Indicadores Econômicos e Ambientais para Análise Países com Investimento em Tecnologias Limpas em suas Matrizes Energéticas

Diego Lilargem Rocha

André Gomes de Lima

Geísa Pereira Marcilio Nogueira

João José de Assis Rangel

Grupo de Trabalho: ST3. Transformações econômicas recentes: Crise, Indústria do Petróleo e Portos.

Resumo: O presente trabalho propôs uma análise de três países desenvolvidos e quatro países não desenvolvidos a partir de indicadores econômicos e ambientais. Os países selecionados foram: Nova Zelândia, Islândia, Quênia, Uruguai, Brasil, Estados Unidos e China. A escolha objetivou contemplar os países que têm avançado em tecnologias alternativas. Na busca por fontes de energia sustentáveis, foi selecionado pelo menos um país de cada continente. O Brasil, um dos países não desenvolvidos, fará parte deste estudo para salientar o seu posicionamento frente aos demais países analisados. Os países escolhidos pertencem a diferentes continentes e têm história, clima e cultura distintas uns dos outros, porém se assemelham na busca por fontes energéticas renováveis para suprir sua demanda. O artigo apresenta as fontes energéticas utilizadas por cada país e suas respectivas identidades de Kaya. Os países são comparados entre si por indicadores como Produto Interno Bruto, Índice de Desenvolvimento Humano, suprimento de energia primária e emissões de CO_2. Os resultados indicaram que os países desenvolvidos já estão mais avançados quanto aos níveis de eficiência energética, com menor degradação ambiental devido a utilização de fontes limpas de energia.

Palavras-chave: Emissão de CO_2. Demanda Energética. Sustentabilidade. Consumo energético. PIB. Kaya. Desenvolvimento.

1. Introdução

Segundo Gvces (2015), o uso de indicadores de intensidade em nível global se faz importante pelo fato de demonstrar a evolução em fatores sociais, econômicos e ambientais de um país, visto a necessidade do crescimento econômico sem detrimento da parte ambiental. A Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency* -IEA) disponibiliza anualmente indicadores econômicos e ambientais de todos os países para salientar as diferenças entre as fontes energéticas utilizadas por eles de acordo com a sua localização geográfica, nível de desenvolvimento, demanda, riquezas naturais, estilo de vida da população, aspectos culturais e outros fatores que variam de um país para o outro.

Os países desenvolvidos escolhidos para comparação foram: Nova Zelândia, Islândia e Estados Unidos da América (EUA), e os não desenvolvidos foram: Quênia, Uruguai, Brasil e China. A escolha objetivou contemplar os países que têm avançado em tecnologias alternativas; foi escolhido pelo menos um de cada continente. Cada um desses países citados tem apresentado importante avanço em energias alternativas, cada um por diferentes razões, que serão explicitadas adiante. A classificação utilizada sobre quais países são desenvolvidos e não desenvolvidos é baseada nos dados da IEA, a qual serviu como fonte de dados utilizada na demonstração dos indicadores (IEA - Statistics Search, 2017).

Nos últimos anos, muitos avanços foram possíveis a partir do uso das energias provenientes dos combustíveis fósseis, com ênfase no petróleo e no carvão. Contudo, esse uso provocou elevação nos níveis de emissões de gases do efeito estufa, nocivos à atmosfera, que vêm causando diversas mudanças climáticas. Por isso, percebe-se a grande importância de se estudar formas de obtenção de energia limpa com foco na redução dessas emissões (GOLDEMBERG, 2000).

Diante do que foi exposto, o objetivo deste artigo é analisar os indicadores econômicos e ambientais dos países selecionados, a fim de identificar as mudanças ocorridas nos mesmos em virtude da implementação de matrizes energéticas mais limpas; e como isso beneficiou os países em termos de crescimento e desenvolvimento sustentável.

O artigo foi organizado da seguinte forma: a sessão 2 descreve os materiais e métodos utilizados na pesquisa. A sessão 3 compreende os resultados e discussões com apresentação dos inicadores de consumo energético, índices de Kaya, intensidade de emissão de CO_2 (CO_2/PIB) e análises comparativas entre os países. Por fim, a sessão 4 dispõe sobre as considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

2. Metodologia

A fim de estudar o comportamento dos países selecionados, foram utilizados diversos indicadores e gráficos que apresentam a evolução dos países citados. Apresenta-se um modelo gráfico do comportamento dos países desenvolvidos e dos não desenvolvidos a partir da relação entre a fonte energia primária utilizada e o Produto Interno Bruto (PIB) ao longo dos anos. O suprimento de energia primaria representa a energia do país, considerando o que é produzido internamente e o que é importado. Destaca-se ainda que o suprimento de energia anual de cada país é demonstrado a partir da participação de cada fonte energética separadamente.

Será demonstrada a identidade de Kaya de cada país. Kaya (1989) estabelece uma equação que mostra a emissão de CO_2 por meio do PIB per capita, intensidade energética e intensidade carbônica de energia, e população conforme visto na Equação 1. Para a elaboração do gráfico de Kaya, toma-se como referência o primeiro ano sob análise e os demais são divididos pelo ano inicial (ou ano base). Com isso, é possível observar as mudanças ocorridas no país em diversos aspectos.

$$C = P\, x \frac{PIB}{P} x \frac{E}{PIB} x \frac{C}{E} \qquad (1)$$

Em que:

C: corresponde às emissões de CO_2, em $MtCO_2$;

P: corresponde à população, em milhões de pessoas;

PIB: é o Produto Interno Bruto , em bilhão de dólares americanos em 2010;
E: corresponde ao supimento de energia primária, em Mtoe (Mega toneladas de petróleo equivalente);
PIB/P: PIB per capita, em mil dólares americanos em 2010 per capita;
E/PIB: intensidade energética, em tonelada de petróleo equivalente por mil dólares americanos em 2010;
C/E: intensidade de CO_2,em toneladas de CO_2 por tonelada de petróleo equivalente.

Foram demonstrados gráficos dos sete países abordados quanto ao suprimento de energia primária em relação ao tempo, que significa a evolução de energia primária de cada país, sendo observada a principal fonte de energia utilizada em cada um deles.

A fim de relacionar as informações da qualidade de vida nos países escolhidos com a matriz energética, esse artigo também apresenta outros dois gráficos utilizando o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH): o primeiro relaciona o IDH com a energia primaria requerida total per capita, e o segundo relaciona o IDH com o consumo de energia elétrica per capita. O último gráfico demonstrado analisa a variação das emissões de CO_2, intensidade de emissão de CO_2 e as emissoões per capita no período de 1990 a 2014, entre os países desenvolvidos e o Brasil.

