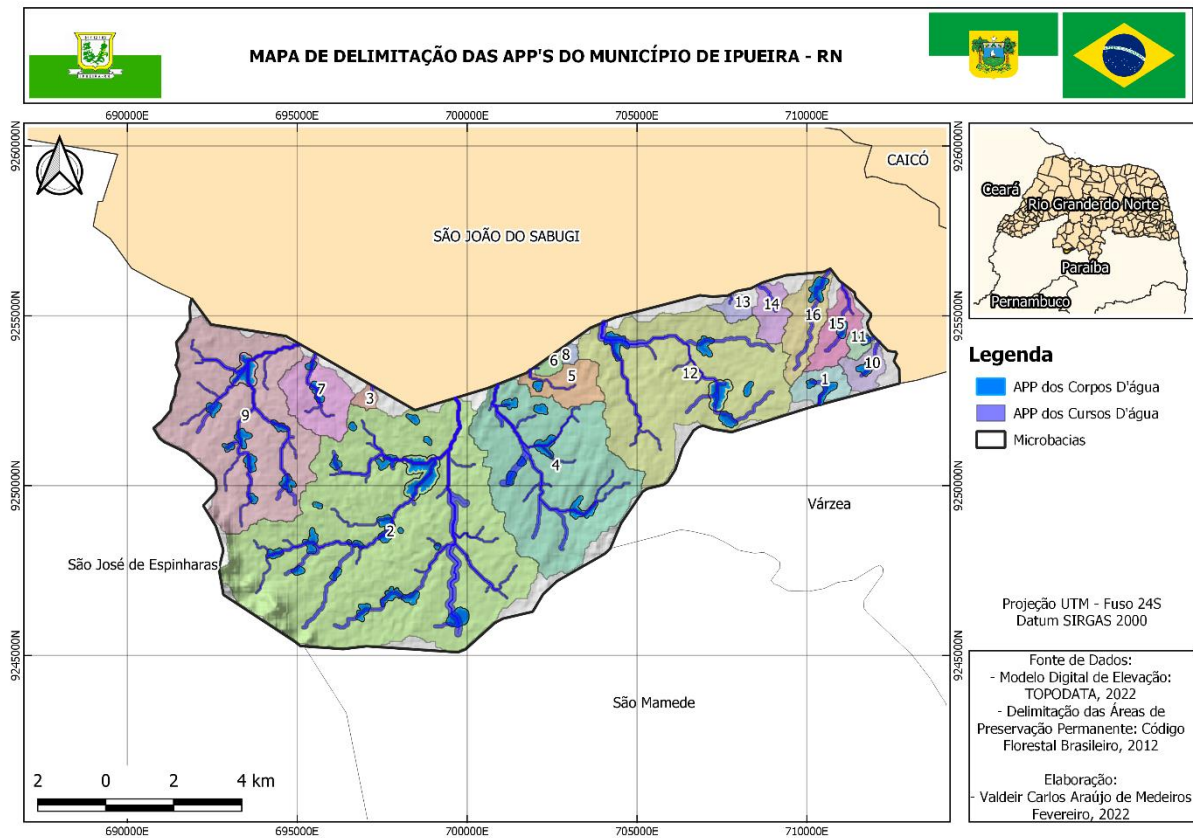
A preservação da cobertura vegetal é de suma importância, Mascarenhas et al. (2008) comenta que para a proteção das áreas de preservação permanente, a Lei Federal Nº 7.774/1989 retrata que estabelece as formas para a proteção de vegetações existentes nas nascentes dos rios utilizando uma área na forma de paralelograma, em que proíbe a derrubada de qualquer forma de vegetação.

Por conseguinte, surge diferentes formas de impactos ambientais que agredem o meio ambiente em razão do manejo incorreto dessas áreas, assim Mascarenhas et al. (2008) expõe a necessidade de recuperação da cobertura vegetal retirada, levando a conscientizar a população residente na área em questão e também acompanhar os processos de fiscalização e monitoramento dessas áreas, levando assim a seguir os preceitos estabelecidos no Código Florestal Brasileiro.

Portanto, o presente estudo de caso tem como preceito obedecer aos parâmetros relatados acima afim de preservar essas áreas e poder contribuir com a manutenção do meio ambiente. Além disso, como forma de promover a arborização e mitigar a retirada da cobertura vegetal, pode-se impulsionar o cultivo de vegetação rasteira entre as estruturas da usina solar fotovoltaica, contribuindo assim com a gestão ambiental.

A Figura 12 representa a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), de acordo com o Código Florestal Brasileiro ou Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, onde foi estabelecido um buffer para cada caso específico.

