

# AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE DESEMPENHO AMBIENTAL NA SUBSTITUIÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA ORIGINADA DE FONTES NÃO RENOVÁVEIS PELA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

GIA / Tiago Chagas de O. Tourinho



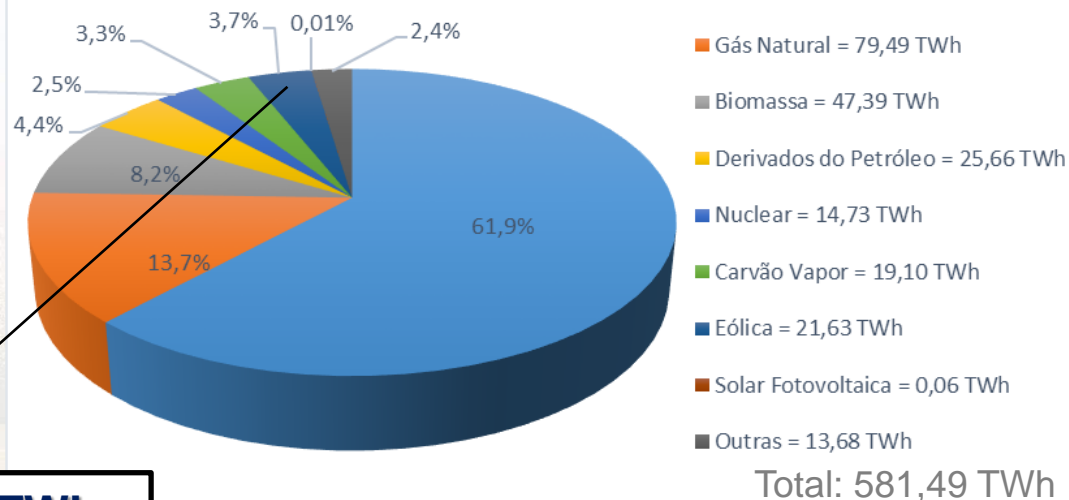
# INTRODUÇÃO

Em 2015:

Emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiram **462,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente**,

Setor elétrico: emissão, em média, de **139,6 kg CO<sub>2</sub>/ MWh**.

## Geração de Eletricidade por Fonte



A fonte eólica produziu **21,6 TWh**.

- Capacidade Eólica: 10.564
  - 400 usinas instaladas no p
  - Potencial eólico-elétrico di
  - Geração elétrica: 272,2 TW
  - Substituição de tecnologia
  - CO<sub>2</sub>;
  - Possibilidade de outros as
- 
- Ferramentas de gestão:  
(ACV) – ISO 14040.

Segunda edição  
21.05.2009

Válida a partir de  
21.06.2009

Versão Corrigida  
21.07.2014

## Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura

*Environmental management – Life cycle assessment – Principles and  
framework*

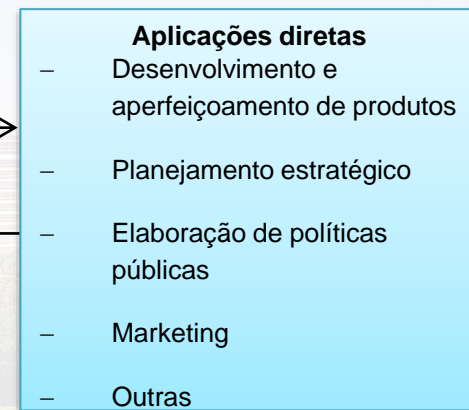
<https://www.portal-energia.com/wp-content/uploads/thumbs/parque-eolico5-696x355.jpg>



# AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)



[http://www.project-sas.com/uploads/1/8/2/3/18230399/lca\\_orig.gif](http://www.project-sas.com/uploads/1/8/2/3/18230399/lca_orig.gif)



Fases de uma ACV  
Adaptado de: ABNT (2009)

## OBJETIVOS

- Realizar uma avaliação comparativa de desempenho ambiental, caso 82,27% da energia elétrica (EE) brasileira proveniente de fontes não renováveis sejam substituídos por energia eólica;



<http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/chamadas/gas-natural-home.jpg>, [https://sc02.alicdn.com/kf/UT8qwCgXzNXXXagOFbXA/Coal-Steam-Coal-Ores-and-Minerals-.jpg\\_350x350.jpg](https://sc02.alicdn.com/kf/UT8qwCgXzNXXXagOFbXA/Coal-Steam-Coal-Ores-and-Minerals-.jpg_350x350.jpg), [http://blogcaminhao.mercedes-benz.com.br/wp-content/uploads/2012/01/biodiesel\\_1.png](http://blogcaminhao.mercedes-benz.com.br/wp-content/uploads/2012/01/biodiesel_1.png)

<https://data.gessulli.com.br/file/2017/09/01/H152830-F00000-L099.jpeg>

- Identificar as categorias de impacto mais afetadas em cada um dos dois processos de produção de EE estudados.

