

EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO ASSOCIADAS AO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PARANÁ NO PERÍODO 2010-2014

CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM ELECTRICAL ENERGY USE IN PARANA
STATE DURING 2010-2014

Recebido em 08/01/2017

Aceito em 02/02/2017

Publicado em 20/04/2017

DOI: [dx.doi.org/10.5380/biofix.v2i1.50095](https://doi.org/10.5380/biofix.v2i1.50095)

Carlos Roberto Sanquetta¹

Greyce Charlyne Benedet Maas²

Mateus Niroh Inoue Sanquetta³

Felipe Taroh Inoue Sanquetta⁴

Ana Paula Dalla Corte⁵

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

carlos_sanquetta@hotmail.com¹, greyce.maas@gmail.com², mateus.sanquetta@hotmail.com³,
felipe_sanquetta@hotmail.com⁴ & anapaulacorte@gmail.com⁵

RESUMO

O estado do Paraná é líder na geração nacional de energia elétrica, respondendo por 16,74% da produção, sendo também um grande consumidor de energia elétrica, participando com 6,22% em escala nacional. A energia elétrica é responsável pela emissão de gases de efeito estufa (GEE), dentre os quais o dióxido de carbono (CO₂) é o mais expressivo. Este trabalho quantificou e analisou as emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia elétrica no estado do Paraná no período 2010-2014. Dados do Anuário Brasileiro de Energia 2015 e de fatores de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) foram empregados para os cálculos. Estimou-se as emissões em 2010 em 1,3 milhão de toneladas de CO₂ equivalente (CO_{2e}), a qual saltou para 4,1 milhões em 2014. Esse aumento expressivo se deve a três fatores: o aumento da população, do consumo per capita de eletricidade e do maior fator de emissão do SIN brasileiro no período devido ao uso mais intenso de fontes não renováveis na matriz elétrica. Concluiu-se que as emissões de CO_{2e} associadas ao consumo de energia elétrica no estado triplicaram em 5 anos e que há necessidade de reforçar a participação de energias renováveis para frear essa tendência nos próximos anos.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito estufa, Eletricidade, Fator de emissão, Impacto ambiental.

ABSTRACT

Paraná State is the national leader of electricity generation in Brazil, accounting for 16.74% of the national production, being also a major consumer of electricity, accounting for 6.22% nationwide. Electricity is responsible for greenhouse gases emission (GHG), of which carbon dioxide (CO₂) is the most significant. This study quantified and analyzed the CO₂ emissions associated with the electricity consumption in Paraná State during 2010-2014. Data coming from the Brazilian 2015 Energy Yearbook and emission factors of the National Interconnected System (SIN) were used for the calculations. It was estimated that the emissions in 2010 were 1.3 million tons of CO₂ equivalent (CO_{2e}), which jumped to 4.1 million in 2014. This significant increase is due to three factors: population growth, increase in per capita consumption electricity and increased Brazilian SIN emission factor in the period due to the remarkable augment of non-renewable sources use in the energy matrix. It was concluded that CO_{2e} emissions associated with electricity consumption.

KEYWORDS: Greenhouse gases, Electricity, Emission factor, Environmental impact.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor Energia representa a segunda maior fonte de emissões de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) no Brasil, ficando atrás apenas da Agropecuária. Tais emissões, quantificadas em 371.095,80 Gg em 2010, correspondem a 29,30% do total do Brasil (MCTI, 2016). No Paraná, esse setor emitiu em 2012 um total de 29.982 Gg de CO_{2e}, se constituindo na maior fonte de emissões, ou seja, 48,66% do total de suas emissões (PARANÁ, 2014).

As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Brasil advindas da produção de energia elétrica totalizaram em 2014 o montante de 71 mil Gg, as quais decorrem do uso de combustíveis fósseis na matriz, ou seja, diesel, óleo combustível, gás natural e carvão (EPE, 2015). Não há um registro específico das emissões na geração de energia elétrica para o estado do Paraná, mas sabe-se que as indústrias de energia emitiram em 2012 o total de 2.850,52 Gg CO_{2e} em 2012, representando 9,50% das emissões do setor Energia (PARANÁ, 2014).

