

## COMPARAÇÃO ENTRE O POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO ESTADO DO PARANÁ COM ALEMANHA, ITÁLIA E ESPANHA

**Gerson Máximo Tiepolo** – tiepolo@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Eletrotécnica  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

**Osiris Canciglieri Jr** – osiris.canciglieri@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

**Jair Urbanetz Jr** – urbanetz@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento de Eletrotécnica  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Trajanoviana** – trajanoviana@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio De Janeiro

**Enio Bueno Pereira** – enio.pereira@inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro de Ciência do Sistema Terrestre

**Resumo.** O tema desenvolvimento sustentável tem tido cada vez mais repercussão nas esferas da sociedade brasileira quanto à necessidade de preservar os recursos naturais, e de como continuar a promover o desenvolvimento sócio-econômico das regiões. Para isto, uma das questões fundamentais é a geração de energia elétrica com maior utilização de fontes renováveis e menor agressão ao meio ambiente. Historicamente, o Estado do Paraná tem sido um dos maiores produtores de energia elétrica do país, quase que totalmente originada através de hidroelétricas. Entretanto, novos aproveitamentos desta fonte são cada vez mais raros, dificultando a sua expansão na matriz elétrica devido ao esgotamento do potencial hídrico e, também, à pressão da sociedade com relação aos impactos ambientais, sociais e econômicos ocasionados para formar grandes reservatórios. Devido a estas limitações, outras fontes têm sido estudadas e empregadas como biomassa, eólica e a fotovoltaica em sistemas isolados (SFVI). Com a publicação da Resolução 482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), é possível utilizar os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFVCR). Esses sistemas são utilizados em ambiente urbano na forma de geração distribuída, instalados sobre as coberturas de edificações ou integrados as mesmas, sendo a potência instalada na Europa da ordem de dezenas de GWp, enquanto no Paraná apenas alguns kWp. Diante dessa nova perspectiva, o objetivo deste artigo é de comparar o potencial de geração de energia elétrica por fonte solar fotovoltaica no Estado do Paraná com Alemanha, Itália e Espanha, sendo apresentado o Mapa Fotovoltaico do Paraná, de modo a evidenciar sua superioridade em termos de potencial de produção de energia elétrica em comparação aos países da Europa atualmente com maior capacidade instalada de SFVCR. Os resultados dessa análise podem contribuir para elaboração de políticas públicas com incentivos a projetos e pesquisas dessa importante fonte de energia renovável no Paraná.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Sistemas Fotovoltaicos, Potencial Fotovoltaico.

### 1. INTRODUÇÃO

Historicamente o conceito de desenvolvimento sustentável vem de um longo processo de avaliação das relações entre sociedade e o meio ambiente, onde várias abordagens procuram explicar esse conceito, tendo sido discutido primeiramente pela *World Conservation Union* através do documento *World's Conservation Strategy*. Neste documento, é abordado que para haver desenvolvimento sustentável, as dimensões sociais e ecológicas devem ser consideradas, assim como os fatores econômicos dos recursos vivos e não vivos. Mas apenas mais tarde por meio do Relatório Brundtland, é que o conceito de desenvolvimento sustentável foi formalmente definido e divulgado, com o intuito de gerar o equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social (Van Bellen, 2006).

A busca por este equilíbrio tem sido o grande desafio para os governantes. Segundo Glenn et al. (2011), existe previsão de significativo aumento global da renda per capita até 2030, o que poderá resultar num maior consumo de fontes energéticas devido à melhoria da qualidade de vida e ao maior poder aquisitivo da população. Essas tendências devem influenciar quanto às políticas públicas necessárias e as estratégias de investimentos futuros na área de energia. Conforme os resultados obtidos, estas políticas devem ser aperfeiçoadas, reformuladas ou mesmo interrompidas. Isto mostra o quanto é necessária a presença dos órgãos governamentais, de forma a atuar como regulador, fiscalizador, executor, coordenador, indutor e financiador das ações necessárias para o desenvolvimento do país (Heidemann e Salm, 2010).

Diante destes aspectos, o planejamento do setor energético é extremamente importante para assegurar a continuidade do abastecimento de energia à sociedade, ao menor custo, com o menor risco contra o desabastecimento e com os menores impactos socioeconômicos e ambientais, além de servir como ferramenta de apoio na formulação de

políticas públicas específicas para a área de energia. Dentro deste planejamento, uma parcela importante é destinada a geração de energia elétrica, energia imprescindível para o atual estágio de desenvolvimento da sociedade, que é obtida das mais variadas fontes de energia, renováveis e não renováveis (Tiepolo et al., 2012).

Atualmente a participação dos combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica na matriz elétrica mundial tem sido significativa, com uma leve tendência de queda se analisados os dados de 2008 a 2011. Ao mesmo tempo existe uma tendência de crescimento de outras fontes renováveis, não hidráulica, na participação da matriz elétrica, como por exemplo, a biomassa, a eólica e a solar. Quanto a geração de energia elétrica por hidroelétricas, embora tenha ocorrido um aumento entre os anos de 2008 e 2010, de forma global a mesma sofreu uma diminuição em 2011, o que pode significar maior pressão da sociedade contra a utilização desta fonte, devido principalmente aos impactos ambientais e sociais gerados, assim como ao esgotamento do seu potencial (REN21, 2010), (REN21, 2011), (REN21, 2012).