# 2016

- Dados:

# BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL

l ano base 2015

- Sistemas de produto – processos de produção de energia elétrica;
- Unidade funcional (UF) escolhida: a produção de 124248 GWh.

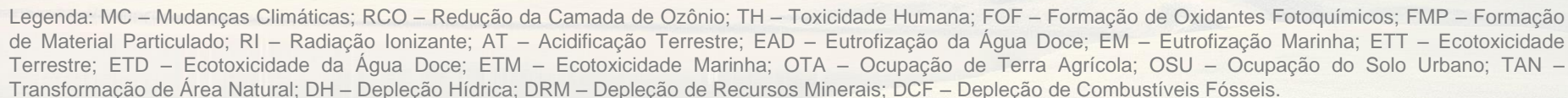
[illegible]

Categoria intermediária	Indicador de categoria			Fator de caracterização
Nome	Nome	Unidade	Unidade	Nome
Mudanças Climáticas	Forçamento radiativo infravermelho	W×ano/m²	kg (CO₂ para o ar)	Potencial de aquecimento global
Redução da Camada de Ozônio	Concentração de ozônio estratosférico	ppt <sup>y</sup> ×ano	kg (CFC-11 para o ar)	Potencial de depleção da camada de ozônio
Acidificação Terrestre	Saturação de base	ano×m²	kg (SO₂ para o ar)	Potencial de acidificação terrestre
Eutrofização na Água Doce	Concentração de fósforo	ano×kg/m³	kg (P para a água doce)	Potencial de eutrofização na água doce
Eutrofização Marinha	Concentração de nitrogênio	ano×kg/m³	kg (N para a água doce)	Potencial de eutrofização marinha
Toxicidade Humana	Dose de risco ponderado	—	kg (14DCB <sup>e</sup> para o ar urbano)	Potencial de toxicidade humana
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	Concentração de ozônio fotoquímico	kg	kg (NMVOC para o ar)	Potencial de formação de oxidantes fotoquímicos
Formação de Material Particulado	Inalação de PM <sub>10</sub>	kg	kg (PM <sub>10</sub> para o ar)	Potencial de formação de material particulado
Ecotoxicidade Terrestre	Concentração de risco ponderado	m²×ano	kg (14DCB para o solo industrial)	Potencial de ecotoxicidade terrestre
Ecotoxicidade da Água Doce	Concentração de risco ponderado	m²×ano	kg (14DCB para a água doce)	Potencial de ecotoxicidade da água doce
Ecotoxicidade Marinha	Concentração de risco ponderado	m²×ano	kg (14DCB para a água salgada)	Potencial de ecotoxicidade marinha
Radiação Ionizante	Dose absorvida	homem×Sv	kg (U <sup>235</sup> para o ar)	Potencial de radiação ionizante
Ocupação de Terra Agrícola	Ocupação	m²×ano	m²×ano (terra agrícola)	Potencial de ocupação de terra agrícola
Ocupação de Solo Urbano	Ocupação	m²×ano	m²×ano (solo urbano)	Potencial de ocupação de solo urbano
Transformação de Área Natural	Transformação	m²	m² (área natural)	Potencial de transformação de área natural
Depleção Hídrica	Quantidade de água	m³	m³ (água)	Potencial de depleção hídrica
Depleção de Recursos Minerais	Diminuição de minério	kg <sup>-1</sup>	kg (Fe)	Potencial de depleção de recursos minerais
Depleção de Combustíveis Fósseis	Poder calorífico inferior	MJ	kg (óleo <sup>y</sup> )	Potencial de depleção de combustíveis fósseis

## METODOLOGIA – PREMISSAS

- Parcelas consideradas na energia térmica substituível (ETS):
  - carvão vapor,
  - gás natural,
  - óleo combustível
  - óleo diesel.
- Energia eólica:
  - oriunda da união europeia,
  - Módulos para as usinas eólicas de 800kW e de 2MW, ambas offshore.
- Dados de entradas (matérias primas) e saídas (emissões, efluentes e resíduos):
  - 820 substâncias, das quais o método contempla 371.