3. Resultados e discussões

A Figura 1 relaciona a evolução energia primária requerida dos países pelos respectivos PIBs entre 1990 e 2014. A relação entre a energia primária e o PIB mostra a energia primaria dividida pelas riquezas que geram receita para os países. Uma possível explicação para a tendência das curvas do gráfico é a de que os países não desenvolvidos aumentaram mais o PIB, ao longo dos últimos anos, comparado à energia primária, assim, as curvas têm um comportamento decrescente. Nos países desenvolvidos, essa relação também é decrescente, só que em uma taxa menor do que os não desenvolvidos . Também é interessante destacar o porquê dos países desenvolvidos estarem abaixo dos não desenvolvidos no gráfico. A relação se deve ao fato de os países desenvolvidos têm um PIB maior que o dos países não desenvolvidos.

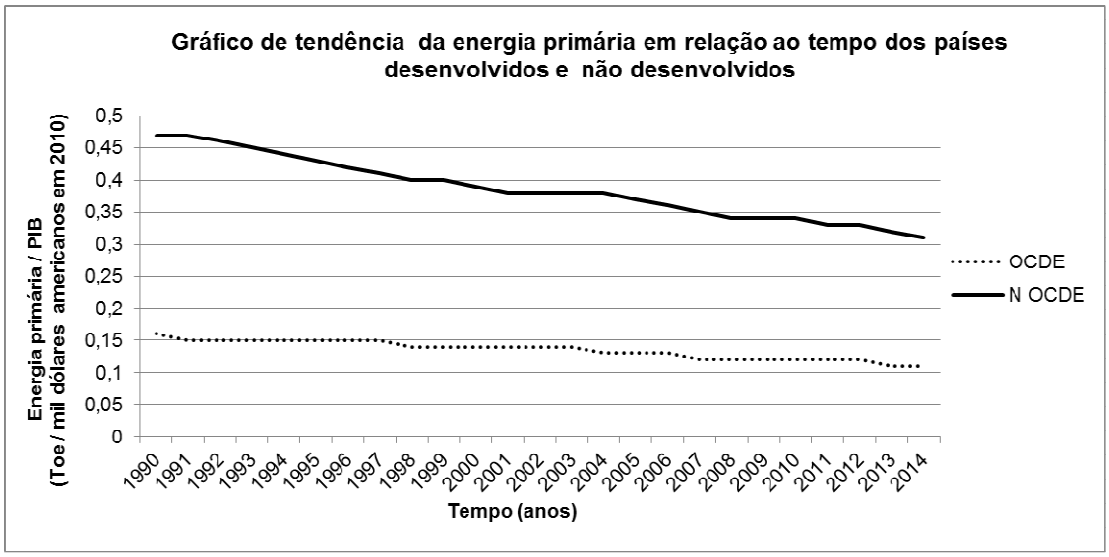

Figura 1: Energia primária / PIB dos países da OCDE e não OCDE.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

3.1. Suprimento total de energia primária e identidade de Kaya

Nova Zelândia

A matriz energética da Nova Zelândia vem se diversificando ao longo dos últimos anos. Desde 2005, o país aumentou o uso de energias alternativas, como indicado na Figura 2. Como o país é formado por diversas ilhas muito pequenas, e algumas delas estão localizadas muito longe das áreas mais desenvolvidas, elas possuíam como principal fonte de energia geradores a óleo diesel. Isso gerava uma série de custos para a Nova Zelândia e impactos ao meio ambiente. Portanto, visando reduzir esses impactos, o país estimulou a implementação de fontes energéticas limpas, como a solar (MILLER *et. al* , 2015).

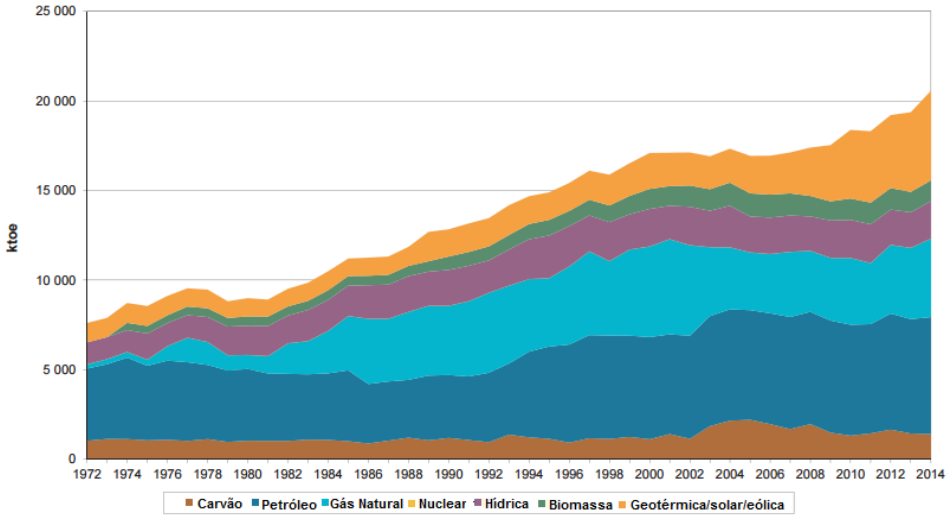

Figura 2: Energia Primária da Nova Zelândia.
Fonte: Adaptado da IEA (2017).

Houve, ainda, um aumento no uso de gás natural e de petróleo no início dos anos de 1990. Tal aumento é explicado pelo aumento populacional; para atender à demanda de pessoas, foi necessário aumentar a produção energética. Na Figura 3, observa-se o gráfico de Kaya da Nova Zelândia, que demonstra bem essas mudanças. Por se tratar de um país desenvolvido, houve uma queda dos indicadores de intensidade energética (Energia primária/PIB) e de intensidade de CO_2 (Emissão/Energia primária) em virtude do aumento do PIB e da energia primária. É possível percerber que as emissões cresceram quando comparado ao ano de 1990, no entanto, recentemente, este país vem apresentando um cenário de redução de suas emissões, a partir do ano de 2006.