Em relação ao Brasil, conforme o Balanço Energético Nacional (MME, 2012), a maior parte da geração de energia elétrica provém das hidroelétricas em virtude das grandes bacias hidrográficas existentes. Entretanto os impactos ambientais gerados pela implantação de usinas hidroelétricas são elevados devido às vastas áreas inundadas necessárias para a formação dos seus reservatórios (Urbanetz Jr, 2010). Em seguida da fonte hidráulica, seguem-se os combustíveis fósseis e nuclear, e as fontes não-hidráulicas como a biomassa e eólica. A Tab. 1 mostra a participação das fontes energéticas na produção de energia elétrica na matriz elétrica global e brasileira.

Tabela 1- Produção de energia elétrica por tipo de fonte, Global e Brasil.  
Fonte: (REN21, 2010), (REN21, 2011), (REN21, 2012), (MME, 2012)

Tipo de fonte energética	% DE PARTICIPAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE			
	VALOR GLOBAL			BRASIL
	REN21 2010 (dados referentes ao ano de 2008)	REN21 2011 (dados referentes ao ano de 2010)	REN21 2012 (dados referentes ao ano de 2011)	BEN 2012 (dados referentes ao ano de 2011)
Combustíveis Fósseis e Nuclear	82,0%	80,6%	79,7%	11,0%
Hidroelétricas	15,0%	16,1%	15,3%	81,9%
Outras Renováveis (não-hidro)	3,0%	3,3%	5,0%	7,1%
<b>TOTAL</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Com intuito de descongestionar os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, em alguns países na Europa, com destaque para Alemanha, Itália e Espanha, o cenário tem favorecido a geração distribuída, instalados ao longo dos alimentadores da rede elétrica, tanto em baixa como em média tensão, e que contribuem para fornecer energia próxima ao ponto de consumo.

Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFVCR) apresentam um novo conceito de geração de energia limpa e renovável, e tem registrado crescimento mundial muito superior ao dos Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFVI).

Principalmente na Europa, grande parte dos investimentos em SFVCR aconteceu graças às políticas públicas de incentivos adotadas para promover o desenvolvimento desta tecnologia.

No Brasil ainda não existe um número significativo de projetos relevantes empregando SFVCR, o que dificulta a análise dos fatores de impacto no sistema elétrico. Os investimentos ocorridos para a implantação de SFVCR ficaram restritos durante muitos anos as universidades e centros de pesquisa, com o objetivo de estudar os benefícios e a viabilidade dessa tecnologia, com poucas instalações em outros setores. Talvez a principal barreira tenha sido o alto custo de implantação desta tecnologia mesmo tendo ocorrido uma redução significativa, em torno de 40% entre 1996 e 2006 (Benedito e Zilles, 2010), e de 60% entre 2009 e 2011 (Koot, 2011), sendo que do custo total de implantação de um SFVCR, aproximadamente 60% corresponde à aquisição de módulos fotovoltaicos, e os 40% restantes referem-se à preparação e instalação da estrutura, inversores, transformadores e outros componentes necessários (Hearps e McConnell, 2011).

Com a publicação da Chamada nº 13/2011 - Projeto Estratégico: “Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira” da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), cujos projetos aprovados totalizavam 24,58 MWp de potência instalada, sendo alguns relacionados ao programa Estádios Solares para a Copa de 2014 (ANEEL, 2011), começou-se efetivamente a ocorrer uma movimentação por parte do governo federal quanto ao apoio a pesquisa desta importante fonte. Em seguida foi editada a Resolução Normativa 482/2012 também da ANEEL, que regulamenta e permite aos consumidores de eletricidade gerar parte ou toda a energia elétrica que consomem, utilizando sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição no sistema de compensação de energia chamado de *net metering*. Essa regulamentação estipula duas classes de geração: a microgeração com sistemas de potência até 100 kWp, e minigeração com sistemas de potência superior a 100 kWp até 1 MWp (ANEEL, 2012). Com isto algumas iniciativas começaram a ser implementadas já em 2011 e 2012, fazendo com que o total acumulado em SFVCR implantado no Brasil tenha ultrapassado 8 MWp (MME, 2013), muito superior aos 161,3 kWp existentes até 2009 (Benedito e Zilles, 2010), mas muito aquém da potência instalada em outros países, principalmente os europeus com valores da ordem de dezenas de GWp.

Em termos de Brasil, o estado do Paraná é um dos maiores produtores de energia elétrica através das hidroelétricas, devido a grande bacia hidrográfica existente no estado, com uma pré-disposição para análise e aplicação de outras fontes como a biomassa e a eólica. Em relação à fonte fotovoltaica, poucos estudos e aplicações foram realizados até o momento, concentrando-se basicamente na implantação de sistemas isolados em comunidades onde a rede de distribuição está impossibilitada de atender, necessitando o estado de maiores investimentos neste setor, principalmente em SFVCR.

Mas apesar deste grande potencial hídrico apresentado no estado, a exploração do mesmo encontra-se em declínio devido ao seu esgotamento e também devido às pressões da sociedade e entidades públicas e ambientais, o que vem a dificultar a sua expansão na matriz elétrica.

Em virtude do estado do Paraná estar localizado na região sul do Brasil, muito tem se indagado sobre o seu potencial da energia solar, e da viabilidade da aplicação desta fonte na matriz elétrica, necessitando de um estudo mais detalhado sobre este tema, sendo este o objetivo desta pesquisa.

