

GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO PARANÁ

CIEI&EXPO 2016

OHM, Curitiba, Brasil, fernando.ortega@ohmengenharia.com
UTFPR, Curitiba, Brasil, tiepolo@utfpr.edu.br
CPFL RENOVAVEIS, Curitiba, Brasil, james.araujo@cpflrenovaveis.com.br
SOLIDDA, Curitiba, Brasil, francisco.hidalgo@solidda.com.br

Resumo: O artigo apresenta os resultados da pesquisa sobre o estado da arte da geração e transmissão de energia no estado do Paraná. O artigo apresentará o resumo das características das principais fontes disponíveis para a geração de energia renovável no Paraná instaladas e previstas a construção para o Estado.

Inicialmente o estudo discorre sobre a geração de energia fotovoltaica, apresentando o potencial do estado do Paraná e a sua grande capacidade de geração ainda pouco aproveitada. Um pouco diferente da energia solar, usinas térmicas de biomassa e pequenas centrais hidrelétricas já estão implementadas em grande número em todas as regiões do estado e serão apresentadas nos subsequentes. E por fim é feita uma breve conclusão.

Dentre os procedimentos metodológicos adotados foram a pesquisa bibliográfica, pois conforme Gil (2010), a coleta de dados será obtida por meio de material já publicado.

A pesquisa documental também foi utilizada para uma análise minuciosa através de dados histórico, material cartográfico e arquivos oficiais (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Palavras chave: geração de energia, energia solar, energia biomassa

1. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ

1.1. Energia Fotovoltaica no Estado do Paraná

O desenvolvimento sustentável vem de um processo de avaliação das relações entre sociedade e o meio ambiente, com o intuito de gerar o equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social (VAN BELLEN, 2006), sendo este o grande desafio para os governantes no que diz respeito principalmente as estratégias de investimentos visto à melhoria da qualidade de vida e ao maior poder aquisitivo da população, e consequentemente ao maior consumo de energia, em destaque da energia elétrica (TIEPOLO, 2012).

Como tendência global e alinhado à questão do desenvolvimento sustentável, a participação na geração de energia elétrica por combustíveis fósseis e nuclear tem diminuído gradativamente nos últimos anos, passando de 82,00% em 2008 para 77,20% em 2014, enquanto as renováveis (não-hidro) cresceram de 3,00% para 6,20% em igual período (REN21, 2011 – 2014). De forma contrária, no Brasil a participação na geração de energia elétrica por combustíveis fósseis e nuclear tem aumentado de forma consistente, passando de 11,00% em 2011 para 25,60% em 2014, e com as renováveis (não-hidro) passando de 7,10% (principalmente devido a biomassa de cana) para 9,30% no mesmo período, devido a maior implementação de usinas eólicas no país (MME, 2013-2015).

Este cenário tem favorecido à exploração da energia solar principalmente através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR), tanto em usinas fotovoltaicas como através da geração distribuída, onde se destacam na Europa países como Alemanha, Itália e Espanha (TIEPOLO, 2012), e mais recentemente acompanhados por China, Estados Unidos e Japão, com um número muito significativo de SFVCR implantados.

Em termos de Brasil, o estado do Paraná apresenta um potencial fotovoltaico elevado, comparável aos melhores potenciais encontrados na Europa, com valores de Produtividade Total Anual Média de 1.490 kWh/kWp [14]. A Figura 1 mostra o Mapa Fotovoltaico Brasileiro, e em destaque o Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná e o Mapa Fotovoltaico da Europa - Total Anual.

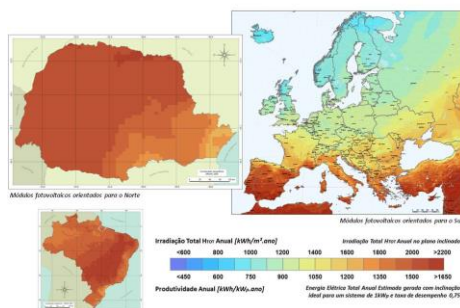


Figura 1. Mapa Fotovoltaico Brasileiro, Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná e Mapa Fotovoltaico da Europa - Total Anual. Fonte: Adaptado de Tiepolo (2015).

A produtividade apresentada nos mapas da Figura 1, representa a quantidade de energia elétrica gerada por um SFVCR de 1kWp em condições ideais de geração, ou seja, com orientação do painel fotovoltaico voltado para o equador, inclinação igual a latitude do local e taxa de desempenho do sistema de 75%, sendo esta uma taxa padrão utilizada na elaboração de mapas fotovoltaicos na Europa.