Figura 12 - Mapa das APPs do Município de Ipueira



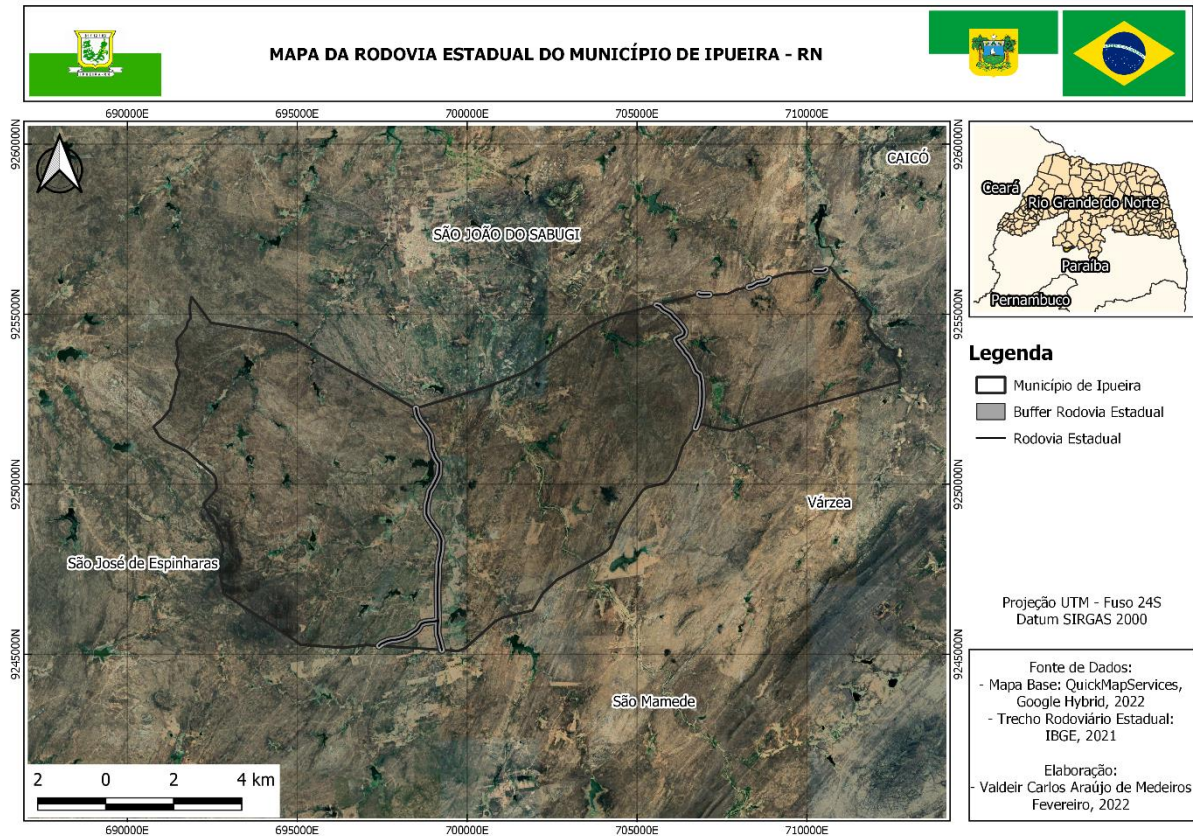
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Em se tratando dos cursos d'água, segundo a lei para a delimitação das áreas de preservação permanente é determinada a largura mínima de acordo com a largura dos cursos d'água. Na presente pesquisa não foi constatada a ocorrência de cursos d'água superiores a 100 metros, estabelecendo assim um valor máximo de 100 metros de APP, enquanto que para os corpos d'água foi determinado por questões de segurança, que todos os corpos d'água identificados no território do município foram classificados como lagos ou lagoas naturais, com áreas de no máximo 43 hectares, com APP variando entre 30 e 100 metros.

Borges et al. (2011) comenta que “a preservação das APP é de fundamental importância na gestão de bacias hidrográficas, pois contribuem para a estabilidade dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos visando a dar condições de sustentabilidade à agricultura”. Ainda revela o Tundisi e Tundisi (2010), em que o mesmo expõe que é necessário levar em consideração que as intervenções em relação às restrições presentes na APP que comprometerão futuramente, dificultando assim a reposição de água superficial ou subterrânea, provocando perda de solo, degradação de mananciais e colocando em risco a saúde humana.

Diante da definição do critério para as rodovias, na Figura 13 foi aplicado o buffer correspondente ao parâmetro de 100 metros, respeitando a faixa de domínio.

Figura 13 - Mapa da Delimitação do Buffer da Rodovia

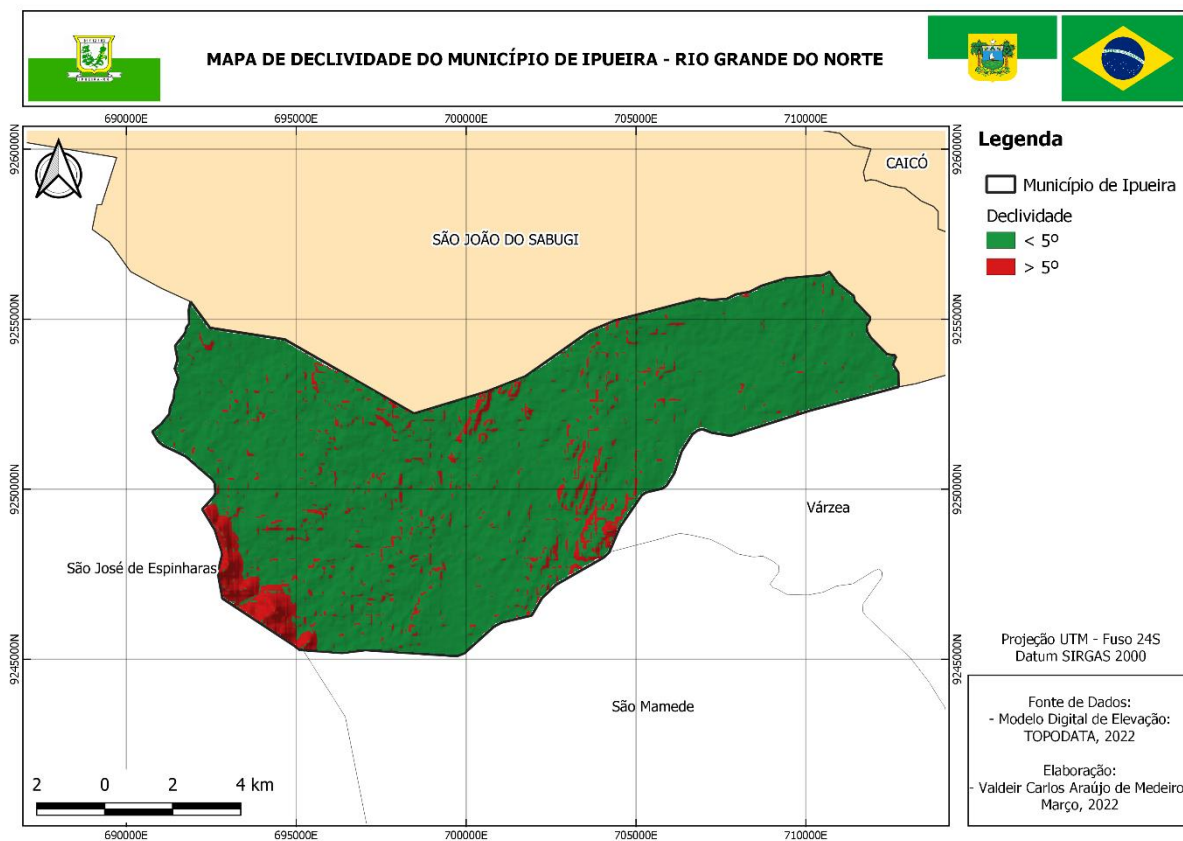


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Segundo Batista (2019), a faixa de domínio é um componente essencial para a delimitação do espaço abrangente da rodovia, contribuindo para a segurança dos usuários que trafegam como também às pessoas que estão inseridas na área de influência. A largura é o elemento mais significativo em que contribui para a operação e manutenção da rodovia, assim como uma futura expansão da mesma.