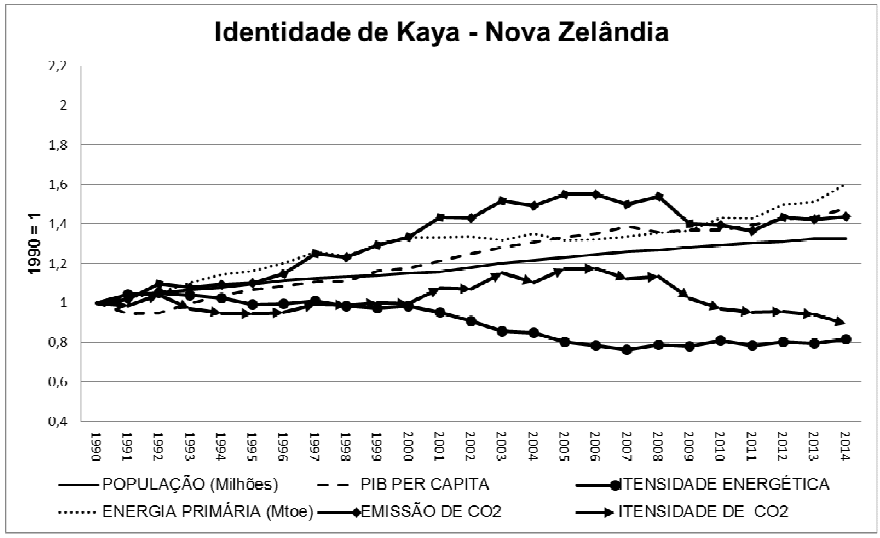

Figura 3: Identidade de Kaya da Nova Zelândia.

Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017)

Islândia

As fontes utilizadas para o consumo energético da população são o carvão, petróleo, hidríca e a energia geotérmica, sendo esta a principal. A Figura 4 demonstra o suprimento de energia primária da Islândia.

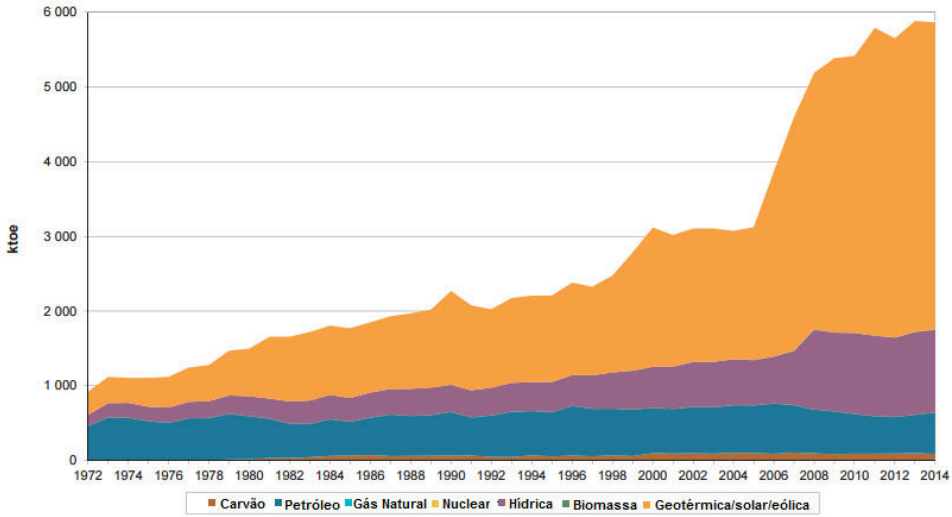

Figura 4: Energia Primária da Islândia.
Fonte: Adaptado da IEA (2017).

Por se tratar de um país com incidência de muitos *geiseres* e fontes termais, a Islândia criou tecnologias com capacidade de aproveitar o calor subterrâneo para gerar energia. Há décadas, a Islândia fez a transição das fontes fósseis para fontes mais limpas explorando o potencial do seu território (SHORTALL; KHARRAZI, 2017).

A partir de 2005, houve um aumento do número de usinas geotérmicas, razão pela qual essa fonte de energia aumentou. Tal comportamento pode ser observado na identidade de Kaya apresentada na Figura 5. A energia primária aumentou, porém, a intensidade de CO_2 apresentou uma queda representativa e as emissões de CO_2 também caíram, por se tratar de uma tecnologia limpa.

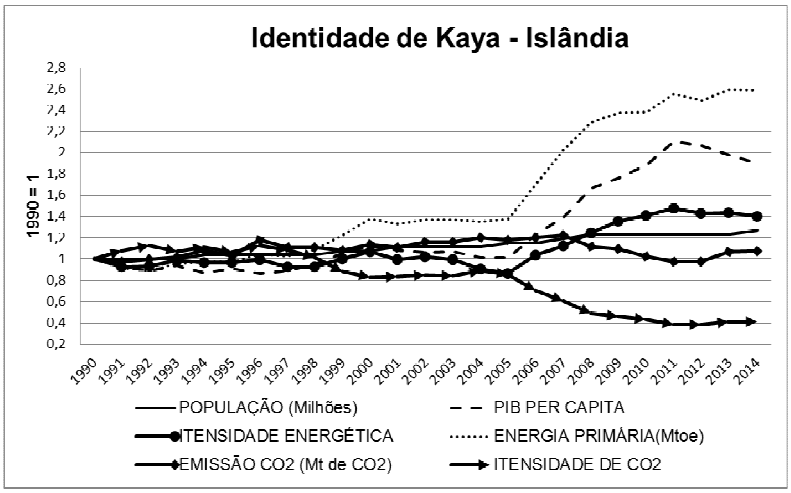

Figura 5: Identidade de Kaya da Islândia.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

Quênia

A matriz energética do Quênia apresenta dois aspectos interessantes. O primeiro é que consiste em sua grande parte em biomassa, que representou o maior aumento nos últimos anos, e o segundo é sua diferenciação entre os demais países africanos pelo investimento em energias provenientes de fontes renováveis desde os anos de 1980. A Figura 6 ilustra o suprimento de energia primária do Quênia.

