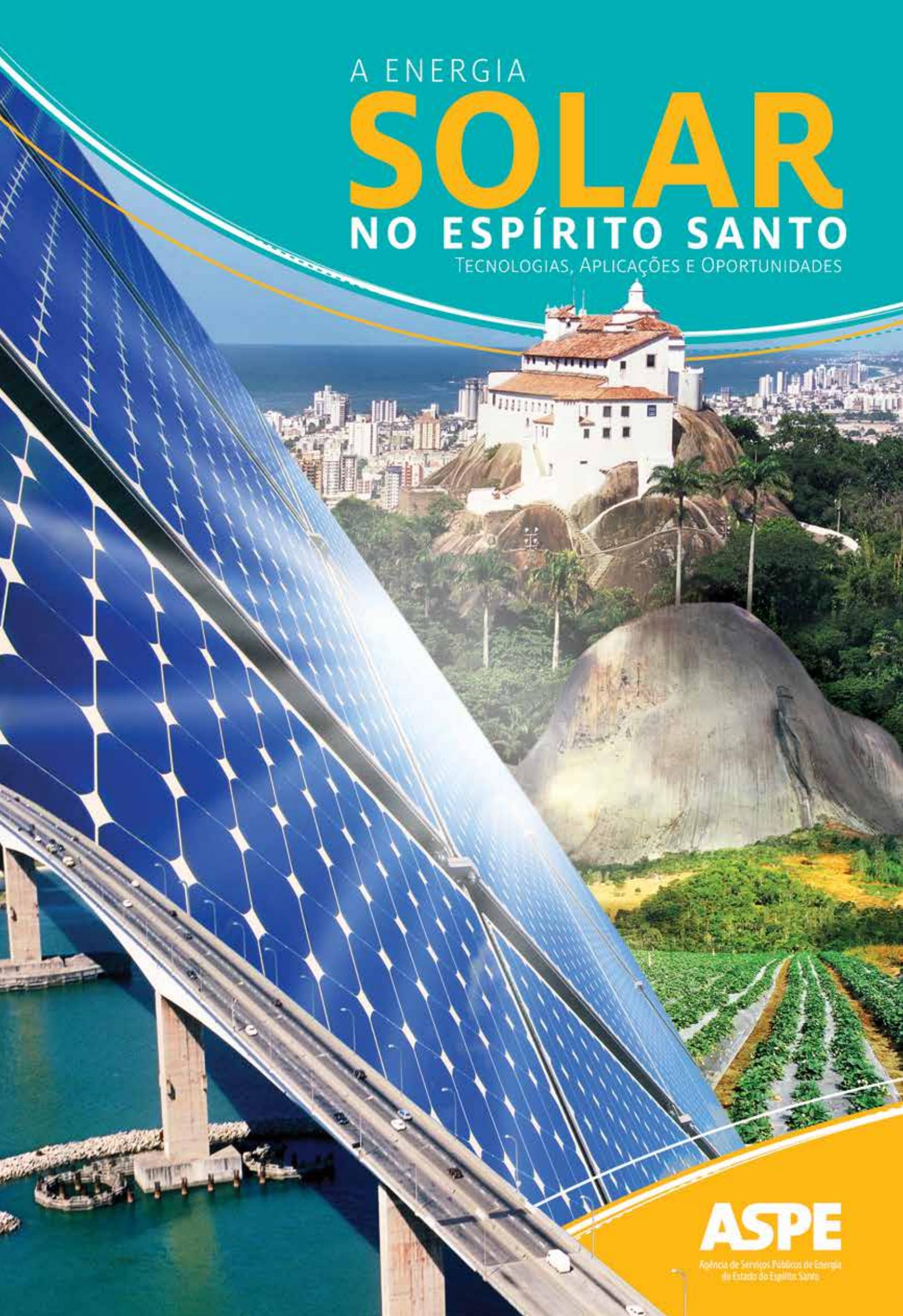


A ENERGIA

SOLAR

NO ESPÍRITO SANTO

TECNOLOGIAS, APLICAÇÕES E OPORTUNIDADES



ASPE

Agência de Serviços Públicos de Energia
do Estado do Espírito Santo

A ENERGIA

SOLAR

NO ESPÍRITO SANTO

TECNOLOGIAS, APLICADAS E OPORTUNIDADES

ASPE

Agência de Serviços Públicos de Energia
do Estado do Espírito Santo

Renato Casagrande
Governador do Espírito Santo

Givaldo Vieira
Vice-Governador do Espírito Santo

Nery Vicente Milani De Rossi
Secretário de Estado de Desenvolvimento - SEDES

Luiz Fernando Schettino
Diretor Geral da Aspe

Alexandre Guimarães Mendes
Diretor Administrativo e Financeiro da Aspe

Ayrton de Souza Porto Filho
Diretor Técnico da Aspe

Evair Vieira Melo
Diretor Presidente do Incaper

Aureliano Nogueira da Costa
Diretor Técnico do Incaper

AUTORES

Alberto Cesar de Lima
Alexandre de Mello Delpupo
Bruce Francisco Pontes da Silva
Bruno Fraga do Sacramento
Carla Costa Madureira
Heverson Morais Alvarenga
Hugo Ely dos Anjos Ramos
José Geraldo Ferreira da Silva
Murilo Pereira Scarpatti
Paulo Víctor Dias Almeida

REVISÃO ORTOGRÁFICA

Sandro Pandolpho Costa

AGRADECIMENTOS E COLABORAÇÕES TÉCNICAS



E56

Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE)
Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades /
Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo
(ASPE). _ Vitória, ES, 2013.
120 p. : il., mapas ; 32 cm.
ISBN: 978-85-66756-01-2

1. Energia Solar 2. Espírito Santo. 3. Energias renováveis. 4. Fotovoltaica 5. Micro e Minigeração.
I. Governo do Estado do Espírito Santo. II. Agência de Serviços Públicos de
Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE). III. Título.

CDD: 621.47

Autorizada a reprodução parcial desde que citada a fonte.

NOSSA MATRIZ ENERGÉTICA GANHA MAIOR SEGURANÇA E EFICIÊNCIA

Num mundo cada vez mais sedento de energia, um dos nossos maiores desafios é identificar fontes capazes de suprir as necessidades atuais de consumo dos seres humanos, sem comprometer a qualidade de vida, a segurança e a própria sobrevivência das próximas gerações. A consciência de que os recursos naturais, em sua maioria, não são infinitos, tem levado os países do mundo inteiro a buscar soluções alternativas, que garantam uma exploração planejada, confiável e de baixo custo e, ao mesmo tempo, uma convivência não destrutiva com os recursos do planeta. Afinal, o desenvolvimento econômico de estados e regiões depende hoje, mais que nunca, da identificação e correta exploração de recursos que permitam a produção de energia limpa, a partir de fontes renováveis. Por isso, nos últimos anos, os investimentos em pesquisas nesse campo cresceram muito e têm apresentado excelentes resultados.

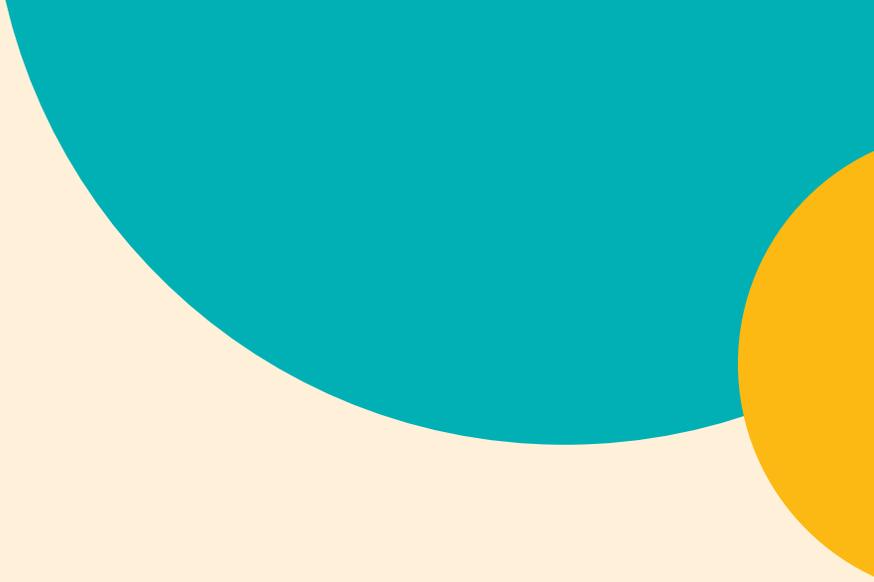
Entre as fontes mais eficientes de energia limpa, renovável e compatível com projetos de expansão econômica e desenvolvimento social destaca-se nitidamente a energia solar, devido à sua confiabilidade e à consistente redução de custos das tecnologias utilizadas em sua exploração. Sem alarde, porque o mérito será sempre do conjunto da população, o Governo do Espírito Santo tem analisado cuidadosamente o nosso potencial de exploração dessa forma de energia, assim como a possibilidade de sua inserção em nossa matriz energética, para garantir a continuidade do processo de desenvolvimento econômico e social em todas as regiões do Estado.

A fim de compartilharmos essas análises com a população, as empresas já instaladas e os investidores interessados em implantar empreendimentos em terras capixabas, recomendamos à Agência de Serviços Públicos de Energia que elaborasse este estudo, que apresenta também as potencialidades de crescimento da economia estadual, ampliadas pela eficiência e diversificação da nova matriz energética. Temos a convicção de que o estímulo ao uso da energia solar e a promoção de mudanças culturais que impulsionem a inovação tecnológica e reduzam custos constituem passos decisivos rumo ao desenvolvimento sustentável do

Espírito Santo. Trata-se de um modelo que preserva o meio ambiente e as características sociais e econômicas de cada região, gerando oportunidades de crescimento individual, social e profissional compatíveis com o potencial do município e a capacidade dos seus moradores.

Estamos construindo, assim, um novo modelo de desenvolvimento sustentável, sem risco ambiental, com soluções integradas, benefícios diretos e indiretos para a população e maior equilíbrio na distribuição geográfica dos investimentos públicos e privados. Todos os programas que executamos integram esse modelo de gestão e convergem harmoniosamente para objetivos globais, sociais e econômicos, que os capixabas definiram e estão transformando em realidade. Pois foi esse o compromisso que assumimos e é esse o cenário que o Governo do Espírito Santo está construindo nas diversas regiões, com transparência, firmeza e responsabilidade.

Renato Casagrande
Governador do Espírito Santo



ENERGIA LIMPA E PARA SEMPRE

O momento atual da humanidade é marcado pela busca de um modelo de desenvolvimento que possa permitir uma convivência harmoniosa com meio ambiente com isso, o uso de suprimentos energéticos renováveis que possam, ao mesmo tempo, atender ao crescimento das demandas e a busca por mais bem estar e qualidade de vida de forma socioeconomicamente viável é fundamental para que ocorra o desenvolvimento sustentável.

O Brasil e o Espírito Santo possuem importantes potências para geração de energia limpa, como o da bioenergia, dos ventos, dos rios e do sol. A Agência de Serviços Públicos do Estado do Espírito Santo – ASPE, tem se dedicado a realizar estudos e incentivar esses tipos de energias, e no presente caso coloca à disposição de toda sociedade capixaba informações fundamentais para o conhecimento e aproveitamento do enorme potencial que o sol oferece em todo o território do Espírito Santo tanto para o meio urbano e rural e setores residenciais, comerciais e industriais.

É neste contexto que abordamos em nosso estudo a importância das formas de seu uso e os caminhos que a sociedade precisa conhecer para aproveitar essa forma de energia limpa, abundante, observando que ela pode ser transformada diretamente em calor, pelos coletores solares de aquecimento ou em energia elétrica, pelos painéis fotovoltaicos ou concentradores heliotérmicos, sendo com certeza a forma mais fácil e prática da sociedade aproveitar uma energia renovável. Visto que tanto podem ser construídas usinas de maior porte quanto o cidadão individual pode utilizá-la.

Dessa forma acreditamos que o documento elaborado por esta agência, ASPE, em parceria com o INCAPER, intitulado Energia Solar no Espírito Santo: Tecnologias Aplicações e Oportunidades irá contribuir, em muito, para diversificação da matriz energética estadual e sustentabilidade, o que irá auxiliar a consolidar o crescimento do setor energético local. Assim como o próprio desenvolvimento regional desta nova forma de obter energia aqui no estado.

Luíz Fernando Schettino
Diretor Geral da ASPE

ASPE

Agência de Serviços Públicos de Energia
do Estado do Espírito Santo



APRESENTAÇÃO INCAPER

O desenvolvimento do presente estudo, juntamente com a Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE), teve como finalidade principal apresentar, de maneira geral, os aspectos da tecnologia da energia solar e sua aplicação em vários setores, inclusive a agricultura, além de servir como um referencial de pesquisa não só para estudantes, como para toda sociedade civil.

O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) participou, com grande satisfação, da elaboração deste documento, uma vez que esta iniciativa vai ao encontro da missão do Instituto em promover soluções tecnológicas e sociais por meio de ações integradas de pesquisa, assistência técnica e extensão rural, visando ao desenvolvimento do Espírito Santo. Nesta obra, o Incaper agregou o conhecimento desenvolvido por sua equipe de Meteorologia, subsidiando-a com informações relevantes para a temática em questão.

Temos a compreensão de que, atualmente, a população mundial enfrenta inúmeros desafios devido à crescente demanda por água, alimentos e energia. Por essa razão, muitos pesquisadores têm concentrado esforços para viabilizar o máximo aproveitamento dos recursos naturais, a fim de otimizar os processos de produção de modo a serem realizados com a mais alta eficiência energética, contribuindo para o desenvolvimento da humanidade.

Para se alcançar esse desenvolvimento de maneira sustentável, é necessário, além de mudanças comportamentais, pensar no uso eficaz dos recursos naturais. O sol é uma fonte inesgotável de energia disponibilizada gratuitamente na sua forma primária, podendo ser amplamente empregada nos diversos sistemas de produção no ambiente agrícola.

Dessa forma, a energia solar merece atenção especial pelo fato de poder ser utilizada como fonte principal para o desenvolvimento metabólico de plantas e animais ou combinada com a energia oriunda de outras fontes, como a eólica, hidroelétrica, biogás, entre outras, na produção de bens de consumo, bem como para o conforto e bem estar social, tanto desta geração quanto das gerações futuras.



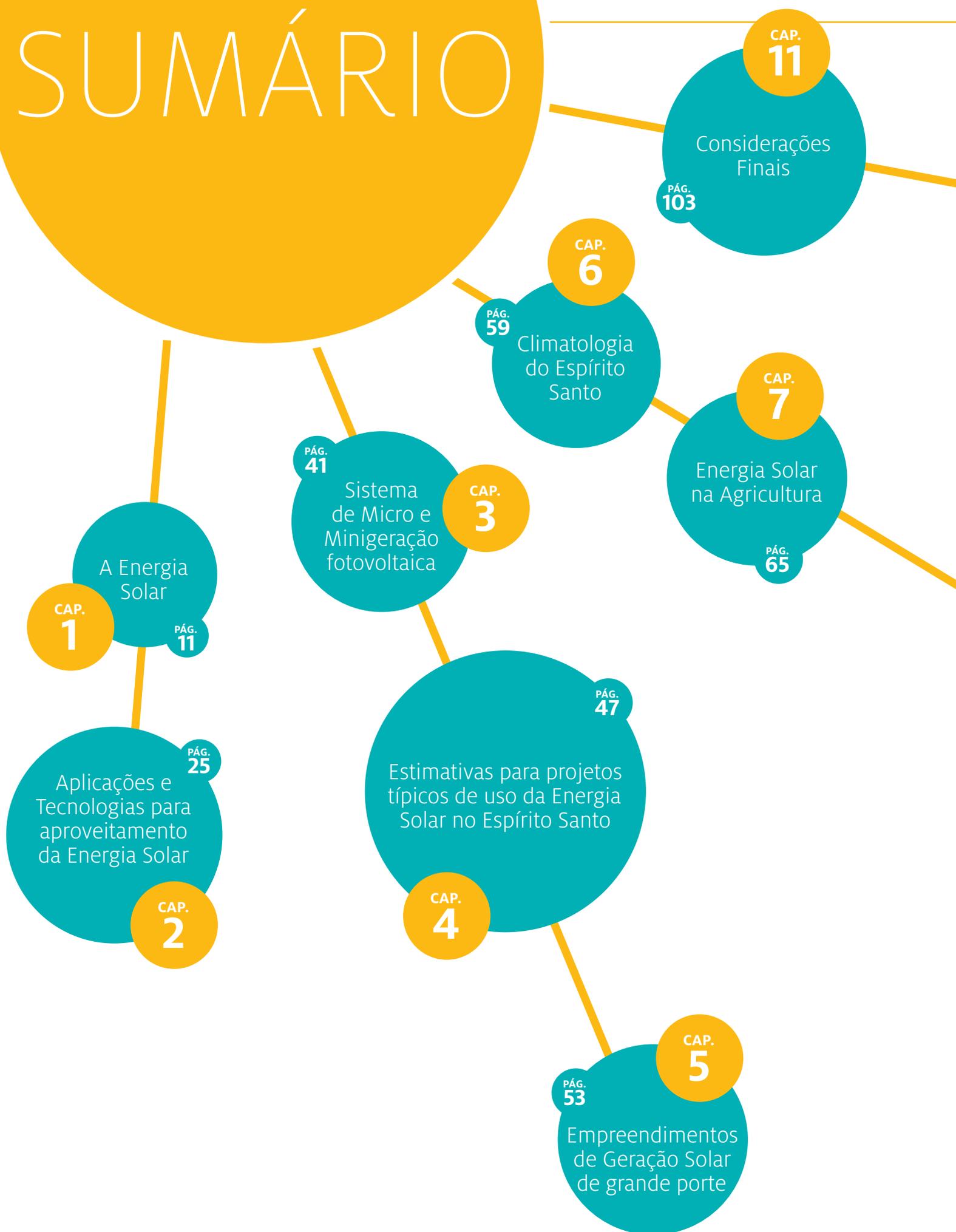
A utilização, cada vez maior, da energia solar nos processos de produção acarreta a diminuição da pressão sobre o uso de energia das fontes não renováveis, a exemplo do petróleo e seus derivados, além de ser uma energia “limpa”. O uso desse tipo de energia não produz gases de efeito estufa e seu processo de produção é mais seguro quando comparado à produção de energia nuclear.

A reflexão sobre essas questões estão presentes neste documento, considerado de grande importância para o desenvolvimento do Espírito Santo, pois através da divulgação das várias técnicas e possibilidades de uso da energia solar, é possível favorecer a intensificação do uso desse tipo de energia e, conseqüentemente, beneficiar diretamente seu usuário ao reduzir os gastos com energia oriunda de outras fontes.

Evair Vieira de Melo
Diretor-Presidente do Incaper

Aureliano Nogueira da Costa
Diretor Técnico do Incaper

SUMÁRIO



PÁG.
107

Apêndice

CAP.
12

PÁG.
111

Referências

CAP.
13

PÁG.
71

Mecanismos
de Incentivo à
Energia Solar

CAP.
8

CAP.
9

Mapas
Solarimétricos do
Espírito Santo

PÁG.
75

PÁG.
91

Aplicações

CAP.
10

1

A ENERGIA SOLAR

1.1 Introdução

PÁG.
12

1.2 A Radiação Solar

PÁG.
13

1.3 Estimativas da Radiação Solar

PÁG.
14

1.4 A Energia Solar no Mundo

PÁG.
15

1.5 A Energia Solar no Brasil

PÁG.
19

1.6 A Energia Solar no Estado do Espírito Santo

PÁG.
21

1.1 INTRODUÇÃO

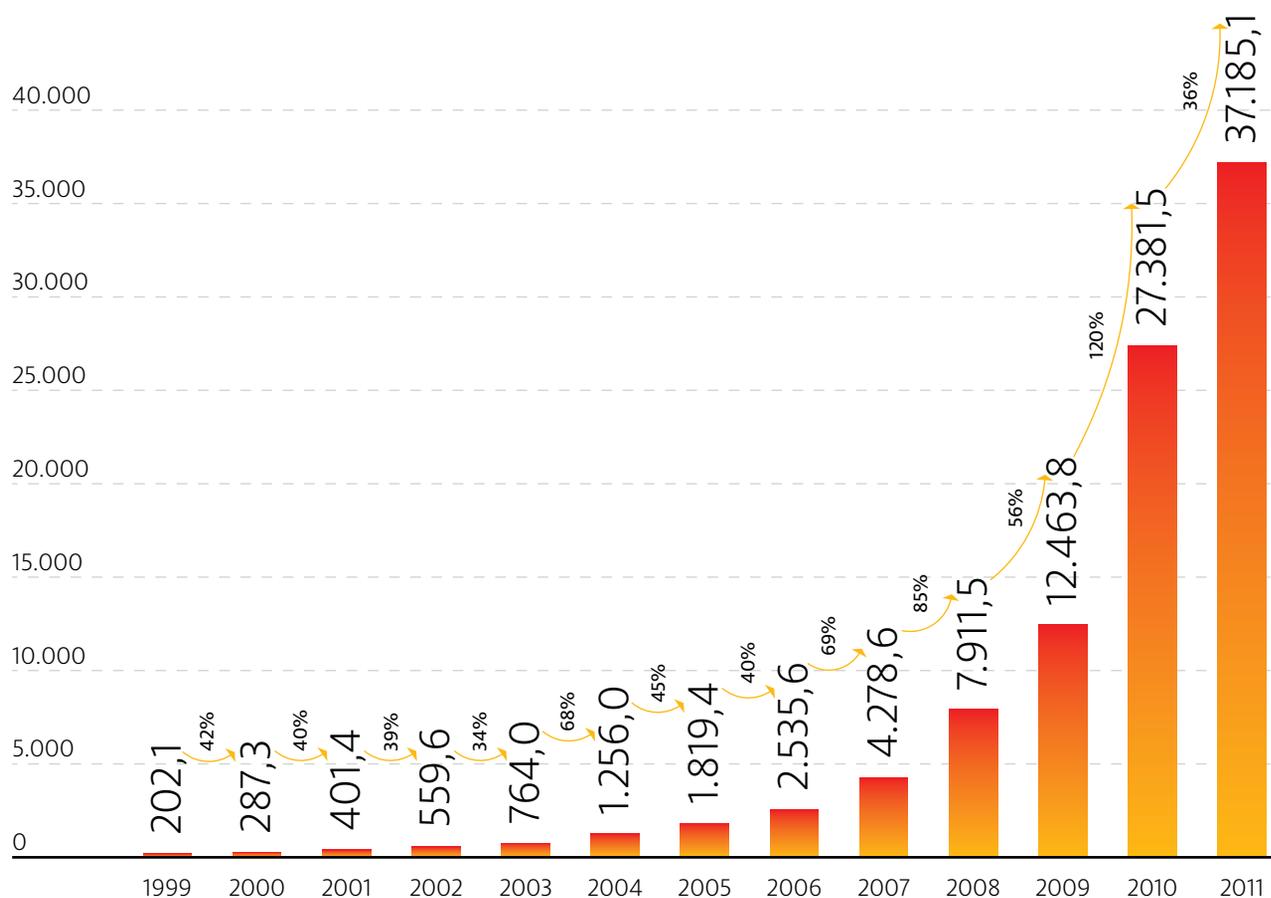
A crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, o aumento da demanda energética, a possibilidade de redução da oferta de combustíveis convencionais e uma maior conscientização mundial da necessidade de utilização de fontes renováveis estão impulsionando a comunidade científica a pesquisar e desenvolver fontes alternativas de energia menos poluentes, renováveis e que produzam pouco impacto ambiental, em especial, a fonte solar^[1].

As tecnologias que propiciam a captação da energia

proveniente do sol estão em permanente desenvolvimento, permitindo assim sua utilização com sucesso em várias situações e empreendimentos^[2]. Tanto o aumento da eficiência energética, quanto a constante redução dos custos das tecnologias de aproveitamento solar apontam para uma tendência de crescimento de sua inserção na matriz energética mundial e brasileira^[2].

A utilização das formas de energia renováveis, em especial a solar fotovoltaica, mostrou-se com forte crescimento entre os anos de 1999 e 2011^[3], como confirma o gráfico 1.

Gráfico 1: Produção Mundial de Células fotovoltaicas (MW) de 1999 a 2011



Fonte:
Photon
2012-03

1.2 A RADIAÇÃO SOLAR

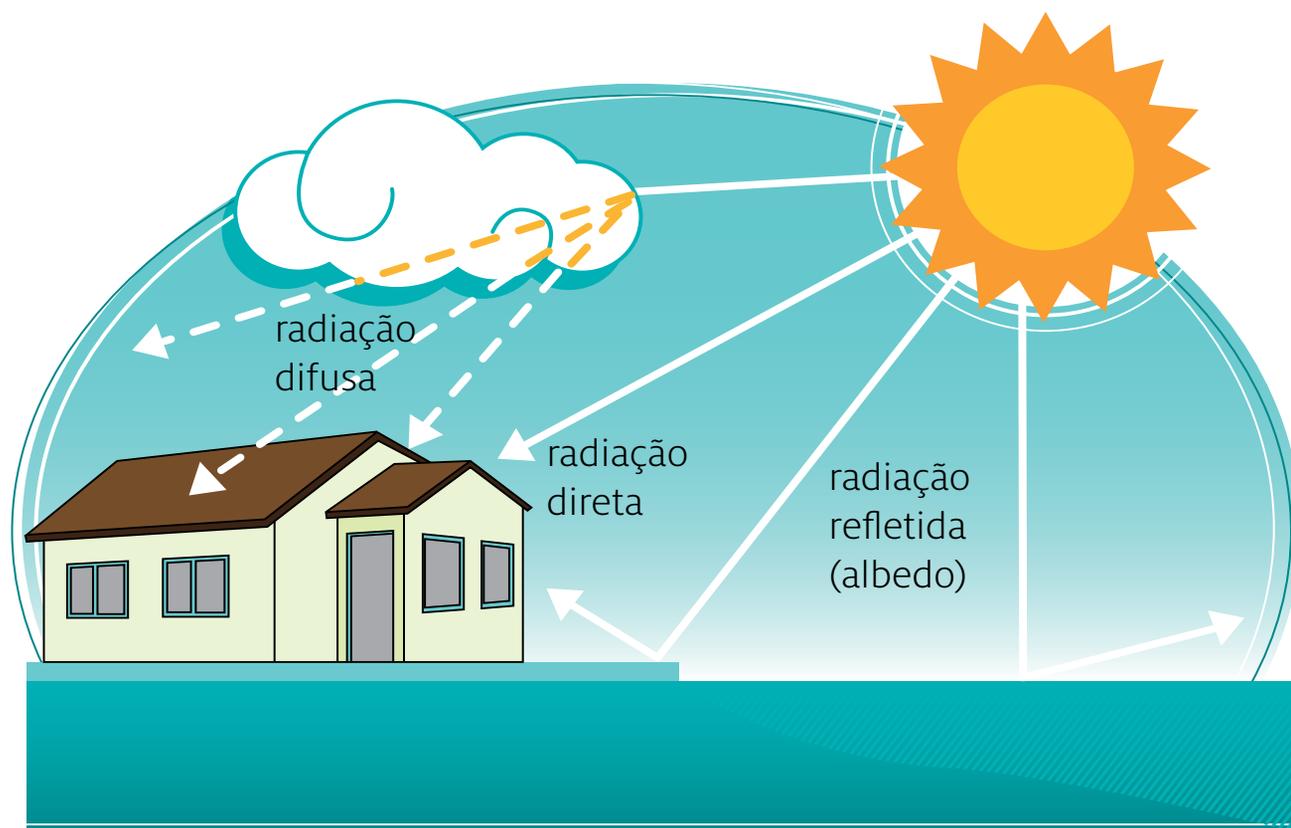
A radiação solar global, composta pela radiação difusa e direta, é utilizada tradicionalmente como fonte de energia térmica para aquecimento de fluidos, iluminação de ambientes e para a geração de energia mecânica ou elétrica. Para um maior aproveitamento da radiação global, ela pode ser captada e medida no plano inclinado, chamada de radiação no plano inclinado.

A radiação direta em determinado local é aquela medida por um elemento na superfície terrestre perpendicular

aos raios do sol, excluindo a insolação difusa, que é aquela refratada ou refletida por componentes atmosféricos (nuvens, neblinas, etc). A radiação refletida pela superfície do planeta é chamada de albedo.

A medição da radiação global é extremamente importante, principalmente para os estudos de viabilidade de instalações de sistemas solares fotovoltaicos. Para tanto, certos instrumentos são utilizados, como os piranômetros e os pireliômetros^[3].

Figura 1: Radiação difusa, direta e refletida pela superfície (albedo)



Componentes da radiação solar^[3]



Em termos de relações da Energia Solar com as outras fontes renováveis, com exceção da energia maremotriz e da geotérmica, as demais fontes renováveis podem ser vistas como usos indiretos da energia solar^[3]. Por exemplo, a bioeletricidade depende da conversão da energia solar em biomassa através da fotossíntese; a energia eólica decorre de gradientes de temperatura entre massas de

ar aquecidas de forma não homogênea, e, finalmente, as usinas hidrelétricas dependem do ciclo da água, cujo “motor” é a energia solar.

Há duas classes principais de uso direto da radiação solar: i) aquecimento de água e ii) produção de eletricidade. No capítulo sobre tecnologias de aproveitamento serão detalhadas as aplicações da energia solar.

1.3 ESTIMATIVAS DA RADIAÇÃO SOLAR

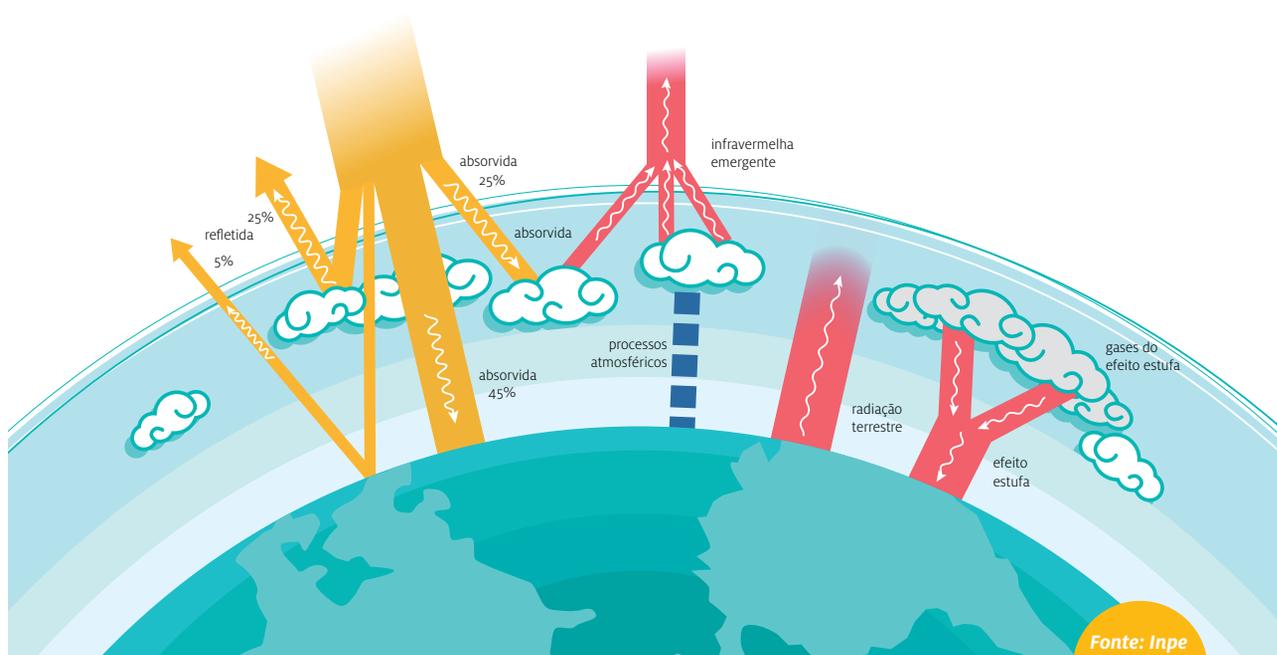
Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, etc), a disponibilidade da radiação solar depende da inclinação do eixo imaginário da terra e sua trajetória elíptica, da latitude local e do período do ano.

Ao atravessar a atmosfera, a radiação solar sofre processos físicos de absorção e reflexão, e o mesmo fenômeno ocorre na superfície do planeta. As nuvens, os gases,

as partículas atmosféricas refletem cerca de 25% e absorvem 25% da radiação incidente. Os outros 50% chegam superfície terrestre sendo 45% absorvido e uma pequena porção, 5%, refletida, de acordo com diagrama abaixo.

No diagrama a seguir estão representados, de forma bastante simplificada, os principais processos de interação da radiação solar e da radiação térmica no sistema Atmosfera-Terra.

Figura 2: Diagrama simbólico dos processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre



Os valores numéricos representam a fração de energia em cada processo radiativo na atmosfera.

Fonte: Inpe
adaptado
Aspe

No Apêndice A, encontram-se o espectro da irradiação solar e as análises.

Os dois valores^[3] a seguir caracterizam muito a radiação solar no mundo: (i) a energia da radiação solar que atinge a atmosfera a cada ano é de $1,52 \times 10^{18}$ kWh e (ii) o consumo primário anual de energia no mundo (2010)¹ é de $1,40 \times 10^{14}$ kWh. Isso significa que:

“Um aproveitamento de apenas 0,01% da radiação solar seria suficiente para suprir toda a demanda energética mundial. Ou, equivalentemente, uma hora de energia solar incidente sobre o planeta equivale ao consumo energético mundial anual.”

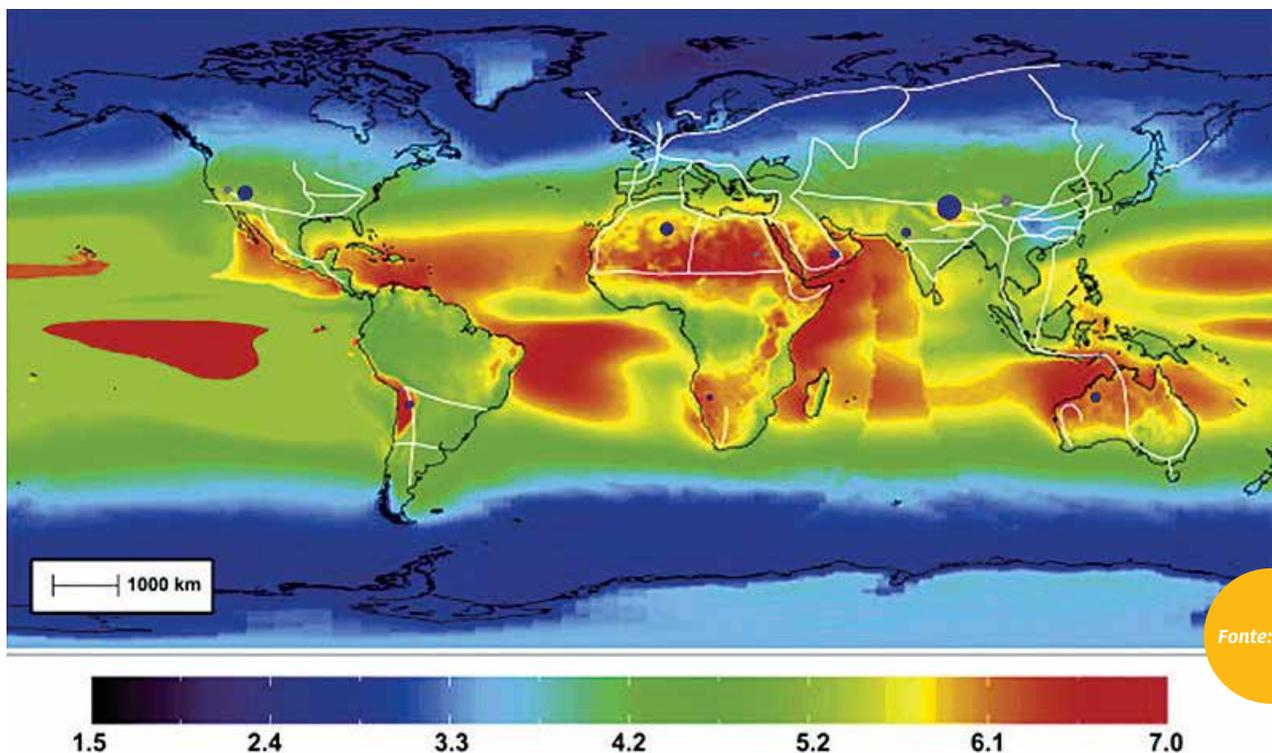
¹ Statistical Review of World Energy 2011^[3]

1.4 A ENERGIA SOLAR NO MUNDO

1.4.1 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

O mapa a seguir ilustra a distribuição da irradiação média global em todo planeta. Observa-se que as áreas dos continentes mais ensolaradas situam-se nas regiões desérticas ou semiáridas da África (por exemplo, o Saara), na região Andina (como o Deserto do Atacama), Austrália e Península Arábica. No Brasil, como esperado, as cores mais quentes estão no semiárido nordestino^[3].

Figura 3: Irradiação média anual em plano horizontal 1983-2005 (kWh/m²/dia)



Fonte: Nasa

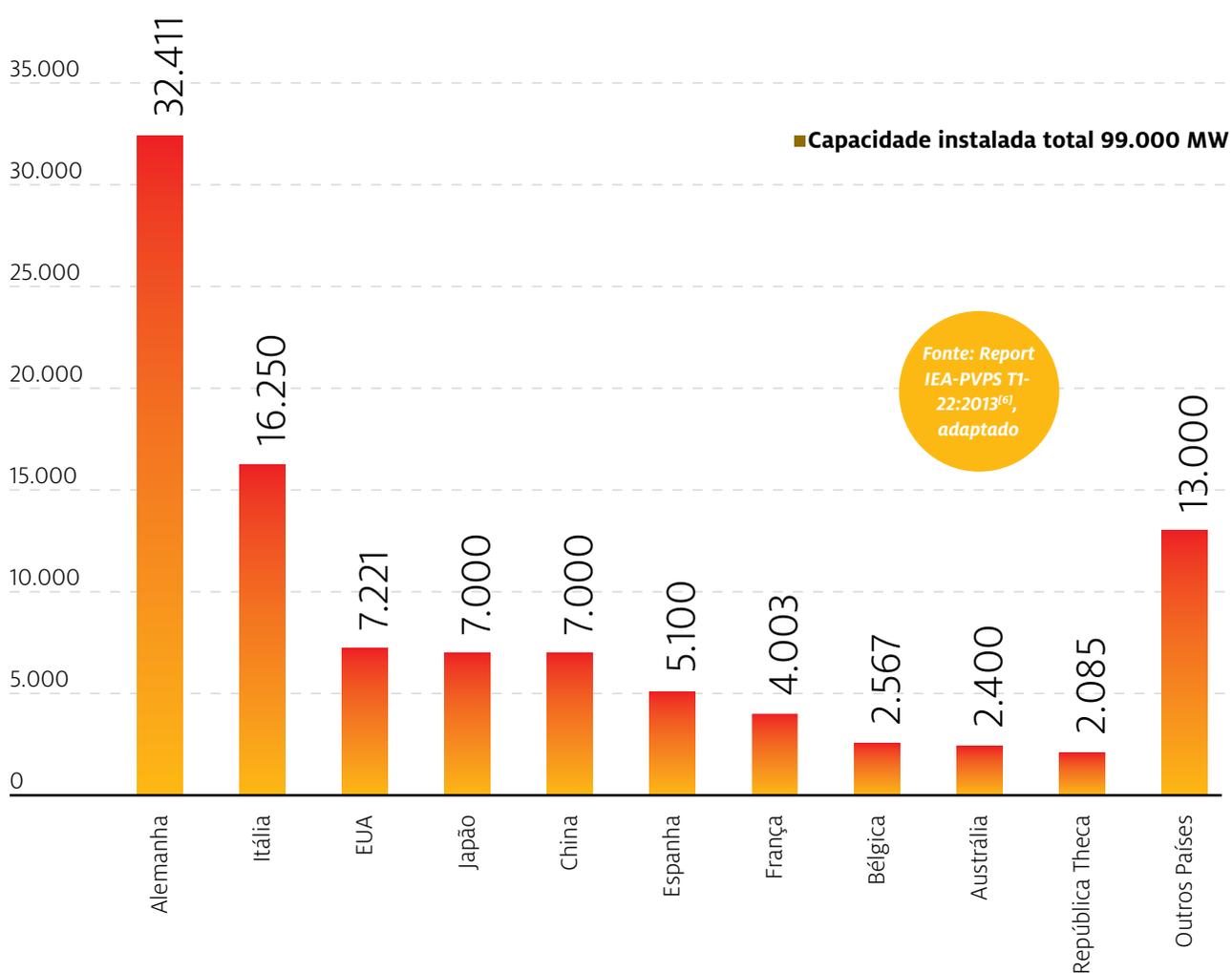
1.4.2 USO DA ENERGIA SOLAR NO MUNDO

A Agência Internacional de Energia^[4] (International Energy Agency – IEA), mostra que as fontes renováveis avançam na geração de energia: o cenário mostra um aumento da quota de energias renováveis para a geração de energia elétrica mundial de 20% em 2010, de 28% em 2020 e 57% até 2050. Nesse cenário, 7.500 TWh de eletricidade renovável serão gerados em 2020 contra a geração total de 27.165 TWh. Hidrelétricas dão a maior contribuição (17% da

geração total de eletricidade), seguida pelas fontes eólica (6%), biomassa e resíduos (3%) e solar (2%).