A Figura 14 classifica a declividade de acordo com o parâmetro proposto na pesquisa, onde pode-se identificar pequenas parcelas com declividade acima de 5°, enquanto a maior parte do território encontra-se com uma declividade favorável a pesquisa, com um valor abaixo de 5°.

Figura 14 – Mapa da Declividade



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

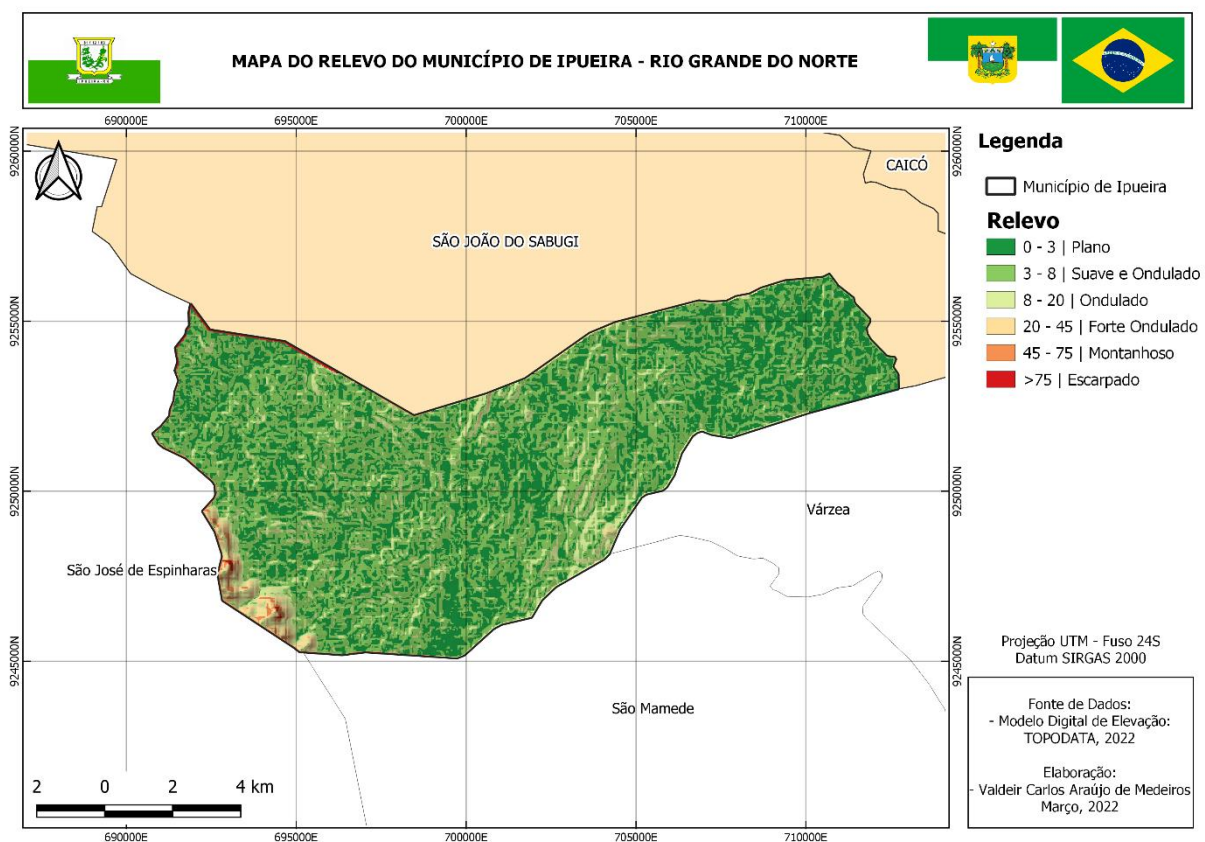
O fator declividade é imprescindível na etapa de compreensão do terreno estudado, pois através desse parâmetro é possível estabelecer e selecionar áreas correlatas à não ocorrência de sombreamento, afetando assim a eficiência do processo energético.

Vargas (2016) evidencia os diversos fatores que devem ser levados em consideração para o estudo territorial, referenciando um trabalho acadêmico de García Martín et al. (2011) em que o mesmo diz que o fator da declividade é “compreendido como fator dificultante ao acesso das máquinas e pessoal eleva o custo acentuadamente, porque os equipamentos de trabalho florestal são limitados quanto a inclinação do solo, impedindo a aproximação e aumentando a necessidade de maior número de mão de obra envolvida.”

Levando em consideração os aspectos que levem à implementação do sistema, Azevêdo (2016) comenta que o “local deverá ser o mais plano possível, entretanto com inclinação suficiente para permitir uma drenagem natural do terreno”. Através da análise do terreno do município, constatou-se que os declives estão dispostos de forma não evidenciada, favorecendo a locação das estruturas.

Diante dessas prerrogativas, de acordo com a Figura 15, é possível analisar a presença de relevo em sua maior parte como plano, suave e ondulado e ondulado, enquanto que para relevos com declividade maior estão dispostos em menor quantidade. Portanto, através das informações coletadas e representadas nos mapas, é comprovada a perspectiva em que o município dispõe de um significativo potencial para a instalação de uma usina solar fotovoltaica em função da sua maior predominância e presença de declividade plana na sua maior faixa de território.