Racionalizar o uso de energia é uma necessidade econômica e ambiental. No caso da energia elétrica em particular, a crise hídrica ocorrida nos últimos anos revela a fragilidade do sistema de abastecimento de água em algumas regiões e também os riscos de queda no suprimento de energia elétrica ou o aumento das tarifas com a injeção de energia mais intensa em carbono no SIN. Apesar de muitos não crerem, existe um horizonte finito na capacidade de geração de energia hidráulica que precisa ser respeitada, pois os impactos ambientais da construção de reservatórios hidrelétricos são elevados (FEARNSIDE, 2011). As termelétricas, que despacham energia na rede no País para complementar o fornecimento de hidroeletricidade à população, na maioria dos casos, empregam combustíveis fósseis intensos em emissão de GEE, embora existam algumas movidas a fontes renováveis.

Os impactos ambientais da construção de barragens de água na geração de hidroeletricidade são reconhecidos pela sociedade, mas os decorrentes das emissões de GEE pelo consumo de energia elétrica não o são. Isso resulta da imagem que se tem de que essa forma de energia, largamente empregada no Brasil, é renovável e limpa. Porém, quando contabilizadas as emissões de metano advinda dos reservatórios (SHINDELL et al., 2009) a boa imagem ambiental da eletricidade passou a ser questionada. Isso ficou ainda mais evidente em virtude do aumento das emissões de GEE pela geração de eletricidade devido à crescente adição de insumos fósseis

na matriz elétrica brasileira, principalmente pela crise hídrica ocorrida recentemente e a maior atividade das usinas termelétricas.

Em outubro de 2015, o governo brasileiro encaminhou à Convenção-Quadro das Nações Unidas (UNFCCC) as suas contribuições o atingimento dos propósitos do Novo Acordo sobre o Clima Global, a chamada iNDC (*Intended Nationally Determined Contribution*), em que o Brasil se compromete a reduzir suas emissões de GEE até 2030, no percentual de 43%. Para isso, se comprometeu a expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar ((PASQUAL et al., 2016). O Brasil, em assumindo esse compromisso, deve monitorar apropriadamente as suas emissões de GEE decorrentes da geração de energia elétrica, o mesmo devendo acontecer com cada estado federativo. O Paraná tem apenas um inventário estadual de emissões de GEE e não há detalhamento referente à energia elétrica.

O objetivo deste trabalho foi calcular e analisar as emissões de dióxido de carbono (CO_{2e}) associadas ao consumo de energia elétrica no Paraná no período 2010-2014, visando apontar os impactos ambientais correspondentes e dar subsídios para políticas e programas para o enfrentamento das mudanças climáticas no estado do Paraná e no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados dados de geração de energia elétrica correspondentes ao estado Paraná constantes no Anuário Brasileiro de Energia 2015 (EPE, 2015), referente ao período 2010 a 2014 (Tabela 1). Verifica-se que nesse interstício temporal o consumo industrial foi aquele de maior participação, seguido do residencial e comercial. Esses três, participam com quase 84% do consumo no ano de 2014.

Para o cálculo das emissões de CO_{2e} decorrentes do consumo de energia elétrica no estado do Paraná foram utilizados os fatores de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) (Tabela 2). Observa-se o valor crescente do fator de emissão decorrente da maior participação dos insumos fósseis para geração de eletricidade no País e da menor fração de hidroeletricidade, que era de 78,19% em 2010 e caiu a 63,24% em 2014, principalmente pela crise hídrica ocorrida nos últimos anos.

Tabela 1. Consumo de energia elétrica em GWh no estado do Paraná no período 2010 a 2014

Ano →	2010	2011	2012	2013	2014	%
Residencial	6.019	6.315	6.654	6.986	7.363	24,23
Industrial	10.649	11.058	11.356	11.879	12.108	39,85
Comercial	4.569	4.912	5.262	5.494	5.953	19,59
Rural	1.805	1.898	2.062	2.119	2.290	7,54
Poder público	626	646	672	684	711	2,34
Iluminação pública	829	858	892	935	981	3,23
Serviço público	629	657	690	702	736	2,42
Consumo próprio	230	209	203	229	245	0,81
Total	25.355	26.554	27.790	29.029	30.387	100

% = participação em 2014.

Fonte: Adaptado de EPE (2015).

Para o cálculo das emissões em CO_{2e} utilizou-se a seguinte equação:

$$ECO_{2e} = C * FE \quad (1)$$

Em que: ECO_{2e} = emissão anual em tCO_{2e}; C = consumo de energia elétrica em MWh.ano⁻¹; e FE = fator de emissão em tCO_{2e}.MWh⁻¹.