A geração de energia solar fotovoltaica está crescendo rápido, uma expansão de níveis marginais em 2000 para 65 TWh estimada em 2011 (acréscimo de 47% ao ano), com aumento acima de 32 TWh em 2010^[4]. A seguir, o Gráfico 2 apresenta a capacidade instalada fotovoltaica nos dez principais países do mundo.

Gráfico 2: Capacidade Instalada Fotovoltaica Mundial (MW) em 2012



No ano de 2012, o aumento da capacidade instalada na Alemanha, China, Itália e Estados Unidos foi, respectivamente, de 7.604 MW, 3.510 MW, 3.337 MW e 3.313 MW. A instalação no restante do mundo foi de 14.971 MW^[6].

A produção de energia solar concentrada não teve o crescimento tão intenso quanto o da energia solar fotovoltaica. Entre 2000 e 2011, o crescimento total foi de pouco mais de 3

TWh (20% ao ano). Embora seja projetado para crescer significativamente até 2017, aos moldes de 30 TWh, é provável que o desenvolvimento fique aquém do objetivo, de 100 TWh^[4].

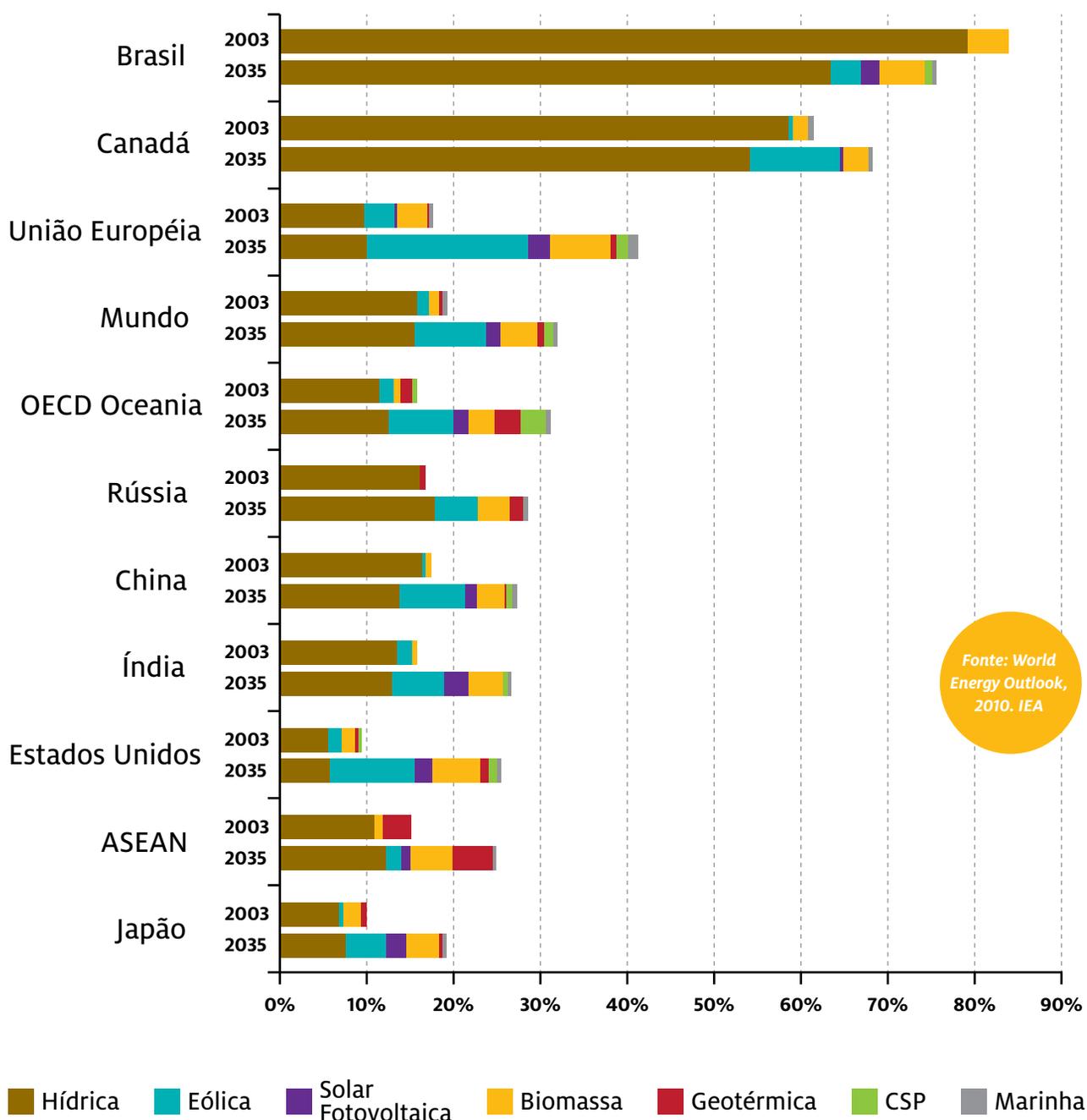
Segundo o World Energy Outlook 2012^[5], as fontes de energia renováveis ganham o seu lugar ao sol. A rápida expansão das energias eólica e solar tem consolidado a posição das energias renováveis como componente

indispensável da matriz energética global. Em 2035, elas representarão praticamente um terço da produção total de eletricidade. A energia solar cresce mais rapidamente do que qualquer outra dentre as tecnologias de energias renováveis. As fontes renováveis se tornarão a segunda fonte mundial de geração de eletricidade em 2015 (aproximadamente metade do total gerado pelo carvão,

principal fonte de geração de energia elétrica no mundo) e em 2035 se aproximarão do carvão como principal fonte de eletricidade no mundo.

O Gráfico 3 apresenta o forte crescimento da demanda por energia solar nos principais países até 2035, tanto para o uso fotovoltaico quanto para o CSP (Concentrated Solar Power/ Potência Solar concentrada).

Gráfico 3: Parcela de renováveis na geração de energia elétrica, por fonte e por região, em 2008 e 2035

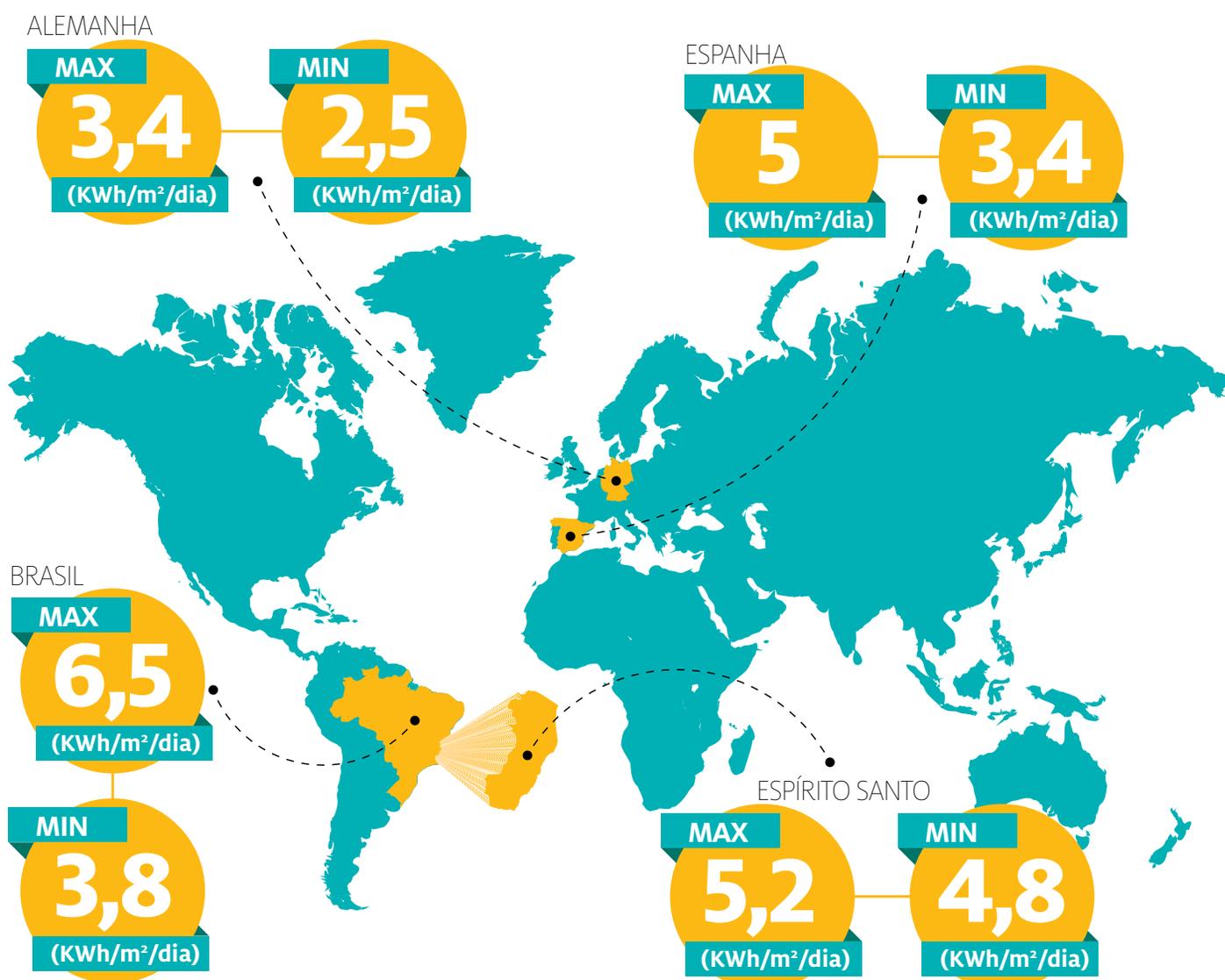


Ao se comparar as regiões da Europa com as do Brasil^[1], observa-se que no Brasil a média anual do total diário de irradiação solar global varia entre 3,8 e 6,5 kWh/m²/dia. Os países europeus têm variações anuais entre 2,5 e 3,4 kWh/m²/dia na Alemanha, 2,5 e 4,5 kWh/m²/dia na França, 3,4 e 5,0 kWh/m²/dia na

Espanha. Ou seja, são países com médias menores de irradiação anual do que as encontradas no Brasil, mas que possuem grande aproveitamento dos recursos solares, alguns com projetos que contam com fortes incentivos governamentais^[14].

Reforçando, o levantamento de dados da potência fiscalizada

contabiliza uma capacidade de geração fotovoltaica no Brasil de, no máximo, 7,6 MW_p em 2013^[13], conforme o Gráfico 4, ao passo que a capacidade instalada na Alemanha, onde a irradiação solar dos melhores parques é inferior à dos locais de menor irradiação brasileiros, aproxima-se de 32.411 MW_p acumulados até 2012^[6].



1.5 A ENERGIA SOLAR NO BRASIL

1.5.1 ESTUDOS DE IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL

Atualmente há três versões de estudos sobre energia solar no Brasil: o Atlas de Irradiação Solar do Brasil, de 1998^[7], elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); o Atlas Solarimétrico do Brasil, de 2000^[8], desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) e o Atlas Brasileiro de Energia Solar^[1], de 2006, produzido no âmbito do projeto Swera (Solar and Wind Energy Resource Assessment), sob coordenação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

Além dos estudos brasileiros sobre energia solar, há também 4 versões estaduais: o Estado de Minas Gerais publicou o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais^[9] em 2012, por meio de projeto de P&D pela Companhia Energética de

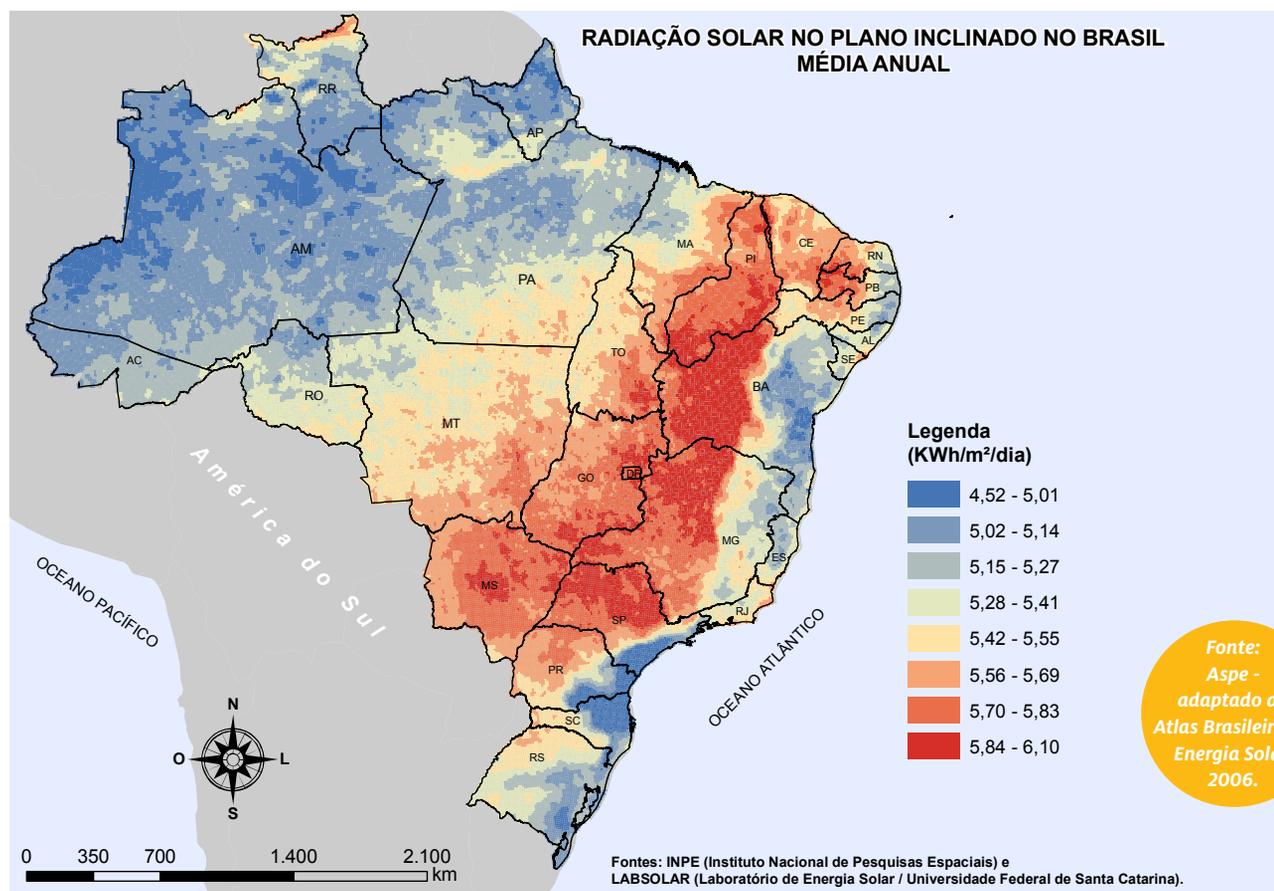
Minas Gerais (Cemig). O Estado de Alagoas desenvolveu o Atlas Solarimétrico de Alagoas^[10] em 2009; o Ceará elaborou seu Atlas em 2011 e São Paulo elaborou o estudo Energia Solar Paulista: Levantamento do Potencial^[2] em 2013.

Para a estimativa do potencial de energia solar no Brasil, o Atlas Brasileiro de Energia Solar pode ser considerado a referência mais atual e completa. Entre os principais produtos apresentados na obra, estão os mapas solarimétricos do país, com resolução espacial de 10 km x 10 km, para o período de 1995 a 2005.

Esse documento apresenta um estudo do potencial solar do Espírito Santo, considerando tecnologias na área solar, suas aplicações e oportunidades de aproveitamento.

O mapa a seguir apresenta a radiação solar no plano inclinado (média anual do total diário) do Brasil. Observa-se que o país possui boa radiação solar por sua localização tropical.

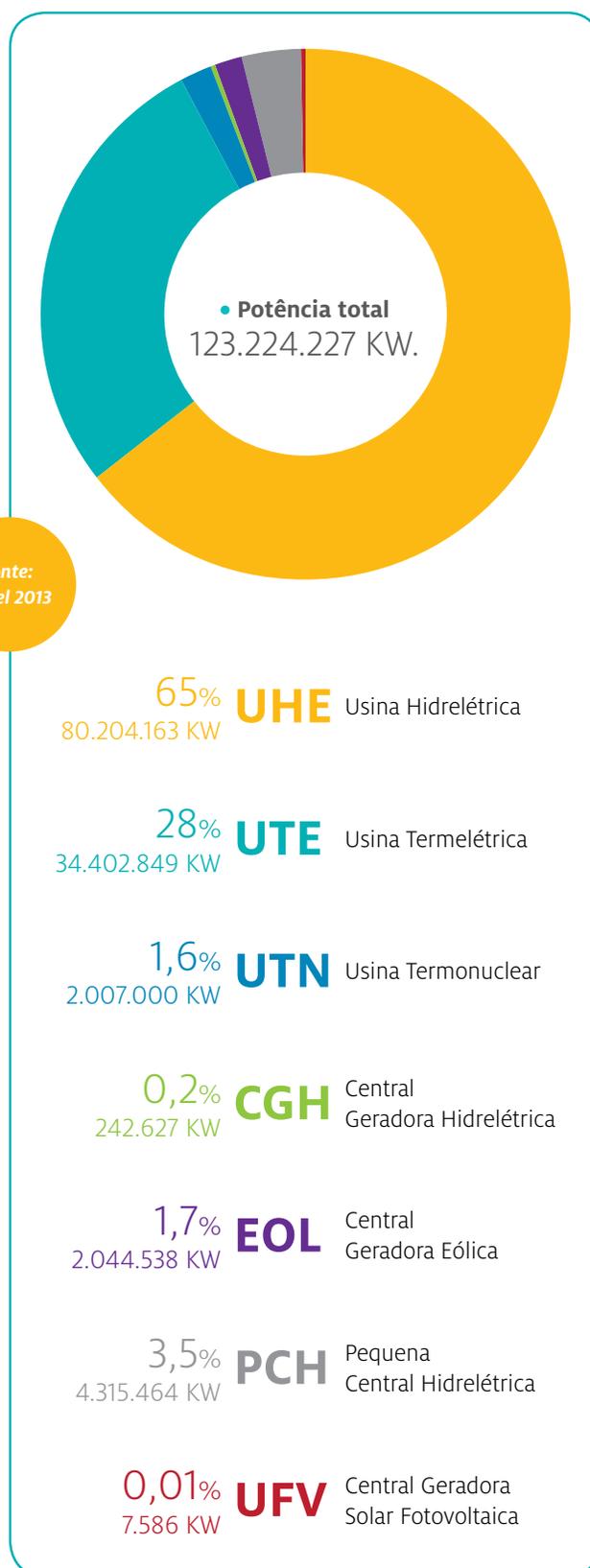
Figura 4: Radiação total do Brasil em plano cuja inclinação é igual à latitude do local



1.5.2 GERAÇÃO ELÉTRICA POR FONTE NO BRASIL

A Aneel apresenta em seu site, no banco de informações de geração, em 2013, a distribuição da capacidade de geração de energia elétrica no Brasil, mostrada no Gráfico 4.

Gráfico 4: Geração elétrica por fonte no Brasil



Fonte:
Aneel 2013

Nota: A potência outorgada é aquela considerada no ato de outorga. A potência fiscalizada é aferida quando a primeira unidade geradora entra em operação comercial. As porcentagens apresentadas nesse estudo referem-se à potência fiscalizada.

Com base em levantamento realizado através do site da ANEEL existe interesse, no Brasil, para novos empreendimentos de geração em energia renovável, dentre elas a solar. De acordo com este levantamento, com dados de 2011 a maio de 2013, o número de registros de requisição de outorga de usina solar fotovoltaica chegou a 156, apresentando uma potência instalada de 4.212 MW_p, sendo 1.065 MW_p

em 2011, 2.320 MW_p em 2012 e 825 MW_p em 2013, o equivalente a 3,3% da capacidade elétrica brasileira instalada atualmente, de 124 GW. Os estados com maior quantidade de requisição de outorga estão nas regiões Nordeste e Sudeste do país, sendo Bahia e Minas Gerais os estados com maior potência prevista. A seguir, é apresentada a tabela com todos os pedidos de outorga solicitados por estado.

Estado	Potencia Instalada (KW)
BA	1.842.560
PB	643.250
MG	603.720
CE	300.000
PE	270.000
RN	150.000
MT	120.000
PI	120.000
GO	90.000
TO	60.000
SP	13.000
Total	4.212.530

Tabela 1 Usinas fotovoltaicas com requerimento de outorga em 2011, 2012 e 2013, no Brasil

Fonte: Aneel, 2013

1.6 A ENERGIA SOLAR NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

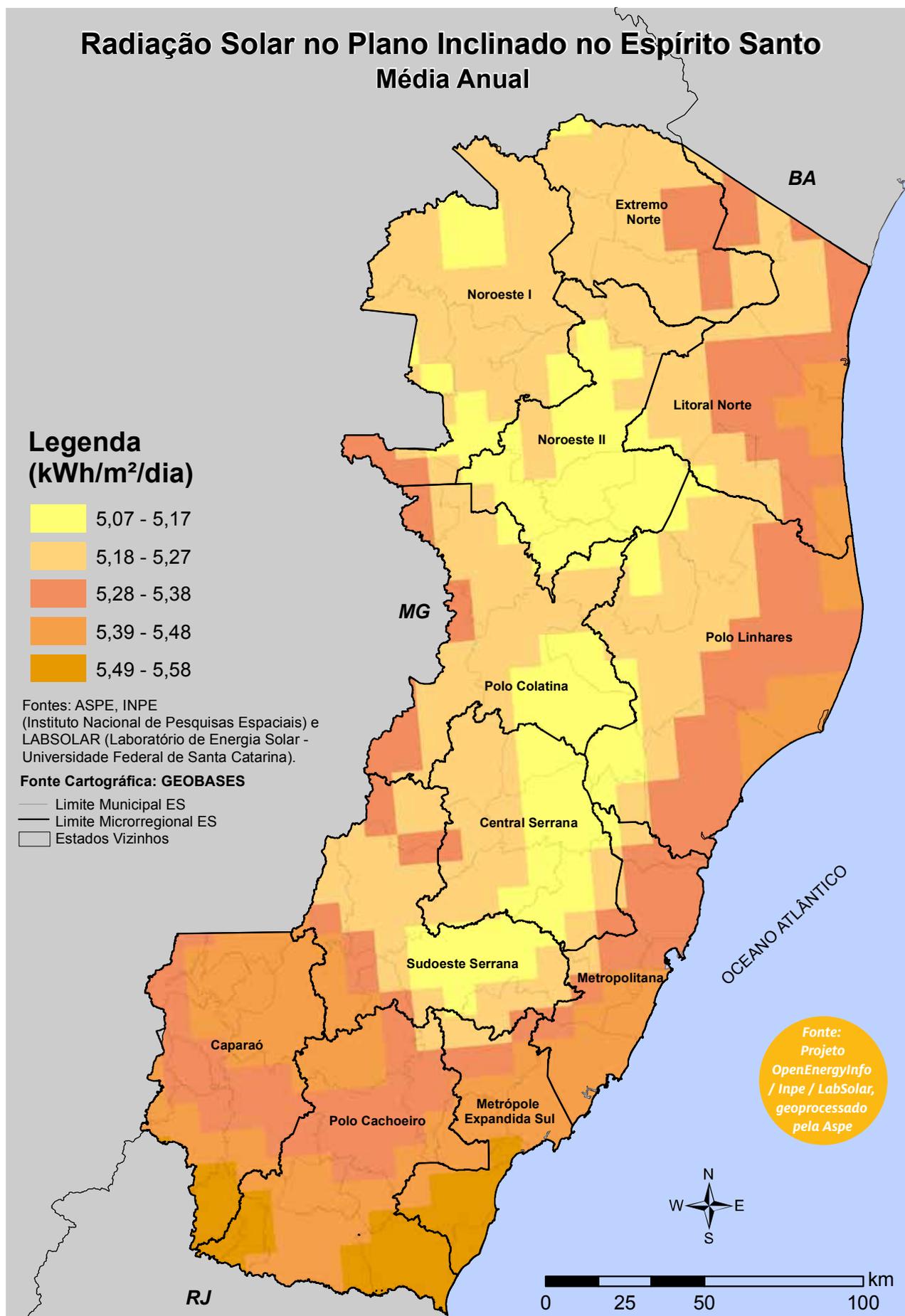
O estudo “A Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades” foi elaborado pela Agência de Serviços Públicos de Energia do Espírito Santo (Aspe) em parceria com o Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Esse estudo tem como objetivo principal facilitar a inclusão de fontes de energia renováveis, em especial a fonte solar, na matriz energética do Estado.

Os mapas da irradiação solar para o território do Espírito Santo têm por base os mesmos dados para o território

brasileiro, utilizados no Atlas Brasileiro de Energia Solar, de 2006, produzido no âmbito do projeto Swera, sob coordenação do Inpe.

O mapa a seguir apresenta a radiação solar no plano inclinado e a média anual diária no Estado do Espírito Santo. Observa-se que o Estado possui boa irradiação solar por sua localização tropical e que a variação da radiação incidente no plano inclinado para o Espírito Santo está entre 5,07 e 5,58 kWh/m²/dia.

Figura 5: Radiação Solar Inclinada Média no Espírito Santo, no formato 10 Km x 10 Km, base de dados de satélite de 1995 a 2005



Este estudo sobre energia solar no Espírito Santo apresenta informações gerais sobre o potencial solar do Estado, além de técnicas de aproveitamento desse recurso e possíveis oportunidades para o agronegócio, residências e até mesmo para a indústria local, de modo a contribuir para a disseminação de ações de eficiência energética e sustentabilidade.

No que concerne à geração de energia elétrica, objetiva-se abordar tecnologias utilizadas para empreendimentos de grande e pequeno porte, dando enfoque na micro e minigeração, seus benefícios, custos de implantação, linhas de financiamento, incentivo fiscal e subsídios, dentre outros. Esses empreendimentos de capacidade reduzida devem estar em concordância com a Resolução Normativa nº 482^[1], de 17 de abril de 2012, elaborada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Cabe ressaltar que essa Resolução Normativa é a principal razão da dinâmica de geração de energia solar distribuída e sua inserção na rede das concessionárias.

Além da importância no panorama energético e no desenvolvimento sustentável do Estado, o conhecimento da radiação solar incidente é importante também para outras áreas da atividade humana, tais como a meteorologia e a

climatologia. No setor de agronegócios, o conhecimento da radiação solar incidente é importante para o planejamento e a obtenção da maior eficiência nas diversas etapas de produção: a seleção das culturas, o plantio, a colheita, incluindo o desenvolvimento e a operação de sistemas de irrigação de áreas e a secagem de grãos^[1].

Na arquitetura e na construção civil, as práticas de eficiência energética e de conforto térmico necessitam de informações confiáveis sobre a iluminação natural e o fluxo de energia solar. Isso se aplica também às diversas outras áreas da atividade humana, como, por exemplo, em sistemas de conservação de alimentos, lazer, refrigeração e aquecimento em geral^[1], etc.

A seguir, é apresentada tabela com a capacidade solar térmica instalada no Estado do Espírito Santo por meio do programa Bairro Solar, os primeiros bairros a utilizar energia solar no Espírito Santo, quando o mesmo estiver totalmente concluído. A implantação do Bairro Solar é uma ação da concessionária de energia elétrica EDP Escelsa apoiado pelo do Governo do Estado do ES, por meio da Agência de Serviços Públicos de Energia (Aspe), utilizando recursos do Programa de Eficiência Energética das empresas de Distribuição de Energia Elétrica (PEE) estabelecido pela ANEEL. Mais informações do Bairro Solar serão apresentadas no item 10.4.

Tabela 2: Capacidade instalada solar térmica no Espírito Santo, por meio do Programa Bairro Solar

Município	Bairros	Unidades residenciais	Consumo de energia elétrica evitado (KWh)
Serra	Serra dourada I, II e III	2.149	106.161
	Eldorado	218	10.769
	Novo Horizonte	179	8.843
Vila Velha	Jacarenema	288	14.227
	Jabaeté	909	44.905
Cariacica	Prolar	98	4.841
	Itanguá	240	11.856
Castelo	Cava Roxa	112	5.533
Vitória	Nova Palestina	26	1.284
	Estrelinha	21	1.037
Total		4.240	209.456

Potência Solar Térmica Instalada (KW_{th})

5.936

OBS: Adotou-se o consumo médio mensal de 190 KWh por residência. Verifica-se uma redução de 26% no gasto de energia com a instalação dos painéis.

OBS2: Capacidade instalada solar térmica no Espírito Santo quando estiver totalmente concluído, por meio do Programa Bairro Solar.

Fonte:
Aspe



2

APLICAÇÕES E TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR

2.1 Tecnologia solar térmica para aquecimento

PÁG.
26

2.2 Tecnologia solar para geração de energia elétrica

PÁG.
30

As principais tecnologias utilizadas para o aproveitamento da energia solar são as usadas para aquecimento e geração de energia elétrica, destacando-se a geração fotovoltaica e a concentração solar, esta também

chamada de Usina Solar Termoelétrica ou Heliotérmica. A seguir é feita uma análise mais detalhada acerca das tecnologias para aproveitamento térmico, fotovoltaico e concentração solar ou heliotérmica.

2.1 TECNOLOGIA SOLAR TÉRMICA PARA AQUECIMENTO

É a forma mais primária para o aproveitamento da energia solar, tendo como principal aplicação o aquecimento de água nas residências, comércios, hotéis e pousadas.

Além de usos relativamente sim-

ples, o aquecimento solar pode prover calor aos mais diversos processos, como água quente para lavagem e sanitização (higiene dos alimentos), aquecimento de tanques e reservatórios, secagem, pis-

cinas, pasteurização e pré-aquecimento de água para alimentação de caldeiras.

O Gráfico 5^[55] indica o crescimento anual do aproveitamento solar para aquecimento no Brasil.

Aquecimento solar instalado em piscinas

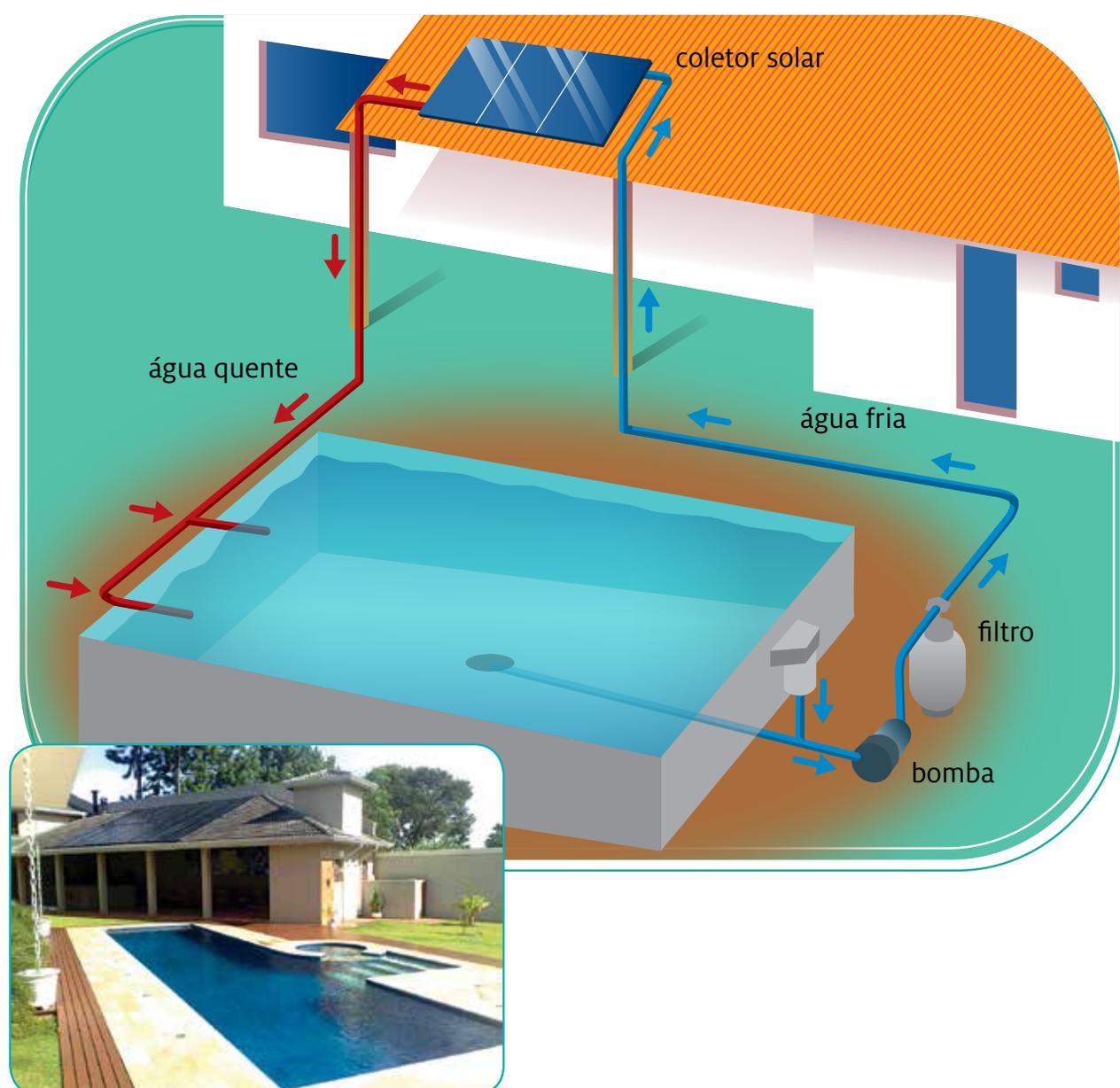


Gráfico 5: Crescimento do aproveitamento solar para aquecimento no Brasil

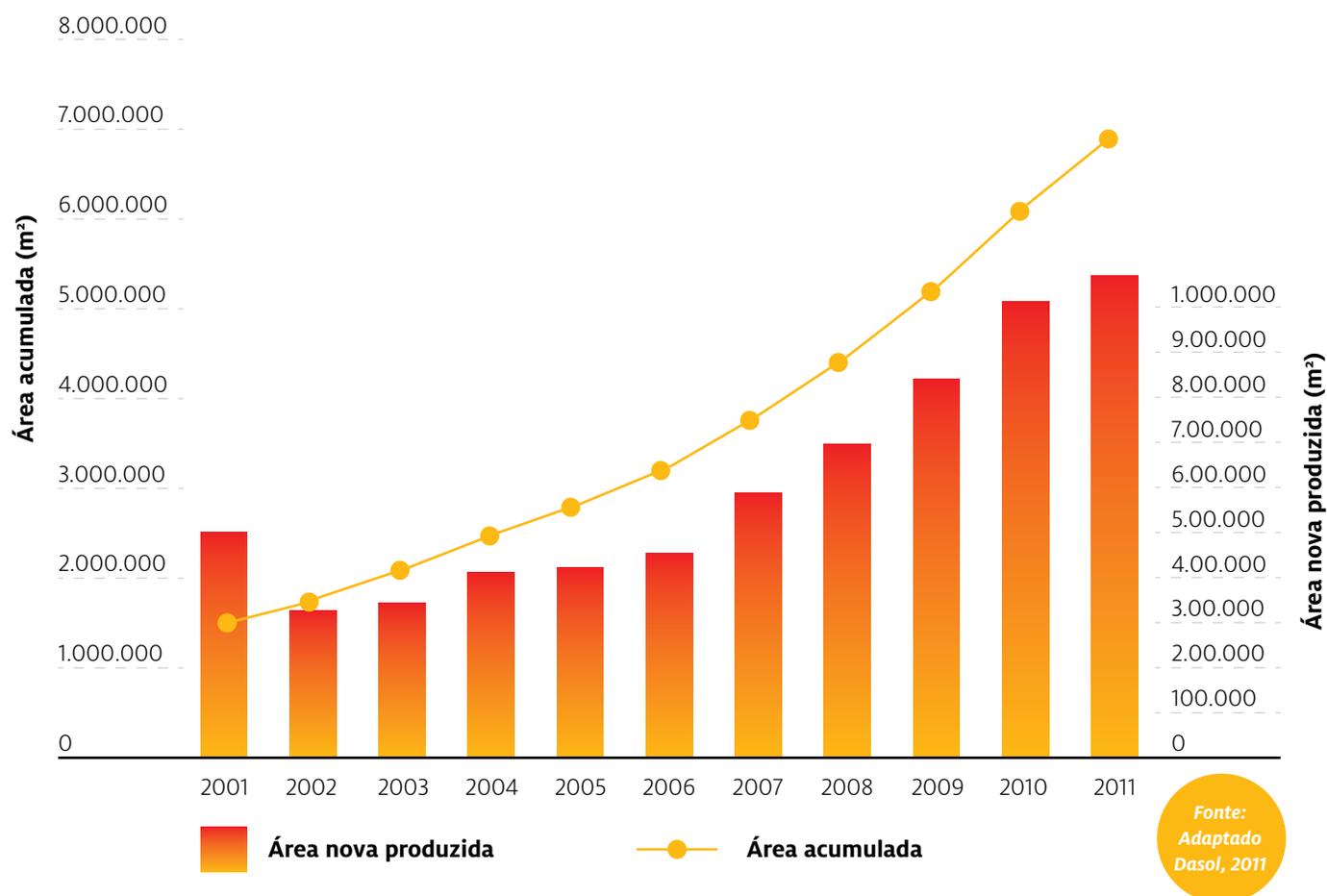
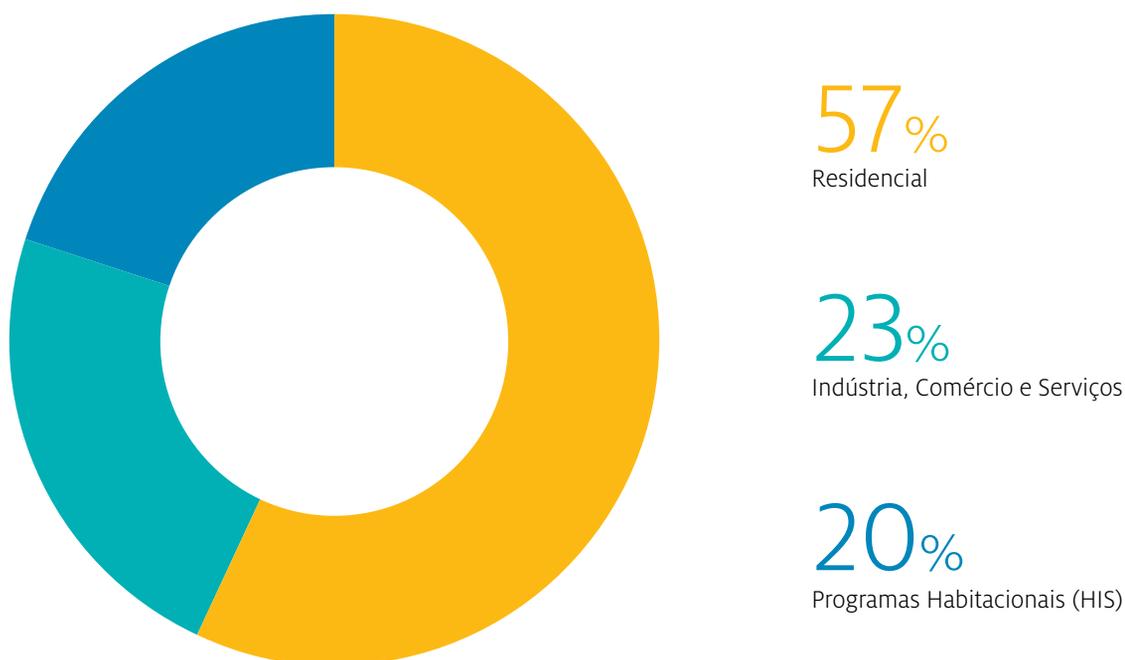


Gráfico 6: Distribuição das vendas de aquecedores por segmento no Brasil^[55]



Com a utilização da energia solar para fins de aquecimento no setor residencial, tem-se como benefício a redução no uso do chuveiro elétrico, que no horário de ponta (18:00 às 21:00h), é um dos principais responsáveis pelo alto consumo da energia elétrica em residências. Durante o horário de pico, esse elevado consumo acarreta um aumento considerável da demanda; já a diminuição desse consumo traz como vantagem o adiamento de investimentos no sistema de distribuição, uma vez que ocorrerá uma queda do carregamento da rede no horário de pico.