Figura 15 - Mapa do Relevo

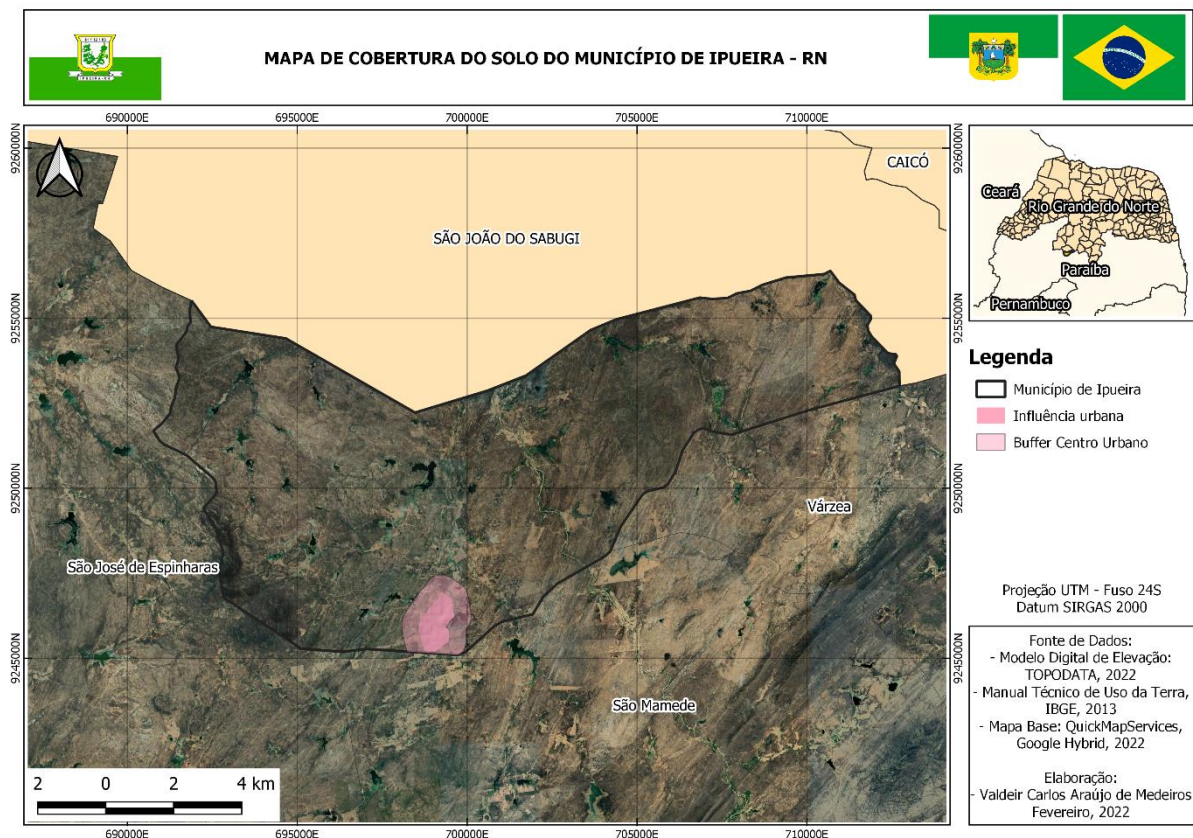


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

A Figura 16 ilustra a parcela referente à influência urbana do município de Ipueira, revelando o buffer aplicado de acordo com o critério estabelecido diante de pesquisa bibliográfica. Distinguir a distância com relação ao centro urbano é um fator muito importante, além de reduzir impactos visuais e relacionados à população, deve-se deduzir que no futuro próximo o processo de urbanização irá desenvolver-se, assim como forma de premeditação foi aplicado uma distância mínima para a instalação da usina.

Como forma de apreciação do requisito em relação aos centros urbanos, Galvão (2017) comenta que “as usinas fotovoltaicas de geração concentrada não são adequadas para instalação em cidades, devido o espaço requerido para tal”. Assim, como a presente pesquisa não tem o propósito de distinguir as questões socioeconômicas, empregou-se apenas um buffer com uma distância retirada da academia, obedecendo deste modo o processo de crescimento urbano e a ampliação das infraestruturas da cidade.

Figura 16 - Mapa da Área Urbana



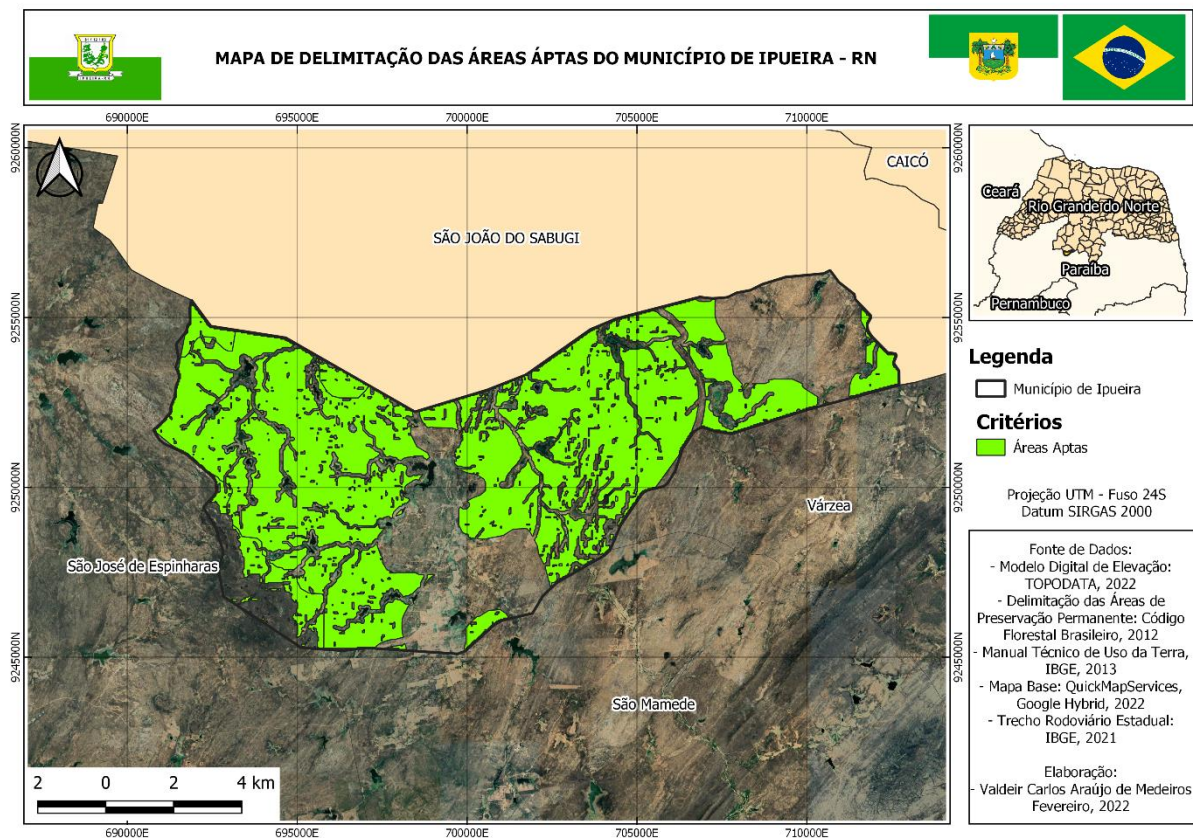
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Diante dos critérios discorridos e explicitados através dos mapas temáticos acima, determinou-se as áreas denominadas aptas a receber a fonte de energia renovável estudada. Na Figura 17 é possível verificar as áreas correspondentes, totalizando uma área de 74,47 km².