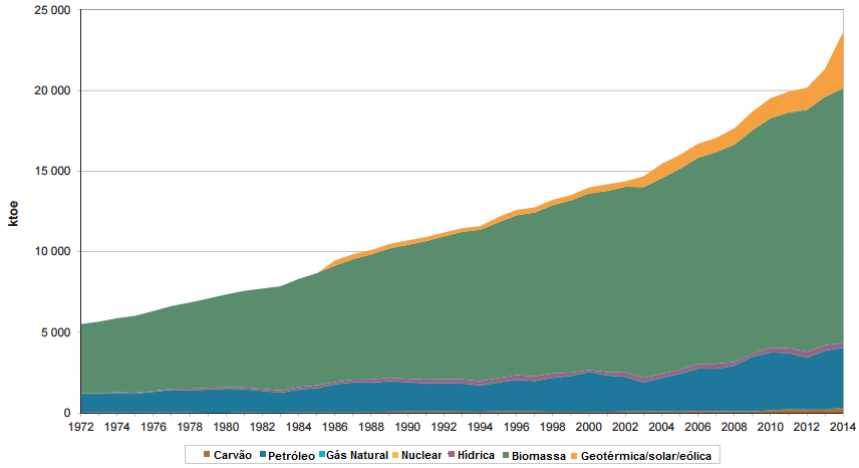

Figura 6: Energia Primária do Quênia.
Fonte: Adaptado da IEA (2017).

O país vem realizando, há algumas décadas, investimentos em fontes de energias renováveis, com o intuito de tornar sua matriz energética mais diversificada e com maior quantidade de energia limpa (WONG; TAN, 2015). No entanto, vale ressaltar que o Quênia também aumentou um pouco sua energia à base de petróleo. O cenário ideal seria uma substituição adicionando energia renovável e reduzindo o

uso das não renováveis. A energia geotérmica, do complexo de Olkaria, por exemplo, gera energia limpa aproveitando o calor da região vulcânica do país (OMENDA; SIMIYU, 2015). As usinas hidrelétricas são uma das fontes de eletricidade que cresceram no Quênia. Contudo, não são as mais utilizadas devido às frequentes secas que prejudicam significativamente a geração de energia, provocando frequentes quedas de energia e grandes prejuízos econômicos.

A Figura 7 mostra a identidade de Kaya do Quênia. Ao analisá-la, percebe-se que este país vem obtendo um comportamento que é indesejável, onde as suas emissões estão em um sentindo ascendente enquanto seu PIB per capita em um sentido descendente. A energia primária aumentou nos últimos anos, no entanto, suas intensidades energéticas e de CO_2 continuaram praticamente constantes. O crescimento populacional foi um fator-chave para o elevado crescimento das emissões, visto que houve praticamente uma duplicação da população desse país.

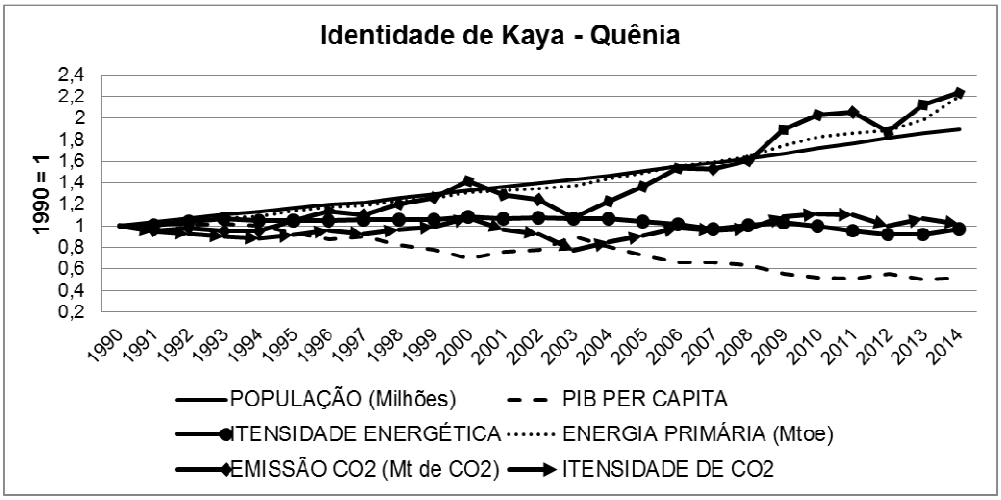

Figura 7: Identidade de Kaya do Quênia.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

Uruguai

O Uruguai tem em sua matriz uma predominância do consumo de petróleo. Nos últimos anos, o país conseguiu diversificar as suas fontes energéticas com um aumento do uso de energia de biocombustíveis. O país passou a importar menos petróleo e a valorizar a indústria energética limpa. As energias provenientes de usinas solares e eólicas são as que recebem mais incentivo (ALONSO *et. al* , 2017). A Figura 8 mostra a energia primária do Uruguai.

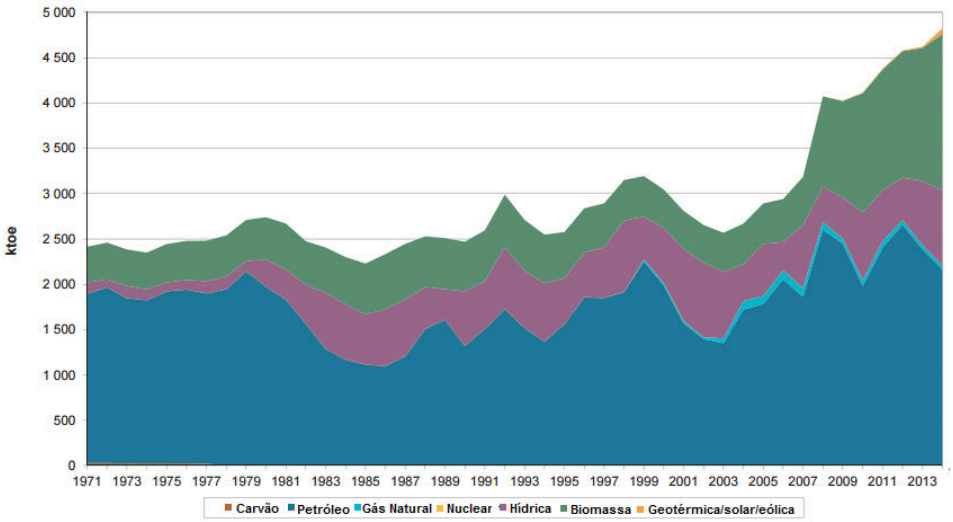

Figura 8: Energia Primária do Uruguai.
Fonte: Adaptado da IEA (2017).

Observa-se, na Figura 8, que, a partir de 2012, houve uma queda no uso do petróleo e aparição das energias renováveis. Isso corrobora com a Figura 9, identidade de Kaya do Uruguai, onde a emissão de CO_2 decai a partir de 2012. Juntamente com isso, em 2012, houve uma queda acentuada na intensidade de CO_2, sendo esse de acordo com o Figura 9, o principal fator que agiu de forma a reduzir a emissões.