O sistema de aquecimento solar (SAS) pode ser de dois tipos: convencional e híbrido. O tipo híbrido utiliza um sistema auxiliar para aquecimento (energia elétrica ou gás) nos dias em que o SAS não atinge temperaturas satisfatórias.

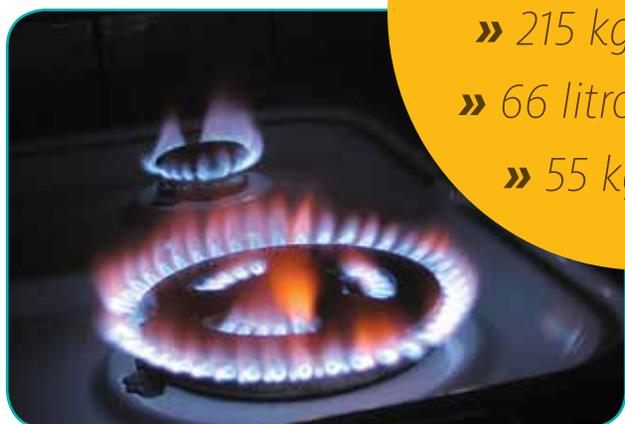
Os sistemas híbridos são, geralmente, adotados como padrão nas habitações de interesse social financiadas por instituições financeiras, companhias de habitação e projetos de eficiência energética em residências, elaborados pelas concessionárias de energia ^[56].

Segundo o Departamento Nacional de Aquecimento Solar (Dasol), com a instalação do sistema de aquecimento

solar pode-se chegar a uma economia de até 50% na conta de energia elétrica, dependendo dos gastos do estabelecimento com aquecimento. Esses benefícios podem se estender por até 20 anos, que é a expectativa de vida útil desses equipamentos.

Já Valores médios indicados pela Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos (Procel/Eletróbrás) indicam que o gasto de energia elétrica para banho representa cerca de 26% do consumo total de uma residência da região Sudeste (consultar o capítulo 4).

Usando como critério a sustentabilidade e realizando uma comparação com outras fontes utilizadas para aquecimento de água, tem-se, segundo o Dasol, que cada m² de coletor solar instalado, utilizado durante um ano, equivale a:



» 56 m² de áreas inundadas (hidrelétricas)

» 215 kg de lenha

» 66 litros de diesel

» 55 kg de gás

2.1.1 APLICAÇÕES PARA AQUECIMENTO

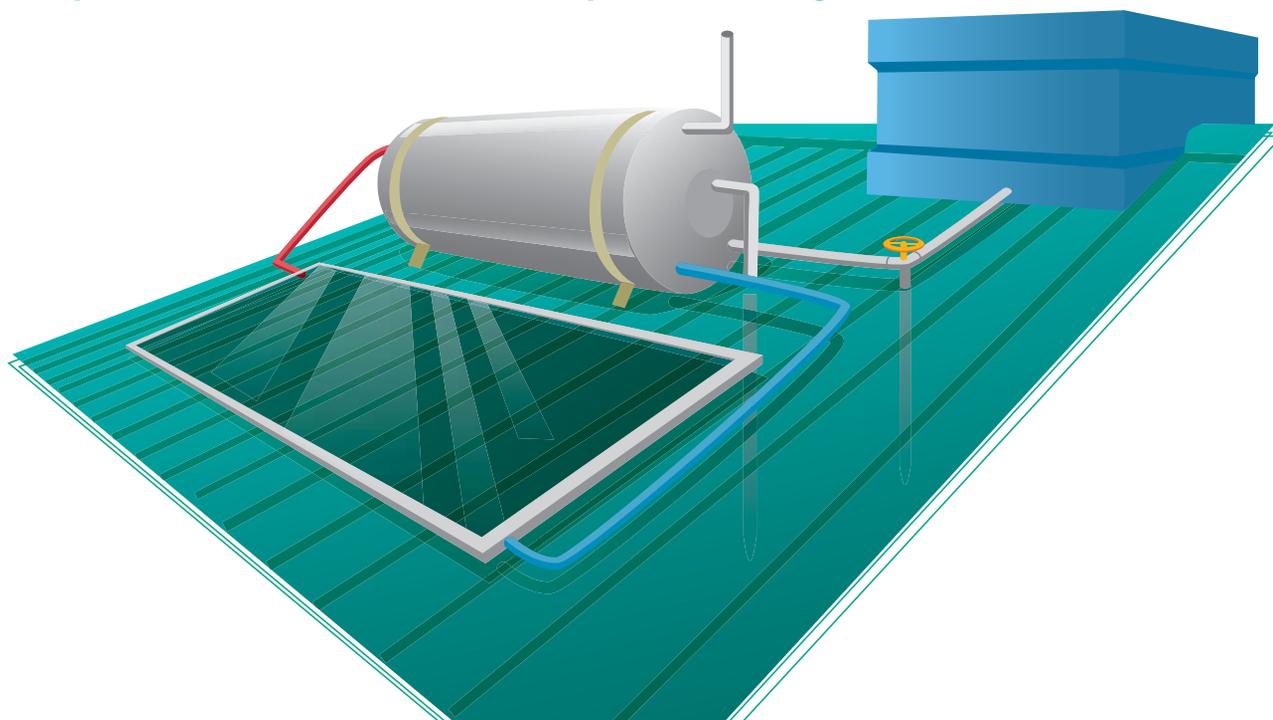
Sistema de aquecimento residencial típico:

O sistema de aquecimento típico é composto por dois itens básicos: reservatório e coletor. O reservatório é constituído de um corpo interno, revestido por um material isolante (geralmente lã de vidro), que é onde a água ficará armazenada. Envolvendo o isolante encontra-se uma cobertura de alumínio para proteção física do isolamento térmico.

Todo o conjunto, painéis e reservatório cheio, pesa cerca de 250 quilos, considerando um reservatório de 200 litros.

Portanto, para sua instalação em edificações, em construção ou existentes, deve ser verificado se a estrutura suporta o peso do equipamento. No caso de instalações existentes, é necessário verificar se há possibilidade de adaptação do conjunto aquecedor ao sistema de encanamento instalado, de forma que seja possível ter um sistema híbrido. Assim, é aconselhável a visita de um técnico que avalie a possibilidade de adaptação.

Figura 6: Esquema básico do conjunto para aquecimento solar em que o reservatório é alimentado pela caixa d'água



Quanto ao funcionamento, utiliza-se o sistema de termosifão, em que a água aquecida pelo coletor, menos densa (indicada em vermelho), retorna para o reservatório e a mais fria, mais densa (indicada em azul), desce para o coletor, fechando assim o ciclo (consultar o capítulo 4).

Foto do conjunto reservatório de água quente e coletor para aquecimento

2.2 TECNOLOGIA SOLAR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

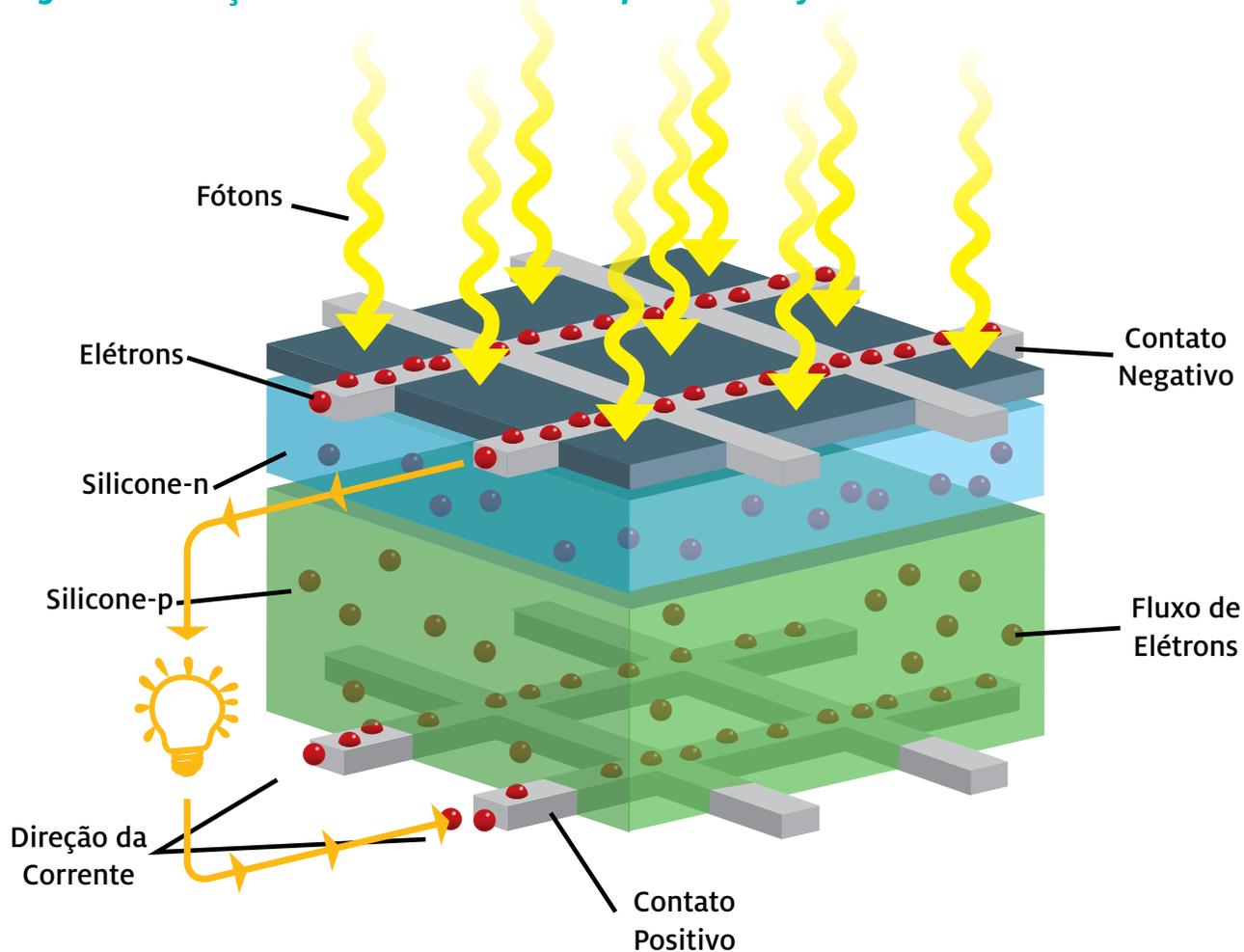
2.2.1 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

O efeito fotovoltaico consiste no fato de uma célula, constituída de duas camadas de elementos semicondutores dopados, geralmente silício N (dopado negativamente) e P (dopado positivamente), converter a radiação solar incidente em uma diferença de potencial nas extremidades da célula. Primeiramente, quando são unidas as duas camadas P e N, haverá um fluxo de elétrons em busca de preencher os furos e lacunas na camada P. À proporção que os elétrons (camada N) preenchem as lacunas da camada P, o fluxo

tende a cessar. Assim, está montada a célula fotovoltaica.

Quando a luz atinge a célula e é absorvida, os elétrons são liberados e percorrem trajetórias aleatórias. Os elétrons próximos à junção são impulsionados pelo campo naquela região sempre no sentido da camada P-N. Dessa forma, os elétrons poderão percorrer outro caminho que estiver disponível de modo a preencher as lacunas criadas na camada P. Esse caminho disponível pode ser um condutor conectado às duas extremidades da célula.

Figura 7: Geração de corrente contínua por células fotovoltaicas



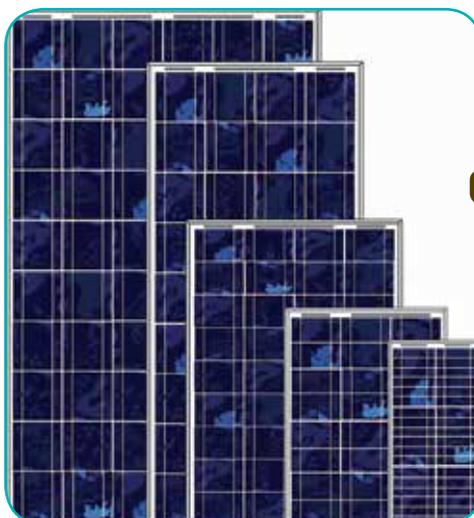
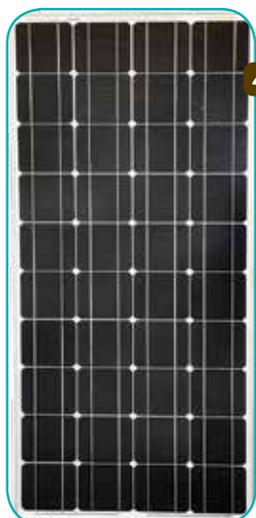
Em 1883, foi construída a primeira célula fotovoltaica, nesta a eficiência de conversão da energia solar em eletricidade era de apenas 1%. Hoje em dia, a eficiência de módulos comercializados chega a 19%. Paralelamente ao aumento da eficiência houve o barateamento da tecnologia. No início da década de 1970 o custo era de US\$ 100/Wp, e no final de 2011 o custo de produção no mercado internacional foi abaixo de US\$ 1,00/Wp ^[57] ^[16].

O principal fator que afeta o desempenho dessas células é a sua temperatura de trabalho (o qual decresce cerca de 1% ao ano), nebulosidade e inclinação. Sendo que estes dois últimos afetam diretamente a irradiação solar sobre a célula.

Atualmente, as células fotovoltaicas são produzidas com cerca de 20 cm de diâmetro, fabricadas, principalmente, com tecnologia de primeira geração, conhecidas como silício cristalino e as de segunda geração, filmes finos. Existe também a tecnologia de terceira geração que utiliza concentrador fotovoltaico, mas este ainda tem seu uso incipiente. As células são organizadas formando módulos, os quais, unidos, formam painéis, que são aplicados conforme suas características específicas ^[57].



1. Células, 2. módulos e 3. painéis fotovoltaicos



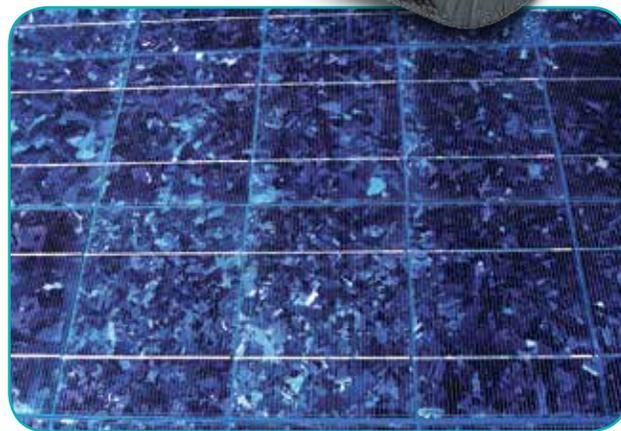
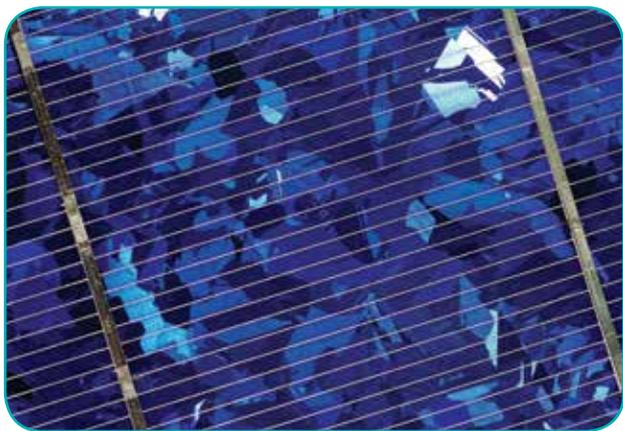
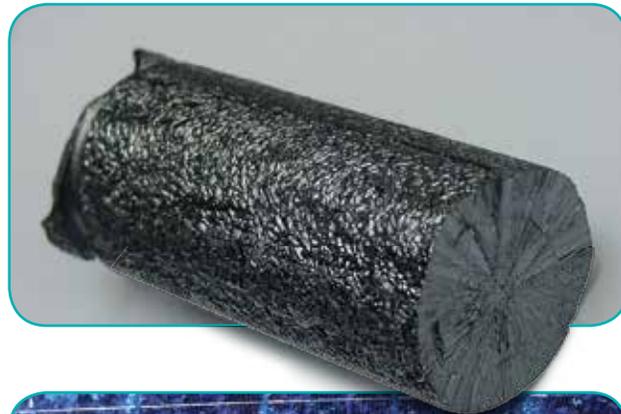
4. Células de silício monocristalino, 5. policristalino e 6. filmes finos respectivamente



SILÍCIO CRISTALINO

As placas de silício cristalino são as mais utilizadas comercialmente, respondendo por 88% da fabricação de células. Apesar de possuírem maior eficiência, possuem custos maiores de fabricação do que os filmes finos. Dividem-se basicamente em dois tipos, o mono e o policristalino, correspondendo a 31% e 57% da fabricação de células, respectivamente [57].

As mais custosas são as constituídas de silício monocristalino, devido ao seu processo de produção e à quantidade de energia utilizada em sua depuração.



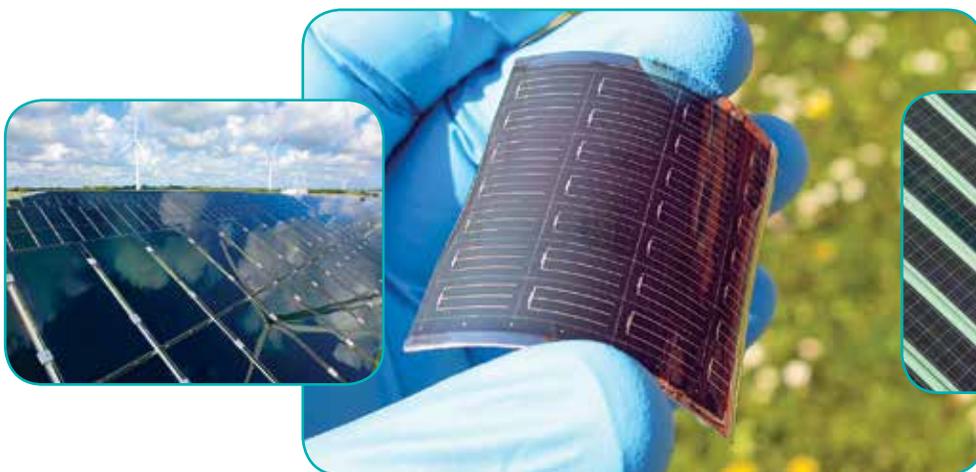
Cilindro de silício cristalizado e placas compostas de silício

FILMES FINOS

Os filmes finos são representados principalmente pelo silício Cd-Te, material que responde por 5,5% da fabricação de células. São os mais indicados para regiões onde não há limitação de espaço, pois o rendimento dessa tecnologia é menor do que o dos módulos de silício cristalino, ocupando assim maior espaço para uma mesma capacidade de energia gerada [57] [16].

Eles são a opção mais econômica, se comparado com

o silício cristalino, devido ao seu mais baixo custo de produção. Somando-se a isso, tem-se que essa tecnologia de construção pode ser facilmente incorporada a projetos arquitetônicos, devido a suas características como flexibilidade e leveza. Em contrapartida, a eficiência desses painéis diminui mais acentuadamente nos primeiros meses após a instalação, embora seja menos afetada por temperaturas mais elevadas [16].



Filmes finos

A tabela a seguir indica a eficiência e a área necessária por KW_p de placas, para as tecnologias apresentadas.

Tabela 3: Tecnologias de placas fotovoltaicas

Tecnologia	Eficiência	Área/ kW_p
Silício cristalino		
Monocristalino	13 a 19%	~7m ²
Policristalino	11 a 15%	~8m ²
Filmes finos		
Silício amorfo (a-Si)	4 a 8%	~15m ²
Telureto de Cadmio (Cd-Te)	10 a 11%	~10m ²
Disseleneto de cobre-índio-gálio (CIGS)	7 a 12%	~10m ²

Fonte:
Nota
Técnica Energia
Solar –
EPE/2012

2.2.1.1 APLICAÇÃO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

A geração fotovoltaica pode ser aplicada de forma centralizada ou distribuída, sendo esta última de menor porte e localizada próximo à carga, podendo ser desde micro ou mini unidade de geração residenciais até usinas solares de poucas dezenas de megawatts. A geração distribuída tem como uma de suas vantagens a redução de perdas na distribuição e na transmissão.

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA

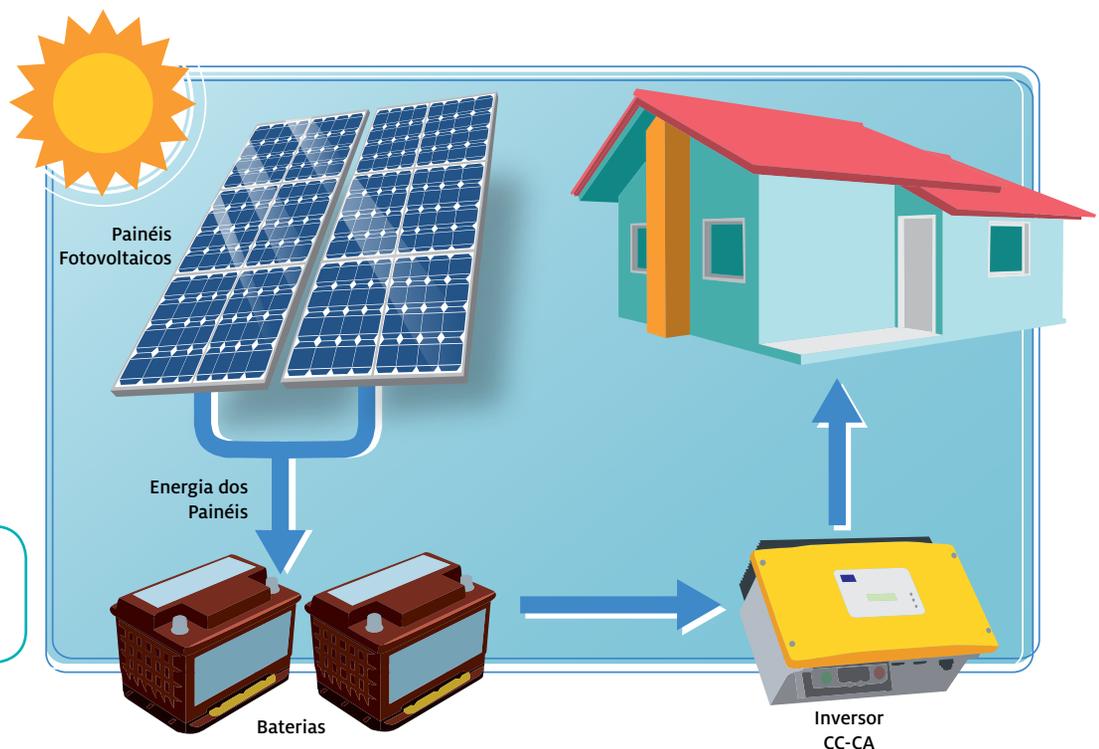
A geração distribuída, aqui representada, principalmente por unidades de geração residenciais ou comerciais, pode apresentar-se nas configurações isoladas e nas conectadas à rede.

O sistema é dito *isolado* quando não está conectado à rede de energia elétrica da distribuidora de energia. São utilizados em regiões onde não há acesso à energia elétrica. A energia gerada pelos painéis normalmente é armazenada em baterias ou consumida diretamente por equipamentos específicos, como pequenas bombas de irrigação alimentadas por módulos fotovoltaicos.



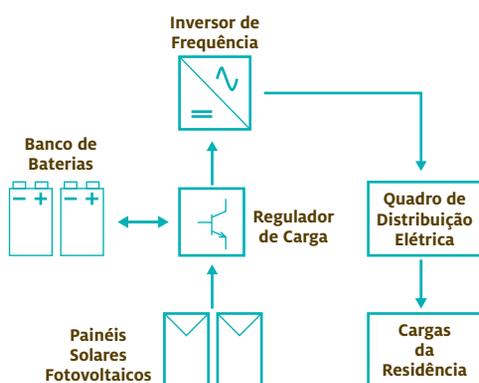
Instalações Fotovoltaicas Isoladas

Tem-se também a configuração de geração que opera juntamente com a rede elétrica que alimenta nossas casas, conhecida como on-grid ou grid-tie. Ela injeta diretamente na rede o restante da energia gerada e não utilizada, não necessitando das baterias para armazenar a energia produzida (ver capítulo 3).

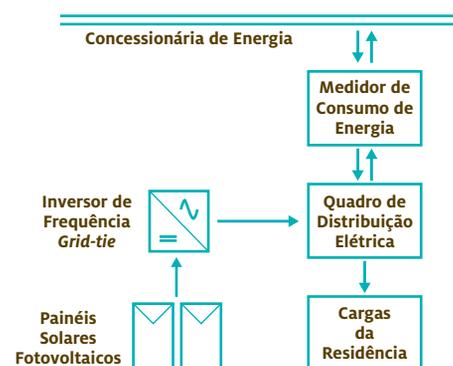


Esquema de geração fotovoltaica em sistema isolado (off grid)

Sistema FV isolado



Sistema FV conectado à rede



GERAÇÃO CENTRALIZADA FOTOVOLTAICA

Geração centralizada fotovoltaica é feita por empreendimentos de maior porte, com algumas dezenas de megawatts. São constituídos de milhares de painéis fotovoltaicos, denominados *parque de geração fotovoltaica*. O Brasil ainda não possui unidades de geração de grande porte em operação. Atualmente, a potência total fiscalizada de geração fotovoltaica no Brasil é de 7,6 MW, sendo as maiores unidades as de Tauá (CE), Terra Sol IX (BA) e Tanquinho (SP)^[13].



Essa capacidade, comparada com regiões como Alemanha, Itália e Estados Unidos, que detêm, respectivamente, 32%, 16% e 7% da capacidade instalada mundial de 99.000 MW^[6], demonstra que o Brasil está apenas no início quanto à utilização desse energético.

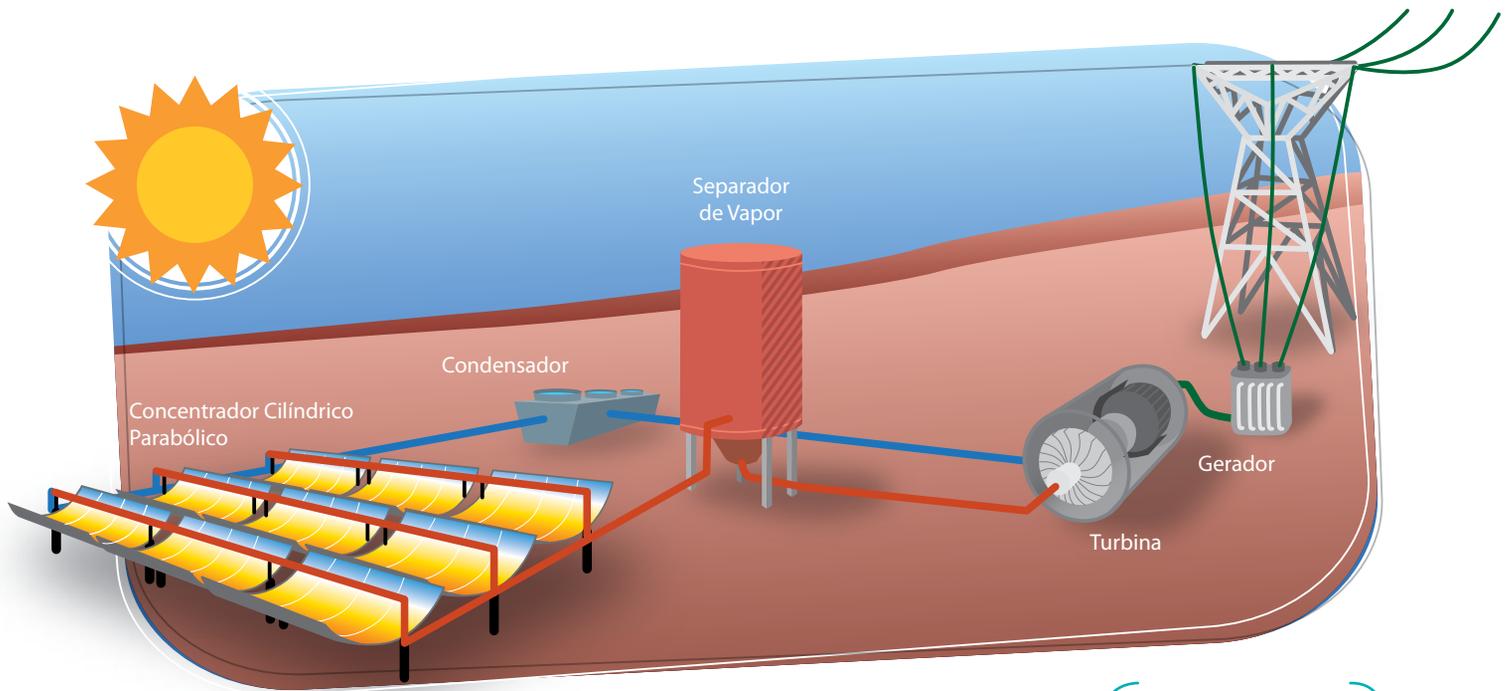
**Geração Centralizada
– Usina de Geração
Fotovoltaica**

2.2.2 TECNOLOGIA DE CONCENTRAÇÃO SOLAR (CSP)

Na tecnologia de concentração solar, também chamada de heliotérmica, são utilizadas superfícies espelhadas (concentradores) que refletem a radiação direta incidente para uma região específica. Essa radiação concentrada é absorvida (absorvedor), com o objetivo de convertê-la em energia térmica. Para refletir a radiação sempre em

um mesmo local, os espelhos necessitam acompanhar o movimento do sol.

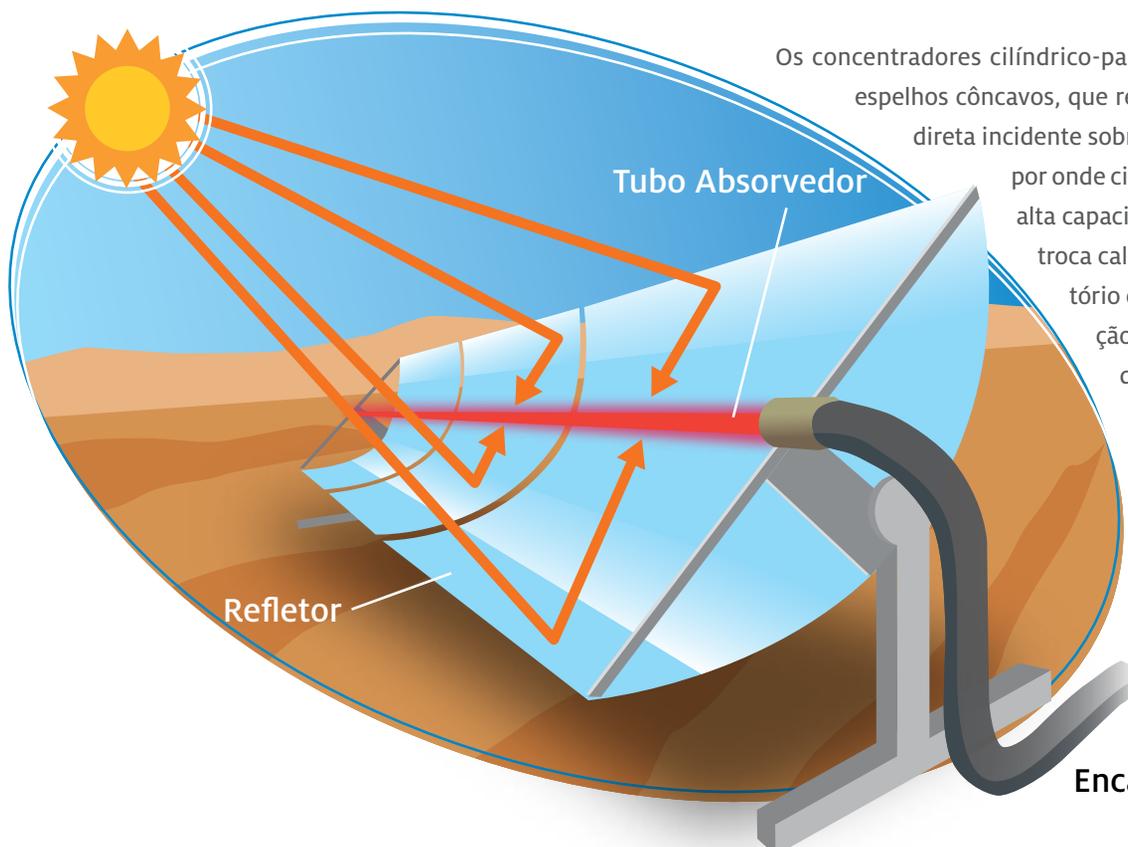
No absorvedor é aquecido um fluido de capacidade térmica elevada, para então trocar calor em um reservatório de água e, assim, gerar o vapor que aciona uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.



Esquema representativo de uma Usina com Concentradores Cilíndricos

Entre as diversas configurações para geração heliotérmica as mais aplicadas são o concentrador cilíndrico-parabólico e o concentrador em torre, os quais são utilizados principalmente em projetos de geração centralizada [9].

CONCENTRADORES CILÍNDRICO-PARABÓLICOS



Os concentradores cilíndrico-parabólicos utilizam espelhos côncavos, que refletem a radiação direta incidente sobre tubos coletores, por onde circula um fluido, de alta capacidade térmica, que troca calor em um reservatório de água para geração de vapor e, consequentemente, geração de energia.

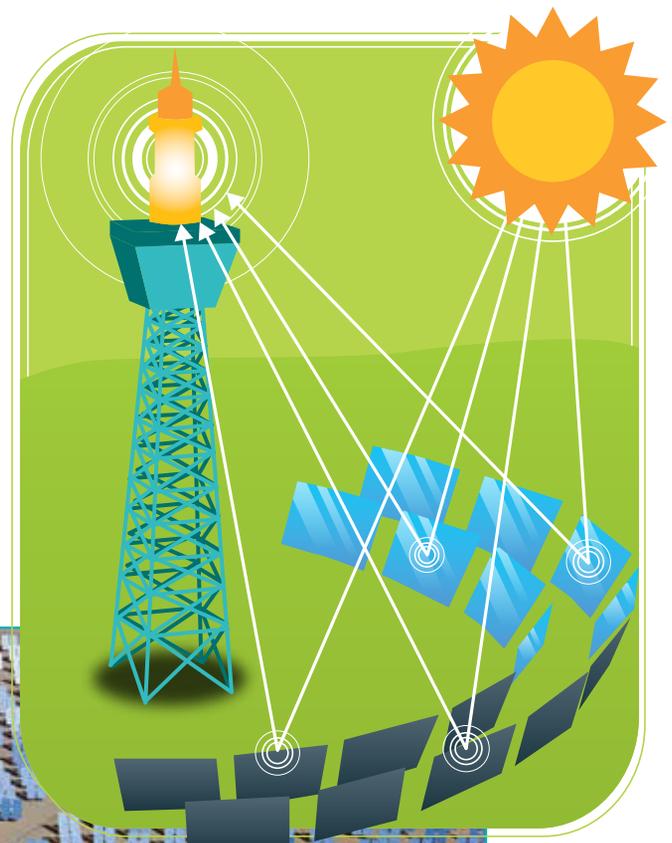


Esquema e exemplo de usina de concentradores cilíndricos

CONCENTRADOR EM TORRE

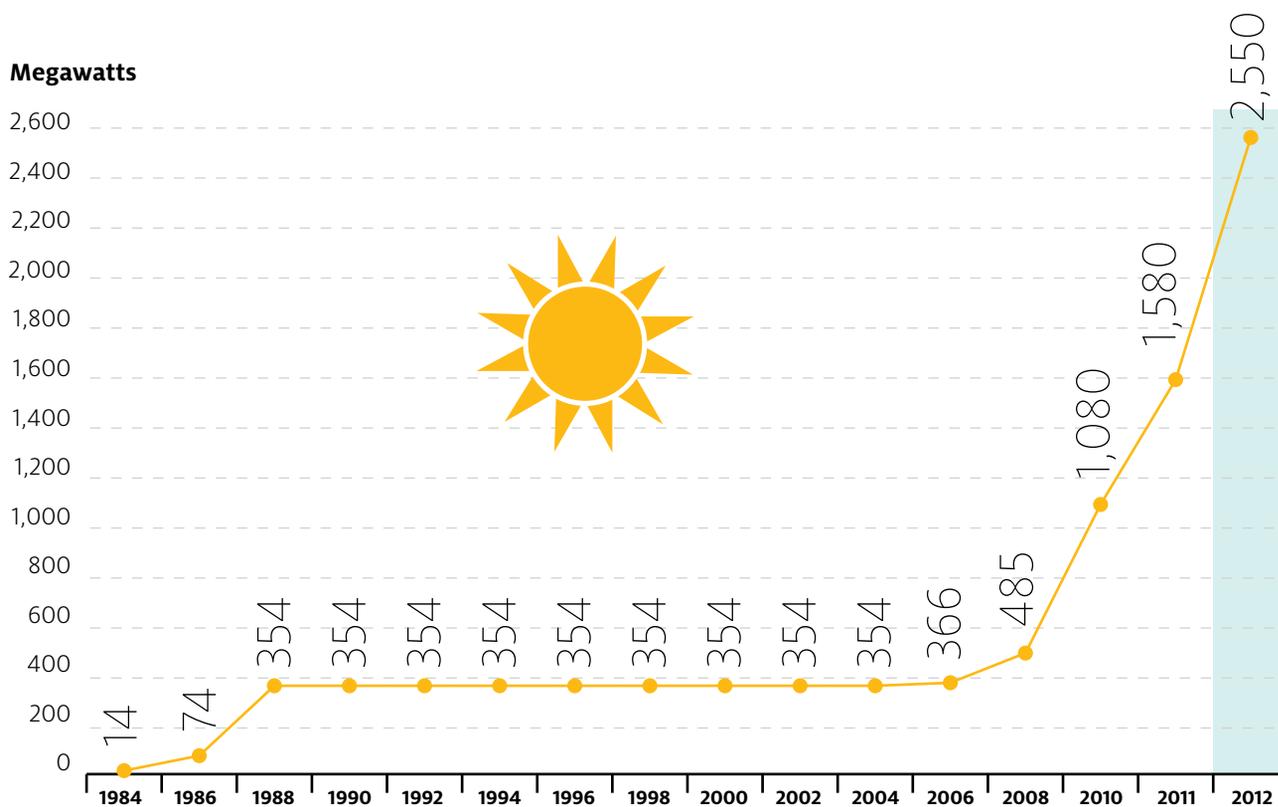
Tem um processo semelhante ao do concentrador cilíndrico-parabólico. No sistema de concentração em torre, são utilizadas grandes áreas para captação de radiação direta, que então é concentrada em uma área menor, gerando temperaturas muito elevadas, podendo chegar a até 1.000°C no ponto da torre onde ocorre a concentração. Nesse local o fluido é aquecido a altas temperaturas para posteriormente ser utilizado em um trocador de calor, com objetivo de gerar vapor para alimentar turbinas.