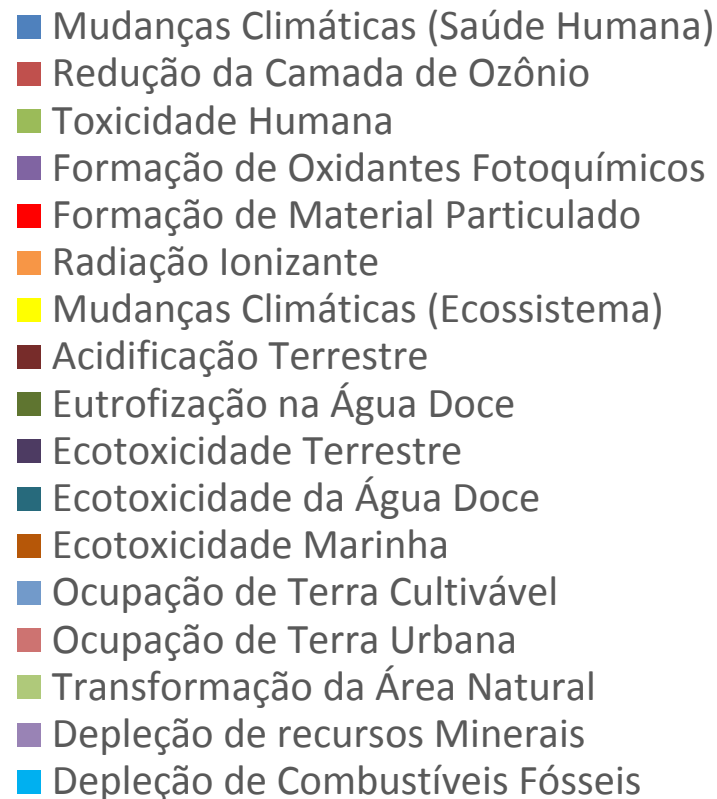




# RESULTADOS NORMALIZADOS E PONDERADOS DOS IMPACTOS



## Pontos (Gpt)



**AV. COMP. DE DESEMP. AMB. NA SUBST. DA E.E. DE FONTES NÃO RENOVÁVEIS PELA GERAÇÃO DE E. EÓLICA**  
**GIA / TIAGO CHAGAS DE OLIVEIRA TOURINHO**



## CONCLUSÕES

- Categorias intermediárias:
  - ETS – maior impacto ambiental potencial em 14: MC, RCO, TH, FOF, FMP, RI, AT, EM, ETT, ETD, ETM, TAN, DH e DCF.
  - Energia Eólica – mais impactante em 4: EAD, OTA, OSU e DRM.
- Pontuações únicas de impacto:
  - redução de **98,32%** de impacto na **substituição de 82,27%** da EE nacional de origem não renovável por EE de fonte eólica na matriz elétrica brasileira: de **33,08** Giga Pontos (GPt) de impacto para **0,56** GPt.

## CONCLUSÕES

- 11 categorias apresentam uma redução de impacto acima de 90%: MCH, RCO, TH, FOF, FMP, MCE, AT, ETT, ETD, ETM e DCF.
- EAD, OTA, OSU e DRM são as categorias mais impactadas pela EE eólica.
- Redução de impacto nas categorias MCH e MCE: **98,60%** para ambas.
- Os resultados obtidos são um produto das premissas adotadas neste estudo. Para outras considerações, novos cálculos devem ser realizados.

## TIAGO CHAGAS DE OLIVEIRA TOURINHO

---

 (21) 2528-3201

 [tchagas@furnas.com.br](mailto:tchagas@furnas.com.br)

### Agradecimentos:

Leticia Costa Manna Leite – Superintendente da GA.E

Renê Gomes Reis Junior – Gerente da GGB.E

André Carlos Prates Cimblaris – Gerente da GEF.E

Ricardo Rodrigues dos Santos Cardoso – Assistente da GA.E

Vera da Silva Vieira Paiva – Assistente da GA.E