Diante disto, este trabalho foi desenvolvido da seguinte forma: uma breve explanação sobre irradiação solar encontrada no Brasil. Em seguida será apresentado o Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná, com os respectivos valores referentes à média anual e médias diárias sazonais, e em seguida será realizada uma comparação entre os Mapas Fotovoltaicos do Estado do Paraná com os da Alemanha, Itália e Espanha, países com a maior capacidade instalada na Europa. Por final será feita uma análise dos valores encontrados nos respectivos mapas pesquisados, e em seguida serão apresentadas as conclusões finais deste estudo.

## 2. METODOLOGIA

O Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado em 2006, mostra a média anual do total diário de irradiação solar global incidente no território brasileiro, levando-se em consideração os dados de irradiação obtidos no período entre 1995 e 2005. O Atlas mostra que o valor máximo de irradiação global ocorre no norte do estado da Bahia com valores de 6,5 kWh/m<sup>2</sup>.dia, próximo à fronteira com o estado do Piauí, onde predomina o clima semi-árido com baixa precipitação ao longo do ano (aproximadamente 300 mm/ano), e com a média anual de cobertura de nuvens mais baixa do Brasil. De forma oposta, a menor irradiação solar global é encontrada no litoral norte de Santa Catarina com valores de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>.dia, caracterizado pela ocorrência de precipitação bem distribuída ao longo do ano (Pereira et al., 2006).

Para os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFVCR), são levados em conta os dados de irradiação no plano inclinado, cuja inclinação é igual à latitude local, configuração esta que maximiza a captação da energia solar, não levando em consideração a topografia local ou o albedo de superfície. A Fig. 1 mostra o mapa de irradiação solar diária incidente sobre um plano inclinado no território brasileiro (Pereira et al., 2006).

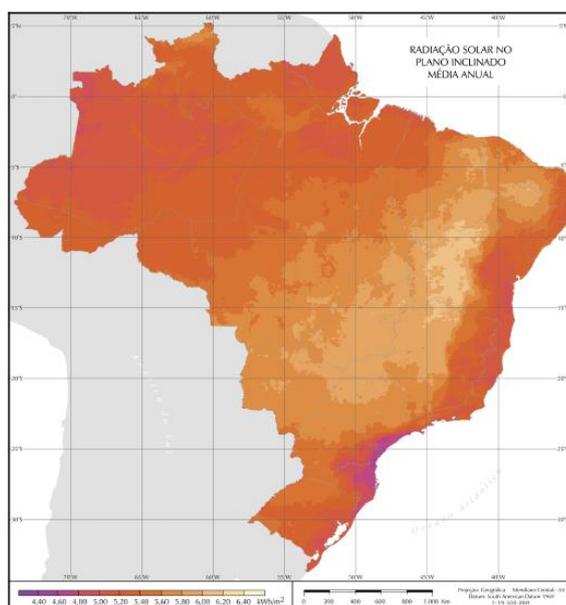


Figura 1- Mapa da média diária anual de irradiação no plano inclinado no Brasil, em kWh/m<sup>2</sup>.dia. Fonte: (Pereira et al., 2006)

Uma das dificuldades encontradas pelos pesquisadores na área de fotovoltaica é o de poder comparar os mapas elaborados com mapas de outros países ou regiões. Nem sempre esta comparação é visualmente fácil, devido à diferença entre as escalas e cores utilizadas para representar os níveis de irradiação nos vários mapas existentes em países ou regiões de diferentes continentes.

Com isto, foram elaborados os Mapas Fotovoltaicos do Estado do Paraná com o Total Anual e com a Média Diária Sazonal considerando os mesmos critérios utilizados pela *European Commission* para elaboração dos Mapas Fotovoltaicos para a Europa. Estes mapas representam o total anual de irradiação global horizontal e inclinação da superfície otimizada, com valores em kWh/m<sup>2</sup>. As mesmas cores da legenda representam também o potencial anual de energia solar fotovoltaica em [kWh/kWp] gerada por um sistema de 1 kWp, com os módulos fotovoltaicos montados com uma inclinação ideal (igual a latitude do local), assumindo uma taxa de desempenho (TD) do sistema (ou *performance ratio* – PR) de 0,75. No caso do estado do Paraná, por encontrar-se ao sul da linha do equador, a orientação do sistema deverá ser o norte geográfico.

A taxa de desempenho (TD) é a relação entre a produtividade (em kWh/kWp) e a quantidade de horas de Sol a 1.000W/m<sup>2</sup> (condição STC) incidentes no painel fotovoltaico, normalmente para um ano de operação (Urbanetz Jr e Casagrande, 2012). Este valor representa o desempenho do sistema, descontando perdas tais como: perdas nos inversores, nas conexões e, principalmente, as perdas devido à variação da temperatura nos módulos fotovoltaicos. A utilização de TD de 0,75 nestes cálculos foi importante para padronizar resultados e possibilitar comparações de produtividade entre diferentes regiões, visto que a maior parte dos SFVCR implantados na Europa possui este desempenho ou superior, conforme dados apresentados por Reich (2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos valores de irradiação na superfície inclinada (inclinação igual à latitude do local), obtidos no banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar e das premissas adotadas, foram desenvolvidos os mapas solar e fotovoltaico do estado do Paraná.

A Fig. 2 mostra o Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná. A escala de cores representa na parte superior os valores de irradiação global anual no plano inclinado e com os módulos orientados para o norte geográfico, enquanto na parte inferior são apresentados os valores correspondentes de energia elétrica anual estimada, gerada por um sistema de 1kWp e com TD de 0,75.