Esquema e exemplo de usina com concentradores em torre



A seguir é apresentada a evolução da capacidade instalada de geração por concentração solar no mundo.

Gráfico 7: Evolução da Capacidade instalada Mundial de Geração de Energia por Concentração Solar (CSP)



Planta de Concentração Solar em torre, PS10 (11MW) e PS20 (20MW), operando próximo à Sevilha, na Andaluzia, Espanha

Fonte: Renewables 2013 Global Status Report



Foto: Rarady Montoya



Foto: Randy Montoya

Concentradores solares parabólicos localizado no deserto de Mojave, perto de Barstow, na Califórnia, pela Sandia National Laboratories



Foto: Randy Montoya



3

SISTEMA DE MICRO E MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

3.1 Custos médios para sistemas de microgeração fotovoltaica

PÁG.
43

3.2 Procedimentos para a implantação de microgeração fotovoltaica

PÁG.
44

A entrada em vigor da Resolução Normativa nº 482, lançada pela Aneel em 2012, introduziu uma boa oportunidade para a inserção da energia solar na matriz energética nacional, na forma de micro e minigeração. O incentivo ocorre, principalmente, devido à simplificação do processo de registro como gerador de energia elétrica [16].

A resolução tem sido fundamental para incentivar e promover o uso da energia fotovoltaica como forma de geração distribuída. Essa norma faz as seguintes considerações quanto à classificação da unidade geradora [3]:

Tabela 4: Tipos de geração distribuída até 1 MW, de acordo com Resolução nº 482/Aneel

Tipo de Geração	Potência (KW) (capacidade de geração)
Microgeração	0 à 100
Minigeração	100 à 1000

Na resolução ainda é definido o **Sistema de Compensação de Energia**, o net-metering. Nesse sistema toda energia injetada na rede, ou seja, a energia gerada menos a consumida no mesmo ciclo de faturamento, servirá de créditos para serem abatidos em contas futuras da própria unidade onde está a geração ou da unidade consumidora em outra localidade, desde que esta esteja cadastrada para esse fim e possua o mesmo CPF ou CNPJ, além de estar na mesma área de concessão.

Os créditos serão acumulados até um prazo de 36 meses. Vencido o prazo, esses créditos serão repartidos com os demais consumidores da área de concessão. Resumindo, o sistema de compensação estabelece que os consumidores que tiverem mais de um imóvel ou filial comercial e possuem unidade geradora, em um deles ou ambos, poderão abater os créditos de energia injetada na rede em fatura de um dos imóveis, desde que o mesmo esteja cadastrado com o mesmo CPF ou CNPJ.

A seguir são abordados aspectos básicos relacionados à estrutura e equipamentos necessários para instalação de micro unidades geradoras fotovoltaicas típicas em residências e comerciais.

Componentes básicos

» Módulos fotovoltaicos

para a transformação da energia solar em energia elétrica, no modo corrente contínua (CC).

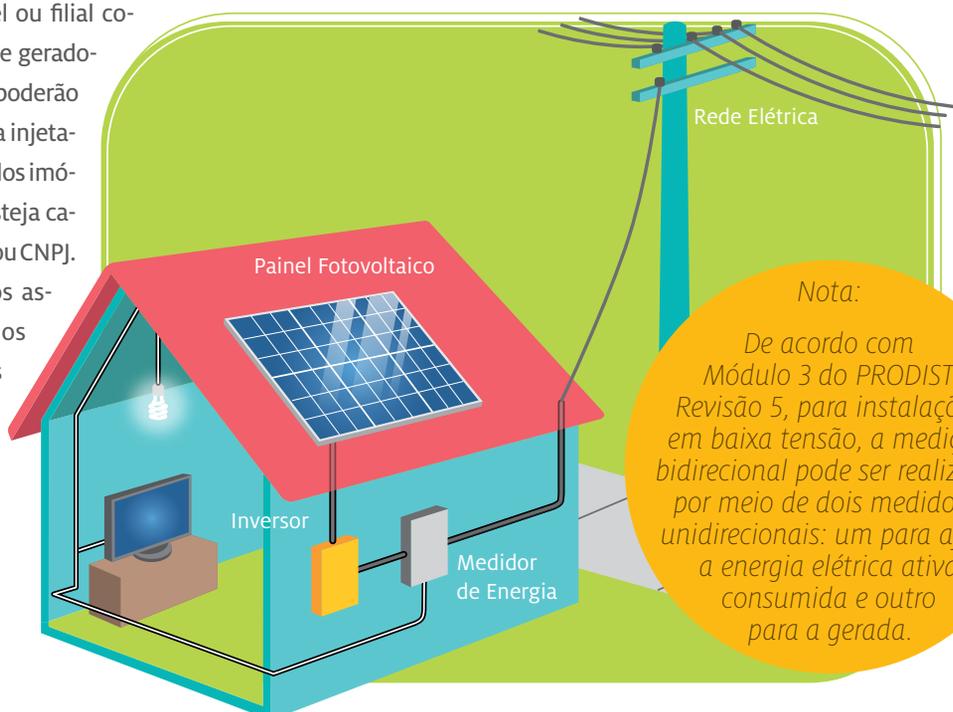
» Inversor Grid-tie

Possui duas funções: transformar a energia gerada pelas placas fotovoltaicas (CC) na forma que é utilizada nas casas, ou seja, corrente alternada (CA) e realizar a conexão do sistema fotovoltaico com a rede de energia da concessionária de forma segura. Deve-se observar a utilização somente de inversores Grid-tie com certificação INMETRO ou inversores em processo de conclusão de etiquetagem que possuam certificados de laboratórios internacionais acreditados pelo INMETRO já que é fundamental manter a segurança e a qualidade da energia da rede.

» Medidor

equipamento para medir a energia total consumida da rede e a injetada, que é a gerada menos a consumida.

Figura 8: Esquema típico de sistema de microgeração fotovoltaica



Nota:

De acordo com Módulo 3 do PRODIST Revisão 5, para instalações em baixa tensão, a medição bidirecional pode ser realizada por meio de dois medidores unidirecionais: um para aferir a energia elétrica ativa consumida e outro para a gerada.

O sistema fotovoltaico on-grid em residências opera da seguinte forma: durante o dia, geralmente há forte incidência de luz solar e baixo consumo de energia. Desse modo, os painéis estão produzindo uma quantidade maior do que a residência necessita, sendo o excesso injetado na rede para ser utilizado por outros

consumidores. Durante a noite não haverá energia gerada, porém se tem consumo e, para suprir essa demanda busca-se a energia da rede. Ao longo do dia, se o montante de energia gerado for maior do que o consumido, serão gerados créditos que poderão ser utilizados para abater consumos futuros.

3.1 CUSTOS MÉDIOS PARA SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

A seguir serão apresentados os custos médios para instalação de sistema de microgeração fotovoltaica no Estado do Espírito Santo.

Tabela 5: Custo de investimento em sistemas fotovoltaicos – referência no ES em R\$/KWp⁽³⁾ já instalado

Potência	Painéis ⁽¹⁾	Inversores	Instalação e Montagem ⁽²⁾	Total ⁽³⁾
Residencial (1-3kW _p)	5.210	1.390	1.560	8.160
Residencial (4-6kW _p)	4.710	1.190	1.400	7.300
Residencial (8-10kW _p)	4.380	1.130	1.390	6.900
Comercial (100kW _p)	4.070	1.110	1.220	6.400

Fonte:
Aspe
2013

Obs: Os preços de equipamentos podem variar consideravelmente de acordo com o fabricante, o fornecedor e os locais de onde são importados.

Notas:

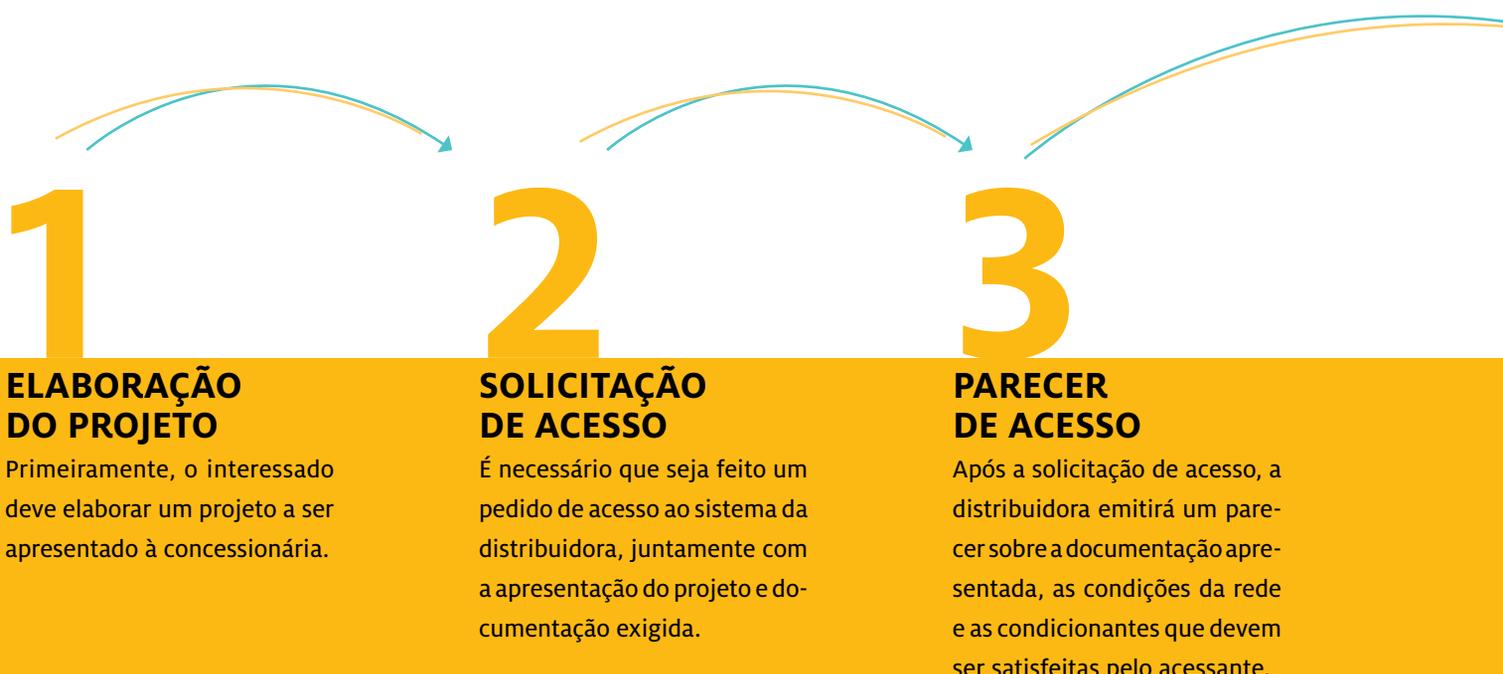
1. Foram considerados painéis fixos que não acompanham o movimento do sol.
2. Foi considerada instalação de alumínio.
3. Preço médio de fornecedores do Espírito Santo.

3.2 PROCEDIMENTOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para participar do Sistema de Compensação de Energia (*net-metering*), deve-se projetar o microgerador fotovoltaico de modo que ele atenda à necessidade energética da edificação na medida certa, gerando, no máximo, a energia anual consumida^[59], caso este consumidor não queira acumular créditos.

O projetista do sistema precisa conhecer o local onde será instalado o gerador, para avaliar as condições físicas e definir o microgerador a ser instalado^[59].

Isso inclui especificar os equipamentos mais adequados (tipo, modelo e quantidade de módulos fotovoltaicos e inversores), como os módulos fotovoltaicos devem ser ligados, qual o melhor posicionamento para garantir a melhor eficiência, qual a melhor estrutura para fixação dos módulos e se serão necessárias obras estruturais para, por exemplo, suportar o peso do sistema ou para proteger o telhado ^[59]. Além desses itens, o projetista deve observar



1

ELABORAÇÃO DO PROJETO

Primeiramente, o interessado deve elaborar um projeto a ser apresentado à concessionária.

2

SOLICITAÇÃO DE ACESSO

É necessário que seja feito um pedido de acesso ao sistema da distribuidora, juntamente com a apresentação do projeto e documentação exigida.

3

PARECER DE ACESSO

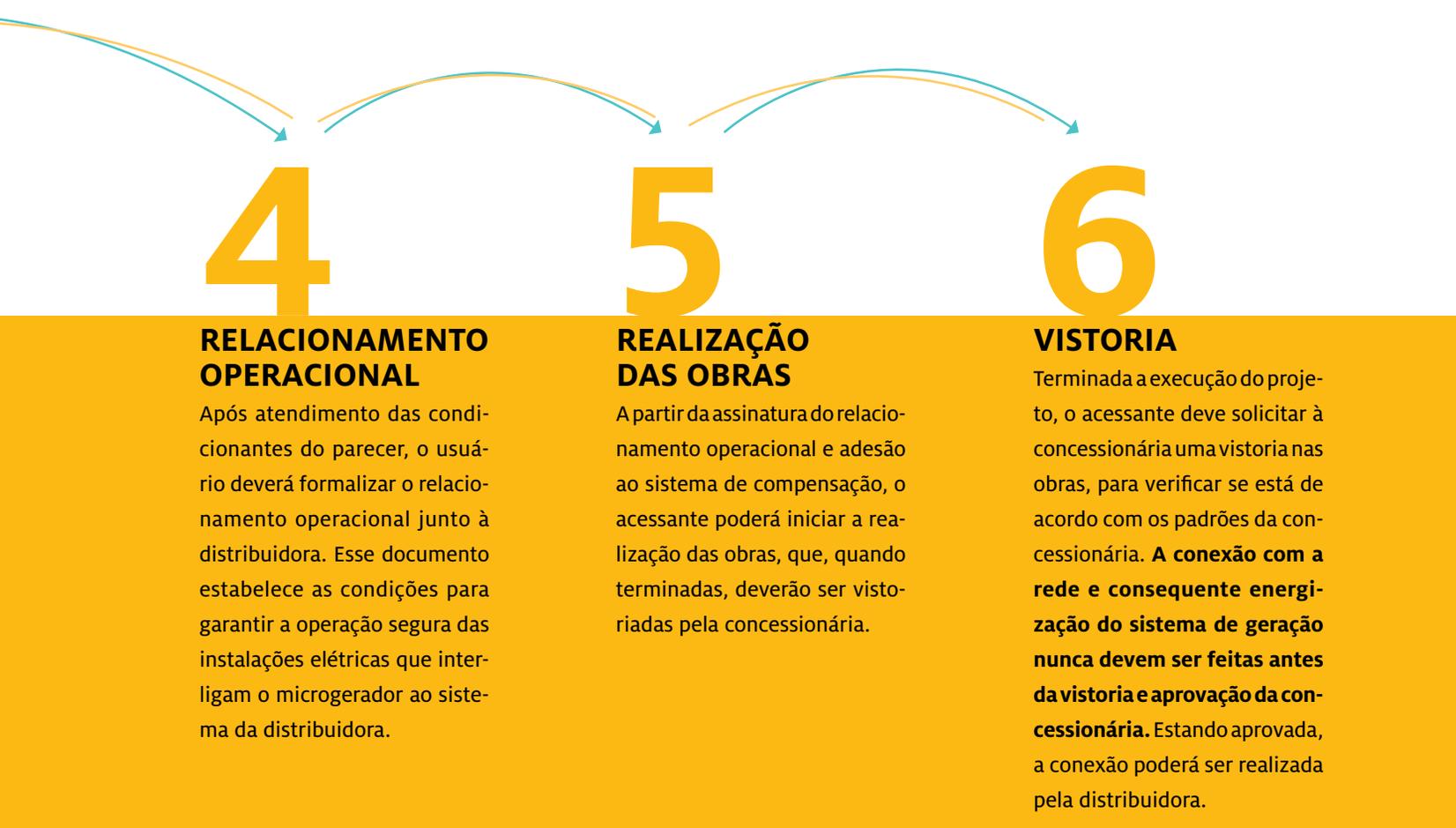
Após a solicitação de acesso, a distribuidora emitirá um parecer sobre a documentação apresentada, as condições da rede e as condicionantes que devem ser satisfeitas pelo acessante.

a adequação às normas da distribuidora e do Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica (PRODIST - ANEEL).

Existe uma variedade imensa de soluções tecnológicas para geração de eletricidade solar em sistemas de pequeno porte. Para tanto, o projetista deverá preparar um projeto das instalações de geração e da conexão à rede da concessionária ^[59].

A seguir são apresentados, em linhas gerais, de forma exclusivamente orientativa, os passos a serem seguidos

pelo projetista na instalação de unidade geradora residencial do tipo microgeração para etapa de acesso. **Lembrando que a primeira ação a ser realizada é entrar em contato com a sua concessionária de distribuição (EDP Escelsa ou ELFSM), que orientará o solicitante sobre os procedimentos a serem seguidos, que podem variar de acordo com cada caso.** O início do contato pode ser feito em uma das agências de atendimento das concessionárias.



4

RELACIONAMENTO OPERACIONAL

Após atendimento das condicionantes do parecer, o usuário deverá formalizar o relacionamento operacional junto à distribuidora. Esse documento estabelece as condições para garantir a operação segura das instalações elétricas que interligam o microgerador ao sistema da distribuidora.

5

REALIZAÇÃO DAS OBRAS

A partir da assinatura do relacionamento operacional e adesão ao sistema de compensação, o acessante poderá iniciar a realização das obras, que, quando terminadas, deverão ser vistoriadas pela concessionária.

6

VISTORIA

Terminada a execução do projeto, o acessante deve solicitar à concessionária uma vistoria nas obras, para verificar se está de acordo com os padrões da concessionária. **A conexão com a rede e consequente energização do sistema de geração nunca devem ser feitas antes da vistoria e aprovação da concessionária.** Estando aprovada, a conexão poderá ser realizada pela distribuidora.

Lembrando que os custos da adequação feitos pela distribuidora no sistema de medição serão de responsabilidade do microgerador. Para realizar a medição podem ser utilizados dois medidores convencionais unidirecionais, que terão, juntos, o mesmo papel de um medidor bidirecional, necessário para medir a energia injetada e a consumida da rede. Instalada a medição, a concessionária será a responsável por sua manutenção e operação ^[59].

4

ESTIMATIVAS PARA
PROJETOS TÍPICOS DE
USO DA ENERGIA SOLAR NO

ESPÍRITO
SANTO

SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL

Assegur são apresentadas estimativas sobre a instalação de geração fotovoltaica residencial, considerando que uma residência consome em média 190 KWh/mês e que uma casa atendida com sistema monofásico dispõe de uma taxa mínima de 30 KWh/mês de disponibilidade. Outro ponto a ser destacado foi a consideração de dados médios de radiação por microrregião.

Devido a pequena variação de radiação média incidente entre as microrregiões, que variam de 5,2 a 5,4 KWh/m² dia (plano inclinado), calcula-se que um sistema com 10,5 m² (5 a 6 placas) e 1,4 kWp seja suficiente para atender à demanda residencial típica em qualquer microrregião do Estado. O custo médio de um sistema desse, considerando a instalação, é cerca de R\$ 11.400,00. Para maiores informações de sobre dimensionamento de sistemas fotovoltaico ver capítulo 12

Tabela 6: Custo médio de um sistema fotovoltaico

Equipamentos*	Custo (R\$)
Placas	7.290,00
Inversor	1.940,00
Instalação	2.190,00
TOTAL	11.420,00

Lembrando que são valores médios, portanto, devem ser utilizados somente como referência, pois foram obtidos por meio das estimativas da radiação média nas microrregiões do Estado. A análise de um local específico pode indicar a necessidade de um sistema que necessita de uma infraestrutura fotovoltaica maior ou menor.

Considerando a instalação de geração fotovoltaica em 1% das residências, chega-se aos seguintes valores por microrregião no Estado:

* TODO DIMENSIONAMENTO DESCRITO NESTE ITEM É ORIENTATIVO, DEVENDO UM TÉCNICO FAZER VISITA IN LOCO PARA CADA CASO.

Tabela 7: Estimativas de utilização da geração fotovoltaica em 1% das residências por microrregião

Microrregião*	Potência (MW _p)	Geração (Mwh/ano)	Quantidade de placas fotovoltaicas (m ²)
Caparaó	0,67	957,72	4.949,07
Central Serrana	0,43	588,93	3.172,30
Extremo Norte	0,23	325,14	1.738,01
Litoral Norte	0,73	1.027,15	5.428,24
Metrópole Exp. Sul	0,52	753,63	3.880,04
Metropolitana	5,55	7.946,33	41.139,00
Noroeste I	0,42	571,84	3.086,22
Noroeste II	0,50	688,79	3.731,80
Polo Cachoeiro	1,33	1.914,43	9.856,44
Polo Colatina	0,71	983,37	5.286,81
Polo Linhares	1,12	1.562,65	8.273,87
Sudoeste Serrana	0,53	738,62	3.933,19
Total	12,75	18.058,59	94.475,00

De posse das estimativas, verifica-se que há uma possível demanda comercial para fornecimento de materiais e serviços em microgeração fotovoltaica no Espírito Santo. Assumindo a premissa de 1% das casas com geradores, visualiza-se uma demanda de cerca de **95.000 m²** de módulos fotovoltaicos, ou seja, cerca de **47.000** módulos.

* TODO DIMENSIONAMENTO DESCRITO NESTE ITEM É ORIENTATIVO, DEVENDO UM TÉCNICO FAZER VISITA IN LOCO PARA CADA CASO.

SISTEMA DE AQUECIMENTO RESIDENCIAL

Considera-se como base, em residências, a utilização de um chuveiro de 4.400 W, comum nas residências de todo Brasil. Tem-se que a utilização de um sistema de aquecimento pode diminuir os gastos com o uso do chuveiro, por isso, adotam-se as seguintes premissas:

- » suprir a necessidade de utilização do chuveiro em 80% do ano;
- » quatro banhos por dia;
- » tempo médio de banho de dez minutos;
- » supõe-se edificação nova ou existente em que haja possibilidade de instalação de sistema de aquecimento híbrido;
- » sistema de aquecimento híbrido com 200 litros e cerca de 2 m² de coletor térmico, que pode utilizar recurso auxiliar (eletricidade ou gás) quando a água do reservatório não estiver aquecida satisfatoriamente. Esse sistema é comumente utilizado em projetos de eficiência energética de concessionárias de energia.

A estimativa de economia mensal é de 60 KWh, considerando as premissas adotadas. O custo total previsto para esse sistema, já instalado, é de cerca de R\$ 2.200,00.

SISTEMA COMPOSTO: FOTOVOLTAICO E AQUECIMENTO RESIDENCIAL

O sistema fotovoltaico também pode ser instalado juntamente com sistemas de aquecimento mencionados no item anterior. O objetivo do sistema de aquecimento é a diminuição dos gastos de energia para banho, necessitando assim de menor quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico e conseqüentemente menor infraestrutura necessária de geração, resultando em menores custos de projeto.

Consideram-se os 30 KWh de disponibilidade e as seguintes premissas:

- » consumo mensal médio de 190 KWh/mês em uma residência;
- » média de 26% de consumo de energia em uma residência para aquecimento de banho e que o sistema de aquecimento apresentado supra todas essas necessidades.

Dessa forma, espera-se um sistema de 1 kWp fotovoltaico associado ao aquecedor, que fornecerá um conjunto cerca de 9% mais barato do que o somente fotovoltaico.

Tabela 8: Custo médio de um sistema composto térmico e fotovoltaico

Equipamentos*	Custo (R\$)
Placas	5.200
Inversor	1.390
Instalação	1.570
Sistema de aquecimento	2.200
TOTAL	10.360

* TODO DIMENSIONAMENTO DESCRITO NESTE ITEM É ORIENTATIVO, DEVENDO UM TÉCNICO FAZER VISITA IN LOCO PARA CADA CASO.

A partir desses resultados, e considerando a instalação de geração fotovoltaica com aquecimento em 1% das residências, chega-se aos seguintes valores por microrregião:

Tabela 9: Estimativas da utilização da geração fotovoltaica e de aquecimento em 1% das residências por microrregião

Microrregião*	Potência FV (MW _p)	Geração FV (Mwh/ano)	Energia evitada pelo sistema térmico (Mwh/ano)	Quantidade de placas fotovoltaicas (m ²)
Caparaó	0,46	664,69	295,57	3.434,80
Central Serrana	0,29	403,83	181,34	2.175,29
Extremo Norte	0,16	224,56	100,06	1.200,36
Litoral Norte	0,51	712,26	317,09	3.764,11
Metrópole Exp. Sul	0,36	517,41	231,73	2.663,91
Metropolitana	3,83	5.474,14	2438,72	28.340,20
Noroeste I	0,29	396,20	176,42	2.138,31
Noroeste II	0,35	473,85	211,81	2.567,27
Polo Cachoeiro	0,91	1.314,38	588,65	6.767,11
Polo Colatina	0,49	674,31	302,21	3.625,24
Polo Linhares	0,77	1.075,74	479,81	5.695,78
Sudoeste Serrana	0,36	504,81	226,45	2.688,15
Total	8,78	12.436,19	5.549,85	65.060,53

De posse dos valores encontrados, verifica-se que há uma possível demanda comercial para fornecimento de materiais e serviços em microgeração fotovoltaica e aquecimento para banho. Assumindo a premissa de que 1% das residências de cada microrregião adotasse o sistema composto, visualiza-se uma demanda de cerca de **65.000 m²** de módulos fotovoltaicos, ou seja, cerca de **33.000** módulos.

* TODO DIMENSIONAMENTO DESCRITO NESTE ITEM É ORIENTATIVO, DEVENDO UM TÉCNICO FAZER VISITA IN LOCO PARA CADA CASO.



5

EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO SOLAR DE GRANDE PORTE

5.1 Macrorregiões
com aptidão para
Geração Fotovoltaica
de maior porte

PÁG.
55

5.2 Macrorregiões com
aptidão para Geração
Heliotérmica de maior porte

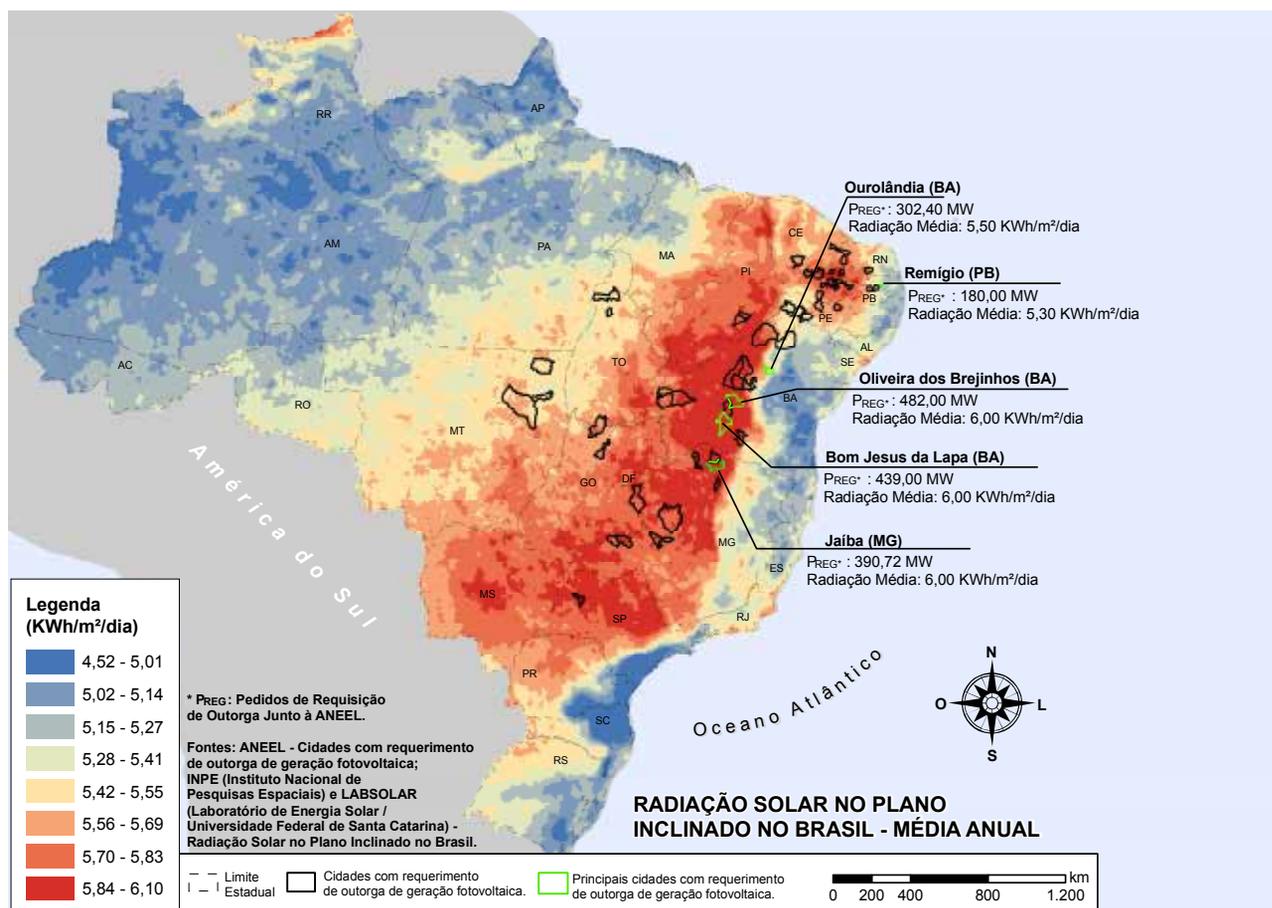
PÁG.
56

5.3 Mapa da
Infraestrutura elétrica
do Espírito Santo

PÁG.
57

As perspectivas, no Brasil, de empreendimentos para geração solar de maior porte estão concentradas em centrais geradoras com capacidades de até 30MW pelo menos até esta fonte apresentar uma maior competitividade. Esse fato pode ser percebido por meio do levantamento realizado sobre os pedidos de registros de requerimento de outorga junto a ANEEL para empreendimentos

de geração de energia elétrica por meio de energia solar. Neste levantamento, dados de 2011 à maio de 2013, foram identificados cerca de 156 registros de pedidos de requisições de outorga de usinas solares com potência total de 4,2GW isto nos fornece um média de 27 MW por empreendimento. As cinco cidades que tiveram a maior quantidade de pedidos estão indicadas no mapa abaixo:



Uma das medidas que justifica este limite são os benefícios concedidos para centrais geradoras, fonte hidrelétrica, solar, eólica com limite de potência injetada no sistema de até 30MW, dados pela Resolução Nº 77/ANEEL. Essa resolução estabelece procedimentos para redução de tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e distribuição, cuja potência injetada no sistema seja menor ou igual a 30MW, incidido tanto na produção como no consumo da energia comercializada para empreendimentos deste tipo.

Os empreendimentos de geração solar podem utilizar a tecnologia fotovoltaica ou a heliotérmica, sendo que, para ambas alguns critérios devem ser obedecidos além da alta incidência de radiação solar, segue abaixo alguns dos principais fatores que influenciam na escolha da região [9]:

- » Proximidade de linhas de transmissão, distribuição e subestações
- » Terreno,
- » Disponibilidade (áreas não envolvidas em disputas judiciais),

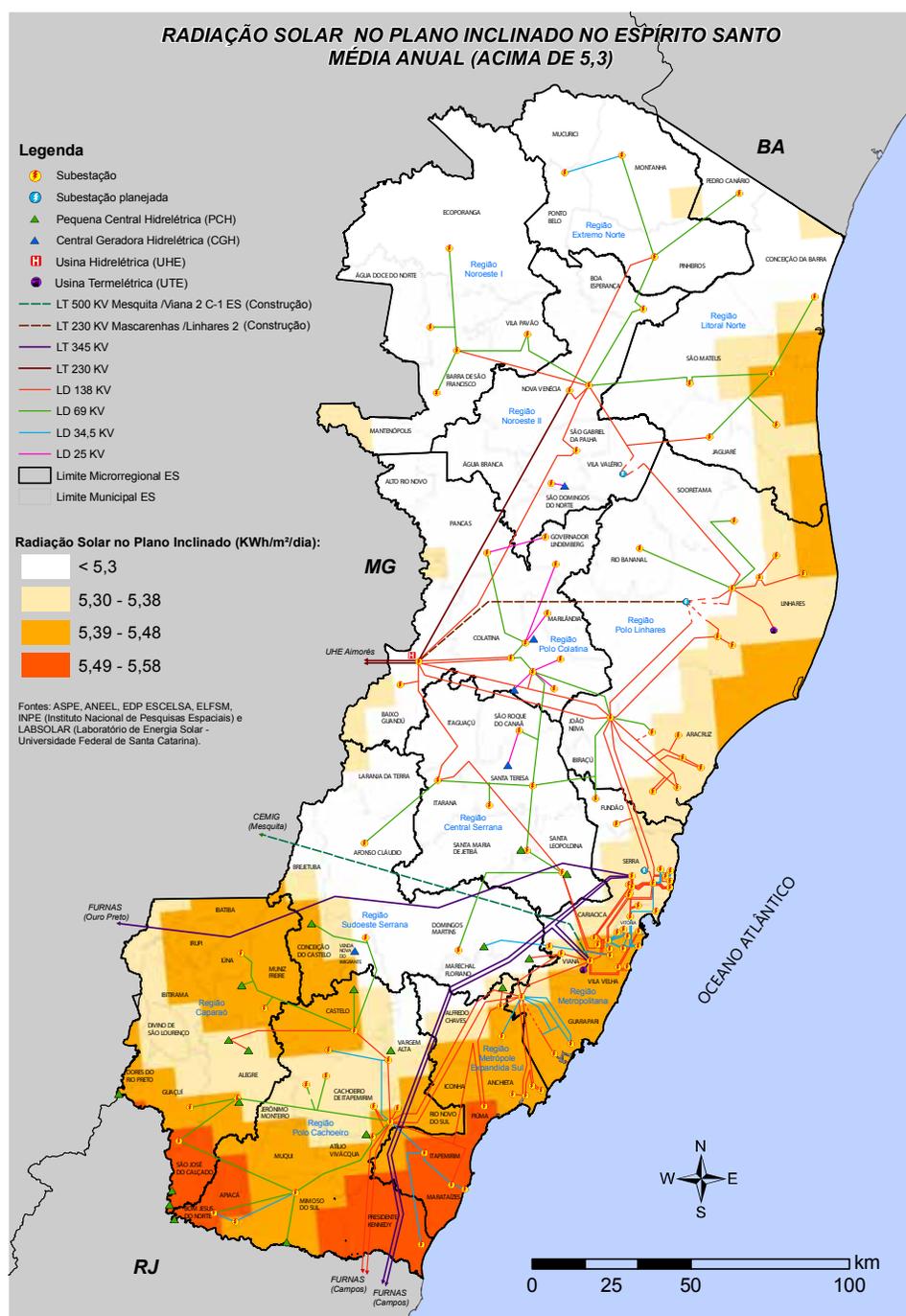
- » Declividade (menor declividade diminui o sombreamento, e custo para nivelamento do terreno),
- » Ocupação (ocupação do solo),
- » Risco (enchentes, incêndio, etc.);
- » Disponibilidade de água (água para limpeza dos painéis ou refrigeração)
- » Logística (acesso a área do empreendimento)

Adicionalmente é necessário ratificar os valores de radiação estimado indicados pelos mapas, visto que estes apresentam estimativas da distribuição da radiação sobre macrorregiões do estado, e que, a radiação solar é a variável de maior peso na economicidade do futuro empreendimento. Essa medida visa reduzir a incerteza na geração de energia pela usina. Como medida mitigadora o investidor deverá considerar um período mínimo de medições da radiação solar no local da usina e em um raio no seu entorno para verificar os desvios com os valores estimados.

5.1 MACRORREGIÕES COM APTIDÃO PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DE MAIOR PORTE

Mesmo o Brasil e conseqüentemente o Espírito Santo tendo níveis excelentes de radiação, principalmente se comparado a países como Alemanha, França e Espanha. Abaixo apresentamos uma análise comparativa dos níveis de radiação estadual com o menor valor médio (5,3

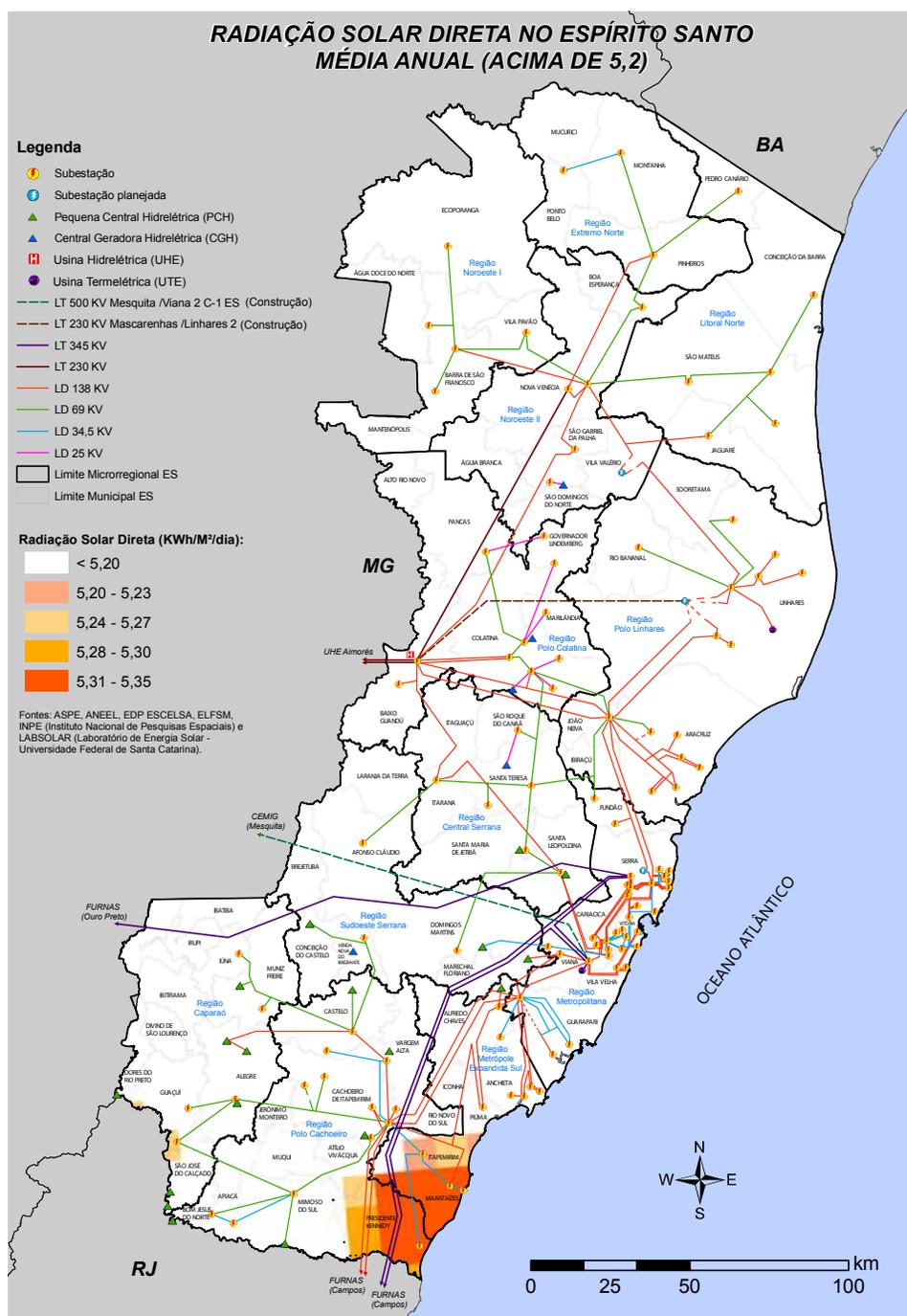
KWh/m²/dia) por cidade dentre as cinco cidades do mapa anterior, que são as cidades com tiveram a maior quantidade de registro de requisição de outorga para empreendimentos de geração fotovoltaica no Brasil, no período de 2011 a maio de 2013.