Desta forma, a presente pesquisa tem como finalidade determinar as áreas onde de acordo com as referências bibliográficas e as legislações vigentes permitem a aplicação de empreendimentos. Por meio da aplicação de geotecnologias foi possível ilustrar as informações e consequentemente desenvolver os dados através de geoprocessamento. Levando em

consideração o objetivo do trabalho, as áreas consideradas aptas foram cruzadas com os dados referentes ao total diário de irradiação global horizontal, com a aplicação de médias anuais para um melhor desenvolvimento das informações.

Figura 17 - Restrições de acordo com os Critérios



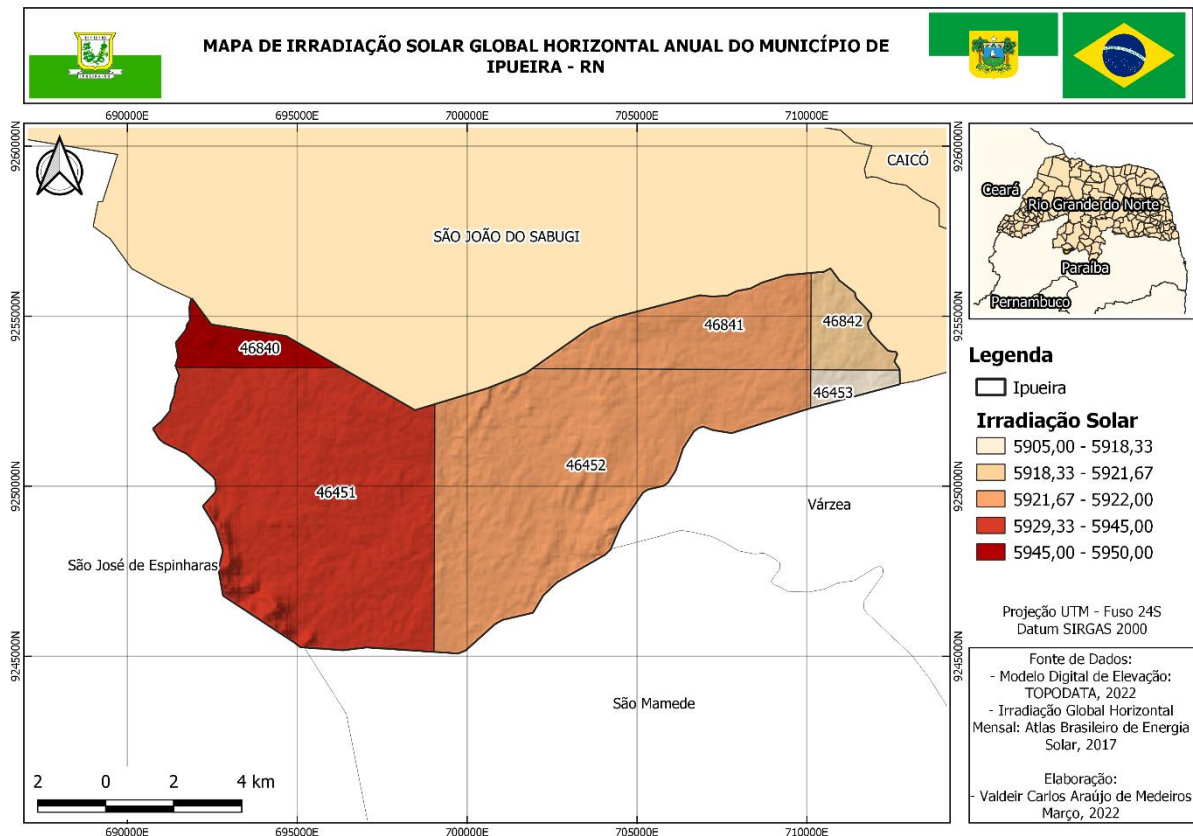
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

A Figura 18 retrata a disposição da irradiação solar global horizontal com o total diário e média anual do município de Ipueira. Pode-se constatar valores maiores de irradiação solar situados no hemisfério oeste do território municipal, enquanto que no hemisfério leste os valores médios anuais foram menores.

Em razão da base de dados ser obtida no Atlas Brasileiro de Energia Solar 2ª Edição (2017), os dados estão divididos entre células e assim o município de Ipueira se encontra inserido com 6 células, onde duas células englobam a maior parte do território municipal. Como os dados foram obtidos através do formato QGS, esses dados foram transferidos para o software QGIS para o processamento e elaboração dos mapas referentes ao município. Sendo assim,

esses dados foram cruzados com as áreas consideradas aptas para relacionar as áreas de maior potencial de instalação da usina.