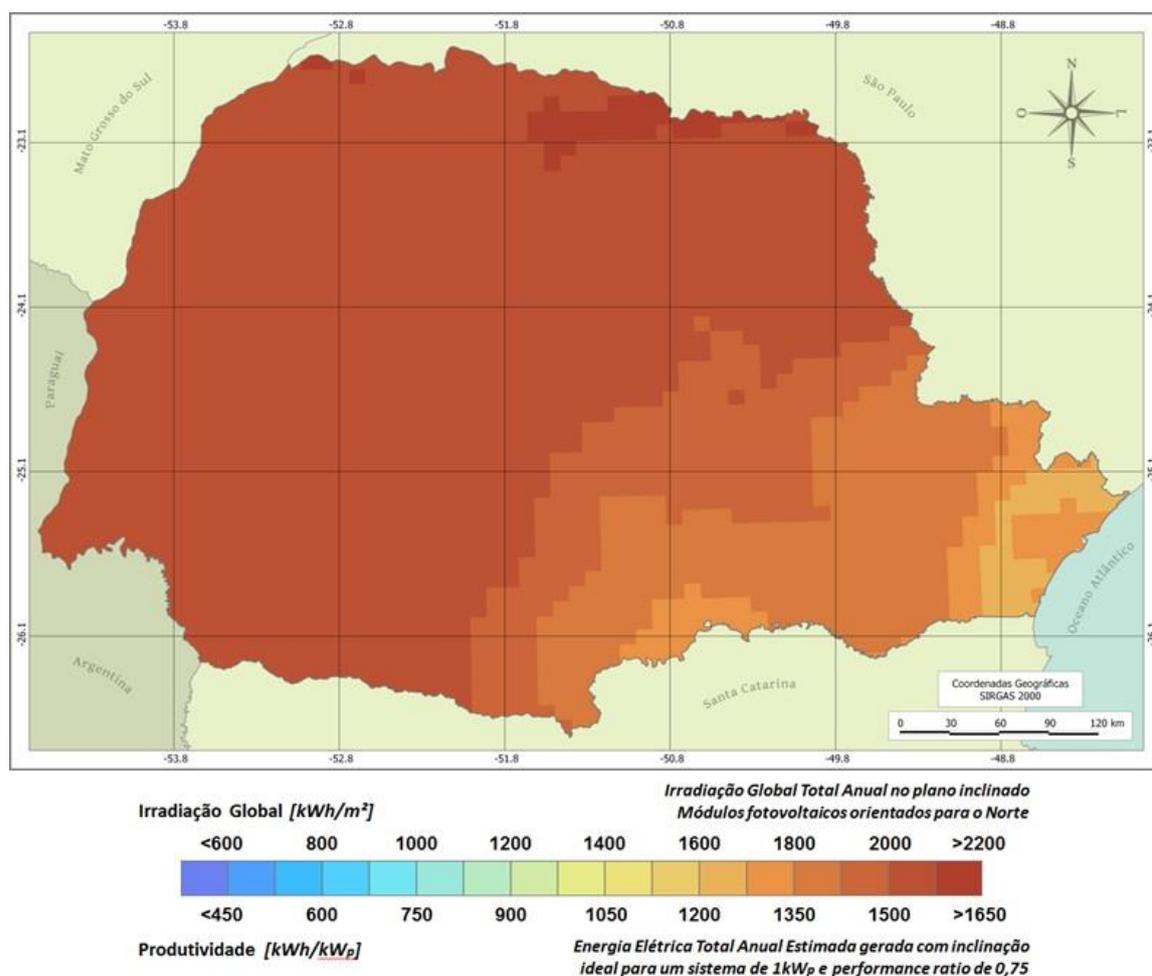


Figura 2 - Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná – Valores de Irradiação Global no plano inclinado, e de Produtividade em kWh/kWp para TD 0,75 - Total Anual

A Fig. 3 mostra o Mapa Fotovoltaico Sazonal do Estado do Paraná. A escala de cores representa na parte superior os valores de irradiação global média diária sazonal no plano inclinado e com os módulos orientados para o norte geográfico, enquanto na parte inferior são apresentados os valores correspondentes de energia elétrica diária estimada, gerada por um sistema de 1kW<sub>p</sub>, e com TD de 0,75.