No estado do Paraná, o menor valor de Produtividade Diária Média Mensal ocorre no mês de Julho com 2,71 kWh/kWp.dia, enquanto que o maior valor ocorre no mês de Janeiro com 4,85 kWh/kWp.dia respectivamente, o que mostra a grande variabilidade que ocorre durante todo o ano quando analisadas todas as regiões do estado [14].

Em relação aos 399 municípios do estado, a Menor Produtividade Total Anual Média é encontrada em Matinhos com 1.265 kWh/kWp.ano, e a Maior Média é encontrada em Prado Ferreira com 1.580 kWh/kWp.ano [14].

De forma geral, as menores médias anuais são encontradas nos municípios de Matinhos, Guaratuba, Guaraqueçaba, Pontal do Paraná, Paranaguá, Morretes e Antonina, todos na região entre a Serra do Mar e o litoral Paranaense, locais que apresentam um índice de nebulosidade maior ao longo do ano em comparação a outras regiões, o que dificulta a incidência da radiação solar na superfície [14].

Com relação aos outros estados da federação, os valores obtidos mostram 12 estados com médias inferiores ao Paraná e 14 estados com médias superiores, sendo a média do estado do Paraná praticamente igual à média obtida no Brasil (diferença inferior a 1%). Em relação as maiores médias anuais encontradas (Distrito Federal, Goiás e Piauí), o estado do Paraná apresentou uma média aproximada 7,5% inferior, e em relação à Bahia de apenas 3,34% inferior [14].

Mesmo em cidades como Curitiba, capital do estado e conhecida pelos seus dias de frio e céu nublado, os valores apresentados são muito significativos, com uma média apenas 8,6% inferior à média Brasil, e 1,2% inferior à média do estado de Santa Catarina (TIEPOLO, 2015).

Finalmente, ao comparar-se a Produtividade Estimada Total Anual Média apresentada pelos principais países europeus em relação ao estado do Paraná, pôde-se verificar que a Média do Paraná é 58,75% superior à Alemanha, 13,48% superior à Itália, 1,97% superior à Espanha, 31,28% superior à França, 60,46% superior à Bélgica e 71,19% superior ao Reino Unido, percentuais estes que representam a quantidade Média Total Anual de energia elétrica que um SFVCR pode gerar a mais no Paraná em relação a cada um destes países (TIEPOLO, 2015).

Estas informações são extremamente úteis no que diz respeito ao aproveitamento desta fonte de energia renovável no estado, de forma a apoiar na elaboração de políticas públicas específicas de incentivo e disseminação desta fonte no estado.

1.2. *Potencial Energético da Biomassa no Estado do Paraná*

O Brasil reúne várias vantagens que o tornam capaz de atuar como líder no mercado mundial de produtos agrícolas, agroindustriais e silviculturas, destinados à geração de energia. As produções de Soja, Milho, Cana-de-Açúcar, Pinus e Eucalipto no estado do Paraná representam uma fração significativa do montante produzido no Brasil, culturas com as quais se obtém resíduos sólidos de biomassa. Ademais, culturas como as de Pinus e Eucalipto podem ser cultivadas exclusivamente para fins energéticos.

A tabela 1 apresenta o volume anual produzido no estado do Paraná (no ano de 2004) para as culturas de Soja, Milho e Cana-de-Açúcar, assim como uma classificação da produção do Paraná em relação aos demais estados do Brasil. A mesma tabela ainda apresenta a estimativa do volume anual de resíduos gerados em cada cultura e o potencial energético contido nestes resíduos sólidos (PNE, 2030).

Tabela 1. Produção anual e energia primária contida nos resíduos das principais culturas agrícolas do estado do Paraná, no ano de 2004.

Fonte: Plano Nacional de Energia 2030.

| Cultura | Produção Anual de Alimento (10³ ton) | Classificação da Produção Entre os Estados Brasileiros | Produção Anual de Resíduos (10⁶ton - *Bbs) | Energia Primária Contida na Produção de Resíduos (10⁶GJ/ano) |
|-----------------------|--|---|--|--|
| Soja | 10.036,5 | 2ª maior produção | 36,13 | 527,5 |
| Milho | 10.934,6 | 1ª maior produção | 54,67 | 967,7 |
| Cana-de-Açúcar | 32.643,0 | 2ª maior produção | 4,57 | 73,12 |

*Biomassa em base seca, conforme exposto em PNE 2030.

