



IPAT e Kaya balanço de CO₂

Prof Dr Messias Borges Silva

Curso Engenharia da Sustentabilidade

IPAT e Kaya balanço de CO2

- <https://ourworldindata.org/grapher/kaya-identity-co2>
- O **IPAT** é uma equação que expressa a ideia de que o **impacto ambiental (I)** é o produto de três fatores: **população (P)**, **afluência (A)** e **tecnologia (T)**. Vamos explorar cada um desses componentes:

$$I = P \times A \times T$$

IPAT

- **1 População (P):** Refere-se ao número total de pessoas. A explosão populacional desde o início do século XX é notável. Embora a população mundial deva atingir um pico de cerca de **9,2 bilhões** até o final do século 21, esse crescimento contínuo tem implicações significativas. Para sustentar mais pessoas, precisaremos ampliar as áreas de moradia, o que pode resultar na abertura de mais espaços para construção. Ao mesmo tempo, haverá uma necessidade crescente de recursos como água, alimentos e combustível. O atendimento das necessidades básicas da população em crescimento pode levar ao esgotamento dos recursos naturais e ao aumento das emissões de gases de efeito estufa prejudiciais ao meio ambiente

IPAT

- **2 Afluência (A):** taxa média de consumo dos indivíduos dentro da população. Refere-se à riqueza ou prosperidade econômica. Imagine duas pessoas, A e B:

A vive em uma vila em um país do terceiro mundo, onde não há eletricidade ou automóveis. Sua **pegada ecológica**, que mede a demanda por recursos necessários para sustentar um estilo de vida, é menor.

B vive em um bairro suburbano nos Estados Unidos, dirige um SUV diariamente e depende da eletricidade para todas as atividades, desde preparar o jantar até o ar condicionado em casa. A pegada ecológica de B é significativamente maior.

A riqueza e o padrão de consumo afetam diretamente o impacto ambiental. Quanto mais próspera uma sociedade, maior a demanda por recursos e energia. Portanto, a aflluência é um fator crítico na equação IPAT

Família A



Source: Menzel, 2005

Família B



Source: Menzel, 2005

A Afluência entre A e B são significativamente diferentes



A



B

A **afluência (A)** na equação IPAT refere-se ao **nível médio de consumo por pessoa**. Ela captura o padrão de vida e a intensidade de consumo dos indivíduos, sendo geralmente expressa como um valor monetário, como PIB per capita, ou por consumo médio de bens e serviços.

Para determinar a afluência:

Escolha a **Métrica Apropriada**: A métrica pode variar dependendo do foco do estudo. Exemplos incluem consumo **energético per capita**, **consumo de água per capita**, **PIB per capita**, entre outros.

Exemplo de Afluência

- Suponha que estamos analisando o consumo de eletricidade em um país. O consumo total de eletricidade no país foi de 300 bilhões de kWh no último ano, com uma população de 50 milhões de pessoas.
- **Consumo Total (em kWh):** 300 bilhões
- **População Total:** 50 milhões

$$A = \frac{300,000,000,000 \text{ kWh}}{50,000,000 \text{ pessoas}} = 6.000 \text{ kWh por pessoa por ano.}$$

IPAT

3 Tecnologia (T): Refere-se aos avanços tecnológicos e à eficiência no uso de recursos. Tecnologias mais limpas e sustentáveis podem reduzir o impacto ambiental. Por outro lado, tecnologias ineficientes ou poluentes podem agravar os problemas ambientais. Portanto, a inovação tecnológica desempenha um papel crucial na equação IPAT.

- Em resumo, o IPAT nos ajuda a compreender como a interação entre população, riqueza e tecnologia afeta o meio ambiente.