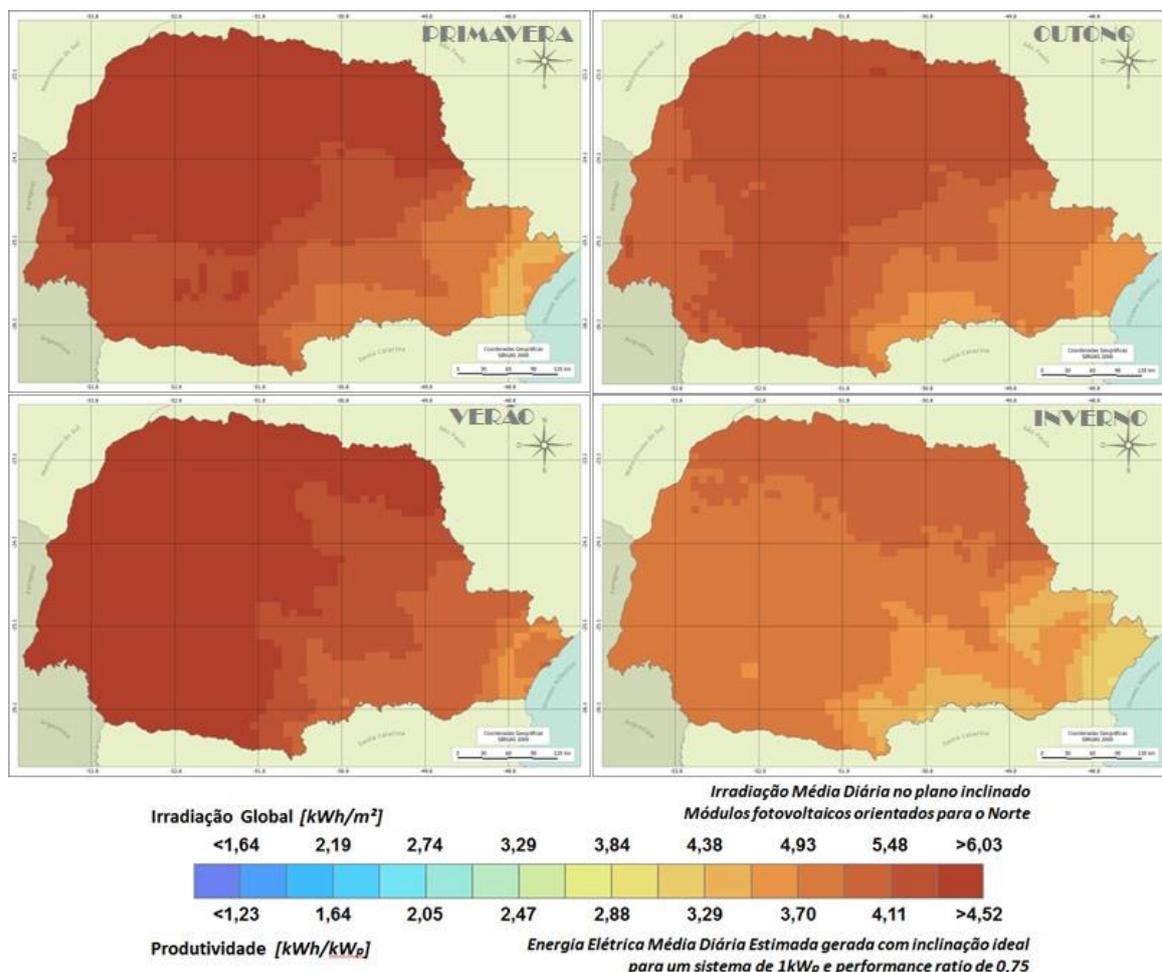


Figura 3- Mapa Fotovoltaico Sazonal do Estado do Paraná – Valores de Irradiação Global no plano inclinado, e de Produtividade em kWh/kW<sub>p</sub> para TD 0,75 - Média Diária

Através dos mapas gerados com a utilização das mesmas cores e escala de irradiação e geração de energia elétrica estimada utilizada pela *European Commission*, é possível realizar comparações importantes entre valores encontrados no estado do Paraná com os valores encontrados na Europa, de forma compreensível tanto para profissionais da área fotovoltaica como de outras áreas, especialmente para aqueles profissionais envolvidos na elaboração de políticas públicas e que necessitam de uma maior compreensão do tema.

O mapa da Fig. 2 apresenta o grande potencial fotovoltaico do estado do Paraná, com valores de irradiação total anual no plano inclinado entre 1600 e 2200 kWh/m<sup>2</sup>, e valores correspondentes estimados de geração de energia elétrica entre 1200 e 1650 kWh/ano, considerando um SFVCR de 1kW<sub>p</sub> e com taxa de desempenho (*performance ratio*) de 0,75.

Considerando os mapas fotovoltaicos sazonais para o estado do Paraná, conforme apresentado na Fig. 3, os valores estimados de energia elétrica média diária gerada para um sistema de 1kW<sub>p</sub>, variam entre 3,09 kWh/kW<sub>p</sub> (menor valor gerado para um dia médio no inverno) e 4,52 kWh/kW<sub>p</sub> (maior valor gerado para um dia médio tanto no verão como na primavera).

Para efeitos de comparação dos Mapas Fotovoltaicos do estado do Paraná, Total Anual e Média Diária Sazonal, com algumas regiões da Europa, foram selecionados os três países com maior capacidade total instalada tendo como base o ano de 2012: Alemanha, Itália, Espanha. Estes países possuem respectivamente as seguintes capacidades instaladas (IEA, 2013): Alemanha: 32.411 MW<sub>p</sub>; Itália: 16.250 MW<sub>p</sub>; Espanha: 5.100 MW<sub>p</sub>.

Os países selecionados destacam-se com suas respectivas capacidades instaladas não apenas na Europa, como também em relação ao total global instalado, que em 2012 alcançou próximo dos 100 GW<sub>p</sub>, o que representa aproximadamente 54% do total. Em relação ao instalado no continente Americano, quase toda capacidade instalada se concentra nos EUA com 7,2 GW<sub>p</sub> instalados (IEA, 2013).

Comparativamente usando como exemplo a Alemanha, onde até 2012 a capacidade instalada atingiu cerca de 32 GWp (IEA, 2013), os níveis de irradiação solar no plano inclinado encontrados são aproximadamente 40% inferiores aos obtidos no Brasil (Rüther, 2004), (Tiepolo, 2013).

Com a geração do Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná e a obtenção dos Mapas Fotovoltaicos dos três países selecionados (European Commission, 2012), é possível fazer a comparação “lado a lado” entre estes mapas que apresentam os valores de irradiação e de energia fotovoltaica estimada gerada, conforme mostra a Fig. 4.