No ano de 2004, o Paraná foi o segundo maior produtor florestal de silvicultura do Brasil, atingindo um volume anual de produção de 22.193. 10³m³ dentre carvão vegetal, lenha e madeira em tora. Neste ano, a produção paranaense correspondeu a 16,4% do volume total produzido no país (PNE, 2030). De acordo com Menezes (2013), no estado do Paraná há ampla distribuição da produção de toras para lenha, exceto nos núcleos regionais de Londrina e Paranaguá, conforme ilustrado na figura 2.

O pinus e o eucalipto apresentam elevados índices de produtividade, 30 e 60m³/ha.ano, e alto poder calorífico, 20 e 19,4MJ/kg-Bbs, respectivamente. O PNE 2030 apresenta uma estimativa do volume excedente de floresta plantada de Eucalipto que poderia ser utilizado para fins energéticos, através da quantificação teórica da produção potencial em áreas já ocupadas pela silvicultura, descontando-se o consumo de madeira em tora para uso industrial. No ano de 2005 o volume excedente estimado para a produção de Eucalipto no estado do Paraná foi de 50.000 toneladas, volume este que possui um conteúdo energético de 9,8.10⁶GJ/ano.



Figura 2 – Distribuição da produção de toras para lenha do Paraná – Fonte: Menezes, 2013.

O estado do Paraná destaca-se também por apresentar um elevado número de feccularias, frigoríficos e laticínios que são fontes potenciais para obtenção de biogás, quando os resíduos da produção são adequadamente processados. Outras fontes de biogás que valem ser mencionadas são os resíduos sólidos urbanos (RSU) e as estações de tratamento de esgoto (ETE). O biogás apresenta um poder calorífico que depende do efluente processado. Como estimativa preliminar para o poder calorífico do biogás, pode-se adotar 6,8kWh/m³ de biogás (Biogas Renewable Energy, 2016).

As instituições Oeste em Desenvolvimento, Sebrae, SebraeTec e AGX Engenharia desenvolveram em 2015 um estudo denominado Mapeamento e Análise das Energias Renováveis do Oeste do Paraná (MAERO-PR, 2015) e identificaram 73 potenciais produtores de biogás para geração de energia no oeste do estado. Dentre as feccularias, frigoríficos de aves, frigoríficos de suínos e laticínios entrevistados, alguns produtores já possuíam biodigestores para a produção de biogás, com capacidade de produção variando entre 1.200 a 35.000m³/dia.

Como exemplo do potencial energético do biogás, considera-se uma feccularia que gera uma vazão de efluentes (resíduos) de 12.000m³/dia, que após processado resulta em 7.560m³/dia de biogás (1L de efluente gera aproximadamente 0,63L de biogás, MAERO-PR-2015). Considerando-se o poder calorífico aproximado de 6,8kWh/m³, este volume de biogás possui um potencial energético de 51.408kWh/dia.

1.3. Expansão da Geração de Energia Hidrelétrica no Paraná

A figura 1 representa as proporções dos projetos hídrico, divididos por UHE, PCH e CGH, no estado do Paraná.

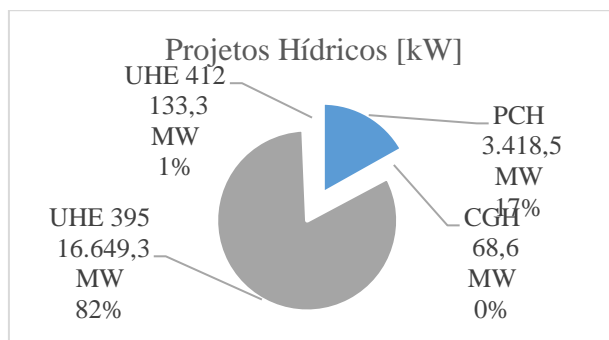


Figura 3 – Representação hídrica no Paraná – Fonte: ANEEL

Segundo dados de inventariado das bacias hídricas do estado do Paraná, obtidos na base de dados do SIGEL – ANEEL, o Paraná possui aproximadamente 20,27 GW de potencial de projetos de transformação de energia elétrica a partir de fonte hídrica, totalizando 416 projetos. Existem duas bacias, Iguazu e Paraná 3, que se destacam por possuírem mais de 75% do potencial gerador de todo o estado, já as bacias de Pirapó e Cinzas apresentam os menores potenciais de geração de energia elétrica, com 0,29% e 0,30%, respectivamente. As bacias de Paraná 1, Paraná 2 e Paranapanema 2 não apresentaram nenhum projeto de unidades de geração hídrica oficialmente.