Figura 18 – Mapa da Irradiação Solar



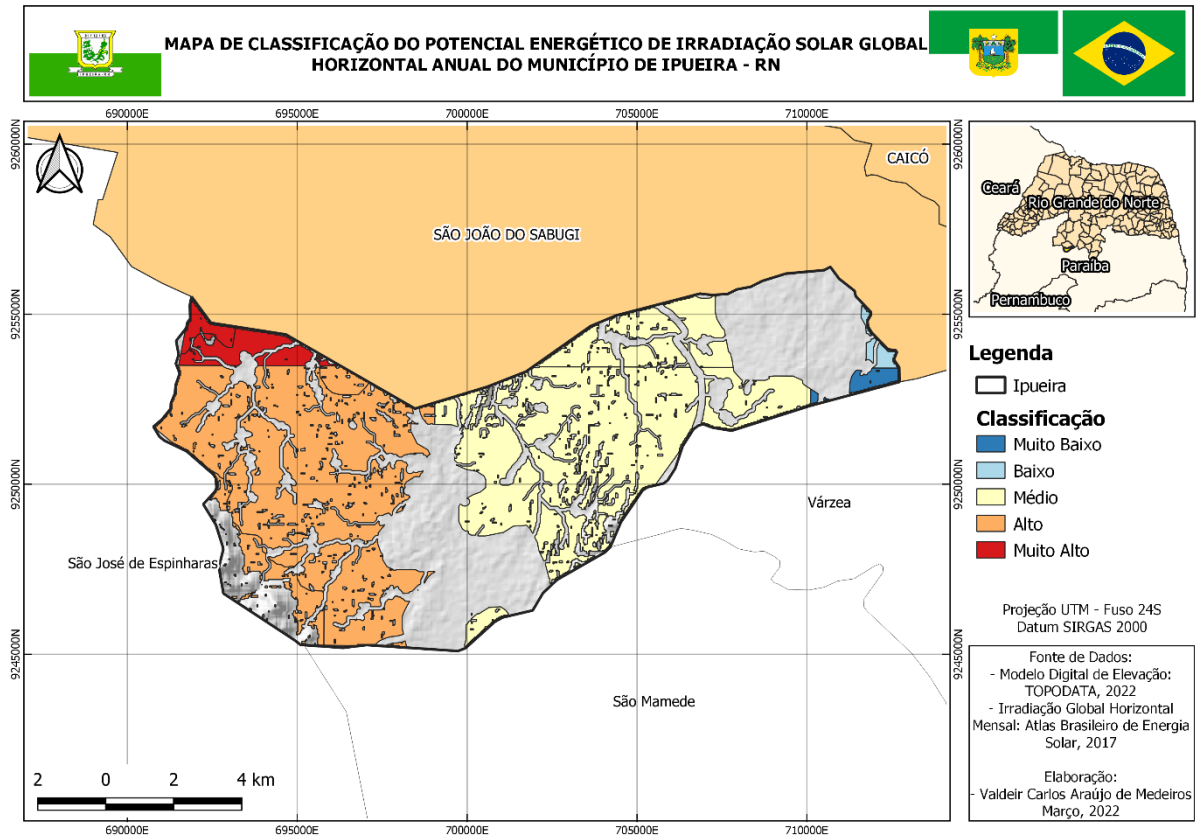
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

O município de Ipueira está dividido entre 6 células, sendo que 2 ids representam a maior parte do território, com valores de irradiação solar global horizontal variando entre 5905,00 e 5950,00 Wh/m². dia. Desta forma, relacionando os valores de irradiação solar e as áreas aptas, foi possível estabelecer a área de maior potencial para um melhor aproveitamento do sistema.

A Figura 19 se torna mais clara e compreensível, evidenciando a região de maior potencial com a maior ocorrência de irradiação solar. Com a correlação das informações, é comprovada que as áreas com alta potencialidade se encontram nos ids 46840 e 46451, enquanto que as áreas consideradas com potencialidade média estão dispostas nos ids 46452 e 46841, e as áreas consideradas com baixa potencialidade estão nos ids 46453 e 46842. Assim é

comprovado que a instalação da usina deve compreender a extensão presente nos ids 46451 e 46840.

Figura 19 - Relação entre restrições e irradiações



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Como forma de classificação do potencial energético, as áreas foram divididas de acordo com o desempenho, sendo especificadas em muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. A Tabela 2 demonstra a categorização de acordo com os níveis estabelecidos.

Tabela 2 - Classificação do potencial energético Wh/m²

ID	IRRADIAÇÃO SOLAR (Wh/m ²)	CLASSIFICAÇÃO
46451	5929,33 – 5945,00	ALTO
46452	5921,67 – 5922,00	MÉDIO
46453	5905,00 – 5918,33	MUITO BAIXO
46840	5945,00 – 5950,00	MUITO ALTO
46841	5921,67 – 5922,00	MÉDIO
46842	5918,33 – 5921,67	BAIXO

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Diante dos resultados referentes às áreas consideradas aptas para a instalação e seus respectivos potenciais, juntamente com o valor da área pretendida para assistir 1.157 imóveis públicos e privados segundo Lopes Neto (2021) foi possível estimar uma área total de 11.570 m² para a instalação dos painéis fotovoltaicos. Dessa forma, foram identificadas as áreas para posicionar os módulos, com um total de 119 áreas em que posteriormente identificados os locais capazes de atender a demanda de acordo com a área total para abastecer toda a área urbana da cidade.