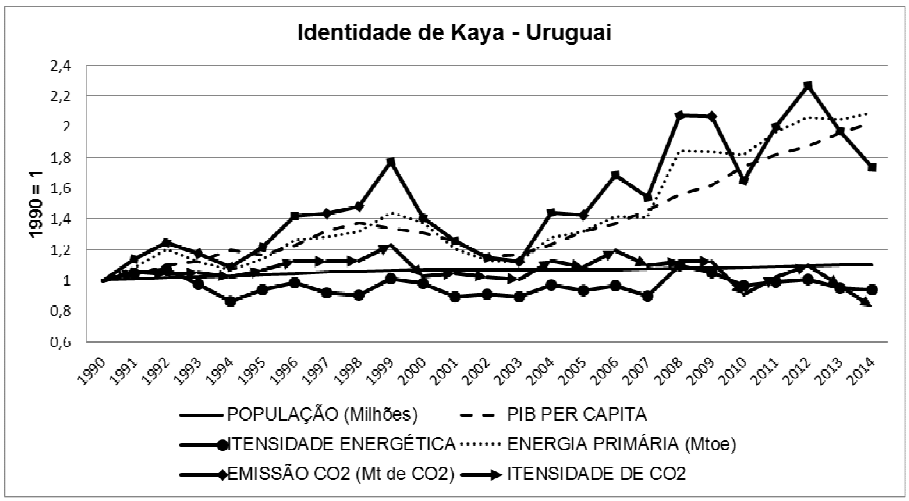

Figura 9: Identidade de Kaya do Uruguai.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

Brasil

Por ser um país de grande diversidade e grandes riquezas naturais, o Brasil conta com quase todos os tipos de fontes energéticas, conforme ilustrado na Figura 10. As hidrelétricas destacam-se como a principal fonte geradora de energia elétrica.

Embora o Brasil possua uma matriz energética limpa quando comparada aos outros países do mundo, é possivel observar, na Figura 10, que, nos últimos anos, tem ocorrido um crescimento da energia por fonte fóssil. Outro fato observado nessa Figura é o efeito que a crise de 2008 provocou na energia primária brasileira; nota-se uma queda na energia nesse periodo de tempo.

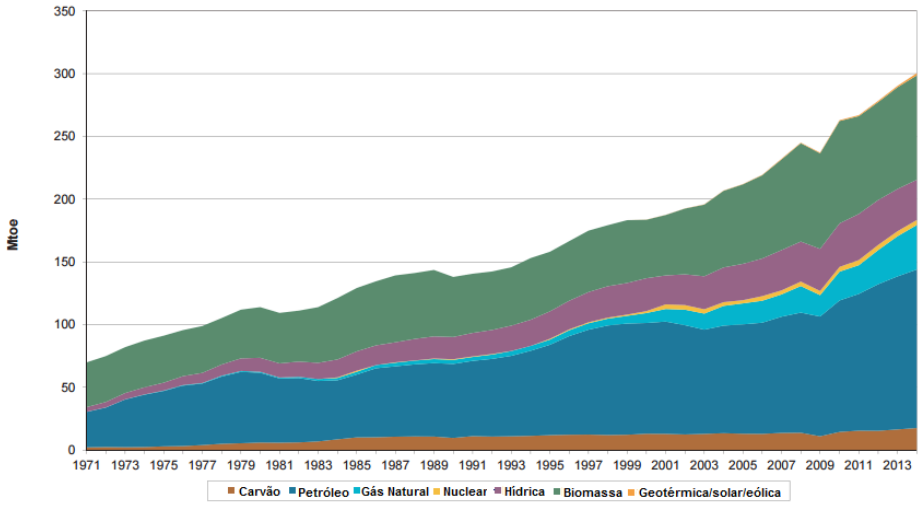

Figura 10: Energia Primária do Brasil.
Fonte: Adaptado da IEA (2017).

Na Figura 11, tem-se a identidade de Kaya do Brasil. O PIB per capita cresceu pouco mais de 50%, e a energia primária segue crescendo assim como as emissões de CO_2. Isso demonstra que o país vem encontrando dificuldades em proporcionar um desenvolvimento com um baixo teor de carbono, e em desacoplar seu crescimento econômico de suas emissões. Um fator que pode explicar o crescimento das emissões nesse período de tempo estudado é o aumento da utilização da energia por combustíveis fosséis. Algo que pode ser visto na Figura 11 é que todos os indicadores da identidade de Kaya neste corte temporal apresentaram um crescimento, ou seja, nenhum agiu de forma a mitigar o crescimento das emissões.

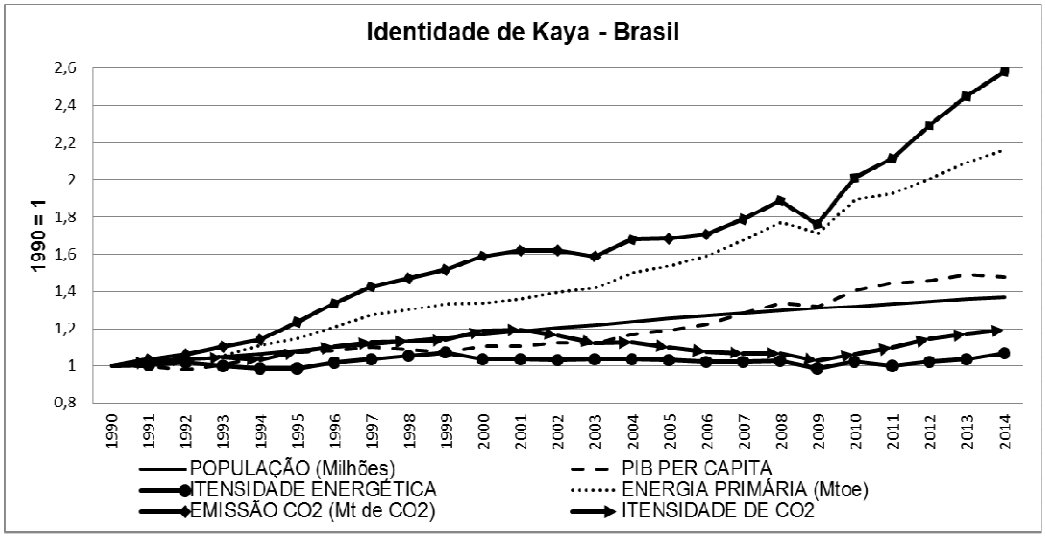

Figura 11: Identidade de Kaya do Brasil.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

Estados Unidos

Os EUA são o país que consome todos os tipos fontes de energia apresentados pela IEA. A Figura 12 evidencia o elevado suprimento de energia primária deste país. Dentre os países analisados, os EUA fica somente abaixo da China em relação ao uso de energia.