Tabela 2. Fatores de emissão (tCO_{2e}.MWh⁻¹) da energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) entre os 2010 a 2014 informados pelo MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação) e participação dos insumos fósseis na matriz elétrica brasileira

Ano →	2010	2011	2012	2013	2014
Fator de emissão (tCO _{2e} .MWh ⁻¹)	0,0512	0,0292	0,0653	0,096	0,1355
Participação dos fósseis (%)	11,18	8,24	12,92	18,55	22,21

Fonte: Adaptado de EPE (2015) e MCTI (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo das emissões de CO_{2e} no período analisado (2010-2014) foi de aproximadamente 10,8 milhões de toneladas. Houve um aumento expressivo das emissões de dióxido de carbono pelo consumo de energia elétrica no Paraná nesse período de tempo, de 1,2 para 4,1 milhões de toneladas (Tabela 3). Isso representa um aumento de mais de 200% nas emissões em apenas 4 anos.

Considerando os numerários de população do estado do Paraná, de 10.774.691 e 11.122.355 de habitantes, respectivamente em 2010 e 2014, o que representa um crescimento de 3,20% (0,79% ao ano em média), as emissões de CO_{2e} per capita correspondentes ao consumo de energia elétrica foram calculadas em 0,12 e 0,34 t.ano⁻¹, respectivamente para os dois anos considerados. Isso representa um aumento muito expressivo nas emissões per capita em 4 anos, da ordem de 304%, ou seja, 76,8% ano⁻¹, em média.

Esse importante aumento das emissões em CO_{2e}, em parte, é reflexo da elevação absoluta da população e do maior consumo per capita de energia elétrica no estado do Paraná. Porém, mais importante que esses dois fatores é a grande mudança no valor do fator de emissão do SIN, que se elevou em 265% no período de 4 anos como reflexo da maior participação de fósseis na geração de energia elétrica no País. Essa participação aumentou em praticamente 100% no período 2010-2014 e a provável causa maior dessa elevação foi a crise hídrica em todas as regiões de maior produção de energia hidráulica e a consequente intensificação do despacho no sistema de energia advinda das termelétricas *backup* movidas a fósseis (EPE, 2015).

Acompanhando a participação no consumo de energia elétrica, as emissões de dióxido de carbono decorreram principalmente do segmento industrial, seguido do residencial e do comercial. Esses três representam quase 84% do total das emissões do estado do Paraná em 2014 (Figura 1). Não se observaram alterações relevantes nos percentuais de participação dos diferentes segmentos ou fontes de emissão de CO_{2e} entre 2010 e 2014. Em outras palavras, o setor industrial em todos os anos analisados foi o de maior emissão, seguido do residencial, comercial e demais.

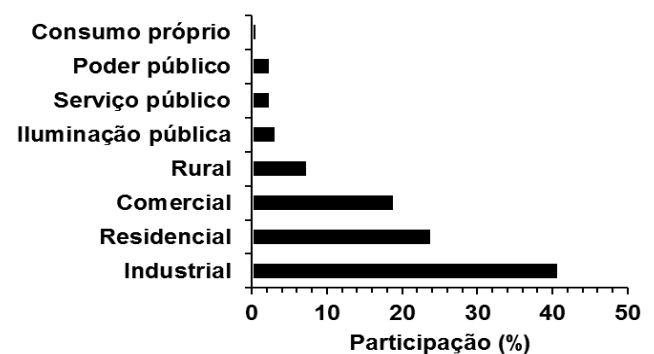


Figura 1. Participação das diferentes atividades socioeconômicas nas emissões em CO_{2e} decorrentes do consumo de energia elétrica no estado do Paraná no período 2010 a 2014.

Tabela 3. Emissões em CO_{2e} decorrentes do consumo de energia elétrica no estado do Paraná no período 2010 a 2014

Ano →	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Residencial	308.152	184.396	434.504	670.646	997.721	2.595.419
Industrial	545.254	322.906	741.560	1.140.398	1.640.642	4.390.760
Comercial	233.912	143.422	343.589	527.459	806.586	2.054.968
Rural	92.404	55.433	134.641	203.466	310.333	796.277
Poder público	32.058	18.872	43.862	65.690	96.326	256.808
Iluminação pública	42.424	25.048	58.234	89.747	132.897	348.350
Serviço público	32.208	19.196	45.044	67.424	99.782	263.655
Consumo próprio	11.782	6.116	13.270	21.964	33.145	86.277
Total	1.298.194	775.388	1.814.705	2.786.794	4.117.433	10.792.514

Fonte: Adaptado de EPE (2015).