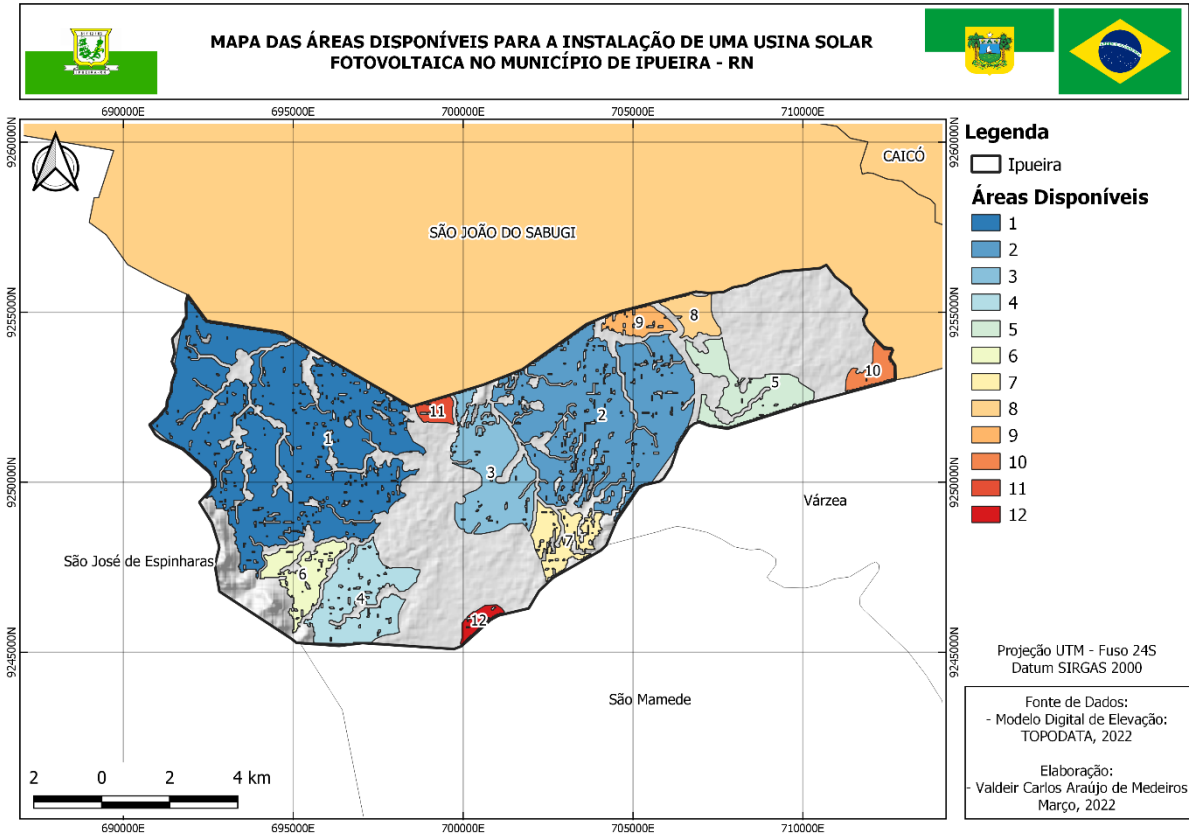
Devido à classificação de 119 áreas disponíveis, foi estabelecido o valor mínimo necessário para abrigar uma usina de painéis fotovoltaicos, que no caso de acordo com Rediske (2019) é cerca de no mínimo 26 Ha ou 0,26 km². Assim, como forma de conhecimento, foram identificadas 12 áreas com potencial para alojar a usina de acordo com a Tabela 3 em função da área total de 11.570 m² ou 0,01157 km². Essas áreas estão delimitadas na Figura 20.

Tabela 3 - Áreas disponíveis

Nº	ÁREA (km²)	POTENCIAL
1	29,59	ALTO / MUITO ALTO
2	18,72	MÉDIO
3	6,14	MÉDIO
4	5,42	ALTO
5	3,73	MÉDIO
6	2,59	ALTO
7	2,24	MÉDIO
8	1,35	MÉDIO
9	1,19	MÉDIO
10	0,99	MUITO BAIXO / BAIXO
11	0,62	MÉDIO / ALTO
12	0,55	MÉDIO

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Figura 20 - Áreas para Instalação



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da aplicação de geotecnologias como ferramentas para a realização do estudo, foi possível avaliar o território diante das suas características, levando a concluir que o município se mostrou convincente sem a ocorrência de grandes obstáculos.

Com a obtenção dos dados foi executada a elaboração de mapas temáticos de acordo com os critérios estabelecidos na pesquisa, e assim aplicar as restrições para implementação do empreendimento.

Diante dos resultados obtidos, foi constatado que o município de Ipueira-RN apresenta um grande potencial energético para a instalação de uma usina de energia solar, levando em consideração a vantagem em relação à localização geográfica, chegando à 5950,00 Wh/m² de irradiação solar e garantindo que possa ser implementada e empregada em maior parte do território municipal.

A implementação da usina de energia solar pode ser instalada em 12 áreas que obedeceram a área mínima de instalação, compreendendo locais distantes do centro urbano e que poderão atender toda a população ipueirense.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Ed. – Brasília: Aneel, 2008. 236 p. Disponível em: <https://catalogobiblioteca.cnmc.es/LIBR/BRLIBR000002044/BRLIBR000002044_G2/Texto%20completo.PDF>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

AZEVÊDO, Verônica Wilma Bezerra. **Estudo de localização de usina solar termoeletrica no estado de Pernambuco**. 2016. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fontes Renováveis de Energia, Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/17712/1/TESE%20N%20127%20-%20PROTEN%20DEN%20UFPE%20-%20VERONICA%20AZEVEDO.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BATISTA, Maiara Oliveira. **A influência dos usos irregulares e das características da Faixa de Domínio na Segurança Viária de Rodovias Federais Brasileiras**. 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/37225/1/2019_MaiaraOliveiraBatista.pdf. Acesso em: 11 abr. 2022.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Nordeste: futuro promissor para energia solar**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n.31, maio. 2018. (Caderno Setorial Etene). Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1017/1/2018_CDS_31.pdf. Acesso em: 17 de mar. 2022.

BONDARIK, Roberto; PILATTI, Luiz Alberto; HORST, Diogo José. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Interciencia**, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/339/33957861002/33957861002.pdf>. Acesso em: 17 de mar. 2022.

BORGES, Luís Antônio Coimbra; REZENDE, José Luiz Pereira de; PEREIRA, José Aldo Alves; COELHO JÚNIOR, Luiz Moreira; BARROS, Dalmo Arantes de. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1202-1210, 27 jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/4jVMhFMf3q69gvyMCnFBfpB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 de abril de 2022.

BRASIL. **Lei Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

BRASIL. **Lei Nº 7.774, de 8 de junho de 1989**. Expediente normas de ajustamento do Programa de Estabilização Econômica, de que trata a Lei nº 7.730, de 31 de janeiro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7774.htm. Acesso em: 05 de abril de 2022.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de

14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andrea S.; MAGALHÃES, Geovane C.; MEDEIROS, Claudia M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 18 de maio de 2022.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Ipueira, estado do Rio Grande do Norte / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha, Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16972/1/rel_ipueira.pdf. Acesso em: 20 de maio 2022.

CRUZ, Francy Mayerly Sanchez. **Metodologia de análise do potencial solar e eólico na zona urbana apoiado em geoprocessamento - Caso USP Campus Butantã**. 2017. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-27062017-133342/publico/FrancyMayerlySanchezCruzCorr17.pdf>. Acesso em: 27 maio 2022.