Tabela 1. Unidades Geradoras – Fonte: ANEEL

| Bacia | Projetos Hídricos (unidades) | | | | Total |
|---------|------------------------------|-----|---------|---------|-------|
| | PCH | CGH | UHE 395 | UHE 412 | |
| CINZAS | 11 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| IGUACU | 113 | 31 | 13 | 3 | 160 |
| ITARARE | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 |

| | | | | | |
|----------------|----|----|---|---|----|
| IVAI | 55 | 14 | 9 | 0 | 78 |
| LITORANEA | 10 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| PARANA 3 | 14 | 10 | 1 | 0 | 25 |
| PARANAPANEMA 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| PARANAPANEMA 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| PARANAPANEMA 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| PIQUIRI | 36 | 10 | 6 | 0 | 52 |
| PIRAPO | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| RIBEIRA | 20 | 7 | 1 | 0 | 28 |
| TIBAGI | 12 | 1 | 5 | 1 | 20 |

A bacia do Iguçu além de possuir o maior potencial registrado na ANEEL é a que apresenta a maior disponibilidade hídrica superficial, com 291 m³/s, correspondente a aproximadamente 25% da disponibilidade total do estado. Em seguida aparece a bacia do Ivaí, mesmo aparecendo na quinta colocação em termo de geração de energia, correspondente a 4,19% de todo o estado, apresenta uma disponibilidade superficial de 233 m³/s, ou correspondente a 20% do estado. As bacias de Paranapanema 1 e Paranapanema 2, 3 m³/s e 2 m³/s respectivamente, onde somando as disponibilidades de ambas representa menos de 1% da disponibilidade superficial do estado. (SEMA, 2010). A tabela abaixo indica o potencial de geração das principais bacias do estado do Paraná.

Tabela 2. Potencial de Geração Hídrico –Fonte: ANEEL

| Bacia | Projetos Hídricos (kW) | | | | Total |
|----------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | PCH | CGH | UHE 395 | UHE 412 | |
| CINZAS | 61620 | 0 | 0 | 0 | 61620 |
| IGUACU | 2100907.9 | 24070.4 | 6268436 | 101342 | 8494756 |
| ITARARE | 81381 | 0 | 0 | 0 | 81381 |
| IVAI | 374642 | 9910 | 463910 | 0 | 848462 |
| LITORANEA | 81600 | 1000 | 36000 | 0 | 118600 |
| PARANA 3 | 44970 | 11741 | 7000000 | 0 | 7056711 |
| PARANAPANEMA 1 | 0 | 0 | 189800 | 0 | 189800 |
| PARANAPANEMA 3 | 0 | 0 | 619000 | 0 | 619000 |
| PARANAPANEMA 4 | 0 | 0 | 354000 | 0 | 354000 |
| PIQUIRI | 377540 | 14085 | 461200 | 0 | 852825 |
| PIRAPO | 58031.4 | 0 | 0 | 0 | 58031.4 |
| RIBEIRA | 174250 | 6880 | 260000 | 0 | 441130 |
| TIBAGI | 63580 | 870 | 997000 | 32000 | 1093450 |

O mapa abaixo indica as usinas já instalada ou inventariadas no estado do Paraná.