O estado do Paraná possui um consumo médio per capita de energia elétrica da ordem de 2,54 MWh.ano⁻¹ no período 2010-2014, valor esse um pouco abaixo da média nacional, que em 2014 foi de 2,63 MWh.ano⁻¹ (EPE, 2015) e bem inferior à média mundial, que é de 3,105 MWh.ano⁻¹ (base 2013) (WORLD BANK, 2014). Porém, o consumo per capita vem crescendo nos últimos anos, passando de 2,35 em 2010 para 2,73 MWh.ano⁻¹ em 2014, ou seja, um acréscimo de pouco mais de 16%. Isso quer dizer que as pessoas e as organizações em geral estão utilizando mais energia elétrica em seu cotidiano. Possivelmente, o crescimento do PIB mais favorável nesse período tenha estimulado esse aumento de consumo, o que pode não se confirmar em períodos futuros, tendo em vista a situação econômica desfavorável nos últimos 2 anos.

Para cálculo das emissões de GEE no setor elétrico utiliza-se o *mix* da matriz energética do SIN, não existindo atualmente a divulgação de valores diferenciados por estados ou regiões. Conforme previamente mencionado, esse valor médio nacional atualmente está em 0,1355 tCO_{2e}.MWh⁻¹, que é a intensidade de carbono do sistema brasileiro. Apesar de ter crescido muito nos últimos 5 anos, esse fator de emissão ainda está bem abaixo da maioria dos países, particularmente nos emergentes, como China, Índia e África do Sul (BRANDER et al., 2011). Isso se deve à predominância da hidroeletricidade em detrimento de outras formas de gerar energia elétrica no Brasil. Por isso o País possui menor pegada de carbono nesse segmento e comparativamente com melhor performance ambiental, pelo menos sob a ótica das emissões de GEE. Esse perfil mais “verde” de geração de energia elétrica vem perdendo força no Brasil nos últimos

anos devido ao uso das termelétricas. Por ser o maior produtor de energia hidrelétrica do Brasil, o Paraná contribui positivamente nessa pegada de carbono dentro do setor elétrico.

Tanto a produção quanto o consumo de energia provocam impactos ao ambiente e às comunidades humanas. Esses impactos incluem a perda direta de vegetação pela supressão da mesma para limpeza do reservatório, emissões de GEE pela decomposição de árvores mortas por inundação, efeitos sobre os povos indígenas e às demais comunidades ribeirinhas, entre outros (FEARNSIDE, 2006; VIANA, 2014; SOUZA; RAVENACANETE, 2015). Dentre os impactos ambientais mais significativos, se destacam as alterações climáticas (CASTRO et al., 2012). Quando se considera o ciclo de vida da geração hidrelétrica, esses impactos podem ser muito maiores (PIEKARSKI et al., 2013).

Apesar de todos os seus problemas ambientais, sociais e políticos (LOUREIRO; PEREIRA, 2014), a geração de energia hidrelétrica é fundamental para o País manter baixas as emissões de GEE nesse segmento quando comparadas às de outros países emergentes e ao resto do mundo em geral. Assim, alicerçado nos compromissos assumidos pelo País nos acordos internacionais sobre o clima, o Brasil deve buscar a redução do seu fator de emissões de GEE na produção de energia elétrica. Nesse contexto, o Paraná tem se destacado pela produção de energia elétrica de origem hidráulica.

Além de expandir a oferta de energia hidráulica com menores impactos ambientais, outras modalidades de energia elétrica devem ser estimuladas e adotadas, tais como a solar, a eólica, a biomassa, entre outras. Entretanto, há que se considerar que essas energias

também não estão livres de gerar impactos socioambientais. O armazenamento da energia solar é pouco eficiente quando comparado aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) e à energia hidrelétrica, o que remete à necessidade de substituição periódica de baterias com metais pesados e de descarte problemático (IPEA, 2011).

A energia eólica também gera impactos, os quais incidem sobre os meios físico, biótico e socioeconômico (MOURA-FÉ; PINHEIRO, 2013), o mesmo acontecendo com a biomassa, pautada principalmente no cultivo da cana-de-açúcar e do eucalipto. O cultivo da cana-de-açúcar, por exemplo, é responsável por cerca de 98% das emissões de gases provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil (FERNANDES et al., 2013).