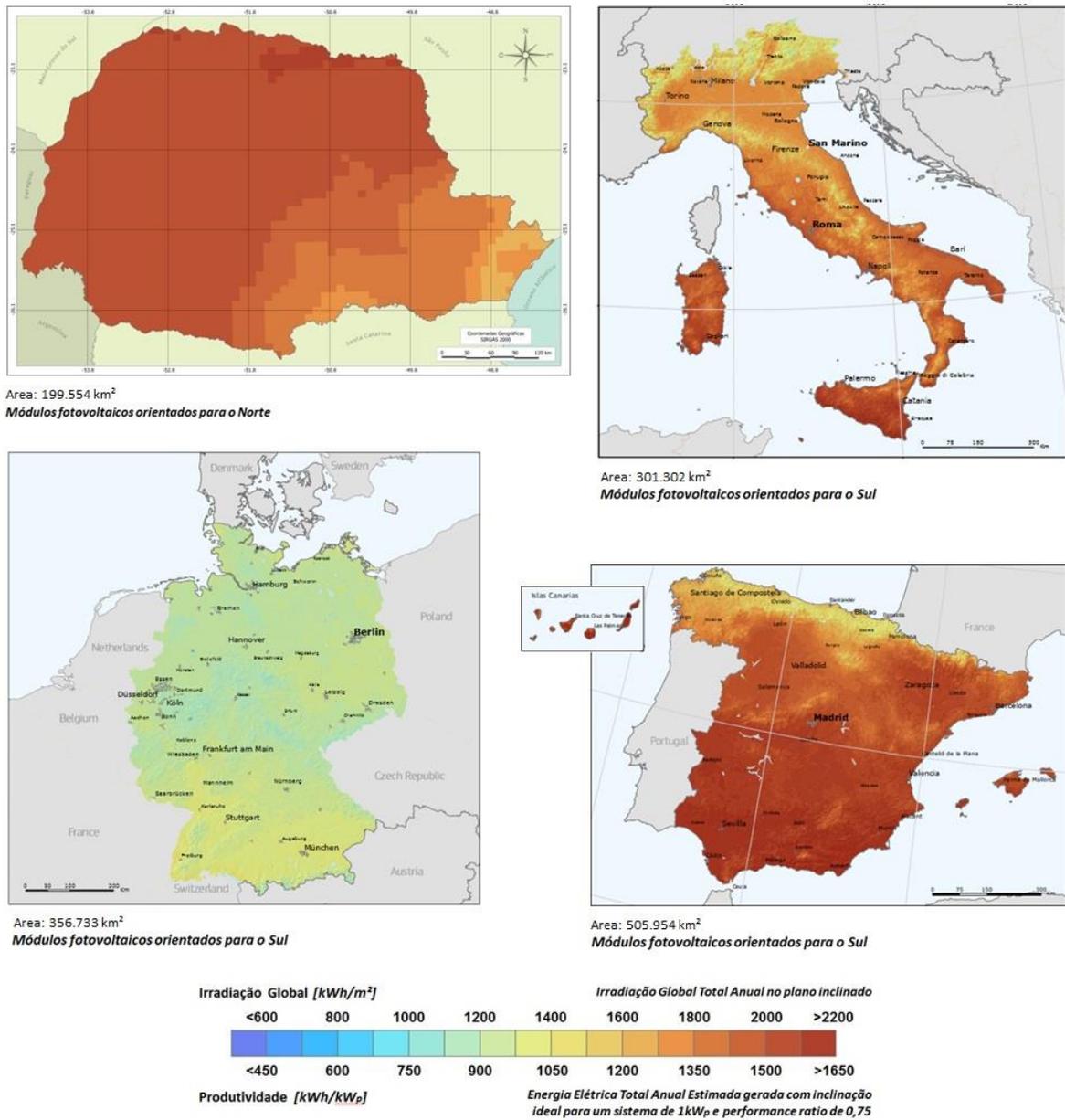


Figura 4 - Mapas Fotovoltaicos do Estado do Paraná, Alemanha, Itália e Espanha. Valores de Irradiação Global no plano inclinado, e de Produtividade em kWh/kWp para TD 0,75 - Total Anual.

Fonte: Adaptado (European Commission, 2012)

Tendo como base os valores encontrados de produtividade estimada total anual dos três países selecionados (European Commission, 2012), e dos valores de produtividade estimada total anual e média diária sazonal do estado do Paraná, foi confeccionada a Tab. 2 que apresenta também, os valores de produtividade estimada média diária anual, e uma comparação entre os valores encontrados no Paraná e nos três países selecionados.

Os dados apresentados na Tab. 2 mostram que no estado do Paraná, mesmo no período de inverno quando os valores de irradiação são muito menores em comparação com outros períodos do ano, os valores de produtividade para um dia médio (entre 3,09 e 4,11 kWh/kWp) são muito superiores aos valores de produtividade para um dia médio do ano na Alemanha (entre 2,16 e 2,98 kWh/kWp).