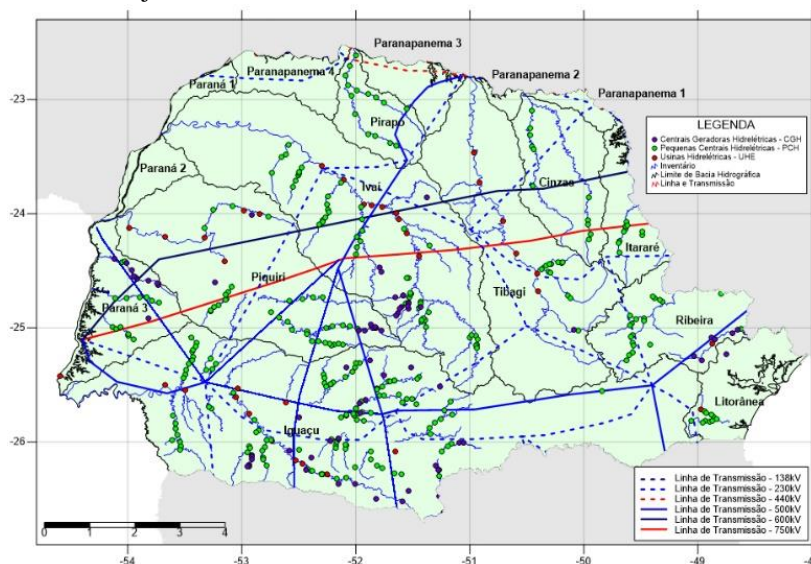


Figura 4 – Inventário hídrico do Paraná – Fonte: Autoria Própria

2. CONCLUSÕES:

O presente estudo apresentou o potencial de energia renovável do estado do Paraná, sua infraestrutura elétrica, questões ambientais e de legislação para implantação de usinas geradoras de energia. O estado apresenta vasto campo a ser explorado no que tange energias renováveis. Foi mapeado as principais vertentes que podem ser utilizadas para a geração de energia no estado, são elas:

- Energia Solar Fotovoltaica;
- Energia Hidroelétrica;
- Energia através de Biomassa.

Para que empreendimentos se tornem viáveis, é importante que o governo estadual utilize de políticas indutoras que fomentem investimentos públicos e privados no desenvolvimento energético do estado do Paraná.

3. REFERÊNCIAS

- [1] AGX ENGENHARIA, OESTE EM DESENVOLVIMENTO, SEBRAE, SEBRAETEC. Mapeamento e análise das energias renováveis do oeste do Paraná. 2015.
- [2] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano nacional de energia 2030. 2007.
- [3] H. M. VAN BELLEN. “Indicadores de Sustentabilidade. Uma análise comparativa”, Rio de Janeiro, Editora FGV, 2ª edição, 2006.
- [4] G. TIEPOLO, O. CANGIOLIERI. “Fontes renováveis de energia - tendências e perspectivas para o planejamento energético emergente no Brasil”, Revista SODEBRAS, Volume 7, nº 77, Edição Maio, ISSN 1809-3957, 2012a;
- [5] G. TIEPOLO, A. G. CASTAGNA, O. CANGIOLIERI, R. C. BETINI. “Fontes Renováveis de Energia e a Influência no Planejamento Energético Emergente no Brasil”, VIII CBPE – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2012b.
- [6] G. TIEPOLO. "Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná", Tese (doutorado), Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS, Curitiba, 2015, Acessado em Fevereiro 2015.
- [7] GIL, Antonio Carlos. Como Elaborar Projetos De Pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [8] LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo : Atlas 2003.
- [9] MENEZES, MARTA JULIANA SCHMATZ. Poder calorífico e análise imediata de pinus e araucária de reflorestamento como resíduos de madeira. Dissertação. UNIOESTE, 2013.
- [10] MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2012: ano base 2011”, 2012, disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf>, Acessado em Junho 2013.
- [11] MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2013: Base ano 2012”, 2013, disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf>, Acessado em Fevereiro 2014.
- [12] MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013 - Relatório Síntese”, 2014, Disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf, Acessado em Junho 2014.
- [13] MME, Ministério de Minas e Energias. “Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014”, 2015, disponível em https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf, Acessado em Fevereiro 2015.
- [14] REN21, “Renewable 2010 – Global Status Report”, 2010, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Junho 2013.
- [15] REN21, “Renewable 2011 – Global Status Report”, 2011, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Julho 2013.
- [16] REN21, “Renewable 2012 – Global Status Report”, 2012, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Junho 2013.
- [17] REN21, “Renewable 2013 – Global Status Report”, 2013, Disponível em www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx, Acessado em Abril 2014.
- [18] REN21, “Renewable 2014 – Global Status Report”, 2014, Disponível em <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>, Acessado em Junho 2014.
- [19] REN21, “Renewable 2015 – Global Status Report”, 2015, Disponível em http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf
- [20] SEMA. Bacias Hidrográficas do Paraná. Curitiba, 2010 - SEMA - PARANÁ
- [21] www.biogas-renewable-energy.info - acesso em 28/02/2016.
- [22] www.aneel.com.br – acesso em 25/08/2016.