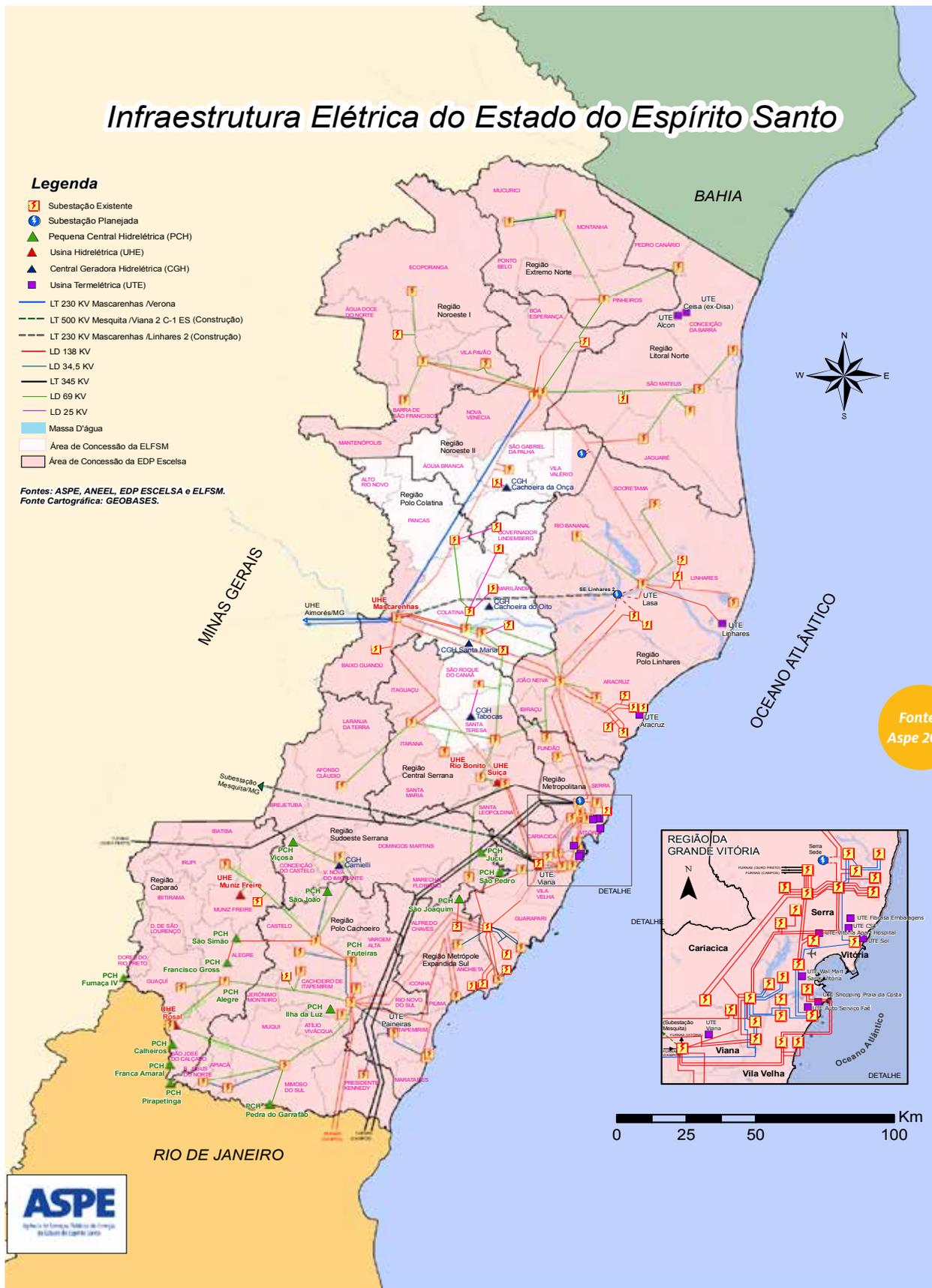
5.2 MACRORREGIÕES COM APTIDÃO PARA GERAÇÃO HELIOTÉRMICA DE MAIOR PORTE

Abaixo um mapa com indicativo das macrorregiões com radiação solar direta, média anual do total diário, maior ou igual a 5,2 kWh/m²/dia, este critério é referente ao valor mínimo requerido para viabilização técnica do projeto. Estas estimativas, de valor mínimo de

radiação direta requerida, foram levantadas junto a fornecedores de equipamentos e consultores durante visita de técnicos da EPE a instalações de Centrais de Geração por concentração solar na Espanha e Alemanha em abril/2012^[16].



5.3 MAPA DA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA DO ESPÍRITO SANTO



6

CLIMATOLOGIA DO
ESPÍRITO
SANTO

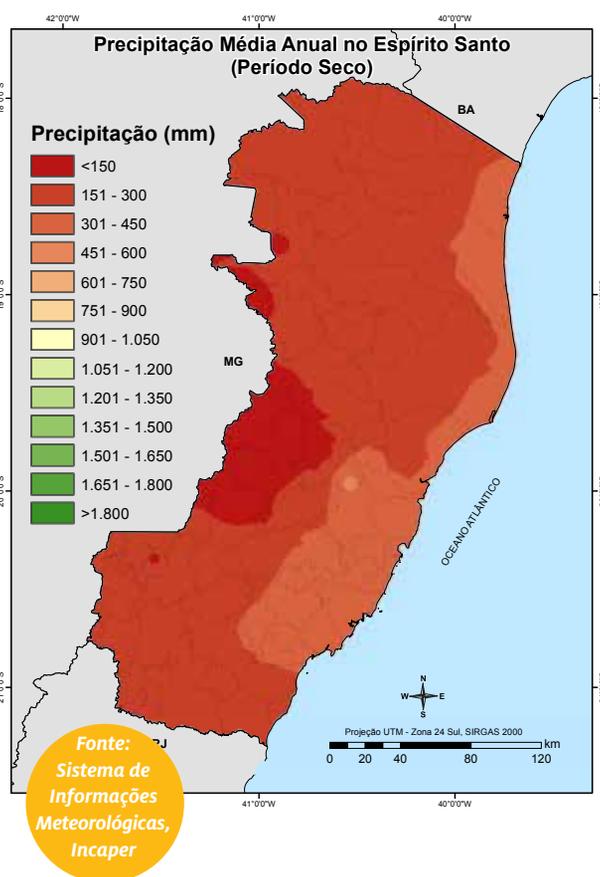
Espírito Santo é detentor de uma área aproximada de **46.078 km²** e situa-se na faixa leste do Sudeste brasileiro, onde o regime pluviométrico é tipicamente sazonal, apresentando dois períodos distintos: um com grande volume de chuva e outro com decréscimo acentuado de pluviosidade. Contudo, isso não significa que a variabilidade interanual se comporte num único padrão nas escalas de tempo e espaço.

De acordo com Nunes, Vicente e Candido (2009)^[41] e Alves et al. (2005)^[30], o início do período chuvoso na região Sudeste do Brasil está ligado ao padrão de circulação e termodinâmica regional e à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que vão se consolidando no decorrer da primavera, contribuindo para a ocorrência de chuvas convectivas, muitas vezes volumosas. Na estação menos chuvosa, a influência dos fenômenos de grande escala, como aqueles associados a massas de ar frio e seco, acarretam uma diminuição dos valores de precipitação no sentido do litoral para o interior da região.

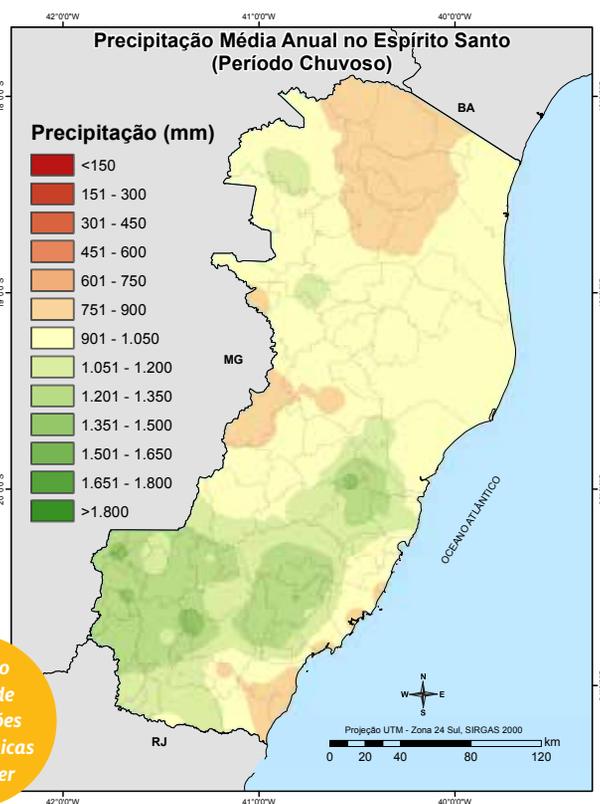
Apesar de sua pequena extensão territorial, o Espírito Santo possui uma grande diversidade climática, que pode variar de “clima quente e seco” a “clima frio e chuvoso”. A variabilidade das chuvas no Estado está condicionada, em parte, às suas características geográficas. Isso se dá pelo fato de possuir áreas montanhosas, principalmente em sua parte central e sul, contrastando com regiões planas ao longo do litoral e no norte do Estado^[47].

De maneira geral, o período com volume de precipitação mais baixo vai de maio a setembro e o de maior volume, de outubro a abril (mapas 1 e 2)^{[39] [40] [47]}. Os maiores acumulados de chuva do Estado ocorrem nas regiões litorâneas (em torno de 1.300 mm por ano) e em áreas com altitudes elevadas (1.300-1.600 mm/ano) (Mapa 3), sendo que novembro e dezembro são os meses nos quais se registram os maiores volumes mensais de precipitação. Durante o período chuvoso, os acumulados médios no Estado ficam em torno de 950 mm, mas superam os 1.200 mm nas montanhas capixabas e não passam de 900 mm na região de Baixo Guandu, no centro-norte e no litoral sul (Mapa 2). No período de menor precipitação, os maiores acumulados ocorrem no litoral e em parte da região serrana, com até 450 mm. Já no Centro-Oeste, o volume não chega a 150 mm (Mapa 1). Os meses de junho, julho e agosto são, em média, os meses com menores registros de precipitação mensal.

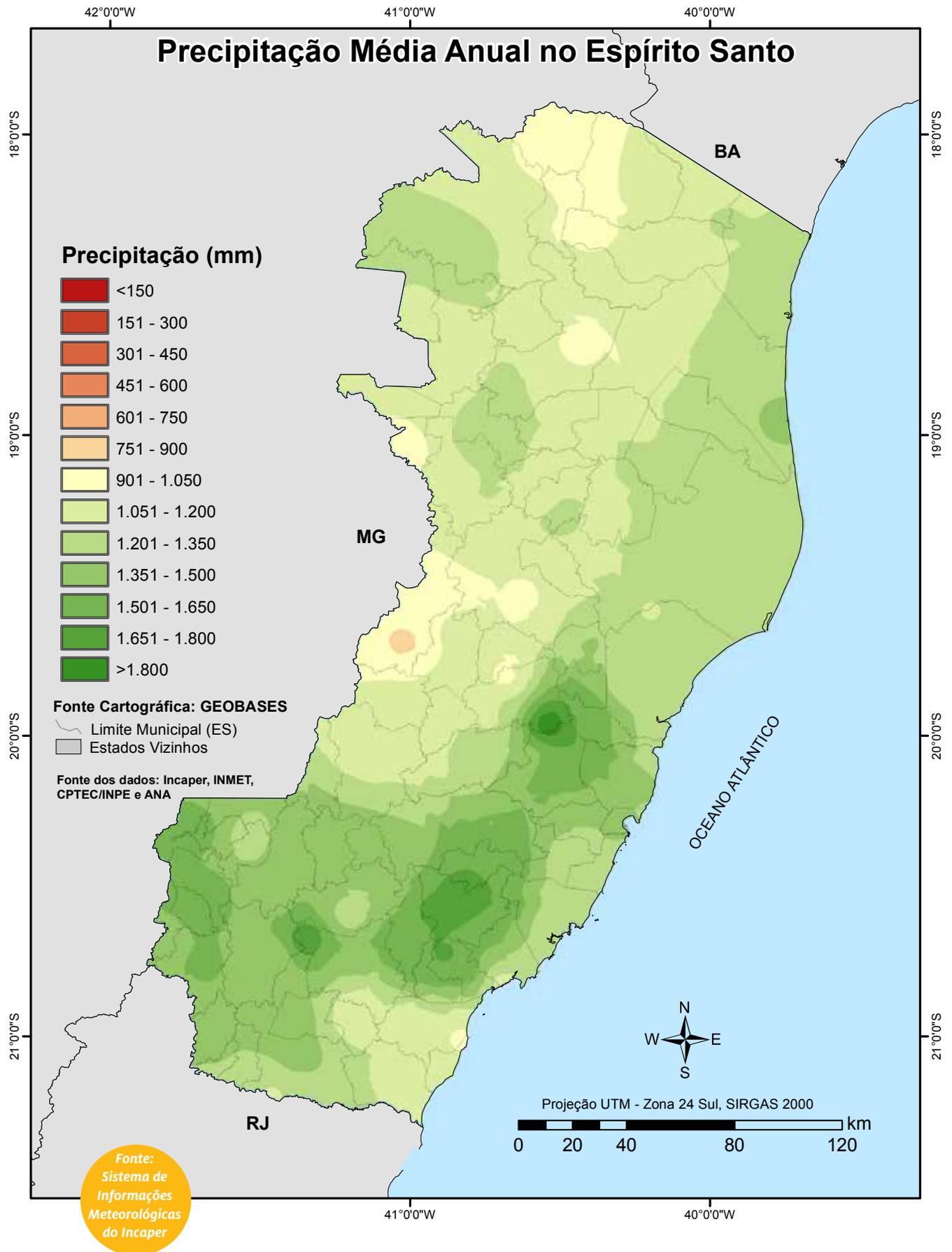
Mapa 1: Precipitação média anual (1931-2008) para o período seco no Espírito Santo (mm)



Mapa 2: Precipitação média anual (1931-2008) para o período chuvoso no Espírito Santo (mm)



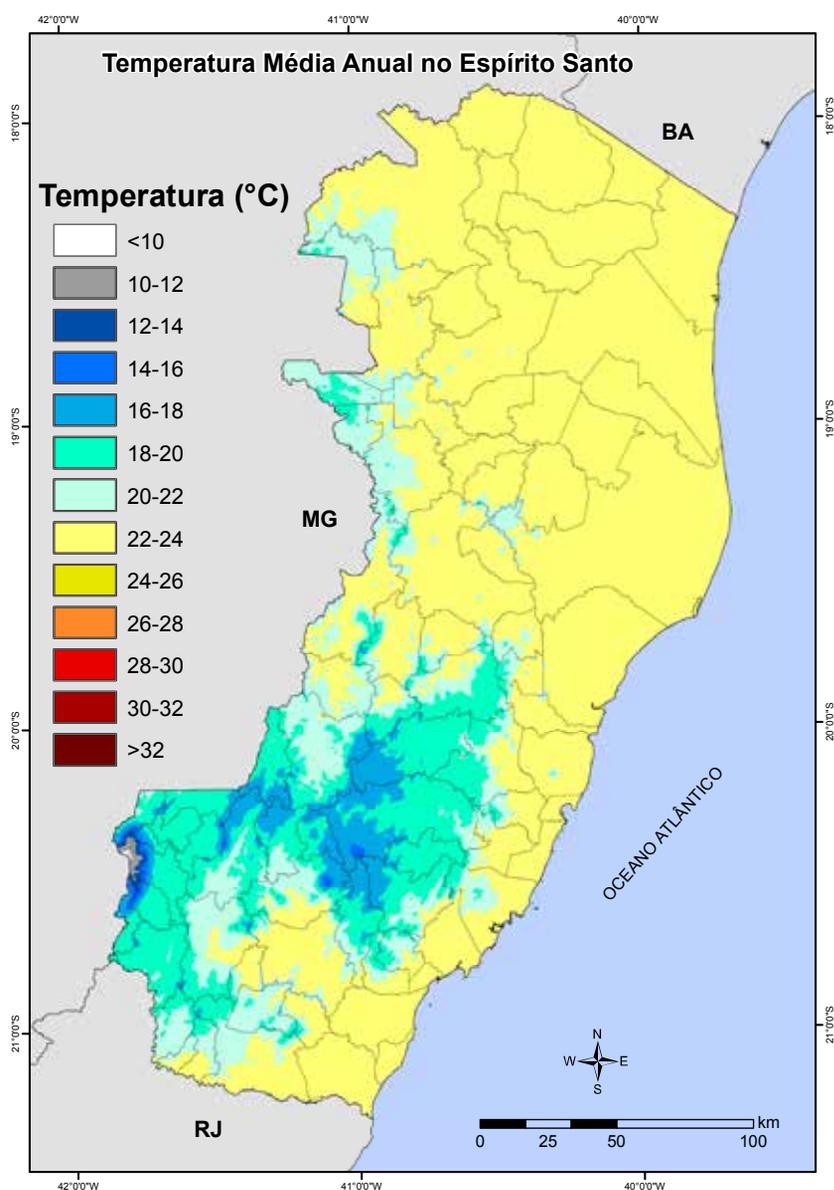
Mapa 3: Precipitação média anual (1931-2008) no Espírito Santo (mm)



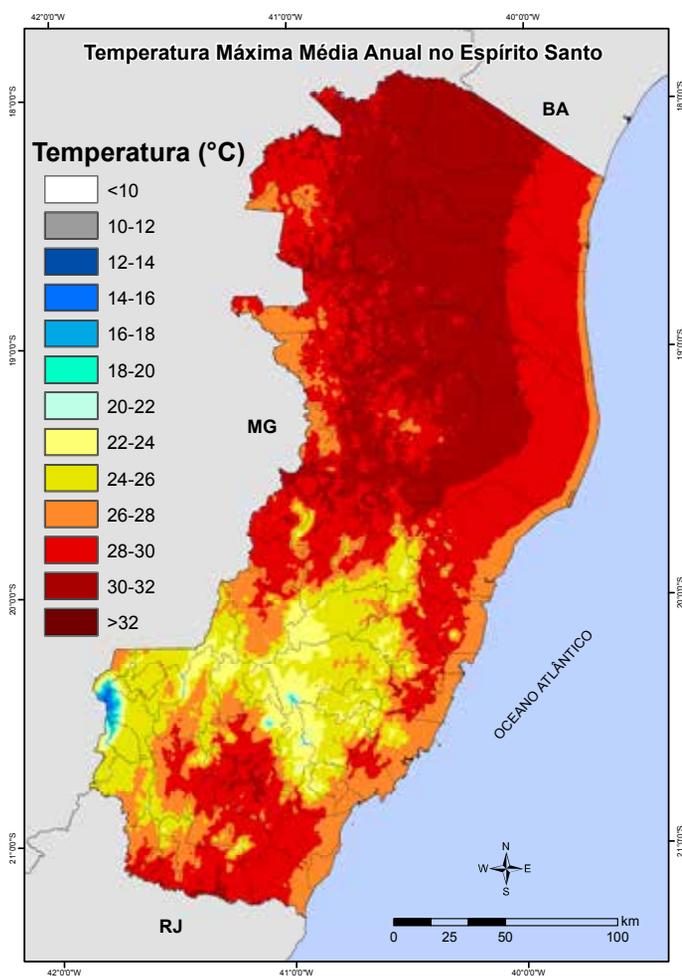
Em relação às temperaturas, Sá et al. (2012) fizeram uma estimativa para o Espírito Santo por meio da metodologia inicialmente adotada por Feitoza et al. (1980)^[38]. A faixa leste do Espírito Santo é aquela que apresenta média anual das máximas e mínimas mais uniformes. Conforme mostram os mapas 5 e 6, o litoral do Estado possui temperaturas mínimas médias entre 19 e 21°C e máximas de 28 a 30°C ao longo do ano, sendo que a maior variação das máximas nessa área ocorre na região da Grande Vitória (média das máximas variando entre 26 e 30°C). O norte, o centro-norte e o centro-sul do Estado (altitudes que variam entre 100 e 200 m) apresentam mínimas médias anuais em torno de 17-19°C e máximas ao redor dos 30-32°C. As áreas de divisa do Espírito Santo com as mesorregiões mineiras do Rio Doce e do Mucuri (região noroeste do Estado), que apresenta orografia (relevo) variada, também mostram-se assimétricas tanto nas máximas (26-30°C), quanto nas mínimas (13-17°C) médias anuais. A

região serrana tem mínimas anuais médias em torno dos 11-13°C e máximas na casa dos 22-26°C, mas ocorrem temperaturas médias menos baixas nas localidades intermediárias dessa região (altitudes menos elevadas), com máximas anuais médias entre 26 e 28°C e mínimas entre 13 e 15°C. A temperatura média anual verificada para o Estado é de 16 a 20°C na região serrana e 22 a 24°C nas demais regiões.

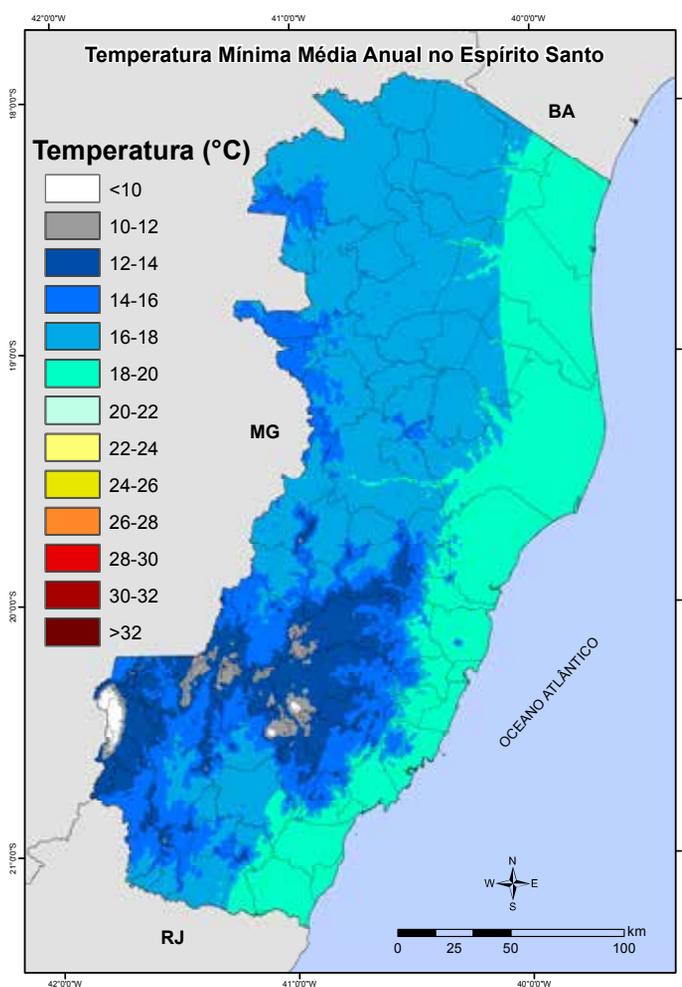
As menores médias das mínimas e das máximas anuais ocorrem entre junho e agosto em todo o Estado, ou seja, exatamente na época do inverno, quando as invasões de ar frio são mais intensas e frequentes e a insolação é menor no hemisfério sul. As máximas e mínimas médias anuais mais elevadas no Espírito Santo são observadas no verão, ou seja, entre janeiro e março, quando ocorre o pico de insolação e as invasões de ar polar são mais fracas e menos frequentes no hemisfério. Mínimas um pouco elevadas também ocorrem no mês de dezembro, quando se observa também o pico da estação chuvosa no Estado.



Mapa 4: Temperatura média anual no Espírito Santo. Adaptado de Sá et al. (2012)



Mapa 5: Temperatura máxima média anual no Espírito Santo. Adaptado de Sá et al. (2012)



Mapa 6: Temperatura mínima média anual no Espírito Santo. Adaptado de Sá et al. (2012)

Comentários e mapas sobre a climatologia de radiação solar para o Estado são apresentados no capítulo 8 deste documento



7

ENERGIA

SOLAR

NA AGRICULTURA

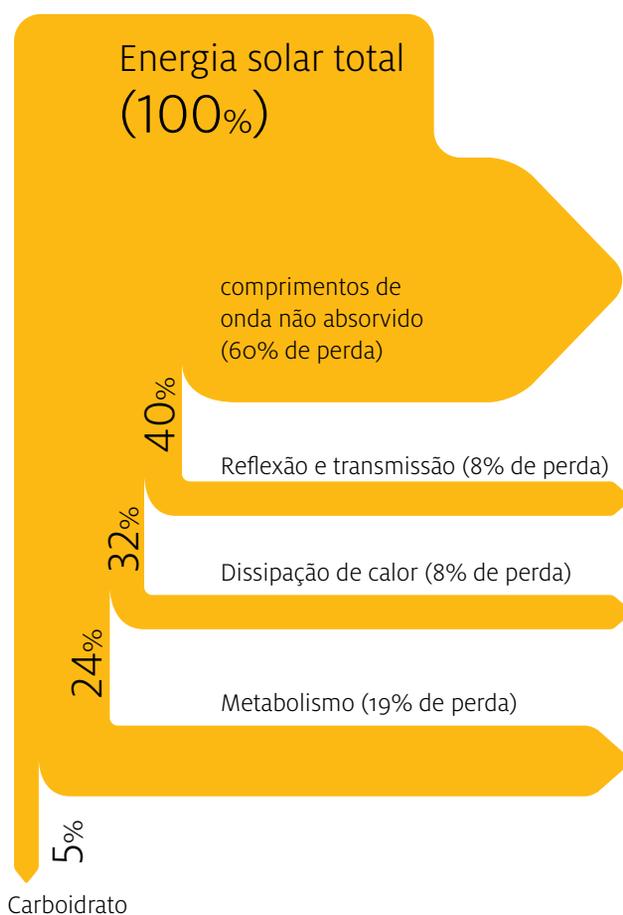
Na produção agropecuária em geral, a energia vinda do sol é essencial para o desenvolvimento metabólico de plantas e animais. Ela é responsável pelos vários processos que ocorrem no ambiente agrícola, como, por exemplo, aquecimento do ar (temperatura), evaporação da água, fotossíntese, indução ou inibição de processos fisiológicos de plantas e animais, turbulência do ar, entre outros^[44].

Estudos realizados por Campos e Campos (2004)^[32] apontam que no Brasil existem diversas formas de conduzir dada cultura ou criar determinada espécie animal. Fatores como tipo de solo e topografia (inclinação, altitude, exposição solar) do terreno podem provocar diferenças consideráveis no consumo de energia. A energia solar pode ser considerada gratuita, apresentando custo de oportunidade zero e sua não-contabilização, como ressalta COMITRE (1993), não implica maiores restrições ao método do balanço energético no ambiente agrícola^[35]. Isso indica que, em uma mesma região, sistemas produtivos distintos poderão acarretar diferenças na eficiência energética se o produtor optar por alternativas energéticas de baixo custo, o que pode influenciar no custo final do produto de origem animal ou vegetal.

A planta é uma das principais responsáveis pela fixação química da energia solar na biosfera terrestre. Segundo Sentelhas e Monteiro (2009)^[45], a radiação solar provê a energia necessária aos processos associados à fotossíntese, afetando a produção de carboidratos e o crescimento da biomassa vegetal. A região do espectro compreendida entre 400 e 700 nm (região do visível) possui a radiação útil para a fotossíntese, sendo esta denominada radiação fotossinteticamente ativa (RFA), ou, em inglês, photosynthetically active radiation (PAR). Cerca de 85 a 90% da PAR são absorvidos pela folha, sendo o restante refletido na sua superfície ou transmitido através dela.

Aproximadamente 1,3 kW/m² da energia radiante solar atinge a Terra, porém somente cerca de 5% dessa energia é convertida em carboidratos pelo processo de fotossíntese, conforme a representação esquemática de Taiz e Zeiger (1998), mostrada na figura a seguir. Segundo Carvalho (2004), do total da energia solar, as plantas armazenam no seu metabolismo 0,02%. Isso representa, em valores, um total de 3,04x10¹¹ MWh/ano, o que equivale a quase nove vezes o consumo mundial de energia, que é de 0,35x10¹¹ MWh/ano, somando-se todas as fontes geradoras.

Conversão de energia solar em energia química (carboidratos) pelas folhas (Taiz & Zeiger, 1998)



De acordo com a metodologia adotada por Junqueira et al. (1982), o produto da radiação solar utilizada na fotossíntese que está sendo consumido na agricultura é classificado como energia convertida em produto final, utilizada na manutenção e crescimento de animais e plantas, ou que será armazenada na forma de alimento ou material combustível. Esse material está contido nos nutrientes do solo e nos fertilizantes (ou nos alimentos, no caso de animais).



*Cultura de café e banana
no município de Água
Doce do Norte/ES, 2011*

FONTE: INCAPER



*Secador solar
tipo gaveta*

O aproveitamento do calor do sol através de secadores solares tem sido desenvolvido e incentivado através da produção de manuais, como o produzido pela Escola Superior de Agricultura - ESALQ, Universidade de São Paulo - USP e Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis - IDER ^[71].



*Secador solar
tipo túnel*



Para a produção animal, quando esses são criados em locais que ofereçam uma zona de conforto térmico adequado, eles tenderão a maximizar a sua capacidade em um menor tempo, o que possibilita um maior rendimento admissível de acordo com o padrão genético. Segundo Lee et al. (1974), a radiação solar é uma das principais variáveis meteorológicas influentes nos processos fisiológicos

do animal. Nesse contexto, a quantidade de radiação que incide sobre os animais apresenta grande influência sobre seu equilíbrio térmico. Conforme Nãas (1989)^[37], a absorção e a reflexão da radiação solar variam entre raças, linhagens e indivíduos, existindo variabilidades individuais quanto à capacidade de dissipar e absorver o calor existente no meio.

BENEFÍCIOS DO USO DA ENERGIA SOLAR NO MEIO RURAL

Tradicionalmente, os produtores rurais têm sido reconhecidos como os administradores da terra, muitas vezes, influenciando a economia e a política nas comunidades à sua volta ou até em nível de nação. O investimento em energia renovável veio dar suporte no papel desses administradores em proteger terra, ar e água. A energia solar oferece uma oportunidade, junto às outras energias renováveis, para a estabilidade nos custos de energia, na diminuição da poluição e na liberação dos gases do efeito estufa, além de diminuir a necessidade imediata de melhorias na rede elétrica, por meio do uso de mini e microgeração distribuída^[31].

Basicamente, existem dois tipos de sistemas de aproveitamento da energia solar. O primeiro, a energia fotovoltaica, que converte a energia solar em eletricidade de corrente contínua. Muito econômica em localidades remotas. Pode ser usada no meio rural para fornecer energia para bombas d'água, iluminação, pequenos motores, ventiladores de arejamento, irrigação, alimentadores automáticos, refrigeração de produtos, compressores e bombas usados na piscicultura, carregamento de baterias e cercas elétricas^{[36] [46] [42] [34]}.

O segundo tipo de sistema aproveita o calor proveniente

da radiação solar. Aquecedores que usam a energia solar podem ser usados para aquecer instalações pecuárias, como no caso das fazendas que condicionam o ambiente para maximizar a saúde e crescimento de animais como suínos ou aves. De forma similar, o sistema de aquecimento também pode ser útil no desenvolvimento de plantas em estufas, por controlar a temperatura (em especial nas regiões que se encontram na estação fria). Usar o calor do sol para aquecer o ar também é de muita serventia na secagem de cultivares e grãos, já que secadores sofisticados, ao contrário da tradicional secagem ao ar livre, protegem grãos e frutos, reduzem perdas, secam mais rapidamente e de forma mais homogênea e são mais higiênicos, produzindo um material de qualidade superior. A única desvantagem desses secadores é o alto custo dos coletores solares, mas esse aspecto pode ser compensado pelo seu uso para outros fins em épocas diferentes do ano. Em relação aos aquecedores de água via energia solar, é comprovada sua utilidade em prover água quente para operações diárias na fazenda, como a essencial limpeza de aviários, requerida periodicamente, além do próprio uso doméstico^{[34] [48]}.



Aproveitamento da energia solar na irrigação (sistema isolado)

FONTE: INCAPER





Foto: Akília Sirnilo Partelli

Estufa de secagem de café

A utilização da energia solar pode ser uma alternativa ao uso de combustíveis, como querosene, gás propano e diesel, uma vez que eles são poluentes, não renováveis, dispendiosos nos requisitos transporte, volatilidade e derramamento. Além de serem utilizados em geradores barulhentos, que produzem gases tóxicos e precisam de manutenção frequente. Dessa forma, sistemas de aproveitamento da radiação solar que sejam modernos, bem projetados, de fácil manutenção e com bom custo-benefício podem ser uma fonte de energia de qualidade quando e onde esta energia for requerida^[48]. Em suma, o uso da energia solar na agricultura e pecuária é, em muitos casos, menos dispendioso quando comparado à instalação de extensas linhas elétricas para o suprimento de energia. O uso dessa fonte de energia sustentável certamente pode tornar as fazendas mais econômicas e eficientes^[34].



8

**MECANISMOS
DE INCENTIVO À
ENERGIA
SOLAR**

Neste capítulo são apresentados alguns mecanismos de incentivo oferecidos em âmbito federal e estadual.

No âmbito estadual, de acordo com o Artigo 5º, inciso LXXX, do RICMS-ES^[22] (Regulamento do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação), aprovado pelo Decreto 1.090-R de 22 de outubro de 2002, ficam isentas do imposto as operações, até 31 de dezembro de 2015, com os produtos a seguir, desde que estejam beneficiados com isenção ou alíquota zero do IPI (Imposto sobre produtos industrializados)^[29]:



- » bombas para líquidos, para uso em sistema de energia solar fotovoltaico em corrente contínua, com potência não superior a 2 HP;
- » aquecedores solares de água;
- » geradores fotovoltaicos;
- » células solares não montadas;
- » células solares em módulos ou painéis.

No âmbito federal, existem resoluções normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) que têm o objetivo de viabilizar a geração de fontes renováveis de energia, como:

- » **Resolução Normativa nº 77^[23]**, de 18 de agosto de 2004, que estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição para empreendimentos hidroelétricos e aqueles com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão e distribuição seja menor ou igual a 30.000 KW.
- » **Resolução Normativa nº 482^[11]**, de 17 de abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

O Governo Federal lançou, em agosto de 2011, o Plano Brasil Maior, visando a orientar políticas de desenvolvimento industrial que melhorem as condições competitivas do País. Nesse plano, a dimensão estruturante das diretrizes setoriais contempla a cadeia de suprimentos em energia, que prevê o desenvolvimento de fontes renováveis, abrangendo a energia eólica e solar.

Em 2013 foi lançado o documento Agendas Estratégicas Setoriais^[24], parte do programa **Brasil Maior**, tendo como um dos objetivos ampliar o uso da mini e microgeração distribuída. Assim, estão previstas algumas medidas, como:

- » Dar publicidade aos produtos/instrumentos de crédito para aquisição e instalação de equipamento para uso em geração distribuída;
- » Criar linhas de crédito do Banco do Brasil e Caixa Econômica Federal para o financiamento de equipamentos e serviços em energia distribuída.

A Caixa Econômica Federal oferece facilidades de financiamento de equipamentos para energia distribuída a partir do **Construcard**, cartão magnético exclusivo para utilização em lojas de materiais de construção conveniadas.

Já o Banco do Brasil possui a linha de financiamento **BB Crédito Material Construção** para pessoa física que tiver interesse em adaptar um sistema alternativo de geração de energia. A Linha BB Material de Construção, está disponível para correntistas do banco.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (**BNDES**) destaca-se como um potencial financiador de projetos em energia renovável. Ele utiliza incentivos que se aplicam à energia solar, como apresentados a seguir.

O BNDES, por meio da linha **Energias Alternativas**^[25], financia empreendimentos de geração de energia a partir de fontes alternativas, tal como a solar, visando à diversificação da matriz energética nacional.

O **Fundo Clima**^[25], programa do Ministério do Meio Ambiente (MMA), contempla, entre os diversos objetivos, o apoio aos investimentos em geração de energia a partir da captura da radiação solar, bem como o desenvolvimento tecnológico e a cadeia produtiva do setor.

Os clientes do Fundo Clima são:

- » Estados, municípios e Distrito Federal;
- » entidades da administração pública indireta federal, estadual e municipal, inclusive consórcios públicos que tenham a natureza de associação pública;
- » empresas com sede e administração no país;
- » produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e suas cooperativas.

O Fundo Tecnológico (**BNDES Funtec**)^[25] destina-se a apoiar financeiramente projetos que objetivam estimular o desenvolvimento tecnológico e a inovação de interesse estratégico para o país, em vários setores, inclusive energia solar (desenvolvimento de tecnologias para geração heliotérmica ou fotovoltaica, incluindo novas tecnologias para purificação de silício). Serão contemplados com os recursos do BNDES Funtec as instituições tecnológicas e as instituições de apoio para o desenvolvimento de projetos de pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e inovação, com a interveniência, na operação de financiamento, de empresas participantes do projeto que exerçam atividade econômica diretamente ligada ao escopo do projeto.

Também poderão ser apoiados com recursos do BNDES Funtec projetos selecionados pelo **Plano Inova Energia**^[25]. Esse plano é uma iniciativa destinada à coordenação das ações de fomento à inovação e ao aprimoramento da integração dos instrumentos de apoio disponibilizados pelo BNDES, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Uma das finalidades é apoiar as empresas brasileiras no desenvolvimento e domínio tecnológico das cadeias produtivas de energia solar: fotovoltaica e termossolar para geração de energia elétrica.

O BNDES possui também o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (**Pronaf Eco**)^[25]. Esse programa, dentre outros objetivos, apoia financeiramente investimento de implantação, utilização e/ou recuperação de tecnologias de energia renovável, como, por exemplo, a energia solar. Os clientes que podem aderir ao programa são pessoas físicas enquadradas como agricultores familiares do Pronaf. O Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (**Bandes**)^[27] possui um programa semelhante. O Bandedes possui também a linha de financiamento **Bandes/Desenvolvimento Sustentável**^[70] que entre os itens financiáveis esta incluído a substituição de fontes de energia não-renováveis por fontes renováveis. Os beneficiários são pessoas jurídicas sediadas no Estado do Espírito Santo.

O BNDES oferece ainda o **Cartão BNDES**^[26]. Esse cartão é um produto que, baseado no conceito de cartão de crédito, visa financiar os investimentos das micro, pequenas e médias empresas.

O portador do Cartão BNDES poderá efetuar sua compra, exclusivamente no âmbito do Portal de Operações do BNDES (www.cartaobndes.gov.br), procurando os produtos que lhe interessam no catálogo de produtos expostos e seguindo os passos indicados para a compra. Está incluso também no cartão BNDES o segmento de energia distribuída.

As principais vantagens para o portador do Cartão BNDES são:

- » crédito pré-aprovado;
- » financiamento automático em até 48 meses;
- » prestações fixas e iguais;
- » taxa de juros atrativa.

O **Fundo Solar**^[28] é uma iniciativa do Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (Ideal) em parceria com o Grüner Strom Label (Selo de Eletricidade Verde da Alemanha, associação alemã de organizações sem fins lucrativos, criada para gerenciar um selo de certificação de eletricidade verde na Alemanha). O fundo tem como objetivo incentivar o desenvolvimento do mercado fotovoltaico no Brasil, apoiando os primeiros projetos de microgeração conectados à rede.

Qualquer pessoa física ou jurídica interessada em instalar uma microssistema fotovoltaica de uma potência até 5 kW_p, conectada à rede e integrada a uma edificação poderá solicitar o apoio a esse fundo.

O valor do apoio financeiro será determinado dependendo da localização onde a microssistema é instalada e do custo total do investimento, pois são levados em conta no cálculo o valor oficial da tarifa de eletricidade vigente paga pelo solicitante à concessionária e o nível da radiação solar da localidade.