Este país possui muitos poços de petróleo, sendo também um dos maiores importadores do mundo, por isso o consumo de petróleo é tão acentuado na sua matriz energética.

A identidade de Kaya, na Figura 13, demonstra que o PIB per capita cresceu em torno 40% desde 1990. Somado a isso, houve uma queda na intensidade energética demonstrando que o PIB cresceu mais do que a energia primária. Outro fator é que, neste corte temporal, houve uma diminuição na intensidade de CO_2.

Os EUA, neste tempo estudado, apresentou um leve aumento em suas emissões. Embora, analisando a Figura 13, é possivel perceber que, em um período mais recente, o país conseguiu obter uma redução de suas emissões.

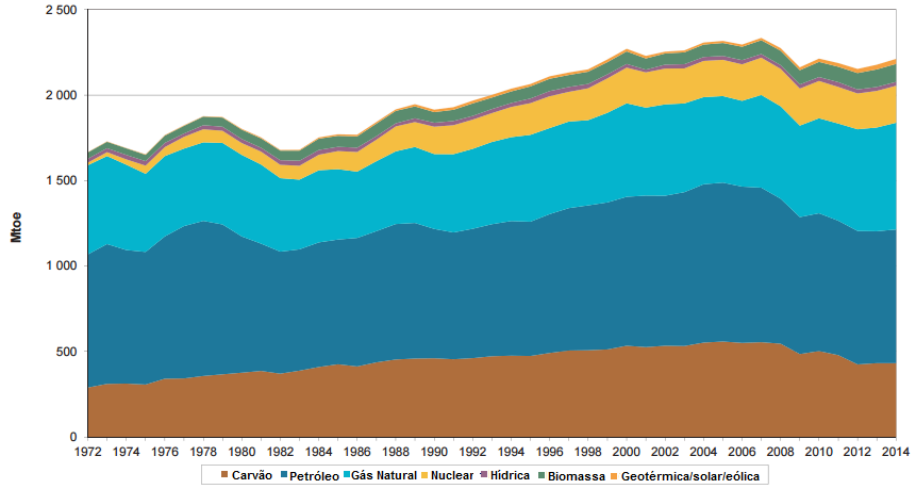

Figura 12: *Energia Primária* dos EUA.

Fonte: Adaptado da IEA (2017).

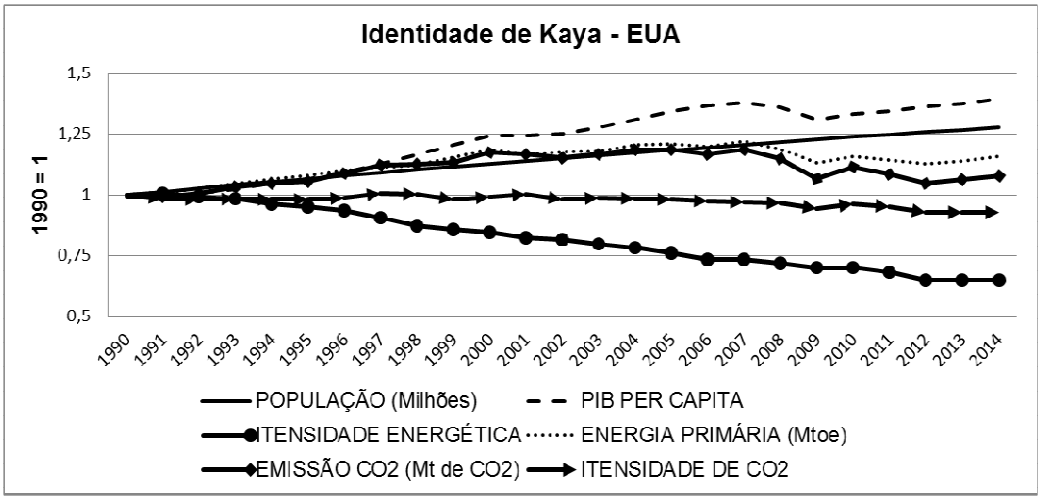

Figura 13: Identidade de Kaya dos EUA.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

China

A China é o país com o crescimento mais acentuado nos últimos anos e também o maior emissor de gases do efeito estufa. O país possui uma das maiores reservas mundiais de carvão, que é a fonte de energia mais utilizada, contudo, essa fonte energética é altamente poluidora. A Figura 14 mostra o suprimento de energia primária chinês.

No início dos anos 2000, a China, com a intenção de proporcionar um maior desenvolvimento e crescimento econômico, ampliou o uso de carvão na sua matriz energética (GREEN; STERN, 2017). Devido a isso, o país superou os Estados Unidos em produção de energia ao ano e tornou-se também o maior emissor de CO_2 mundial.

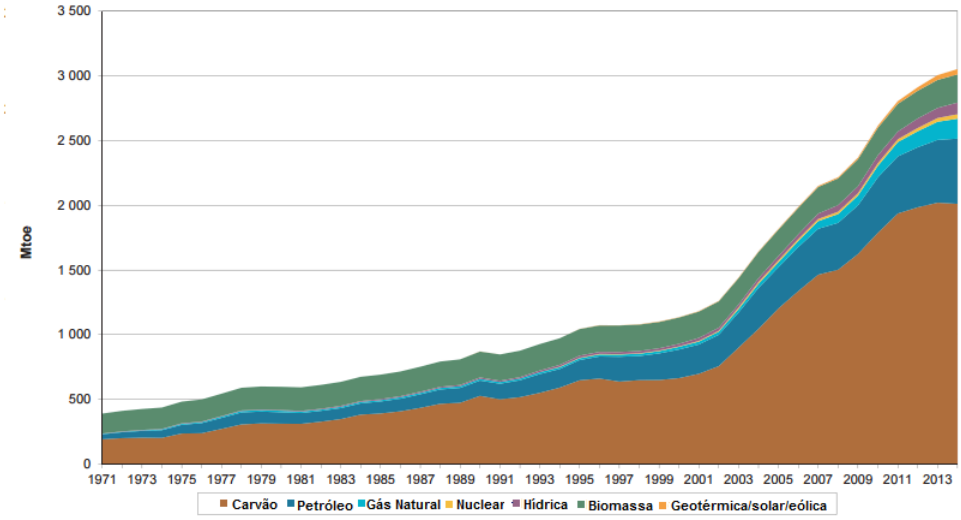

Figura 14: Energia Primária da China.
Fonte: Adaptado da IEA (2017).