É crescente o uso de combustíveis fósseis para produzir energia elétrica no Brasil. Como o custo de emitir CO_{2e} no País ainda é zero há uma tendência de que esses combustíveis tenham espaço importante no *mix* de energia elétrica, principalmente em tempos de menor geração hidráulica. A introdução de um preço pelas emissões de GEE poderia promover o uso de fontes renováveis (LOSEKANN et al., 2013). Apesar da necessidade de reduzir as emissões de GEE para atender os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, o plano energético oficial para 2030, preparado para o governo brasileiro, prevê um aumento relativo na geração térmica utilizando gás natural, carvão e energia nuclear (RICOSTI; SAUER, 2013).

O Paraná vem ampliando a sua geração de energia, utilizando oleaginosas e dejetos em usinas a biogás, e também investigando o potencial de microalgas para produção energética, entre outras. Em termos de energia elétrica, ainda predomina largamente a energia hidráulica, notadamente pela grande produção de Itaipu. A principal fonte geradora de energia elétrica do Paraná (e do Brasil) continuará a ser a hidráulica, mesmo que os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais (ROCHA, 2014).

Existe um leque de possibilidades de fontes de energia para geração de eletricidade no Brasil e no Paraná. Entre essas, as renováveis têm melhor apelo ambiental em geral e particularmente geram menos emissões de GEE. A questão é como melhor utilizar esse *mix* energético de forma economicamente viável, socialmente adequada e ambientalmente responsável. Via de regra a opção mais fácil e imediatista é a eleita e não a realmente melhor entre elas do ponto de vista da busca pela sustentabilidade.

Para gerar 1 MWh de energia elétrica no Brasil dentro dos padrões atuais (com 63,24% hidráulica) a emissão seria de 0,1355 tCO_{2e}. Se a mesma energia fosse gerada com gás natural a emissão seria de 0,599, com óleo combustível de 0,893 e com carvão 0,955 tCO_{2e} (FRIDLEIFSSON et al., 2008). Esses valores se referem exclusivamente à emissão associada à combustão. Por outro lado, as emissões da energia elétrica precisam ser melhor contabilizadas, pois existem outras emissões, como as de metano nos vertedouros, que são negligenciadas (KEMENES et al., 2007; KEMENES et al., 2008a; KEMENES et al., 2008b; SHINDELL et al., 2009).

Estudos mais amplos e aprofundados sobre o ciclo de vida desses insumos energéticos e das emissões de GEE associadas à geração de energia elétrica no Brasil são cruciais para tentar resolver a equação energética sob a ótica das mudanças climáticas e dos compromissos brasileiros perante a comunidade internacional. Ademais, inovar e buscar exemplos bem-sucedidos para geração e distribuição inteligente de energia são ações indispensáveis para reduzir as emissões de CO_{2e} no setor elétrico (ABDALLAH; EL-SHENNAWY, 2013).

CONCLUSÕES

As emissões de CO_{2e} associadas ao consumo de energia elétrica no estado do Paraná triplicaram em 5 anos. Esse aumento está associado ao crescimento da população, ao maior consumo de energia elétrica per capita e principalmente à elevação do valor do fator de emissão ocorrido nos últimos 5 anos;

O valor do fator de emissão da energia elétrica subiu muito nos últimos anos em decorrência da maior participação de combustíveis fósseis na matriz elétrica do País como resultado da crise hídrica;

Há necessidade de reforçar a participação de energias renováveis na geração de energia elétrica no Brasil para frear a tendência de aumentos das emissões de GEE dessa atividade nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, L.; EL-SHENNAWY, T. Reducing carbon dioxide emissions from electricity sector using smart electric grid applications. *Journal of Engineering*, v. 2013, p. 1-8, 2013.

CASTRO, N. J.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. A. **O setor elétrico brasileiro e os compromissos de reduções das emissões de gases do efeito estufa**. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico – UFRJ. Texto de Discussão do Setor Elétrico, n. 46, 2012. 26 p. Disponível em: <<http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/tdse/TDSE46.pdf>>. Acesso em: 02/07/2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Anuário estatístico de energia elétrica 2015, ano base 2014**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. 230 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Fo rms/Anurio.aspx>>. Acesso em: 02/07/2016.

FRIDLEIFSSON, I. B.; BERTANI, R.; HUENGES, E.; LUND, J. W.; RAGNARSSON, A.; RYBACH, I. The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change. In: O. Hohmeyer and T. Trittin (Eds.) IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources, **Proceedings**, Luebeck, Germany, 2025 January 2008, 59-80. Disponível em: <http://grsi.gr.jp/iga/iga-files/Fridleifsson_et_al_IPCC_Geother mal_paper_2008.pdf>. Acesso em: 02/07/2016.