9

MAPAS SOLARIMÉTRICOS DO ESPÍRITO SANTO

PÁG.
76

9.1 A Metodologia

9.2 Mapa da
radiação solar
global (média
anual)

PÁG.
79

9.3 Mapa
da radiação no
plano inclinado
(média anual)

PÁG.
81

9.4 Mapa
da radiação
direta (média
anual)

PÁG.
85

PÁG.
87

9.5 Mapa da
radiação PAR
(média anual)

9.6 Análise

PÁG.
89

9.1 A METODOLOGIA

A produção dos mapas de radiação do Espírito Santo utilizou a base de dados do Atlas Brasileiro de 2006, à qual foram realizadas algumas adaptações.

O Atlas Brasileiro de Energia Solar^[1] foi produzido dentro do escopo do projeto SWERA – Solar and Wind Energy Resource Assessment, desenvolvido através de parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e o Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Entre os principais produtos apresentados no Atlas estão os mapas solarimétricos do país, com resolução espacial de 10 km x 10 km, para o período de 1995 a 2005. Esses dados estão disponíveis para download no site do Atlas Brasileiro de 2006.

sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/atlas_solar.html

As estimativas de radiação apresentadas nos mapas, em

resolução 10 km x 10 km, foram geradas por meio do uso do modelo BRASIL-SR, um modelo físico para determinação da radiação solar incidente na superfície terrestre. O modelo BRASIL-SR foi desenvolvido com base no modelo IGMK de autoria de pesquisadores do GKSS Forschungszentrum. Além das imagens de satélites para determinar a nebulosidade, foram utilizados dados climatológicos (temperatura, umidade relativa, visibilidade, altitude, albedo, etc) de estações em terra, para modelar a composição da atmosfera e os processos físicos que nela ocorrem.

Para estimar os níveis de confiabilidade do modelo BRASIL-SR, foi necessário compará-lo com outros modelos internacionais (HELIOSAT, SUNNY/ALBANY e DLR), e posteriormente, comparar os dados de radiação obtidos no modelo brasileiro com os dados de estações em superfície (verdade terrestre).

Tabela 10: Desvios observados para as estimativas fornecidas pelo modelo BRASIL-SR

Região Brasileira	Desvio Médio em Wh/m ² (MBE)	Desvio padrão do MBE em Wh/m ²	Desvio Médio Relativo (rMBE)	Desvio Quadrático Médio Relativo (rRMSE)	Fator de Correlação
Norte	353,48	640,29	0,07	0,15	0,85
Nordeste	306,75	631,10	0,06	0,13	0,97
Centro-Oeste	272,11	669,80	0,05	0,13	0,89
Sudeste	249,10	662,74	0,05	0,14	0,93
Sul	259,49	546,71	0,05	0,12	0,97

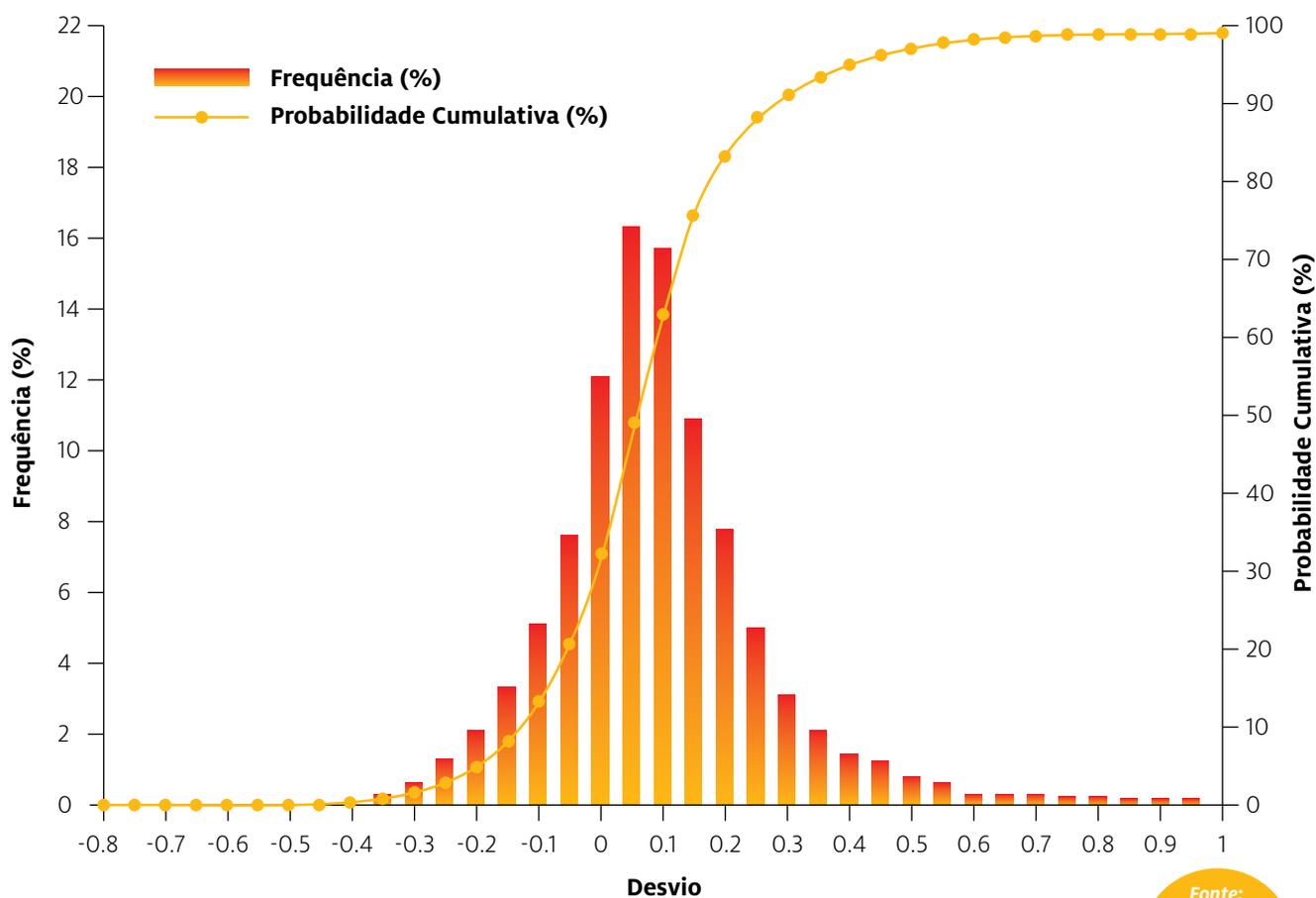
Fonte:
Atlas
Brasileiro de
Energia Solar
de 2006.

Buscando a comparação com os dados de superfície, foram utilizadas medições da rede SONDA, cujos dados fornecidos são de alta qualidade e confiabilidade. Apesar da base de dados da rede SONDA ser de alta qualidade e confiabilidade, esta é bastante reduzida, por isso também foram utilizados dados da Plataforma de Coleta de Dados (PCD), operada pelo CPTEC/INPE com estações distribuídas por todo território brasileiro.

As estações PCD foram utilizadas no processo com o

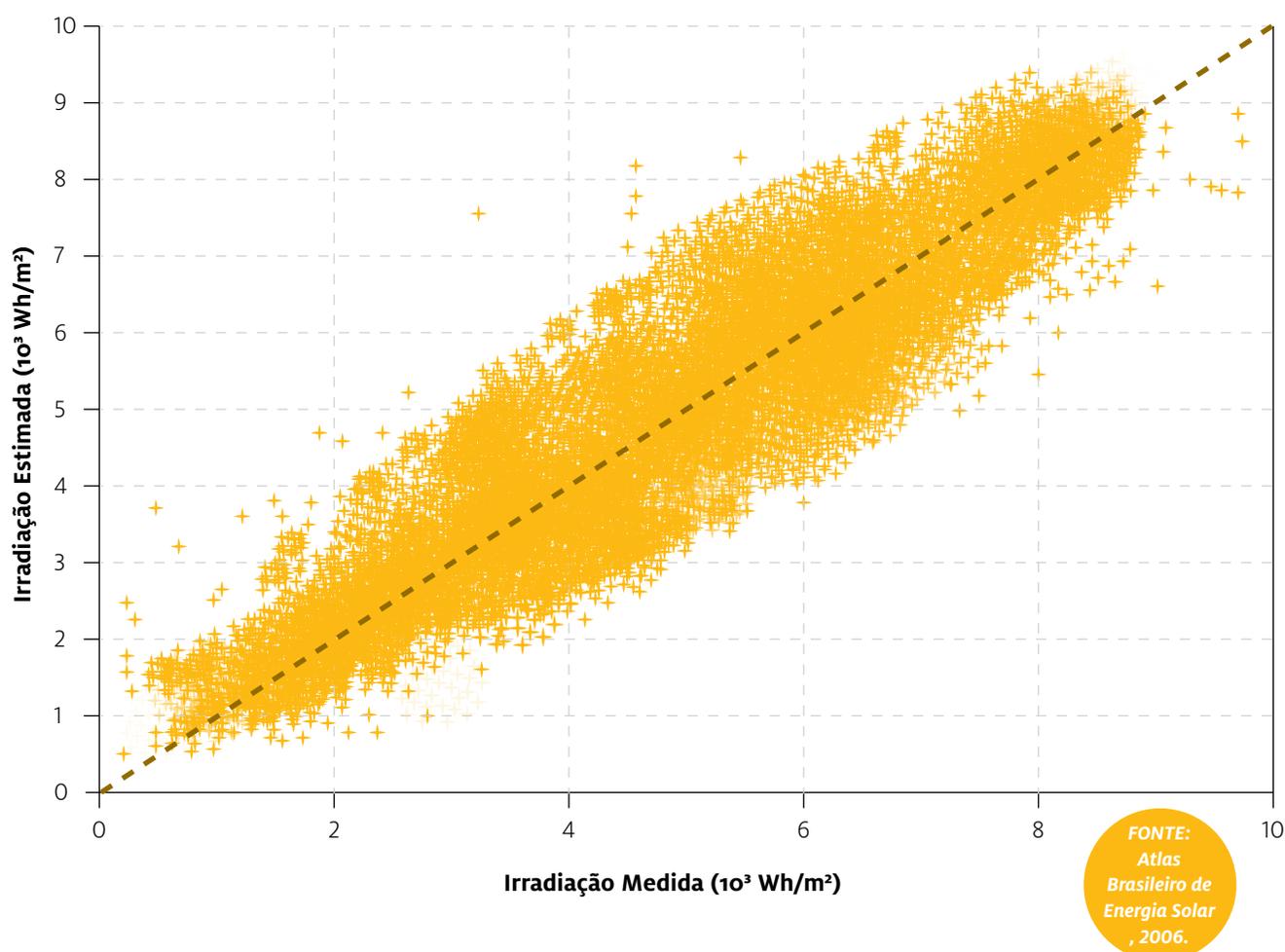
objetivo de expandir a abrangência temporal e espacial da base de dados. Apesar dessas estações não contarem com sensores de primeira linha, estudos anteriores mostram que instrumentos LI-COR e sensores de primeira linha (Kipp&Zonen e Eppley) apresentam performance similar quando os procedimentos de operação e manutenção das estações são realizados adequadamente^[1]. Para maiores informações sobre o método utilizado, consultar o Atlas Brasileiro de energia Solar 2006.

Gráfico 8: Histograma de frequência dos desvios entre valores estimados e medidos do total diário de irradiação solar global para região sudeste



Fonte:
Atlas
Brasileiro de
Energia Solar
de 2006

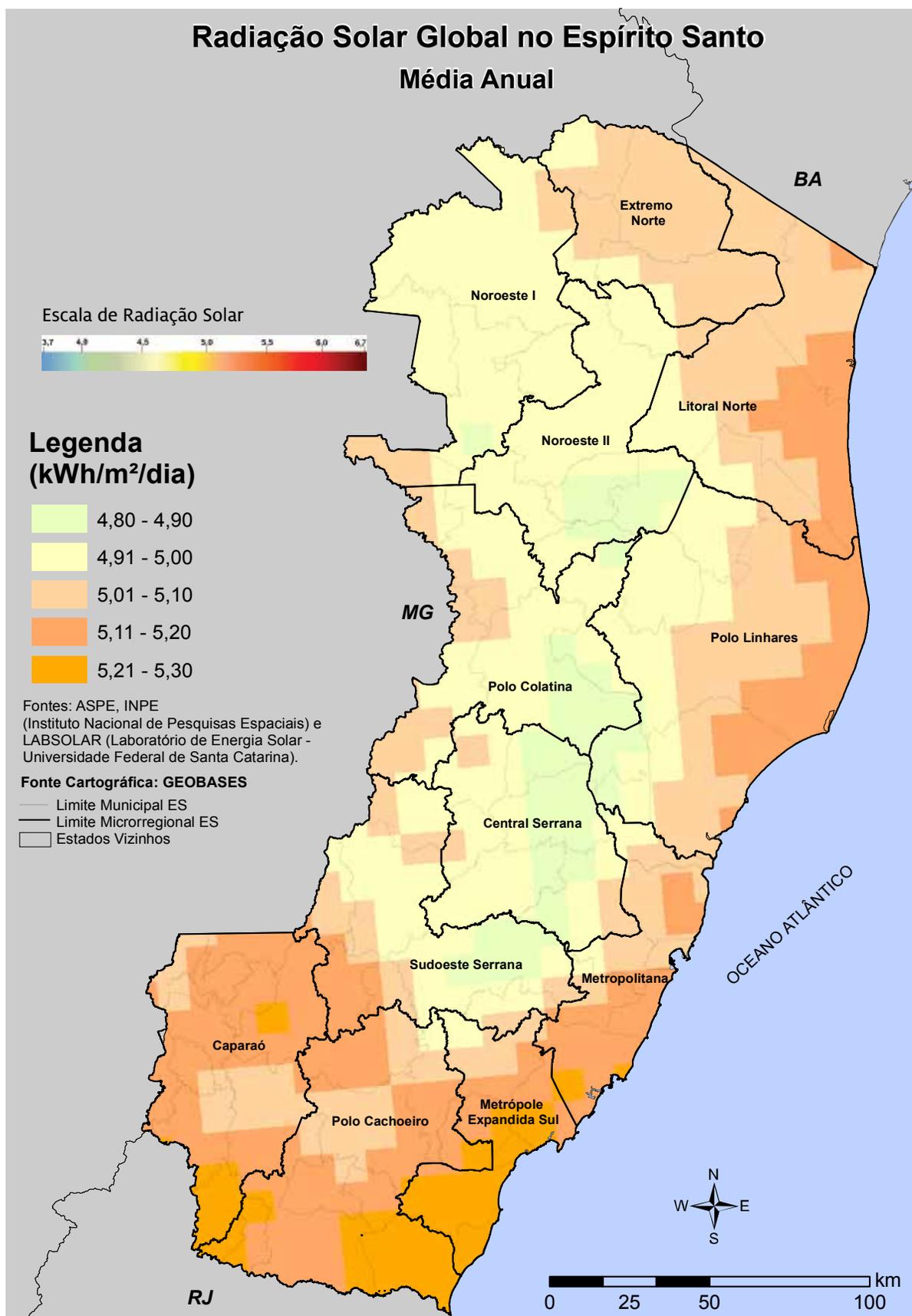
Gráfico 9: Comparação entre as estimativas do modelo BRASIL-SR para o total diário de irradiação solar global e valores medidos em superfície



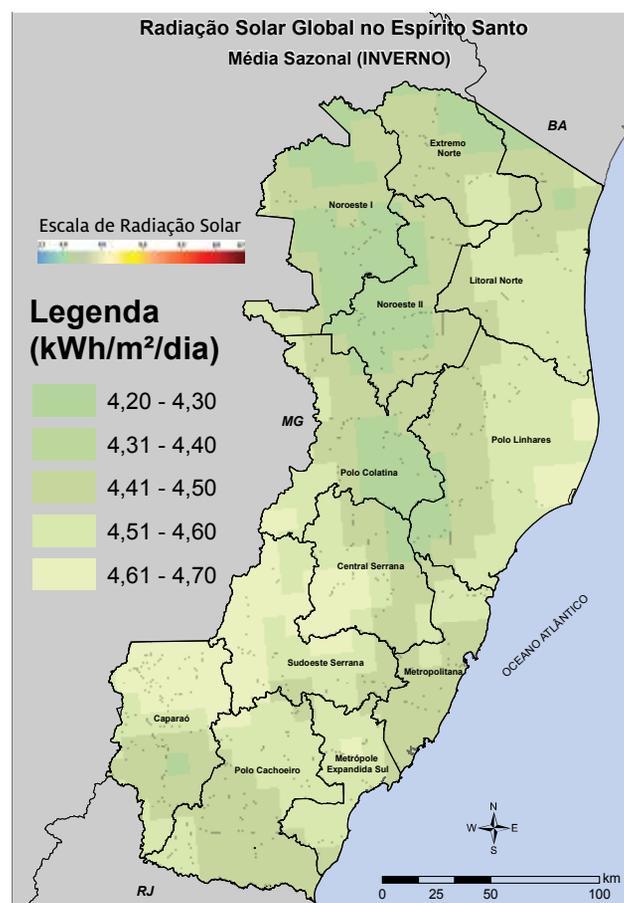
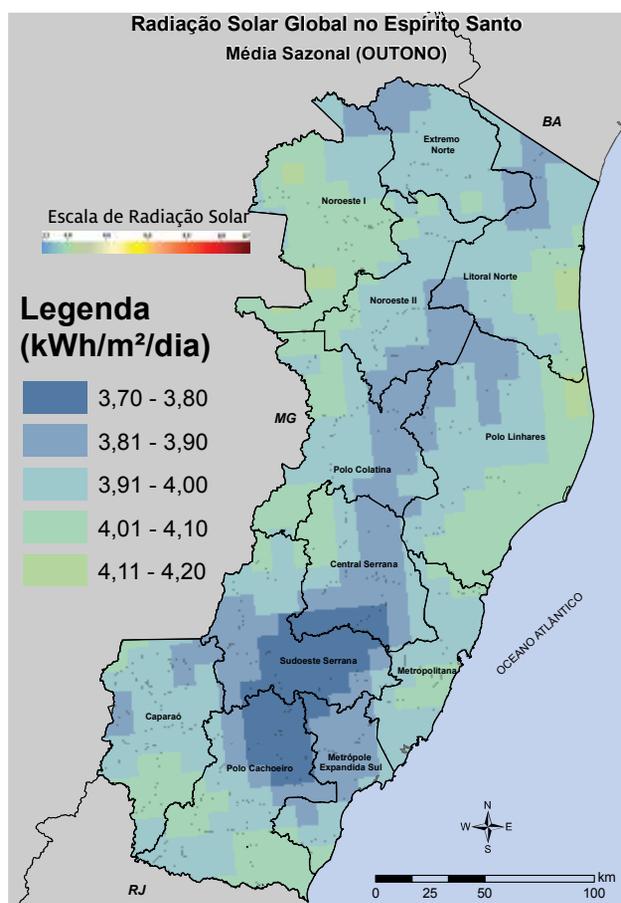
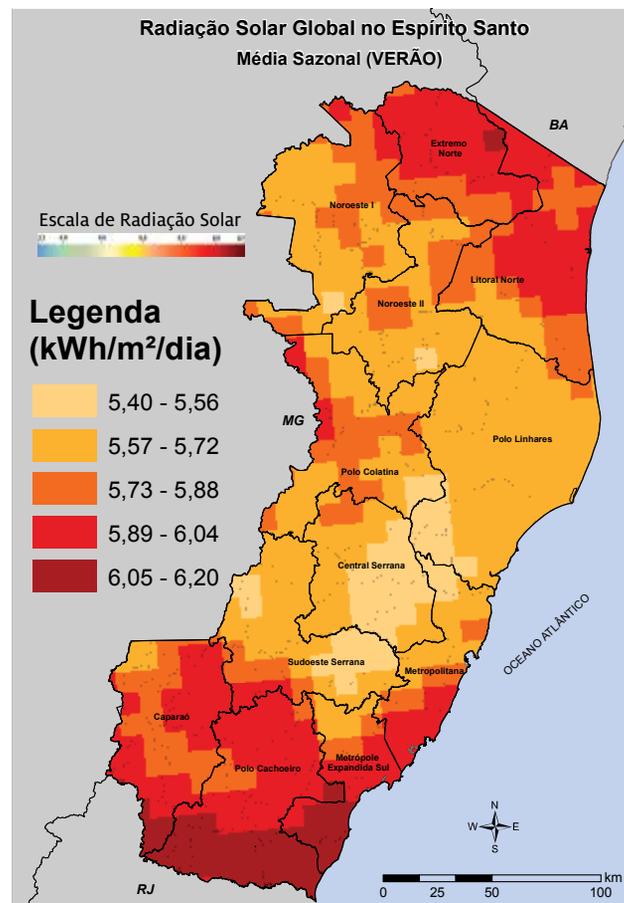
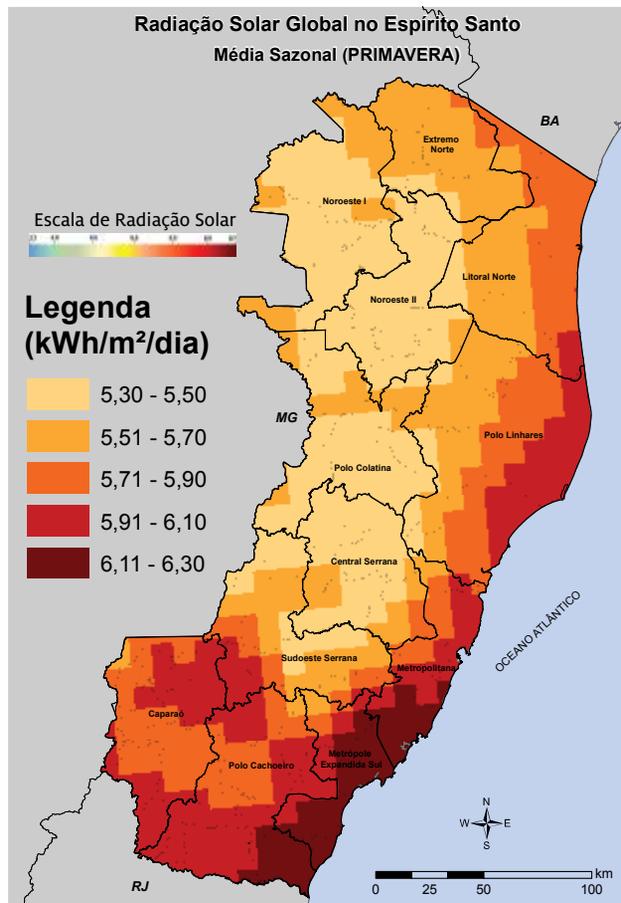
Os mapas do Espírito Santo apresentados neste estudo foram elaborados a partir de dados disponibilizados pelo Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado em 2006. Os mapas são apresentados a seguir, com as seguintes classificações:

- » Radiação Global
- » Radiação Inclinada
- » Radiação Direta
- » Radiação PAR

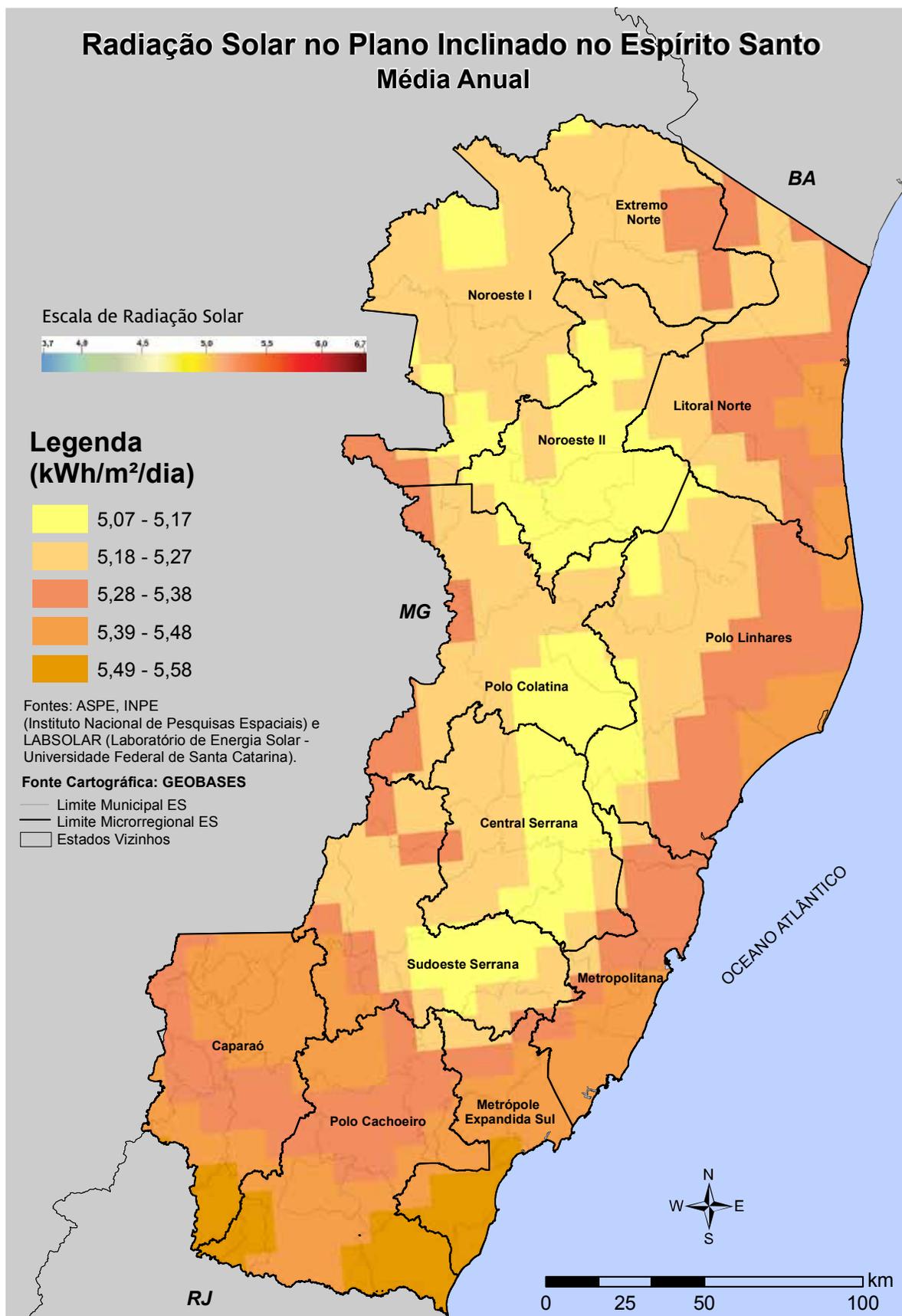
9.2 MAPA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL (MÉDIA ANUAL)



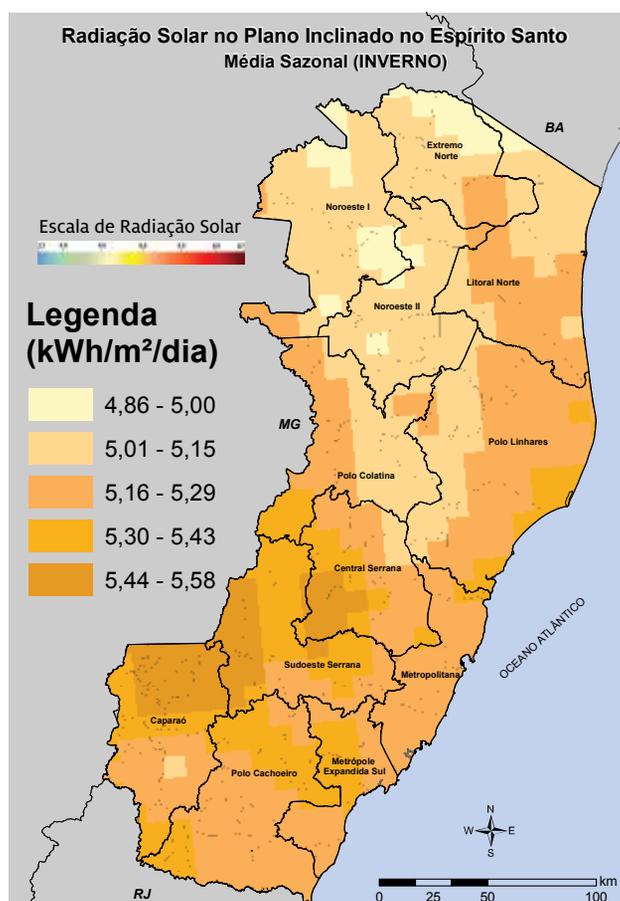
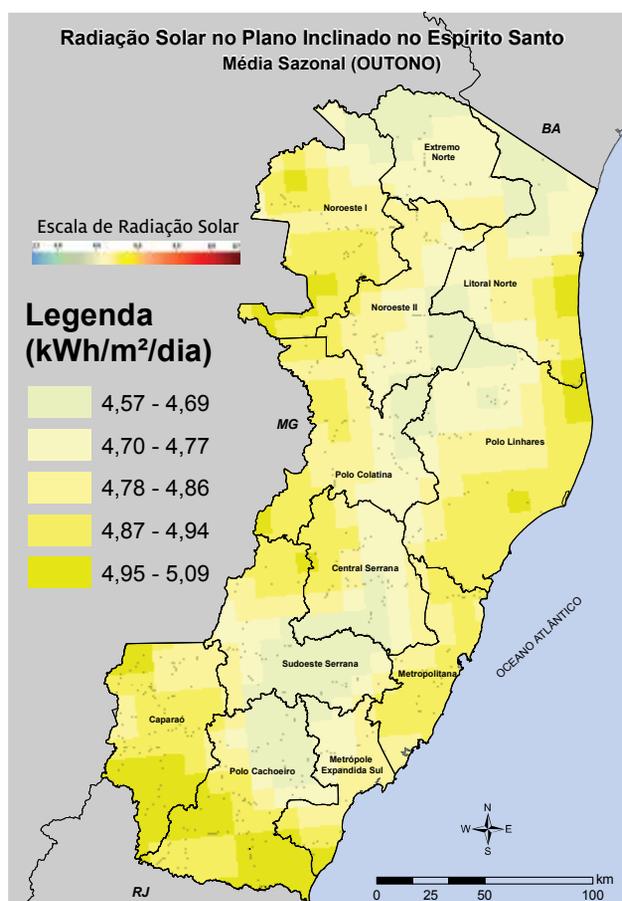
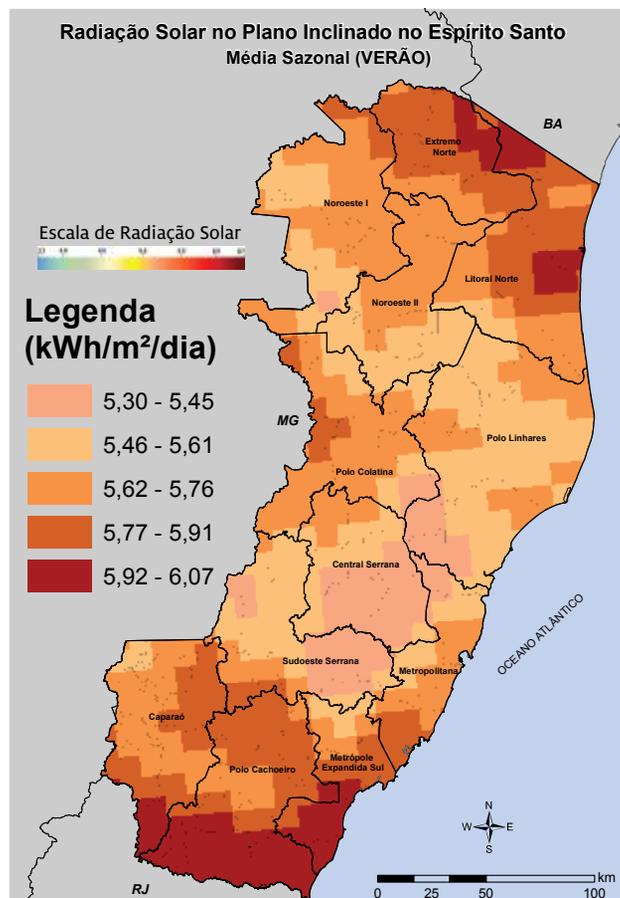
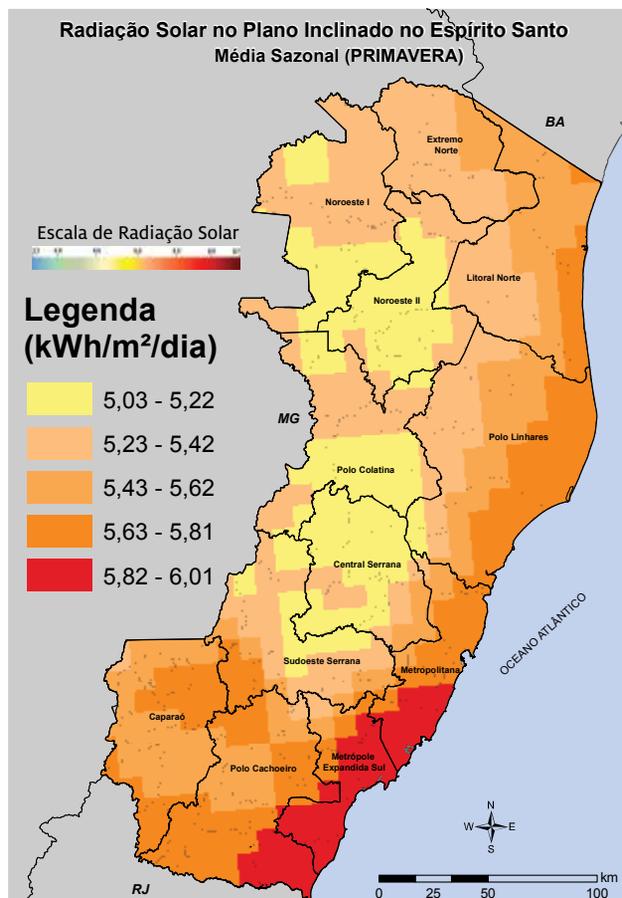
9.2.1 MAPAS DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL (MÉDIA SAZONAL)



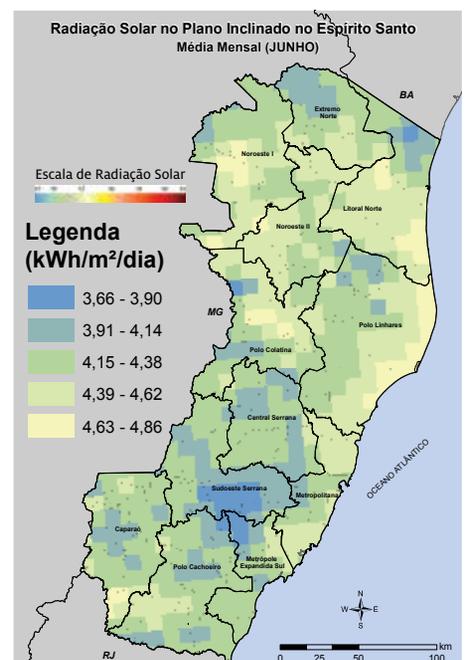
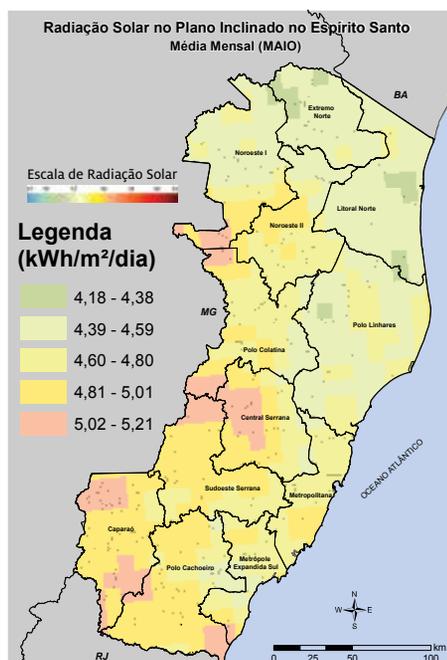
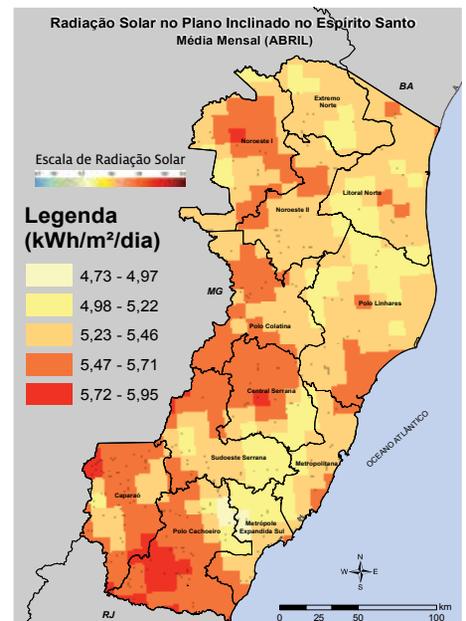
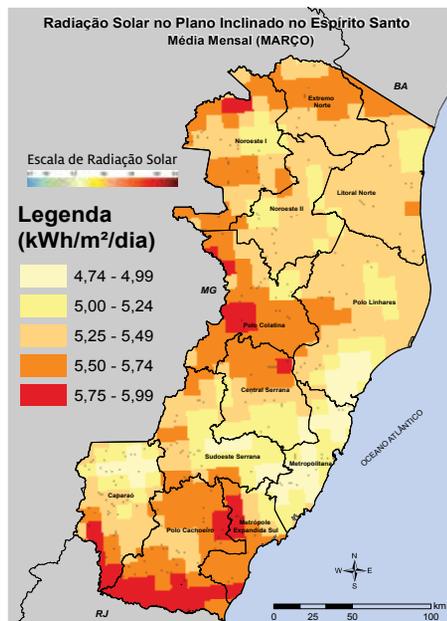
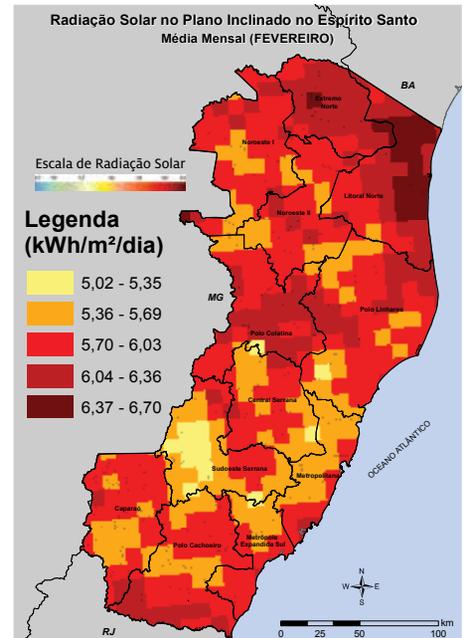
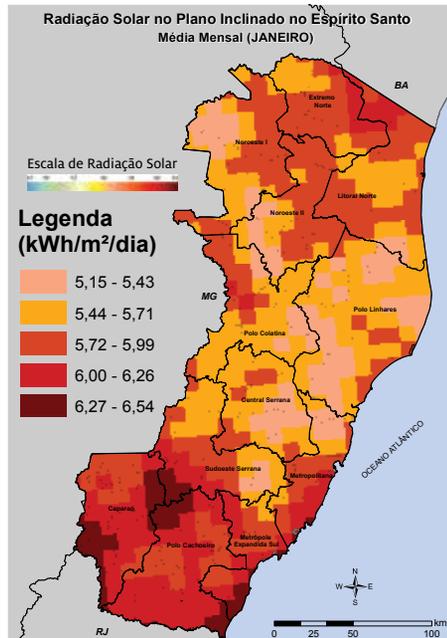
9.3 MAPA DA RADIAÇÃO NO PLANO INCLINADO (MÉDIA ANUAL)