Tabela 2 - Valores estimados de Produtividade Total Anual e Média Diária Anual dos três países selecionados e no Paraná, e Média Diária Sazonal no Paraná. Fonte: adaptado (European Commission, 2012)

Países selecionados, Paraná e Paraná Sazonal	Produtividade Estimada (kWh/kWp) - PR 0,75				Média entre os valores Min e Máx	Comparação entre a Média no Paraná com países	Comparação entre a Média do Inverno no Paraná com países
	Total Anual		Média Diária Anual				
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo			
Alemanha	788	1088	2,16	2,98	2,57	52%	40%
Itália	600	1650	1,64	4,52	3,08	27%	17%
Espanha	900	1613	2,47	4,42	3,45	13%	4%
Paraná	1.200	1650	3,29	4,52	3,90	-	-
Paraná - Verão	-	-	3,50	4,52	4,01	-	-
Paraná - Outono	-	-	3,50	4,32	3,91	-	-
Paraná - Inverno	-	-	3,09	4,11	3,60	-	-
Paraná - Primavera	-	-	3,29	4,52	3,91	-	-

A Fig. 5 apresenta a comparação dos dados de Produtividade Estimada Total Anual em kWh/kWp com TD 0,75 obtidos dos mapas fotovoltaicos do Paraná e dos três países selecionados (European Commission, 2012), conforme a Tab. 2, mostrando a variação entre os valores mínimo e máximo encontrados.

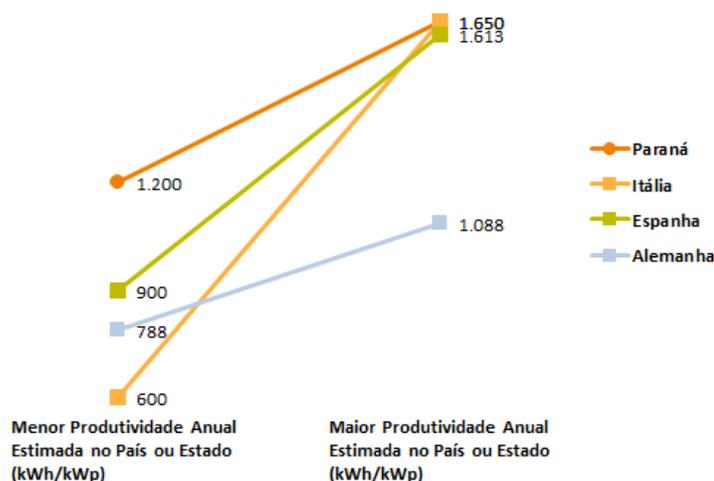


Figura 5 - Valores Mínimo e Máximo de produtividade anual estimada no estado do Paraná e nos 3 países selecionados para TD 0,75

De acordo com a Fig. 5, é possível observar uma variação menor na Alemanha e no estado do Paraná entre os níveis mínimo e máximo de energia elétrica anual gerada estimada, e variações mais expressivas na Espanha e Itália.

#### 4. CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa foi o de apresentar uma análise inicial do potencial de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de energia - SFVCR para o estado do Paraná.

A elaboração do Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná possibilita que sejam percebidas as regiões e seus diferentes potenciais previstos de geração de energia elétrica, para cada 1kWp instalado, de acordo com as premissas definidas, e com taxa de desempenho (*performance ratio*) de 0,75 tanto anualmente como sazonalmente.

O desenvolvimento do mapa fotovoltaico do Paraná com os mesmos critérios estabelecidos pela European Commission, possibilita a comparação dos resultados apresentados com outros mapas fotovoltaicos em países da Europa, como foi o caso dos três países selecionados.

Considerando a média entre os valores mínimo e máximo apresentados nos mapas, a produtividade média encontrada no estado do Paraná é aproximadamente 52% superior ao da Alemanha, 27% superior ao da Itália e 13% superior ao da Espanha. Em comparação com a produtividade diária média encontrada no período de Inverno no estado do Paraná, esta é aproximadamente 40% superior ao da Alemanha, 17% superior ao da Itália e 4% superior ao da Espanha. Ainda observando os valores durante o período de inverno no Paraná, o valor mínimo de produtividade diária estimada encontrada foi de 3,09 kWh/kWp, valor ainda muito superior a média entre os valores mínimo e máximo de produtividade diária encontrada na Alemanha, e igual a média da Itália.

Estes dados mostram de maneira genérica o grande potencial de geração fotovoltaica existente no Estado do Paraná se comparado com estes três países, que juntos representam aproximadamente 54% do total global instalado.

O cálculo da média simples entre os valores mínimo e máximo apenas sugerem o valor médio encontrado para efeito de comparação, conforme descrito. Entretanto pode se observar principalmente nos mapas do estado do Paraná e da Espanha que na maior parte dos seus territórios se concentram os maiores valores de irradiação e conseqüentemente de produtividade estimada, restringindo-se em apenas uma porção da sua área total de valores menores, ao leste do Paraná e ao norte da Espanha, o que representa que as médias calculadas levando-se apenas os valores máximo e mínimo encontrados, são menores do que as médias reais caso fossem considerados todos os pontos existentes dos mapas (pixel a pixel).