No entanto, a China, visando diversificar a sua matriz energética, tem desenvolvido tecnologias para a obtenção de energia renovável, com destaque para a energia solar. A China ainda encontra inúmeras dificuldades em proporcionar um desenvolvimento energético sustenvável, mas o investimento em energias renováveis demonstra ser um caminho a ser seguido para que esse objetivo seja alcançado (ZOU et. al , 2017).

A Figura 15 mostra a identidade de Kaya da China. O país foi o que mais cresceu no mundo. O PIB per capita cresceu mais de 700% desde 1990. As emissões de CO_2 e o consumo energético aumentaram devido ao grande uso de carvão. É possível que haja uma queda nas emissões futuramente com o crescimento das fontes renováveis. A população praticamente manteve-se constante, devido à política do filho único que a China tem adotado há anos. Observa-se também a queda da intensidade energética devido ao crescimento do PIB .

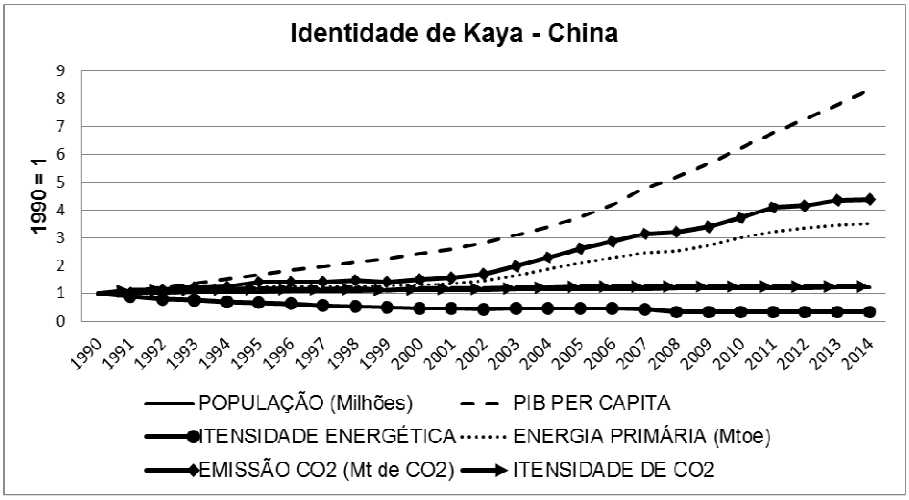

Figura 15: Identidade de Kaya da China.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

3.2. Relação do PIB per capita x Energia primária per capita

A Figura 16 compara os países analisados quanto ao PIB per capita em relação à energia primária per capita. Quanto mais longe dos eixos, significa que o país está em uma situação melhor quanto à renda e ao acesso a energia. A Islândia, por exemplo, possui um elevado PIB per capita, e também um elevado consumo energético por pessoa.

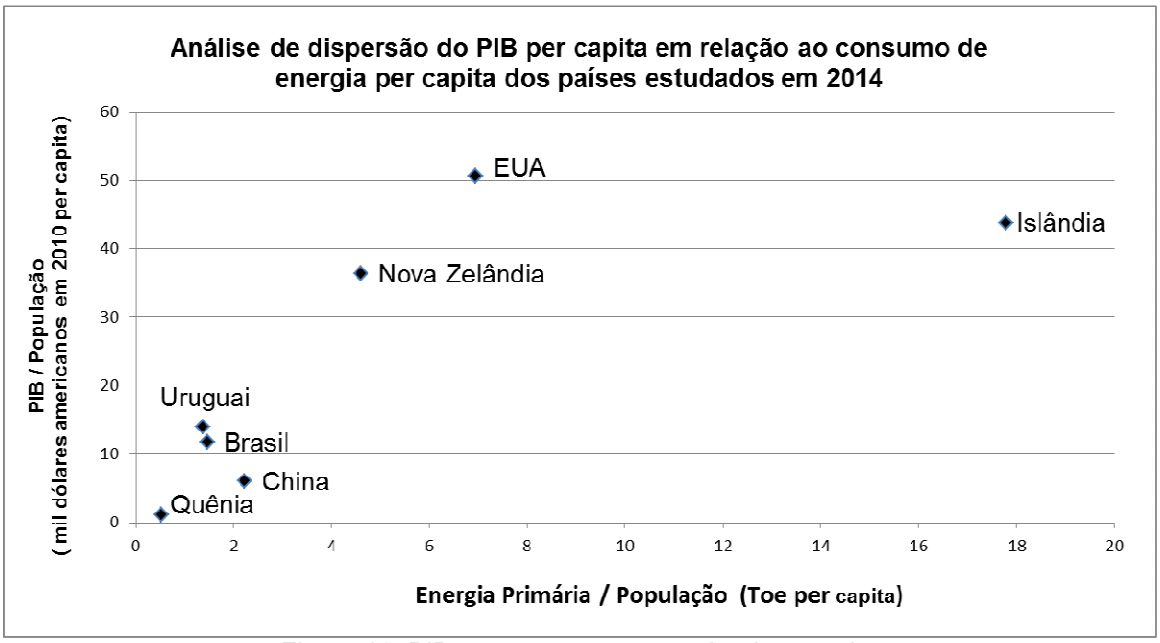

Figura 16: PIB por consumo per capita de energia.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

Os países analisados divergem bastante uns dos outros, por isso as posições diferenciadas. Estas devem ser cuidadosamente analisadas para se entender o seu posicionamento.

O Quênia é o país mas próximo aos eixos, colocando-o na posição mais desfavorável sob o aspecto econômico e revela o baixo consumo energético da população. Nesse caso, a associação entre as duas variáveis revela a baixa qualidade de vida da população que, na maioria dos casos, não tem acesso a serviços básicos como transporte nem aos bens de consumo como eletrodomésticos. China, Brasil e Uruguai estão mais à frente, pois são países mais evoluidos do que o Quênia.

Cabe ressaltar a divisão em blocos dos países desenvolvidos e não desenvolvidos, em que cada um se localiza em uma região do gráfico. Os países desenvolvidos têm a população com mais acesso à renda, havendo, assim, menor desigualdade econômica que nos demais países, tais como o Brasil.