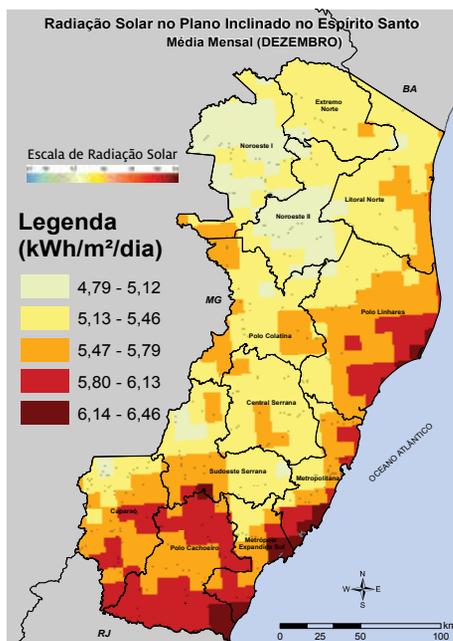
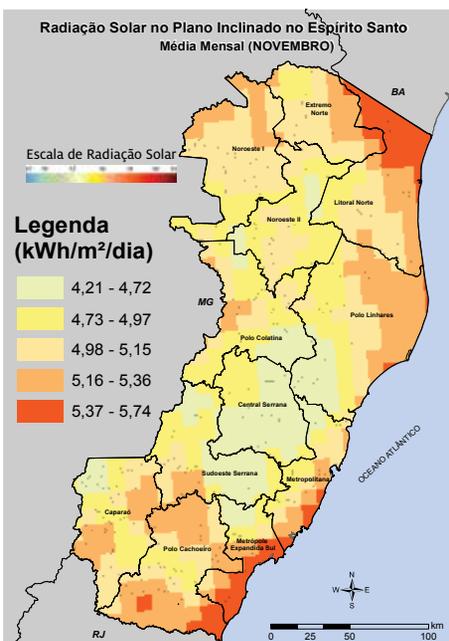
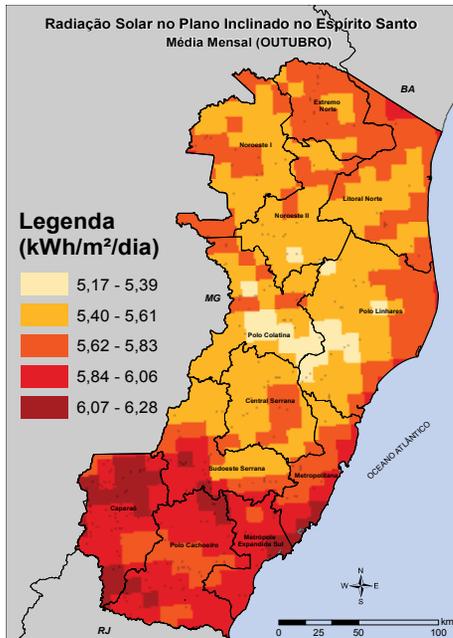
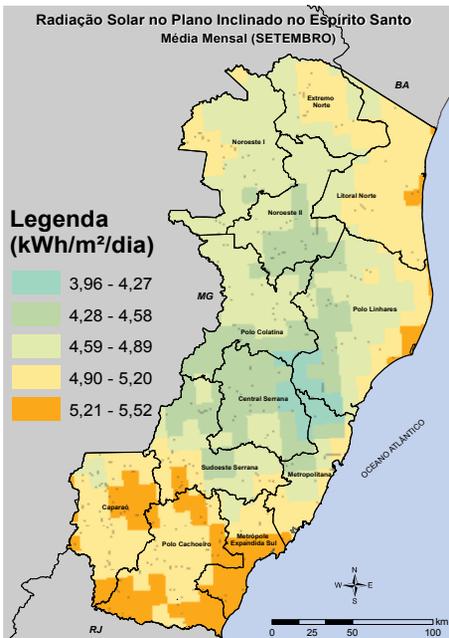
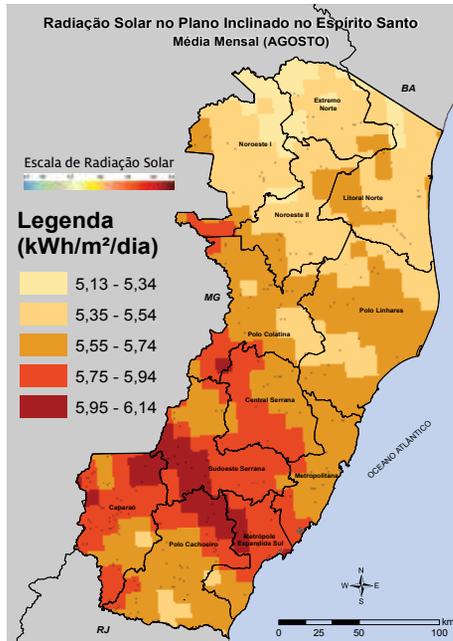
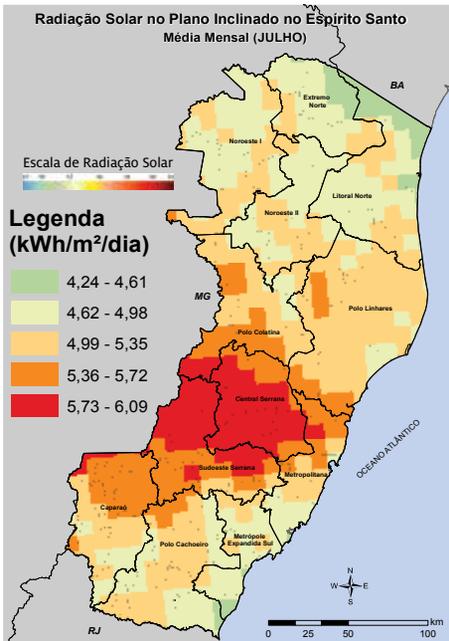


9.3.1 MAPAS DA RADIAÇÃO NO PLANO INCLINADO (MÉDIA SAZONAL)

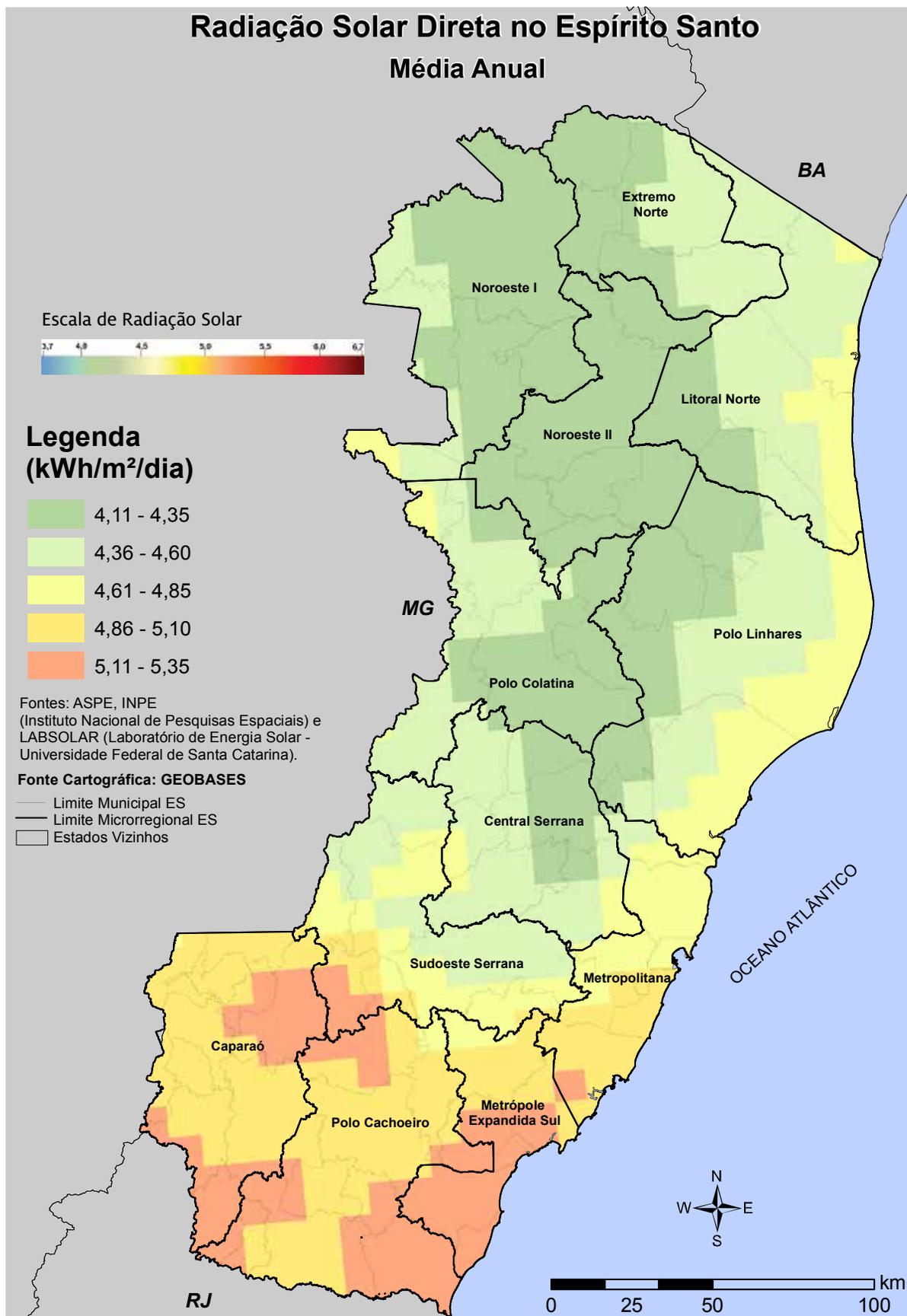


9.3.2 MAPAS DA RADIAÇÃO NO PLANO INCLINADO (MÉDIA MENSAL)

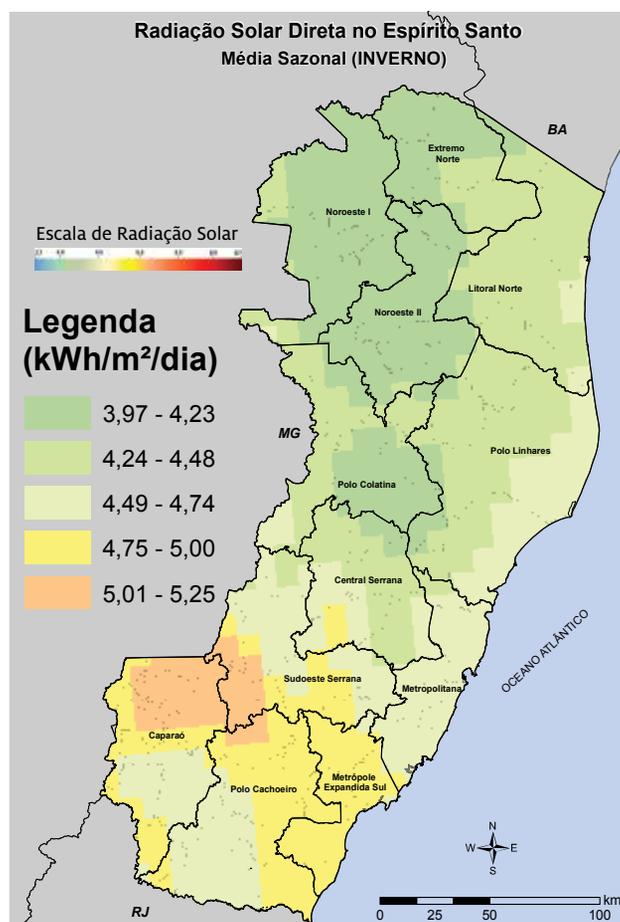
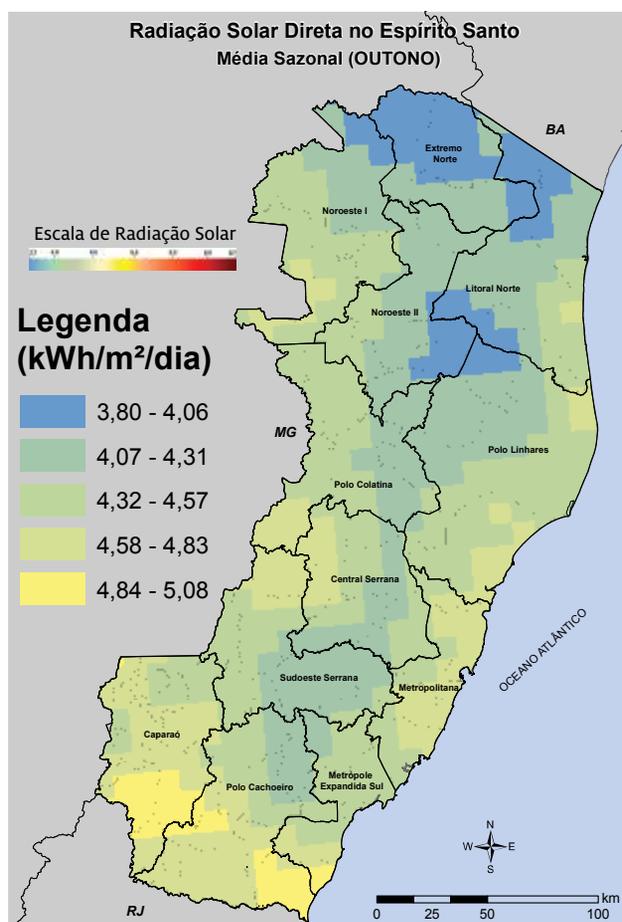
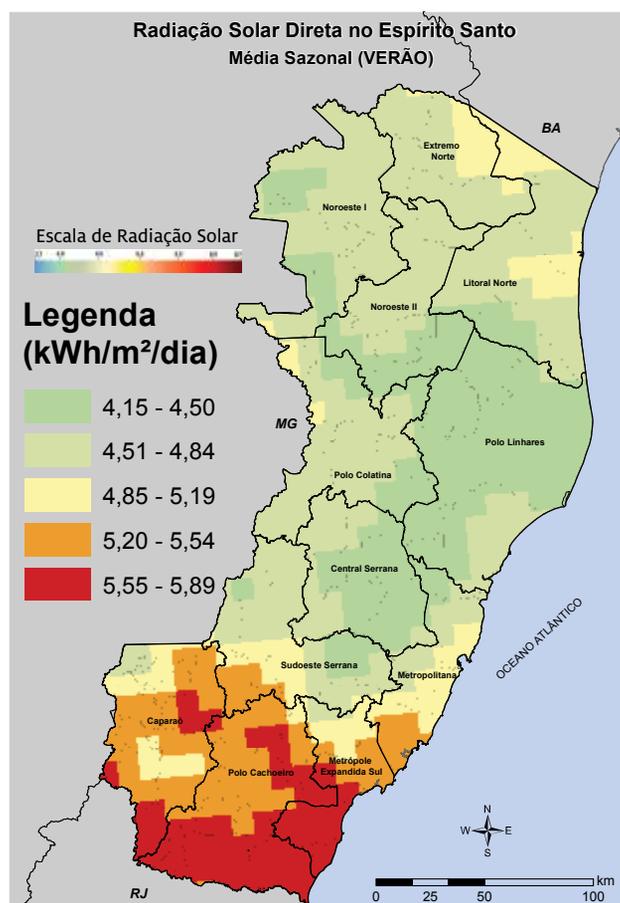
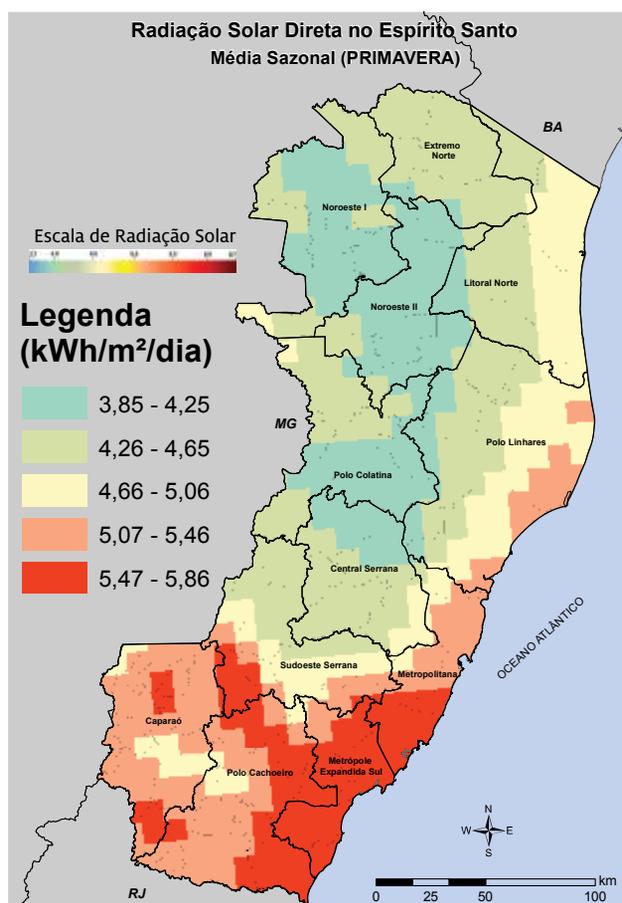




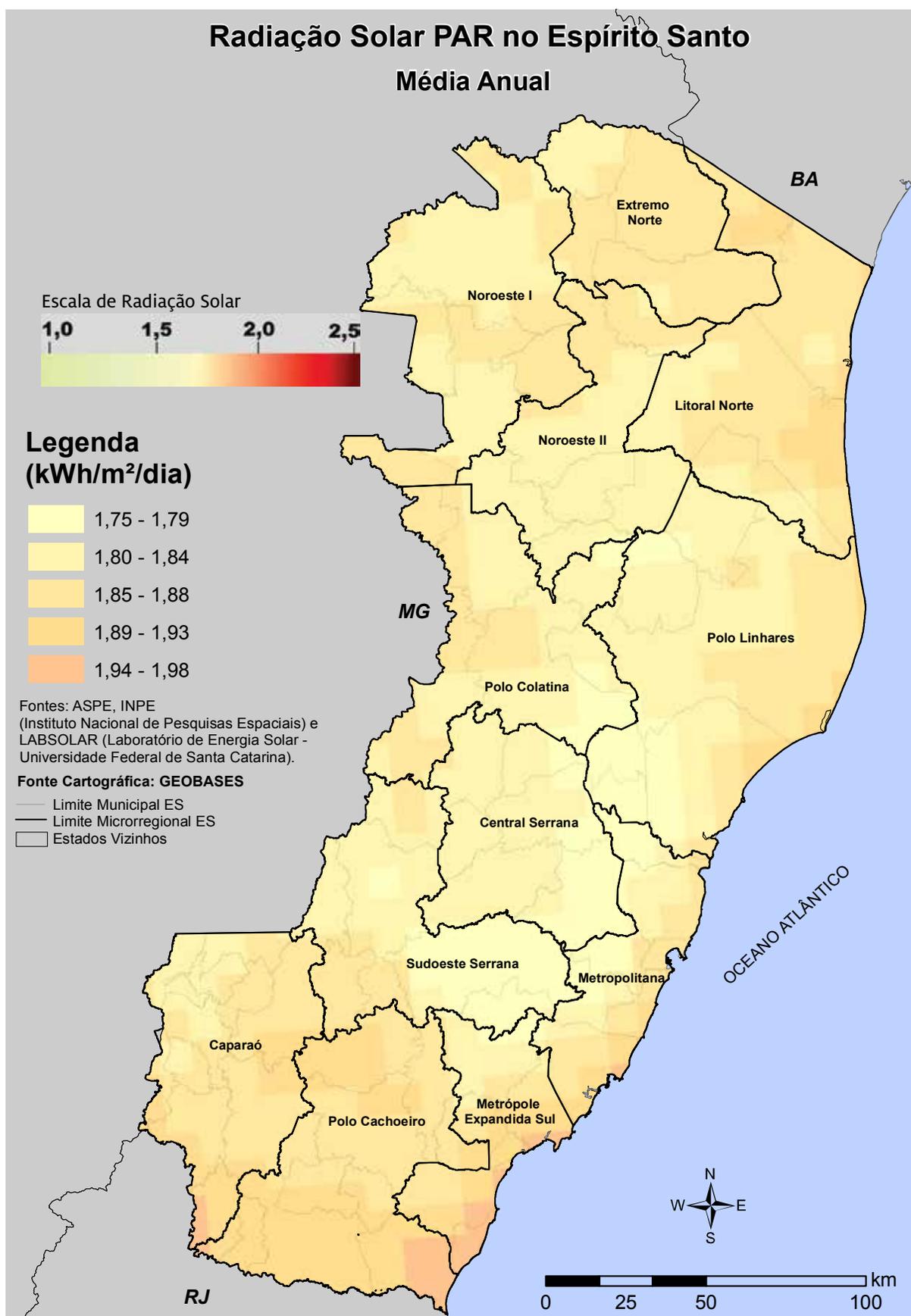
9.4 MAPA DA RADIAÇÃO DIRETA (MÉDIA ANUAL)



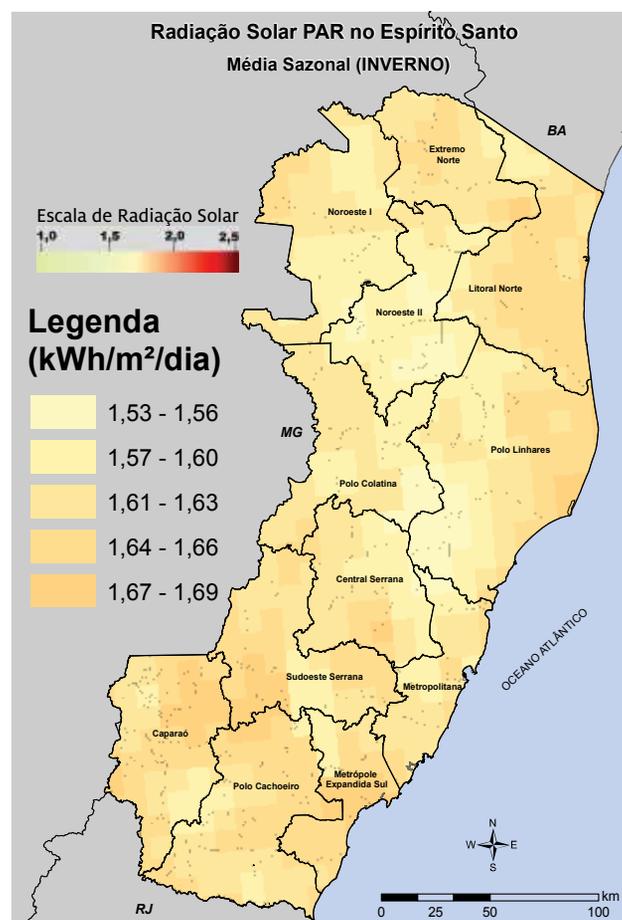
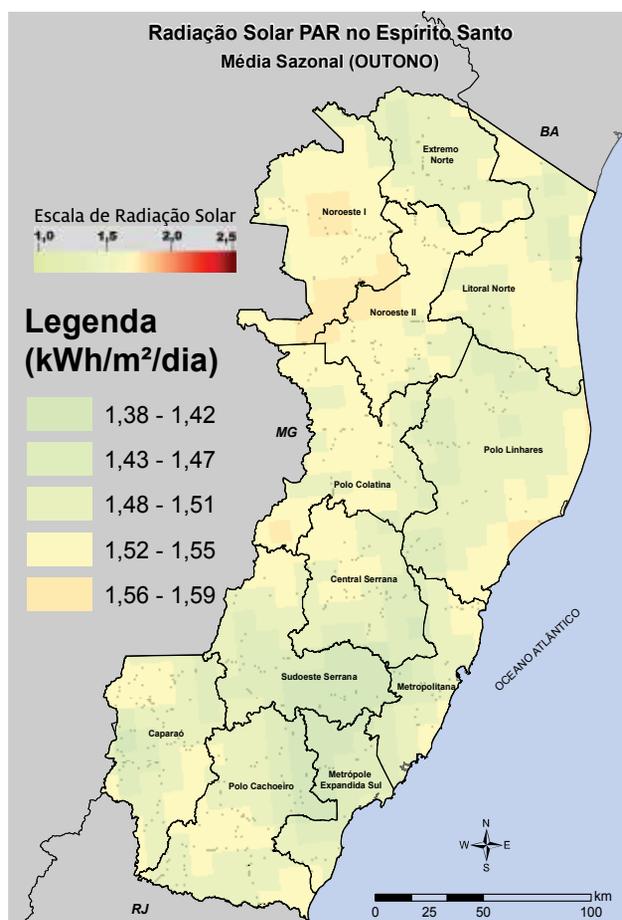
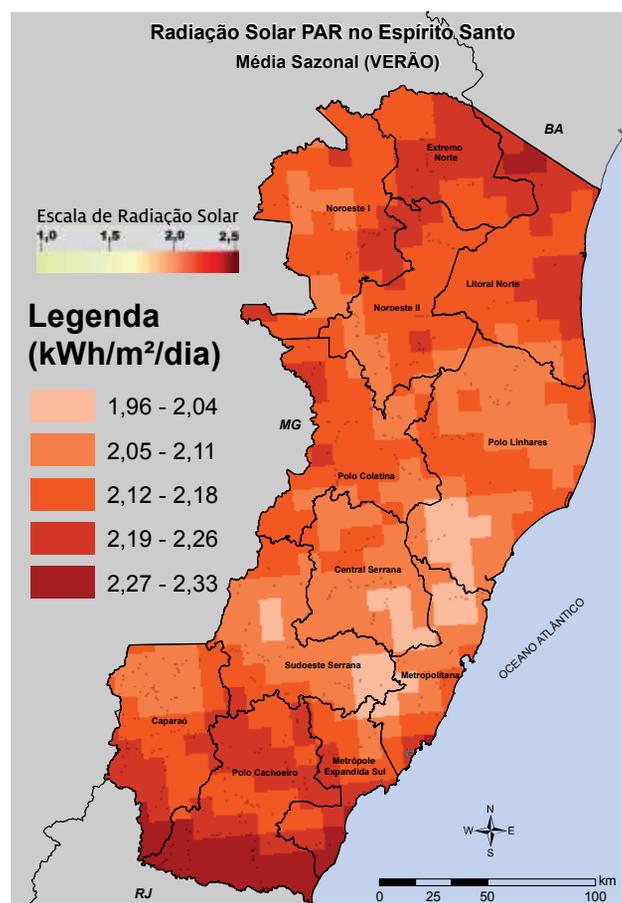
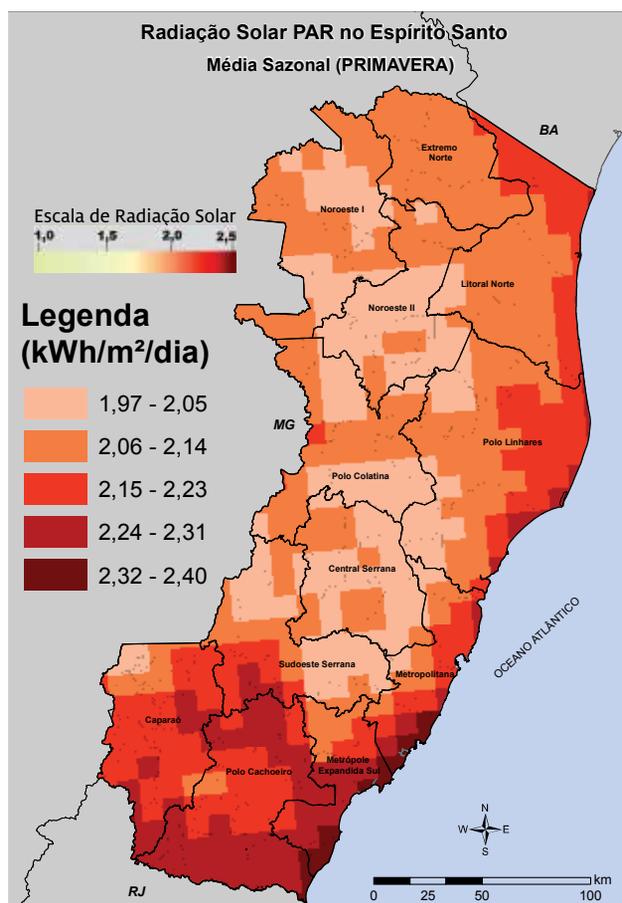
9.4.1 MAPAS DA RADIAÇÃO DIRETA (MÉDIA SAZONAL)



9.5 MAPA DA RADIÇÃO PAR (MÉDIA ANUAL)



9.5.1 MAPAS DA RADIAÇÃO PAR (MÉDIA SAZONAL)



9.6 ANÁLISE

Será apresentada adiante uma análise dos mapas de radiação solar mostrados nos tópicos 8.2 a 8.5

O Tópico 8.2 mostra os mapas de médias sazonais e anual da irradiação global diária (IGM) para o Espírito Santo. Na primavera (setembro a novembro), os menores valores de IGM são observados entre as regiões sudoeste serrana e noroeste I (5,29-5,50 kWh/m²/dia). Os valores mais altos podem ser vistos em praticamente todo o sul e litoral do Estado (6 kWh/m²/dia), com destaque para o máximo, que ocorre entre a Grande Vitória e a Metrópole Expandida Sul (6,12-6,32 kWh/m²/dia). No verão (dezembro a fevereiro), a IGM apresenta valores mais altos nos extremos norte e sul do Estado (5,86-6,14 kWh/m²/dia). O mínimo observado, com valores maiores do que os apresentados na primavera, pode ser visto na região central serrana e nas áreas do polo de Linhares e sudoeste serrana mais próximas dela (5,41-5,56 kWh/m²/dia). Durante o outono (março a maio), a disponibilidade de IGM passa a diminuir em razão da mudança na incidência dos raios solares no hemisfério sul, que se tornam cada vez mais tangenciais, mas não necessariamente por causa do aumento da cobertura de nuvens sobre o Estado, que entra em seu período seco. Nesta estação, o mínimo de IGM encontra-se nas vizinhanças da Pedra Azul, ou seja, entre a região sudoeste serrana e a área setentrional do polo de Cachoeiro, possuindo valores bem mais baixos do que aqueles observados no verão e na primavera (3,74-3,83 kWh/m²/dia). Os máximos de IGM podem ser observados na maior parte do litoral, no extremo sul e na região de divisa com Minas Gerais, mas com valores que não alcançam os mínimos observados no verão e na primavera (4,09-4,17 kWh/m²/dia contra 5,86-6,32 kWh/m²/dia). Já no inverno (junho a agosto), uma área de máximo de IGM pode ser destacada entre o sudoeste da região central serrana e a porção norte do Caparaó (4,62-4,70 kWh/m²/dia). Similar à primavera, os centros de mínima IGM ocorrem entre o polo de Colatina e o extremo norte/noroeste I, com valores bem

mais baixos (4,23-4,32 kWh/m²/dia), porém mais elevados quando comparados aos mínimos encontrados no outono.

Os mapas das médias anual e sazonais da irradiação solar diária incidente sobre um plano inclinado (IPI) são apresentados no Tópico 8.3. Essa configuração possibilita a máxima captação da energia solar incidente. Os maiores níveis de IPI podem ser observados, assim como no caso da IGM, no sul (pico entre o verão e o outono de até 6,06 kWh/m²/dia) e no litoral (picos na primavera e outono de até 6,01 kWh/m²/dia) do Estado. Os mínimos são visualizados praticamente nas mesmas áreas e épocas de mínima IGM, ou seja, entre o centro e o centro-norte capixaba.

O Tópico 8.4 apresenta os mapas de radiação solar direta anual e sazonal média (ISD). Assim como no caso da IGM e da IPI, a ISD mostra níveis mais elevados entre o sul e o litoral do Espírito Santo (média anual entre 4,61 e 5,35 kWh/m²/dia). Os menores níveis são encontrados entre o centro e o centro-norte do Estado (média anual entre 4,1 e 4,35 kWh/m²/dia).

De acordo com os mapas analisados, os maiores valores de radiação solar anual são esperados para o sul e faixa litorânea capixaba, com pico na primavera (até 6,32 kWh/m²/dia de IGM, 6,01 kWh/m²/dia de IPI e 5,85 kWh/m²/dia de ISD), enquanto os menores valores devem ser encontrados em praticamente toda a zona central e central-norte do Espírito Santo no período do outono (mínimo de 3,74 kWh/m²/dia de IGM, 4,57 kWh/m²/dia de IPI e 3,82 kWh/m²/dia de ISD).

Quanto às médias anuais e sazonais da irradiação solar PAR (IPP), apresentadas nos mapas do Tópico 8.5, nota-se que os maiores níveis de IPP são observados, similarmente aos níveis da IGM e IPI, na região sul e no litoral capixaba (pico entre a primavera e o verão de até 2,37 kWh/m²/dia). Os mínimos são visualizados praticamente nas mesmas áreas de mínima IGM e IPP, ou seja, entre o centro e o centro-norte capixaba, com os menores valores em torno dos 1,38 kWh/m²/dia no outono.



10

APLICAÇÕES

10.1 No mundo

PÁG.
92

10.2 Na América
do Sul

PÁG.
94

10.3 No Brasil

PÁG.
95

10.4 Energia
solar no Espírito
Santo

PÁG.
100

Os empreendimentos em energia solar são cada vez mais relevantes e conhecidos. Neste capítulo serão apresentados alguns desses exemplos, que podem ser observados desde o cenário mundial ao encontrado no Espírito Santo.

10.1 NO MUNDO

9.1.1 UMA DAS MAIORES USINAS DE ENERGIA CONCENTRADA DO MUNDO: ABU DHABI, EMIRADOS ÁRABES^[49]

Foi inaugurada em 2013, em Abu Dhabi, capital dos Emirados Árabes Unidos, pela empresa Shams Power Company, uma das maiores usinas de energia solar concentrada (CSP) do mundo, a Shams 1. A estação gera 100 MW

e pode fornecer energia a 20.000 casas no país, reduzindo as emissões de CO₂ em 175 mil toneladas por ano. O projeto levou cerca de dois anos e US\$ 600 milhões para virar realidade.



Shams 1, Abu Dhabi

A instalação de Shams 1 possui aproximadamente 258 mil espelhos parabólicos para coletar a luz proveniente do sol, que atinge um fluido para transferência de calor. O

fluido, por sua vez, se desloca através de tubos até um trocador de energia térmica. Esse processo produz vapor, que movimenta as turbinas para gerar eletricidade.

10.1.2 Os MAIORES PROJETOS DE ENERGIA SOLAR EM CONSTRUÇÃO: CALIFÓRNIA, ESTADOS UNIDOS

Os desertos do Estado da Califórnia (Estados Unidos) estão recebendo várias propostas de projetos de energia solar de grande escala ^[51]. Em 2013, está prevista a finalização de um dos grandes projetos de energia solar concentrada (CSP), o Projeto Ivanpah Solar Electric Generating System (Isegs), localizado no Deserto de Mojave, em uma área de 1.400 hectares e com capacidade nominal de 377 MW, o suficiente para abastecer 140 mil casas dos Estados

Unidos^[50] ^[52]. Outro projeto previsto é o Palen Solar Power, localizado em Riverside County e desenvolvido pelas empresas BrightSource e Abengoa, que estão atualmente trabalhando em uma planta de aproximadamente 500 megawatts, que será composta por duas torres de 250 megawatts cada uma delas, que deverão ser as mais altas torres solares do mundo no momento e que produzirá energia suficiente para abastecer 200 mil residências^[53] ^[54].



Fonte:
BrightSource

**Usina em
construção,
Califórnia,
Estados Unidos**



Esse tipo de projeto é considerado um dos mais eficientes em energia solar, referente ao espaço ocupado. Segundo informações das empresas envolvidas, esse projeto reduz significativamente a quantidade de terra necessária para produzir energia, cerca de 33% de um típico projeto fotovoltaico^[51].

10.2 NA AMÉRICA DO SUL

10.2.1 MAIOR PARQUE FOTOVOLTAICO DA AMÉRICA DO SUL

O Parque Solar Cañada Honda está localizado na Província de San Juan, Argentina, e, quando totalmente concluído, no ano de 2013, será o maior parque fotovoltaico da América do Sul. Ele será composto por um

total de 98 mil painéis solares de silício com uma potência instalada de aproximadamente 22 MW_p e potência nominal de 20 MW injetadas no sistema elétrico argentino^[60] ^[61].



*Parque Solar
Cañada Honda,
Província de San
Juan, Argentina*

O planta ocupa uma área de 84 hectares, podendo gerar mais de 40.000 MWh de energia limpa por ano, o equivalente ao consumo de cerca de 14 mil casas. A energia gerada produzirá uma economia de 12 milhões de m³ de gás por ano e evitará a emissão para a atmosfera de 32.900 toneladas de CO₂^[61].

A primeira etapa do projeto foi inaugurada e encontra-se com uma potência instalada de 5 MW. Está previsto que o total de 20 MW será gerado a partir de 2013. O valor do investimento completo chega a US\$ 96,86 milhões e para a primeira etapa já foram investidos aproximadamente US\$ 26 milhões^[60] ^[61].



*Parque Solar
Cañada Honda,
Província de San
Juan, Argentina*

10.3 NO BRASIL

10.3.1 USINA SOLAR TANQUINHO, CAMPINAS – SÃO PAULO

Foi inaugurada no final de 2012, em Campinas, a Usina Tanquinho^[62], a primeira por energia solar do Estado de São Paulo e uma das maiores do país. O projeto

foi instalado em uma área de 13.700 m², tendo uma capacidade de 1,1 MW_p, podendo gerar aproximadamente 1,6 GWh por ano.

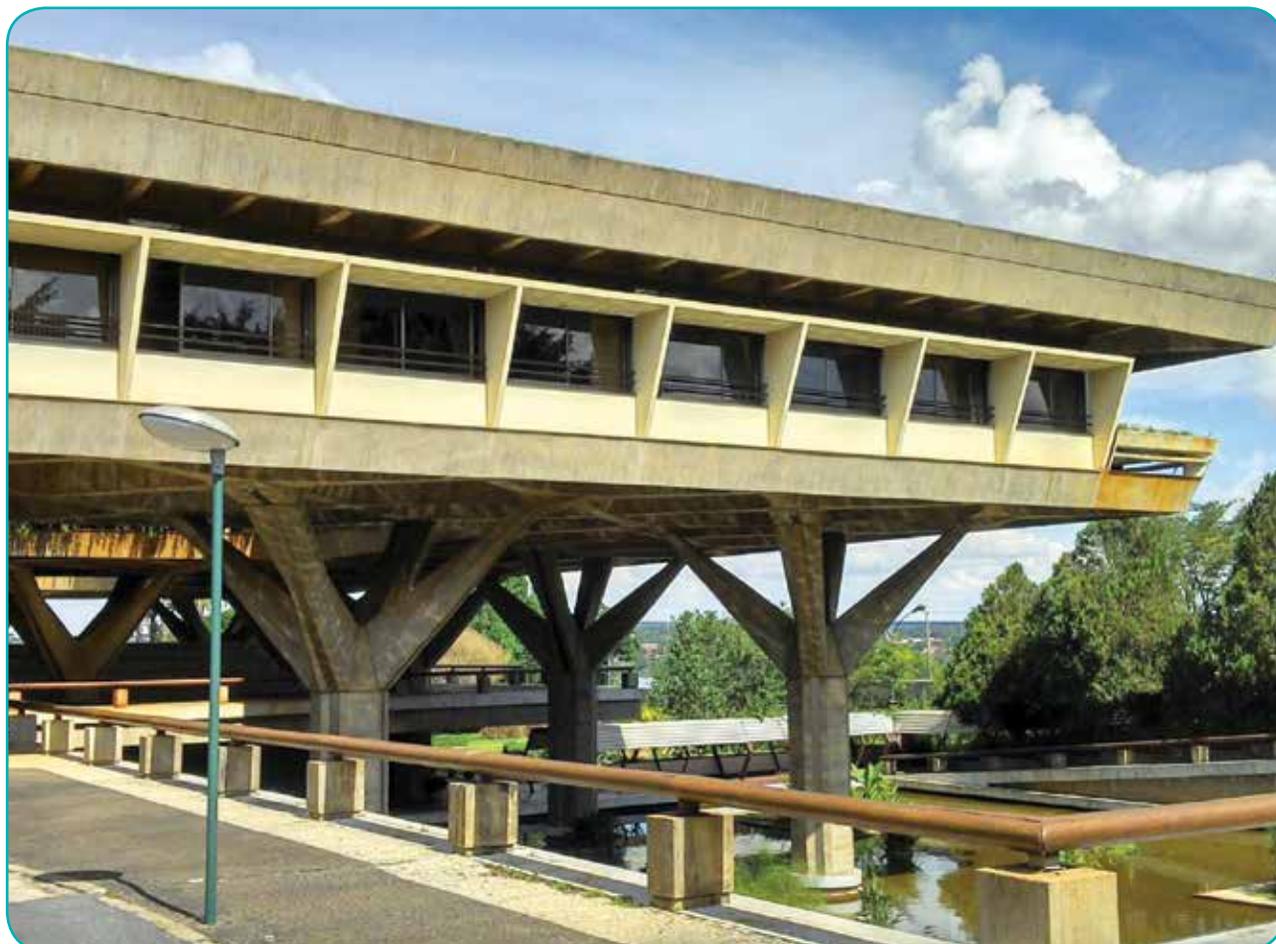


A usina foi aprovada em dezembro de 2011 pela Aneel e absorveu investimentos de R\$13,8 milhões em pesquisa e desenvolvimento pelo grupo CPFL Energia.