Exemplo

- Vamos considerar um exemplo em que queremos calcular o **impacto das emissões de CO₂ por kWh de eletricidade gerada**.
- **Emissões totais de CO₂ (em toneladas):** 200 milhões de toneladas
- **Consumo total de eletricidade (em kWh):** 300 bilhões kWh
- Vamos calcular a tecnologia (T) neste caso.
- **$T = (200.000.000 / 300.000.000.000) = 0,00067$** toneladas de CO₂ por kWh de eletricidade gerada

$$I = P \times A \times T$$

Onde:

- **I**: Impacto ambiental
- **P**: População (número de pessoas)
- **A**: Afluência (consumo médio per capita)
- **T**: Tecnologia (impacto ambiental por unidade de consumo)

Exemplo

População (P): 100 mil pessoas

Afluência (A): 30 unidades de consumo por pessoa

Tecnologia (T): 0,5 unidade de impacto por unidade de consumo

Podemos calcular o impacto ambiental (I) usando a fórmula:

$$I = 100.000 \times 30 \times 0,5$$

O impacto ambiental calculado com esses valores é de 1.500.000 unidades

Identidade KAYA

- A identidade Kaya é uma expressão matemática usada para analisar as emissões de dióxido de carbono (CO_2) a partir de diferentes fatores. É uma **modificação da identidade IPAT**, mas focada nas emissões de CO_2 provenientes da geração de energia

Identidade de Kaya

$$\text{Emissões de CO}_2 = P \times \frac{\text{PIB}}{P} \times \frac{\text{Energia}}{\text{PIB}} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{Energia}}$$

Onde:

- **P**: População
- **PIB/P**: PIB per capita
- **Energia/PIB**: Intensidade energética (energia usada por unidade de PIB)
- **CO₂/Energia**: Intensidade de carbono (emissões de CO₂ por unidade de energia)

Exemplo

- Vamos calcular as emissões de CO₂ para um país com os seguintes valores:
- **População (P):** 50 milhões
- **PIB per capita:** \$10.000
- **Intensidade energética (Energia/PIB):** 0,1 kWh/USD = 0,0001MWh
- **Intensidade de carbono (CO₂/Energia):** 0,5 toneladas CO₂/MWh
- **Emissões de CO₂** = $50.000.000 \times 10.000 \times 0,0001 \times 0,5 = 25.000.000$ de ton CO₂

Exemplo estimativo para Brasil com base no ano de 2021

1.População (P): 213 milhões

2.PIB per capita por volta de: \$8.000 USD

3.Intensidade Energética (Energia/PIB): 0,08 kWh/USD = 0,00008 MWh/USD

4.Intensidade de Carbono (CO₂/Energia) baseada em dados históricos: 0,3 toneladas CO₂/MWh

Emissões de CO₂ = 40.896.000 tonCO₂ aprox. 40,9 milhões de ton CO₂

Calculadora de CO2

- <https://idesam.org/calculadora/>
- <https://carbonlifecycle.org/pt/calculadora-de-co2>



Trabalho em Grupo de até 3 pessoas

- Você está como Engenheiro(a) numa reunião internacional sobre Sustentabilidade e defenderá interesses da América do Sul e proporá ações de âmbito regional e mundial.
- Foi solicitado que na primeira reunião o representante de cada país leve os dados de seu país, para início das discussões, com as seguintes informações:

1.População (P):

2.PIB per capita por volta de: \$USD

3.Intensidade Energética (Energia/PIB): MWh/USD.

4.Intensidade de Carbono (CO₂/Energia) baseada em dados históricos: toneladas de CO₂/MWh

- **Cálculo das emissões de CO₂ usando a identidade de Kaya**

$$\text{Emissões de CO}_2 = P \times \frac{\text{PIB}}{P} \times \frac{\text{Energia}}{\text{PIB}} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{Energia}}$$

Sites da web importantes

- <https://ourworldindata.org/grapher/kaya-identity-co2>
- <https://www.climatecentral.org/>
- www.ipcc.ch
- viable.Earth
- sdgs.un.org
- sustainabilitymag.com
- zerowastehome.com
- inhabitat.com
- **Worldometer:** Worldometer.info
- <https://worldpopulationreview.com/>
- <https://www.energystar.gov/>
- <https://sustainability.google/reports/>
- <https://www.sustainability.com/>
- <https://resustainability.com/>
- https://energy.feedspot.com/sustainability_blogs/
- <https://www.epa.gov/sustainability>
- <https://greencitizen.com/blog/sustainable-bloggers/>
- <https://statisticstimes.com/demographics/south-american-countries-by-population.php>

Países	Grupo
Argentina;	
Bolívia;	
Brasil;	
Chile;	
Colômbia;	
Equador;	
Guiana;	
Paraguai;	
Peru;	
Suriname;	
Uruguai;	
Venezuela	