Não por acaso, o objetivo da comparação com os três países da Europa com maior capacidade instalada, é o de fomentar a necessidade quanto à criação de programas específicos de incentivo à pesquisa e desenvolvimento desta importante fonte de energia renovável no estado do Paraná, visto o enorme potencial a ser explorado desta fonte energética no estado, e da complementariedade com outras fontes na geração de energia elétrica como biomassa, eólica e hidroelétrica.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL, 2011. Agência Nacional de Energia Elétrica. Chamada nº 13/2011 - Projeto Estratégico: Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira. Brasília. Disponível online em [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PeD\\_2011-ChamadaPE13-2011.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PeD_2011-ChamadaPE13-2011.pdf). Acessado em Abril 2012.
- ANEEL, 2012. Agência Nacional de Energia Elétrica. Regulamentação para energia solar fotovoltaica. Disponível online em [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=5457&id\\_area=90](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5457&id_area=90). Acessado em Abril 2012.
- Benedito, R. S., Zilles, R., 2010. A expansão da oferta de energia elétrica nos centros urbanos brasileiros por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 16, nº 1, pp. 7-19.
- European Commission, 2012. Institute for Energy and Transport (IET). Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe. Disponível online em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>. Acessado em Junho 2013.
- Glenn, J. C., Gordon, T. J., Florescu, E., 2011. Futures studies around the World. In: 2011 State of the future. Washington, EUA: The millennium project, global futures studies & research. Cap. 7. Disponível online em <http://www.millennium-project.org/millennium/2011SOF.html>. Acessado em Abril 2012.
- Hearps, P., Mcconnell, D., 2011. Renewable Energy Technology Cost Review. Paper Series. Melbourne: Melbourne Energy Institute – Technical.
- Heidemann, F. G., Salm, J. F., 2010. Políticas Públicas e Desenvolvimento. Bases epistemológicas e modelos de análise. Brasília: Editora Unb, 2ª ed.
- IEA, 2013. International Energy Agency. PVPS Report. A Snapshot of Global PV 1992-2012. Preliminary information from the IEA PVPS Programme. Report IEA-PVPS T1-22:2013. Disponível online em <http://www.iea-pvps.org/>. Acessado em Junho 2013.
- Koot, E., 2011. For How Long will Germany Remain the World's Largest PV Market? Solarplaza. Disponível online em <http://www.solarplaza.com/article/for-how-long-will-germany-remain-the-worlds-large>. Acessado em Abril 2012.
- MME, 2012. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2012: Ano base 2011. Disponível online em [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf). Acessado em Junho 2013.
- MME, 2013. Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira: Ano base 2012. Disponível online em [https://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3\\_-\\_Resenha\\_Energetica/1\\_-\\_Resenha\\_Energetica.pdf](https://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_-_Resenha_Energetica/1_-_Resenha_Energetica.pdf). Acessado em Dezembro 2013.
- Pereira, E. B., Martins, F. R., Abreu, S. L., Ruther, R., 2006. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos, 1ª Edição, p. 34. Disponível online em [http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas\\_solar-reduced.pdf](http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas_solar-reduced.pdf). Acessado em Dezembro 2012.
- Reich, N. H., Mueller, B., Armbruster, A., Van Sark, W. G. J. H. M., Kiefer, K., Reise, C., 2011. Performance ratio revisited: is PR>90% realistic?. *Progress In Photovoltaics: Research and Applications*. Hamburg, Germany.
- REN21, 2010. Global Status Report. Disponível online em <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>. Acessado em Junho 2013.
- REN21, 2011. Global Status Report. Disponível online em <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>. Acessado em Julho 2013.
- REN21, 2012. Global Status Report. Disponível online em <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>. Acessado em Junho 2013.
- Rüther, R., 2004. Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligadas à Rede Elétrica Pública. Editora da UFSC, Florianópolis.
- Tiepolo, G. T., Castagna, A. G., Cancigliieri Jr, O., Betini, R. C., 2012. Fontes Renováveis de Energia e a Influência no Planejamento Energético Emergente no Brasil. VIII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético – CBPE.
- Tiepolo, G. T., Urbanetz Jr, J., Cancigliieri Jr, O., 2013. Inserção da Energia Fotovoltaica na Matriz Elétrica do Estado do Paraná: Análise do Potencial Produtivo. XXX International Sodebras Congress. Revista SODEBRAS.

- Urbanetz Jr, J., 2010. Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC. Florianópolis, UFSC.
- Urbanetz Jr, J., Casagrande, E. F., 2012. Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica do Escritório Verde da UTFPR. VIII CBPE – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Curitiba.
- Van Bellen, H. M., 2006. Indicadores de Sustentabilidade - uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2ª ed.

## COMPARISON BETWEEN THE PHOTOVOLTAIC GENERATION POTENTIAL IN PARANÁ STATE WITH GERMANY, ITALY AND SPAIN

**Abstract.** *The theme of sustainable development has been increasingly impact the spheres of Brazilian society about the need of natural resources conservation, and how to continue promoting socio-economic development of regions. For this, one of the key issues is the generation of electricity with more use of renewable sources and less harm to the environment. Historically, the State of Paraná has been one of the largest producers of electricity in the country, almost entirely from hydropower. However the use of this source is declining, hindering its expansion in the energy matrix due to depletion of water potential and also the pressure of society with respect to environmental, social and economic impacts to form large reservoirs. Because of these limitations, other sources have been studied and used as biomass and wind. The photovoltaic generation, however, has only been considered in government policies only to supply electricity with off-grid systems in remote locations. With the publication of Resolution 482/2012 of ANEEL (Brazilian Electricity Regulatory Agency), it is possible that consumers install grid connected photovoltaic systems. These systems are used in the urban environment as a form of distributed generation, mostly installed on the roofs of buildings or integrated into the same, especially in Europe where the installed capacity is around GWp, while in Paraná is it only a few kWp. Given this new perspective, this paper presents the comparison between the photovoltaic generation potential in Paraná State with Germany, Italy and Spain, where the Photovoltaic Map of Paraná is presented in order to show its superiority in terms of potential for electricity production compared to European countries with the largest installed capacity currently SFVCR. The results of this analysis can contribute to development of public policies with incentives to projects and researches this important renewable energy source in the State of Paraná.*

**Key words:** *Solar Energy, Photovoltaic System, Photovoltaic Potential*