*Usina Solar Tanquinho,
Campinas, São Paulo*

10.3.2 EMBAIXADA VERDE

A Embaixada Italiana localizada em Brasília transformou-se em um laboratório de experimentos ecossustentáveis compostos por um sistema de painéis fotovoltaicos e por um sistema de fitodepuração das águas. Essa ação foi idealizada pelo Ministério Italiano das Relações Exteriores e ficou conhecida como projeto Embaixada Verde ^[69].



*Embaixada
Italiana,
Brasília/DF*

Foram instalados no teto da embaixada, em uma área de 600 m², 405 painéis fotovoltaicos de filme fino, que estão reduzindo a emissão de CO₂ em 7,6 toneladas por ano. De acordo com informações da Embaixada Italiana, ela obteve uma economia de 17% no consumo mensal de energia elétrica. O sistema está operando desde o início de 2011^[69].



Painéis fotovoltaicos instalados no teto da Embaixada Italiana, Brasília/DF

10.3.3 ENERGIA SOLAR NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA, CURITIBA, PARANÁ

A Prefeitura de Curitiba vem realizando testes em um sistema de captação de energia solar instalado em postes de

iluminação pública no Parque Barigui. Demonstrando eficácia, o sistema será ampliado para os 102 postes restantes ^[68].

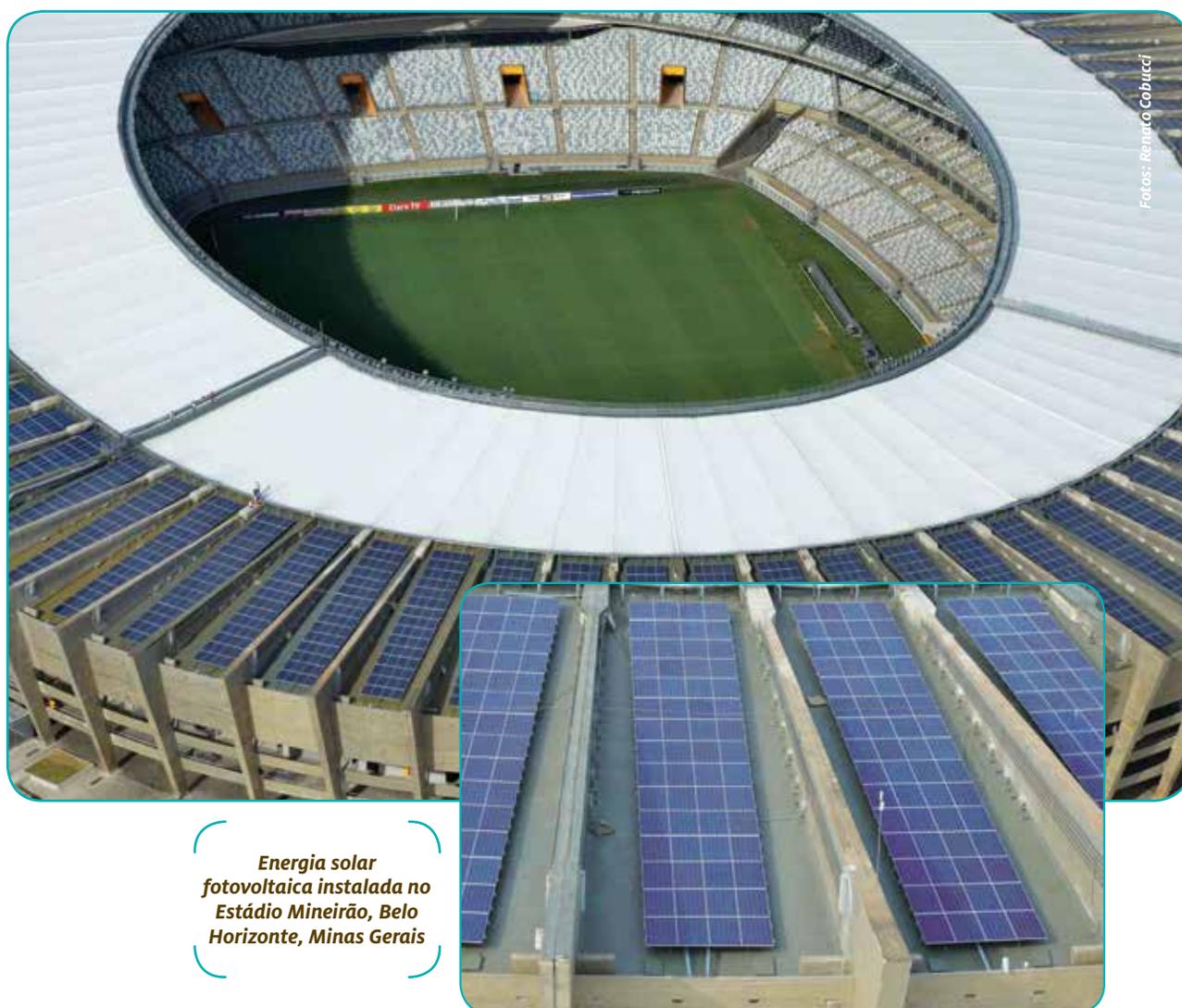


Foto: Vagner Landi

Energia solar na iluminação pública, no Parque Barigui, Curitiba, Paraná

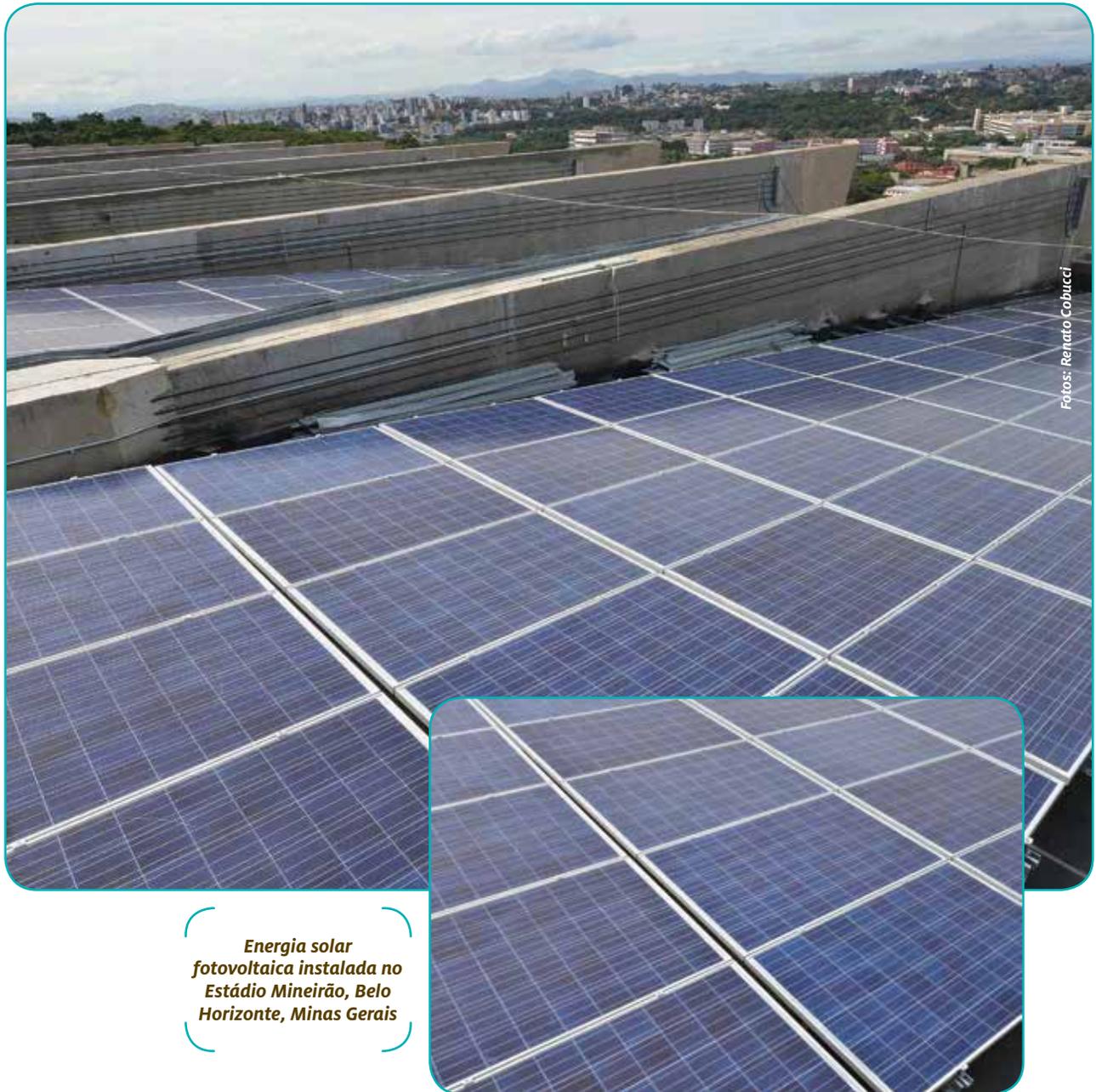
10.3.4 ENERGIA SOLAR NOS ESTÁDIOS

O Brasil, com a designação de sede da Copa do Mundo de Futebol de 2014 pela Fifa, vem construindo novos estádios com modernas tecnologias, implementando uma visão sustentável, ressaltando assim, a importância da preservação do meio ambiente por meio da eficiência energética.



Energia solar fotovoltaica instalada no Estádio Mineirão, Belo Horizonte, Minas Gerais

O Mineirão é o primeiro dos estádios brasileiros para a Copa do Mundo de 2014 a ter instalada uma usina de energia solar. A energia que será gerada tem o potencial para abastecer até 900 residências e 10% da energia produzida será consumida no próprio estádio, o restante será comercializado. O estádio tem uma potência instalada de 1,42 MW_p, e a energia gerada será distribuída e comercializada pela rede da Cemig, estatal responsável pelo abastecimento em Minas Gerais, que agora conta com uma subestação no estádio ^{[65][67]}.



**Energia solar
fotovoltaica instalada no
Estádio Mineirão, Belo
Horizonte, Minas Gerais**

O Estádio Nacional de Brasília (Estádio Mané Garrincha) foi construído com a função de ser uma arena sustentável. Entre as várias ações já implantadas e as que futuramente serão, está a de construir uma usina solar no anel de compressão da cobertura, com capacidade de gerar até 2,2 megawatts de energia. A previsão é que ela seja instalada no segundo semestre de 2013 ^[63].

Também está sendo projetado o uso de energia solar no Estádio Governador Plácido Castelo, mais conhecido como Arena Castelão, localizado em Fortaleza, Ceará. Placas fotovoltaicas na cobertura do estádio poderão gerar até 2 MW de energia elétrica. A Arena Pernambuco possui previsão de instalar 1 MW_p. O Novo Maracanã prevê gerar cerca de 400 KW_p em energia solar^{[64][66]}.

10.4 ENERGIA SOLAR NO ESPÍRITO SANTO

-Os bairros de Serra Dourada I, II e III, na Serra, são os primeiros a utilizarem energia solar no Espírito Santo em grande escala. O projeto é um dos maiores com esse tipo de sistema no Brasil. Nesses bairros, 2.149 residências receberam o Projeto Boa Energia Solar, iniciativa inédita da concessionária de energia elétrica do Estado, EDP Escelsa, em parceria com a Agência de Serviços Públicos de Energia do Espírito Santo (Aspe), que consiste basicamente na instalação de um sistema aquecedor de água solar nas residências para aquecimento de água.

As residências recebem gratuitamente a instalação do aquecedor solar para o aquecimento da água, reservatório térmico para armazenamento, misturadores de água quente e fria para regular a temperatura até que a água fique agradável ao banho, além de orientações de técnicos capacitados sobre a perfeita utilização dos equipamentos. A média nacional de economia das casas com painéis solares térmicos é de aproximadamente 26%.



**Bairro Solar,
Serra Dourada,
Serra, Espírito
Santo**

O sistema de aquecimento implantado pela concessionária garante que a luz do sol será suficiente para aquecer a água do banho em cerca de 80% do ano. Nos poucos dias em que não houver energia solar, o chuveiro elétrico poderá ser utilizado, mantendo a temperatura da água ideal para um banho confortável.

Paralelamente às instalações, os moradores contemplados também recebem lâmpadas fluorescentes compactas (mais econômicas) para substituição de incandescentes convencionais e orientações sobre o uso eficiente e seguro da energia elétrica.



Aquecedor solar (reservatório e placa)

Além da implementação do programa nos bairros de Serra Dourada, a distribuidora de energia elétrica ampliou o projeto para 218 residências em Eldorado. Em Cariacica, 240 apartamentos de um conjunto habitacional com 15 prédios no bairro Itanguá e 98 casas do bairro Prolar também estão com as instalações. No município de Vila Velha, o bairro Jabaeté recebeu 909 painéis e Jacarenema, 288 painéis de aquecedores solares.

O projeto Boa Energia Solar está sendo ampliado para 47 unidades residenciais dos bairros Estrelinha e Nova Palestina, em Vitória, onde receberão a instalação de painéis solares nas casas para aquecimento de água, permitindo, assim, a substituição dos chuveiros elétricos existentes nas casas por outros mais eficientes. O município de Castelo, no sul do Estado, também será contemplado

com o Projeto Bairro Solar. A iniciativa vai beneficiar, inicialmente, 112 casas do conjunto residencial que está sendo construído na Cava Roxa.

Ao todo, o investimento realizado pela concessionária irá contemplar 4.240 residências. A implantação do Bairro Solar consiste no Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição de Energia Elétrica (PEE), determinado pela Aneel.

Outro projeto piloto que está sendo realizado no Espírito Santo a fim de disseminar ações de eficiência energética, é o de geração distribuída fotovoltaica na residência oficial do governador (Resof). Foram instaladas uma central fotovoltaica com potência nominal de 2 KW, que apresenta uma potência de 2.5 KW_p, e 11 placas fotovoltaicas de 235 W de potência cada, em uma área de 18 m².



Com a instalação da central fotovoltaica, espera-se uma economia de energia elétrica no consumo da rede e na demanda total da Resof fora do horário de ponta. A energia excedente será fornecida para a rede de distribuição da EDP Escelsa e será compensada na fatura de energia elétrica.

Residência oficial do governador (Resof)

11

CONSIDERAÇÕES
FINAIS

A inclusão do aproveitamento da energia solar no planejamento energético estadual e nacional se torna fundamental, uma vez que a energia solar vive um momento de forte expansão no mercado mundial. É essencial que este planejamento seja fruto de esforço conjunto do setor público, privado e entidades de classe, envolvidos no processo produtivo e de consumo.

A energia solar fotovoltaica vem se tornando nos últimos anos uma realidade em alguns países, seu desenvolvimento vem ocorrendo por meio de incentivos dos mais diversos e os custos associados têm apresentado decréscimos significativos.

Por meio deste estudo, foi constatado que o Estado apresenta pouca variação no nível de radiação em seu território, tendo a radiação global horizontal, média anual do total diário, variando entre (4,76 e 5,25) KWh/m²/dia. A variação no nível de radiação no Espírito Santo, é bem menor do que a encontrada em nível nacional que está entre 4,25 KWh/m²/dia (Santa Catarina) e 6,5 KWh/m²/dia (Bahia). Tais resultados indicam que o potencial solar no Estado, tanto para aquecimento como para geração de energia elétrica, pode ser mais bem aproveitado.

A chegada da Resolução Normativa nº 482 da Aneel traz grande oportunidade para geração de energia elétrica distribuída até 1 MW, por meio do mecanismo de compensação e da simplificação do processo para se tornar gerador. Dessa maneira, pode-se instalar geração solar fotovoltaica integrada à rede (on-grid) em residências, comércio, indústrias e no meio rural. A resolução, entretanto, necessita de mais publicidade para ser mais bem compreendida e usufruída pelos usuários de energia elétrica no Estado.

Cabe ressaltar que além da geração on-grid, se pode explorar também a geração isolada (off-grid) em residências, agricultura, iluminação pública e outros sistemas que não têm acesso ou necessidade de ligação à rede.

Além do preço elevado, outra questão relevante é que falta em todo o país mão de obra especializada em aproveitamento solar. Sendo assim, se faz necessário maior incentivo na capacitação de profissionais para projetar, instalar e dar manutenção nestes sistemas.

Juntamente com o já exposto é importante propor as seguintes ações:

- » Buscar junto aos institutos de pesquisa INPE e LABSOLAR(UFSC) a possibilidade de utilizar o modelo BRASIL-SR para estimar novos mapas de radiação, por meio de dados mais atuais e em maior resolução (climatológicos e imagens de satélites) de forma a subsidiar uma análise mais detalhada principalmente das regiões indicadas, inicialmente no documento elaborado pela ASPE, para geração centralizada.
- » Identificar os locais em nosso território propícios para geração híbrida eólico/solar .
- » Discutir medidas de alívio à carga tributária no preço de equipamentos para geração fotovoltaica e serviços.

Espera-se com este estudo contribuir para que a energia solar no Estado seja mais bem aproveitada e, por meio do uso desta, que a população capixaba tenha mais conforto, aumentar a geração de postos de trabalho e de renda tanto na cidade quanto no campo, e, contribuir para um desenvolvimento mais sustentável no estado do Espírito Santo.

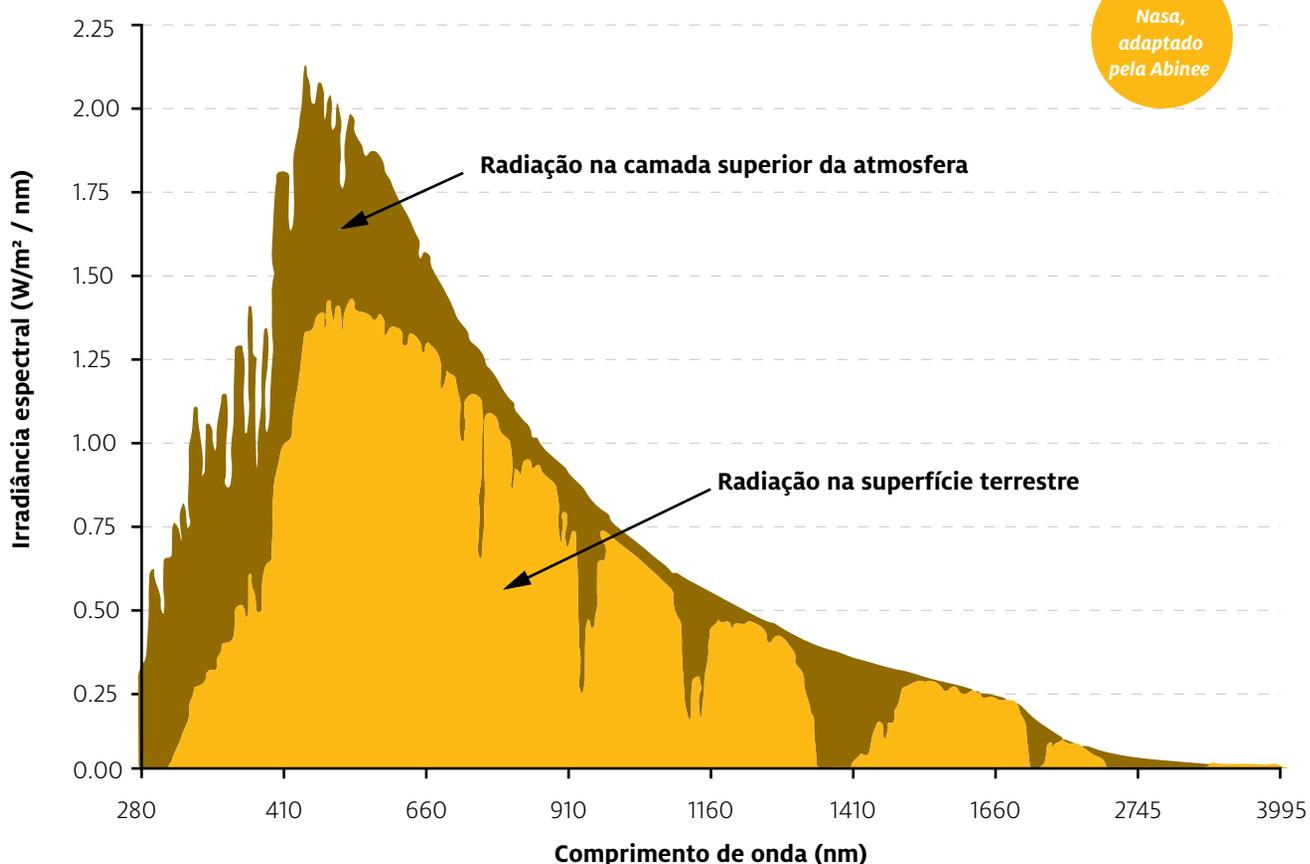
12

APÊNDICE

APÊNDICE A: O ESPECTRO DA IRRADIAÇÃO SOLAR

O objetivo é estimar quanto da radiação que atinge a camada superior da atmosfera chega à superfície terrestre. A figura a seguir mostra essa proporção para cada comprimento de onda – supondo que o sol está “a pino” e que não há nuvens.

Gráfico 10: Radiância espectral



Observa-se inicialmente que cerca da metade da radiação está na faixa de comprimento de onda conhecida como luz visível.

Outra observação interessante é que há comprimentos de onda quase totalmente absorvidos pelas moléculas da atmosfera, como CO_2 e vapor d'água. A razão entre a energia do espectro de radiação que atinge a superfície e a energia que chega à parte superior da atmosfera é aproximadamente 73%. Multiplicando-se a constante solar por 0,73 chega-se a aproximadamente 1.000 W/m^2 .

Levando em consideração a variação de intensidade de irradiância ao longo do dia (que inicia bem baixa ao nascer do sol, atinge o máximo ao meio-dia e depois volta a diminuir até ficar nula após o pôr-do-sol), a irradiância diária média é de 6 kWh/m^2 , o que corresponde a uma irradiância diária média ao nível do mar de aproximadamente 250 W/m^2 (6.000 Wh/24h). Ou seja, entre a irradiância incidente na parte superior da atmosfera (1.361 W/m^2) e a irradiância média diária (250 W/m^2) há uma perda de aproximadamente 80%^[3].

APÊNDICE B: PASSO - A - PASSO BÁSICO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL

1º Passo:

Determinar o consumo mensal da residência. Isso pode ser facilmente feito através das contas de consumo de energia.

Exemplo: 190 kWh/mês

2º Passo:

Determinar qual a porcentagem da energia consumida pela residência se deseja produzir através do sistema de energia solar fotovoltaico.

Exemplo: Considerando que para residência atendida em tensão monofásica paga-se uma tarifa de 30 kWh de disponibilidade temos que a energia produzida pelo sistema será $190\text{kWh} - 30\text{kWh} = 160\text{kWh}$.

3º Passo:

Determinar a irradiação do local em kWh/m²/dia. O valor pode ser encontrado em mapas de irradiação (capítulo 9.3)

Exemplo: Na Região Metropolitana tem-se em média 5,3 kWh/m²/dia.

4º Passo:

Escolher um módulo solar fotovoltaico observando suas características técnicas, principalmente a sua potência de pico (Wp), área (m²) e eficiência (%). Além da eficiência dos painéis deve-se considerar a eficiência dos inversores e perdas nos cabos que nos fornece uma eficiência de 75%.

Exemplo: Módulo solar FV de 270 Wp, 2 m² de área e 13% de eficiência. Inversor e cabos eficiência de 75%

5º Passo:

Calcular a energia produzida por 1 módulo solar FV por mês.

Exemplo: Energia produzida = Irradiação diária x 30 dias x área x eficiência
Energia produzida = $5,3 \text{ kWh/m}^2/\text{dia} \times 30 \text{ dias} \times 2 \text{ m}^2 \times 14\% \times 75\% = 31 \text{ kWh/mês}$

6º Passo:

Calcular a quantidade de módulos solares FV

Exemplo: Quantidade de módulos solares FV = Energia a ser gerada ÷ Energia gerada por 1 módulo solar FV
Quantidade de módulos solares FV = $160\text{kWh/mês} \div 31 \text{ kWh} = 5,2$
Serão utilizados dessa forma cerca de 5 módulos solares FV de 270 Wp

7º Passo:

Escolher um inversor de frequência Grid-tie adequado a potência total do sistema.

Exemplo: Potência total do sistema = $5 \times 270 \text{ Wp} = 1350 \text{ Wp}$



13

REFERÊNCIAS

13.1 Referências Bibliográficas

PÁG.
112

13.2 Referências Fotográficas

PÁG.
115

13.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PEREIRA, E. B. ET AL. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 60 p. 2006.
2. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Energia Solar Paulista: Levantamento do Potencial**. São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/455.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2013.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012. Disponível em: <abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2013.
4. AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Tracking Clean Energy Progress 2013: IEA Input to the Clean Energy Ministerial**. Paris, 2013. Disponível em <http://www.iea.org/publications/TCEP_web.pdf>. Acesso em: 7 mai. 2013.
5. AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **World Energy Outlook 2012 - Sumário**. Paris, 2012.
6. AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **A Snapshot of Global PV1992-2012. Preliminary information from the IEA PVPS Programme**. Report IEA-PVPS T1-22. 2013.
7. COLLE, S; PEREIRA, E. B. **Atlas de Radiação Solar do Brasil**. Brasília: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 1998. 57 p. Disponível em: <http://www.lepten.ufsc.br/pesquisa/solar/atlas_de_irradiacao.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2013.
8. TIBA, C. ET AL. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. Recife. Ed. Universitária da UFPE. 2000. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2013.
9. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Governo de Minas: Belo Horizonte. 80 p. 2012. Disponível em: <<http://www.atlassolarimetricomg.com.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2013.
10. ELETROBRÁS. **Atlas Solarimétrico de Alagoas**. UFPE. UFAL. Alagoas, 2008. Disponível em: <<http://www.seplande.al.gov.br/energia-e-recursos-minerais/recursos-energeticos/atlas-solarimetrico-de-alagoas>>. Acesso em: 20 mai. 2013.
11. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa N. 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>.
12. SOARES, E. **O que falta para sair do atraso?** Revista Brasil Energia. Ano 32, n. 389, Abril 2013. Acesso em: 20 mai. 2013.
13. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração (BIG)**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15>>. Acesso em: 20 mai. 2013.
14. AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (ASPE). **Importância da Elaboração de um Atlas do Potencial Solar Estadual – Estudo para o Espírito Santo**. VIII Congresso ABAR 2013. Ceará, 2013.
15. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília : MME : EPE, 2007.
16. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/geracao/Paginas/TecnicaAnálisedaInserçãodaGeraçãoSolarnaMatrizElétricaBrasileira.aspx>>. Acesso em: 13 mar. 2013.
17. MARTINS, F. R; PEREIRA, E. B. **Estudo comparativo da confiabilidade de estimativas de irradiação solar para o sudeste brasileiro obtidas a partir de dados de satélite e por interpolação/extrapolação de dados de superfície**. Revista Brasileira de Geofísica. pg. 265-276, vol. 29(2), Rio de Janeiro, 2011.
18. OPEN ENERGY INFO. **Brazil Direct Normal Solar Radiation Model (10km) from INPE and LABSOLAR**. Santa Catarina, 2009. Disponível em: <<http://en.openei.org/datasets/node/547>>. Acesso em: 11 mar. 2013.
19. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional - BEN 2012**. Rio de Janeiro: MME: EPE. 2012.
20. GAMBI, W. **Avaliação de um modelo físico estimador de irradiância solar baseado em satélites geoestacionários**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.
21. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de energia elétrica 2012**. Rio de Janeiro: MME: EPE. 2012.
22. SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA DO ESPÍRITO SANTO (SEFAZ-ES). **Legislação Online**. 2013. Disponível em: <<http://www.sefaz.es.gov.br/LegislacaoOnline/lpext.dll?f=templates&fn=main-h.htm&2.0>>. Acesso em: 7 mai. 2013.
23. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa N. 77**. 18 de Agosto, 2004. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2004077.pdf>>. Acesso em: 7 mai. 2013.
24. CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (CNDI). **Plano Brasil Maior: Agendas Estratégicas Setoriais**. Brasília, abril de 2013. Disponível em: <<http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/images/data/201304/d874d3cbbd3a7e5d9cf32a28a3b083b0.pdf>>. Acesso em: 8 mai. 2013.
25. BNDES. **Programas e Fundos/ Mecanismos de Apoio**. 2013. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 7 mai. 2013.
26. CARTÃO BNDES. Disponível em: <<https://www.cartaobndes.gov.br>>. Acesso em: 7 mai. 2013.
27. BANDES. **Pronaf Eco**. 2013. Disponível em: <<http://www.bandes.com.br/Site/linhas/show?id=11&idLinha=5>>. Acesso em: 7 mai. 2013.
28. INSTITUTO IDEAL. **Diretrizes do Fundo Solar: Apoio a microgeração fotovoltaica**. Maio, 2013. Disponível em: <http://www.americadosol.org/wp-content/uploads/2013/05/Diretrizes_Fundo_Solar.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2013.

29. RECEITA FEDERAL. **Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI)**. 2012. Disponível em: <www.receita.fazenda.gov.br/publico/tipi/tipi.doc>. Acesso em: 15 mai. 2013.
30. ALVES, L. M.; MARENGO, J.A.; JUNIOR, H.C. e CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 - Estudos Observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.20, n.3, p. 385 - 394, 2005.
31. BROWN, E. and ELLIOTT, N. 2005. On-Farm Energy Use Characterizations. Report Number IE052. American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE).
32. CAMPOS A.T., CAMPOS A.T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria - RS, v.34, n.6, p.1977-1985, nov-dez, 2004.
33. CARVALHO, J. F. de. "Fotossíntese e energias renováveis". Palestra apresentada no ciclo "Uma visão contemporânea do conceito de energia e suas aplicações", promovido pelo CBPF durante a semana Nacional de Ciência e Tecnologia, 2004.
34. CHIKAIRE, J.; NNADI, F.N.; NWAKWASI, R.N.; ANYOHA, N.O.; AJA O.O.; ONOH, P.A. and NWACHUKWU C.A. SOLAR ENERGY APPLICATIONS FOR AGRICULTURE. **Journal of Agricultural and Veterinary Sciences**. V. 2, p. 58-62.
35. COMITRE, V. Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto-SP. 1993. 152f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 1993.
36. EREC. Agricultural Applications of Solar Energy. 2003. Energy Efficiency and Renewable Energy Cleaning house (EREC). United State Department of Energy, Merrifield. Disponível em <http://infohouse.p2ric.org/ref/24/23989.htm>.
37. NÃÃS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.
38. FEITOZA, L. R.; SCÁRDUA, J. A.; SEDIYAMA G. C.; VALLE, S. S. Estimativas das temperaturas médias das máximas mensais e anual do Estado do Espírito Santo. *Rev. Centro de Rurais*, 10 (1): 25-32, 1980.
39. NÓBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F.; RAMOS, H. E. dos A.; PAGUNG, F. S. Análise da distribuição sazonal e espacial da precipitação no sul do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15, 2008, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: SBMET, 2008b.
40. NÓBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F.; Ramos, H. E. dos A.; PAGUNG, F. S. Análise da distribuição sazonal e espacial da precipitação no norte do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15, 2008, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: SBMET, 2008a.
41. NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região Sudeste do Brasil. In: Cavalcanti, I.F.A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463p.
42. NYSEDA. Introduction to Solar Energy Applications For Agriculture. 2009. New York State Energy Research Development Authority, New York.
43. PEREIRA, E.B.; MARTINS, F.R.; ABREU, S.L. e RÜTHER, R. 2006. Atlas Brasileiro de Energia Solar. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. São José dos Campos, 66 pp.
44. REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.
45. SENTELHAS, P.C., MONTEIRO, J.E.B de A. Agrometeorologia dos Cultivos: Informações para uma Agricultura Sustentável. In: Monteiro, J.E.B de A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília - DF: INMET, 1999. 530p.: il.
46. SVEJKOVSKY, C. 2006. Renewable Energy Opportunities on the Farm. ATTO-National Sustainable Agriculture Information Service, U.S.A.
47. ULIANA, E.M.; FERREIRA DA SILVA, J.G. e PIMASSONI, L.H.S. 2010. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE CHUVA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Vitória-ES.
48. XIARCHOS, I.M. e VICK, B. 2011. Solar Energy Use on Farms in the United States. Overview and Policy Issues. Office of Energy Policy and New Uses, Office of the Chief Economist, USDA.
49. VEJA. **Abu Dhabi inaugura maior usina de energia solar concentrada do mundo**. Grupo Abril. Publicada em 17 de Março de 2013. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/abu-dhabi-inaugura-maior-usina-de-energia-solar-concentrada-do-mundo>>. Acesso em: 15 mai. 2013.
50. BRIGHTSOURCE LIMITLESS. **Ivapah Project Facts**. Oakland. 2013. Disponível em: <<http://www.brightsourceenergy.com/ivanpah-solar-project>>. Acesso em: 21 mai. 2013.
51. MACDONALD, B. **Large-scale "solar farm" technology**. Los Angeles Time. Los Angeles. 2012. Disponível em: <<http://graphics.latimes.com/towergraphic-la-me-solar-desert-tg/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.
52. IVAPAH SOLAR ELECTRIC GENERATING SYSTEM. **Update from Ivapah**. News. Feb. 2013. Disponível em: <<http://ivanpahsolar.com/update-from-ivanpah-february-2013>>. Acesso em: 21 mai. 2013.
53. BRIGHTSOURCE LIMITLESS. **Palen Project Facts**. Oakland. 2013. Disponível em: <<http://www.brightsourceenergy.com/palen>>. Acesso em: 21 mai. 2013.
54. TREEHUGGER. World's tallest solar tower (750 feet) to be erected in California... Twice. 2013. Disponível em: <<http://www.treehugger.com/renewable-energy/worlds-tallest-solar-tower-be-erected-california-twice.html>>. Acesso em: 21 mai. 2013.
55. DEPARTAMENTO NACIONAL DE AQUECIMENTO SOLAR (DASOL). **Dados de Mercado**. São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://www.dasolabrava.org.br/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

56. ELETROBRAS PROCEL. **Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobrás Procel e Parceiros**. Rio de Janeiro, Eletrobras. 240 p. 2012
57. ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA (COGEN). **GT Cogen Solar: Inserção da Energia Solar no Brasil**. Relatório Final. São Paulo. 2012.
58. ELETROBRAS ELETROSUL. Energia Solar Fotovoltaica. Florianópolis, Eletrobras. 2013. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/home/conteudo.php?cd=1151>>. Acesso em: 21 mai. 2013.
59. INSTITUTO IDEAL. **Guia de Microgeradores Fotovoltaicos: Como faço para ter energia solar em minha casa?** 2013. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/guiaFV/>>. Acesso em: 8 mai. 2013.
60. RED DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE (REDSOLLAC). **Parque Solar Cañada Honda**. Disponível em: <http://redsollac.org/?page_id=1740>. Acesso em: 22 mai. 2013.
61. ENERGÍAS SUSTENTABLES. **Parque Solar Cañada Honda**. Disponível em: <<http://www.360energy.com.ar/>>. Acesso em: 22 mai. 2013.
62. BRASIL ECONÔMICO. **CPFL Energia investe R\$ 13,8 milhões na Usina Solar Tanquinho**. Negócios. 2012. Disponível em: <http://brasileconomico.ig.com.br/noticias/cpfl-energia-investe-r-138-milhoes-na-usina-solar-tanquinho_125354.html>. Acesso em: 22 mai. 2013.
63. PORTAL DA COPA. **Estádio Nacional: em busca do certificado máximo de sustentabilidade**. 2013. Disponível em: <<http://www.copa2014.gov.br/pt-br/noticia/estadio-nacional-sustentabilidade>>. Acesso em: 22 mai. 2013.
64. PORTAL DA COPA. **Maracanã será uma pequena “usina” de energia elétrica**. 2012. Disponível em: <<http://www.copa2014.gov.br/pt-br/noticia/maracana-sera-uma-pequena-usina-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 22 mai. 2013.
65. PROCELINFO. **Mineirão inaugura usina solar e vai usar 10% da energia total gerada. 2013**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID=%7BF5EADD6-CCB0-4E29-A0C4-482D3D66BB65%7D¶ms=itemID=%7B6F06DC13-7CF7-438F-A2B3-80259A9B49FC%7D;&UIPartUID=%7BD90F-22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 22 mai. 2013.
66. PORTAL DA COPA. Usina solar na Arena Pernambuco terá capacidade para gerar o equivalente ao consumo de energia de 6 mil pessoas. 2012. Disponível em: <<http://www.copa2014.gov.br/pt-br/noticia/usina-solar-na-arena-pernambuco-ter-capacidade-para-consumo-de-6-mil-pessoas>>. Acesso em: 22 mai. 2013.
67. AGÊNCIA DE MINAS. **Mineirão é o primeiro estádio da Copa de 2014 a inaugurar usina solar**. 2013. Disponível em: <<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/multimedia/galerias/mineirao-e-o-primeiro-estadio-da-copa-de-2014-a-inaugurar-usina-solar/>>. Acesso em: 22 mai. 2013.
68. ENRECH, C. et al. **Circuito dos Parques. Descubra a noite verde de Curitiba**. Curso de Especialização - Gestão Técnica Do Meio Urbano – GTU. UTC/FRA & PUC/PR. Curitiba. 2011
69. AMBASCIATA D’ITALIA BRASILIA. **Ambasciata Verde – Energia e Recursos Hídricos**. Ministero Dell’Ambiente e Della tutela Del territorio e Del Mare. 2012.
70. BANDES. **Desenvolvimento Sustentável**. 2013. Disponível em: <http://www.bandes.com.br/Site/linhas/show?id=12&id-Linha=71>. Acesso em: 3 set. 2013
71. ESALQ. IDER. Secador Solar - Manual de Construção. Disponível em: <http://www.ider.org.br/ider/textos/Manual-Secador.pdf> Acesso em: 30 out. 2013.

13.2 REFERÊNCIAS FOTOGRAFICAS

1. Banco de imagem da ASPE.
2. Banco de imagem do Incaper.
3. Banco de imagem Stockxchng.
4. Banco de imagem Shutterstock
5. Banco de imagem SANDIA - site: <https://share.sandia.gov/news/resources/releases/2007/trough.html>
6. Banco de imagem da Wikimedia Commons
7. Banco de imagem da Nasa - Atmospheric Science Data Center
8. Banco de imagem BrightSource Energy

» Contatos Relevantes

Aspe

tel: (27) 3636-8500
site: www.aspe.es.gov.br

Incaper

tel:(27) 3636-9888
site:www.incaper.es.gov.br

Sedes

tel:(27) 3636-8733
site:www.sedes.es.gov.br

EDP Escelsa

tel:0800 721 0707
site:www.edp.com.br

Empresa Luz e Força Santa Maria

tel:0800 970 9196
site:www.elfsm.com.br

Inpe

tel:(12) 3208-6000
site:www.inpe.com.br

Bandes

tel:(27) 3331-4444
site:www.bandes.com.br

BNDES

tel:(21) 2172-7447
site:www.bndes.gov.br

Caixa

tel:0800 726 0505
site: www.caixa.gov.br

Banestes

tel: 0800 727 0474
site: www.banestes.com.br

Banco do Brasil

tel:0800 727 0474
site: www.bb.com.br

ANEEL

tel: (61) 2192-8600
site:www.aneel.gov.br

ASPE
Agência de Serviços Públicos de Energia
do Estado do Espírito Santo

Incaper
Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural



9 788566 756012