FEARNSIDE, P. M. A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu. **Ciência Hoje**, v. 38, n. 225, p. 60-63, 2006.

FEARNSIDE, P. M. Gases de efeito estufa no EIA-RIMA da hidrelétrica de Belo Monte. **Novos Cadernos NAEA**, v. 14, n. 1, p. 5-19, 2011.

FERNANDES, A. V. B.; DÓREA, J. A. O.; AMORIM, J. R. R.; PEREIRA, S. M. B.; LEITE, M. S.; ARAUJO, P. J. P. Aplicação de programação para redução da emissão de CO₂ pela queima de biomassa: cultura da cana-de-açúcar. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 16, p. 79-95, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS APLICADAS – IPEA. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011. 438 p.

KEMENES, A.; FORSBERG, B. R.; MELACK, J. M. Methane release below a tropical hydroelectric dam. **Geophysical Research Letters**, v. 34, p. 1-5, 2007.

KEMENES, A.; FORSBERG, B. R.; MELACK, J. M. As hidrelétricas e o aquecimento global. **Ciência Hoje**, v. 41, n. 145, p. 20-25, 2008a.

KEMENES, A.; FORSBERG, B. R. Potencial ampliado: Gerado nos reservatórios, gás de efeito estufa pode ser aproveitado para produção de energia em termoelétricas. **Scientific American Brasil**, n. 2, p. 18-23, 2008b.

LOSEKANN, L.; MARRERO, G.; REAL, F. J. R.; ALMEIDA, E. L. F. Efficient power generating portfolio in Brazil: conciliating cost, emissions and risk. **Energy Policy**, v. 62, p. 301-314, 2013.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. **Fatores de Emissão de CO₂ do Sistema Interligado Nacional do Brasil**. 2016. Disponível em: Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764/Fatores de Emissao de CO sub 2 sub do Sistema Interligado Na cional do Brasil.html](http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764/Fatores_de_Emissao_de_CO_sub_2_sub_do_Sistema_Interligado_Na_cional_do_Brasil.html)>. Acesso em: 02/07/2016.

MOURA-FÉ, M. M.; PINHEIRO, M. V. A. Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados. **Revista Geonorte**, v. 9, n. 1, p. 22-41, 2013.

PARANÁ. **Inventário de Emissões de GEE do Paraná**. Curitiba: SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2014. 30 p. Disponível em: <<http://www.meioambiente>

[.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=360](http://pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=360)>.

Acesso em: 02/07/2016.

PASQUAL, J.C.; ANAYA, R.P.; LEY, A.L.; ZINIGA-TERRAN, A.A.; PERALTA LUGO, Y.; MEJIA SANTELLANES, J.A. Implications and challenges for the energy sector in Brazil and Mexico to meet the carbon emission reductions committed in their INDC during the COP 21-CMP11. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 37, p. 31-46, 2016.

PIEKARSKI, C. M.; FRANCISCO, A. C.; LUZ, L. M.; BASTIANI, J. A. ZOCHE, L. Aplicação da ACV na matriz elétrica brasileira: Uma análise multi-cenários em termos de mudança climática, qualidade de ecossistema, saúde humana e recursos. **Espacios**, v. 34, n. 4, p. 1-9, 2013.

RICOSTI, J. F. C.; SAUER, I. L. An assessment of wind power prospects in the Brazilian hydrothermal system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 742-753, 2013.

ROCHA, M. A. B. F. Matriz energética do Estado do Paraná. **Revista FAE**, v. 17, n. 2, p. 42-55, 2014.

SHINDELL, D. T.; FALUVEGI, G.; KOCH, D. M.; SCHMIDT, G. A.; UNGER, N.; BAUER, S. E. Improved attribution of climate forcing to emissions. **Science**, v. 326, p. 716-718, 2009.

SOUZA, C.L.; RAVENA-CAÑETE, V. Impactos ambientais e mudanças sociais decorrentes da construção de barragem: O cenário da pesca artesanal no lago da UHE de Tucuruí/PA. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, p.1-5, 2015.

VIANA, C.M. A Trilha de Papéis da Usina Hidrelétrica de Belo Monte: tecnologias de cálculo e a obliteração da perspectiva dos povos impactados. **Antropológicas**, v. 25, n. 2, p.22-40, 2014.

WORLD BANK. **Electric power consumption (kWh per capita)**. 2014. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>>. Acesso em: 03/07/2016.