DOMINGUES, Paulo Cesar. **Brasil é referência no campo da energia limpa e renovável**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/10/brasil-e-referencia-no-campo-da-energia-limpa-e-renovavel>. Acesso em: 24 maio 2022.

DUPONT, Fabrício Hoff. **Estudo, análise e implementação de uma metodologia para otimização de rendimento em sistemas compostos por conversores em paralelo**. 2014. 234 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/21510/TES_PPGEE_2014_DUPONT_FABRICIO.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 de maio 2022.

DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p. 70-81, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revget/article/view/19195/pdf>. Acesso em: 17 de mar. 2022.

Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Atlas da Eficiência Energética 2021**. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-651/Atlas2021_PT_2022_02_04.pdf>. Acesso em 18 de maio de 2022.

Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2021: Ano base 2020** – Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>>. Acesso em 18 de maio de 2022.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 159 p.

GALLINA, A. L. **Uma alternativa sustentável para a produção de biodiesel: *Cyperus esculentus***. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro Oeste, 2011. 119p. Dissertação Mestrado. Disponível em: https://www.unicentro.br/posgraduacao/mestrado/bioenergia/dissertacoes/Disserta_o_Final_A ndr_Gallina_514364e0d5076.pdf. Acesso em: 17 de mar. 2022.

GALVÃO, Ivana Ferreira. **Estudo de Potencial de Instalação de Usinas Fotovoltaicas no Estado de Goiás Utilizando SIG**. 2017. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/Estudo_de_Potencial_de_Instala%C3%A7%C3%A3o_de_Usinas_Fotovoltaicas_no_Estado_de_Goi%C3%A1s_Utilizando_SIG.pdf. Acesso em: 22 de mar. 2022.

García Martín, A. et al. Determinación de zonas adecuadas para la extracción de biomassa residual forestal en la provincia de Teruel mediante SIG y Teledetección. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, p. 19–50, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 76 e 77.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/ipueira/panorama>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2022.

LIMA, Caetano Marques de Olinda. **Mapeamento da irradiação solar em áreas degradadas ou perturbadas no estado de São Paulo**. 2021. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2021. Disponível em: https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/61551/TCC_FINAL_CAETANO_EA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 de maio 2022.

LOPES NETO, Jose Paiva. **Aplicação de veículos aéreos não tripulados (VANTs) para atualização do cadastro fiscal imobiliário em municípios de pequeno porte**. 2021. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2021.

MASCARENHAS, Luciane Martins de Araújo; FERREIRA, Manuel Eduardo; FERREIRA, Dr. Laerte Guimarães. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 21, p. 5-18, 23 dez. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/TDprhVvNMFrFrSZCPPgsSMJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 2 de abril 2022.

OLIVEIRA, Francisco Rafael de Araújo. **Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico do potencial de geração de energias renováveis no município de morada nova - ce**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Maracanaú, Maracanaú, 2017. Disponível em: <http://ppger.ifce.edu.br/wp-content/uploads/2017/12/OLIVEIRA-F.-R..pdf>. Acesso em: 20 de maio 2022.

PEREIRA, Enio Bueno *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: Inpe, 2017. 80 p. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Acesso em: 19 de mar. 2022.

REDISKE, Graciele. **Modelagem para avaliação de locais adequados para a instalação de usinas fotovoltaicas**. 2019. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/20904/DIS_PPGEPP_2019_REDISEKE_GRACIELE.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 17 de mar. 2022.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. Barueri: Manole Ltda, 2011. 485 p. (2ª edição revisada e atualizada).

SALINO, Pedro Jordão. Energia eólica no Brasil: uma comparação do PROINFA e dos novos leilões. **Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ**, 2011. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001705.pdf>. Acesso em: 20 de maio 2022.

STEIN, Ronei Tiago; MEGIATO, Érica Insaurriaga; TROMBETA, Letícia Roberta; BOTELHO, Lúcio; BERTOLLO, Mait; SANTOS, Michelle Odete dos; SANTOS, Vítor de Oliveira. **Cartografia Digital e Sensoriamento Remoto**. Porto Alegre: Sagah, 2020. 295 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556900339/>. Acesso em: 11 maio 2022.

STEIN, Ronei Tiago; SANTOS, Franciane Mendonça dos; REX, Franciel Eduardo; MARCATTO, Francieli Santana; TROMBETA, Letícia Roberta Amaro; MORAS FILHO, Luiz Otávio; PELINSON, Natália de Souza. **Geoprocessamento**. Porto Alegre: Sagah, 2021. 318 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902852/>. Acesso em: 11 maio 2022.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno (org.). **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. 452 p. disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 17 de maio 2022.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, Campinas. v.10, n. 4, p. 67-76. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/9NFHqXk7LTh7gJVGcPF34r/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 11 de abril de 2022.

UYAN, M. Optimal site selection for solar power plants using multi-criteria evaluation: A case study from the Ayranci region in Karaman, Turkey. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 19, n. 9, p. 2231–2244, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10098-017-1405-2>>.

VARGAS, Marnoon Poltozi. **Prospecção de Potenciais de Geração Distribuída em Propriedades Rurais utilizando Geotecnologias e Metodologias Multicriteriais de Apoio à Decisão**. 2016. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016. Disponível em:

<https://dspace.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/751/1/Prospec%20de%20potenciais%20de%20gera%20distribu%20em%20propriedades%20rurais%20utilizando%20geotecnologias%20e%20metodologias%20multicriteriais%20de%20apoio%20decis%20.pdf>. Acesso em: 17 de maio 2022.

VICARI, Matheus Boni. **Uso de SIG e Análise Multicritério para Levantamento do Potencial de Implantação de Usinas Eólica e Solar no Rio Grande do Sul**. 2012. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2012-2/MATHEUS%20BONI%20VICARI.pdf>. Acesso em: 17 de mar. 2022.

WANDERLEY, A. C. F.; CAMPOS, A. L. P. S.. PERSPECTIVAS DE INSERÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO RIO GRANDE DO NORTE. **Holos**, Natal, v. 3, p. 3-14, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481548605002.pdf>. Acesso em: 27 maio 2022.