Fica evidente, na Figura 16, como o *American Way of Live* está presente na vida dos cidadãos estadunidenses no gráfico. O país é o segundo maior consumidor de energia por pessoa. Elevado consumo de gasolina, gastos com testes na indústria bélica e capitalismo exacerbado são exemplos do seu estilo de vida que contribuem para a manutenção desse quadro.

O primeiro lugar desse gráfico fica com a Islândia por uma causa peculiar. Diferente dos EUA, o povo islandês não é culturalmente um grande adepto da ideologia consumista. Eles estão muito à frente dos EUA, por demandarem muita energia para a sobrevivência de um cidadão. Deve-se lembrar que o país é situado em uma pequena ilha próxima ao Ártico, e o frio extremo é responsável pelo uso de tecnologias de aquecimento na maioria das residências. O frio também dificulta atividades simples como obtenção de alimentos ou formas de transporte. Além disso, a população é muito pequena, o que proporciona um valor alto quando faz-se a razão entre consumo energético e o número de habitantes.

3.3. Relação do IDH x Sumprimento de energia primária per capita

A Figura 17 traz uma análise do suprimento de energia primária per capita em relação ao IDH do país. O Quênia segue como o menos desenvolvido em ambos os aspectos. O Brasil apresenta um IDH superior ao da China e muito próximo ao do Uruguai, mas esses dois países superam o Brasil no aspecto do consumo de energia primária. Esse gráfico também mostra uma clara divisão dos países desenvolvidos em relação aos não desenvolvidos.

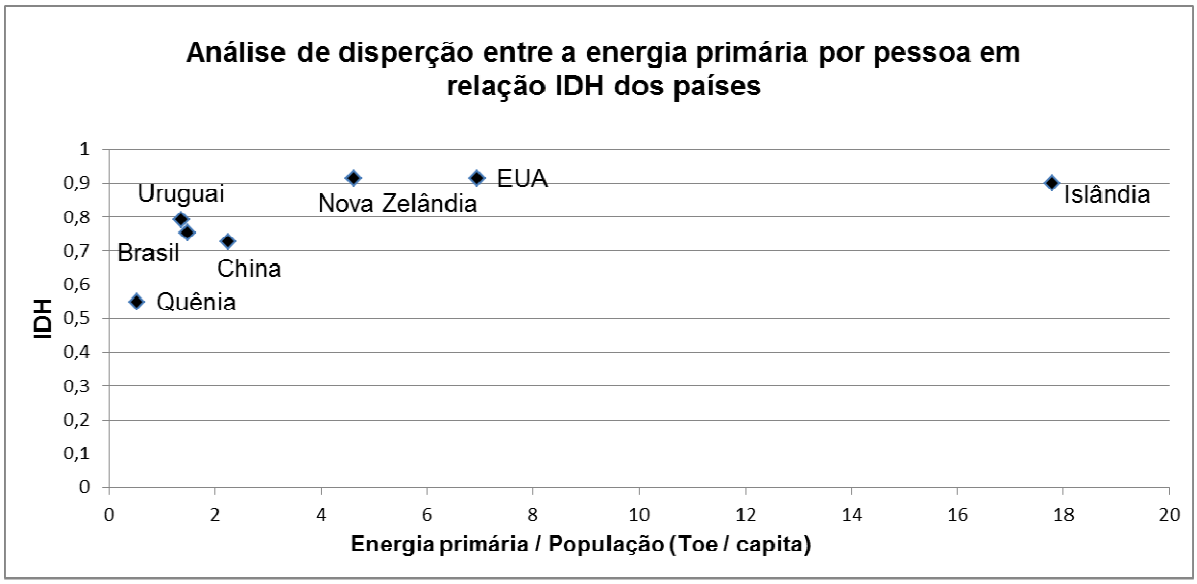

Figura 17: relação entre o IDH e o consumo de energia per capita.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

3.4. Relação do IDH x Consumo de eletricidade per capita

Ao passo que, na Figura 17, os países foram comparados por toda a energia utilizada, energia primária. A Figura 18 analisa a relação do IDH pelo consumo de energia elétrica; os países apresentam posições semelhantes em relação à Figura 17.

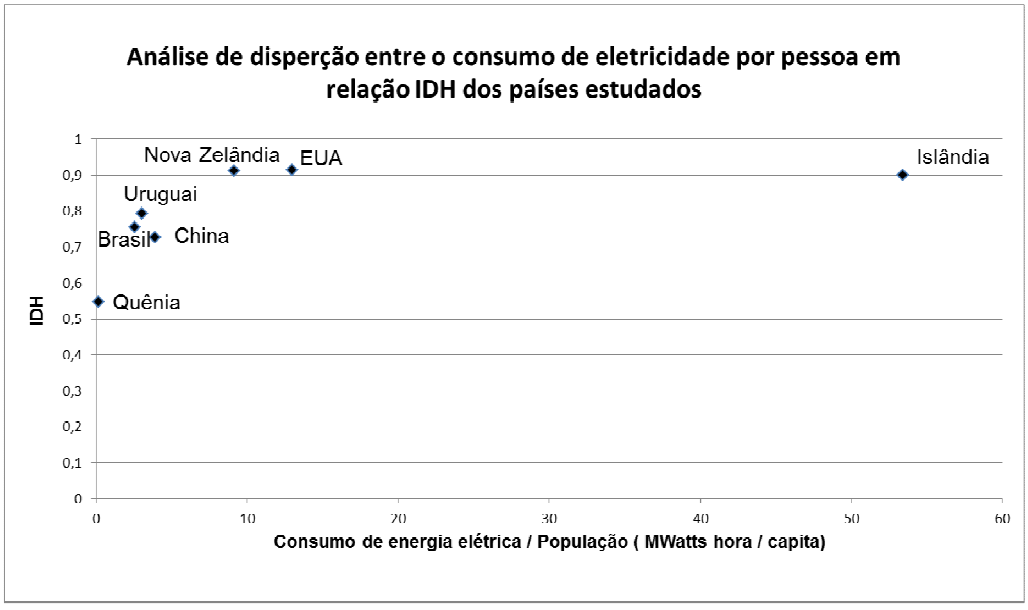

Figura 18: Relação entre o IDH e o consumo total de energia per capita.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

3.5. Emissões de CO_2

A Figura 19 ilustra as emissões de CO_2, a intensidade de emissão e CO_2 e a emissão de CO_2 per capita dos países desenvolvidos e o Brasil entre 1990 e 2014.

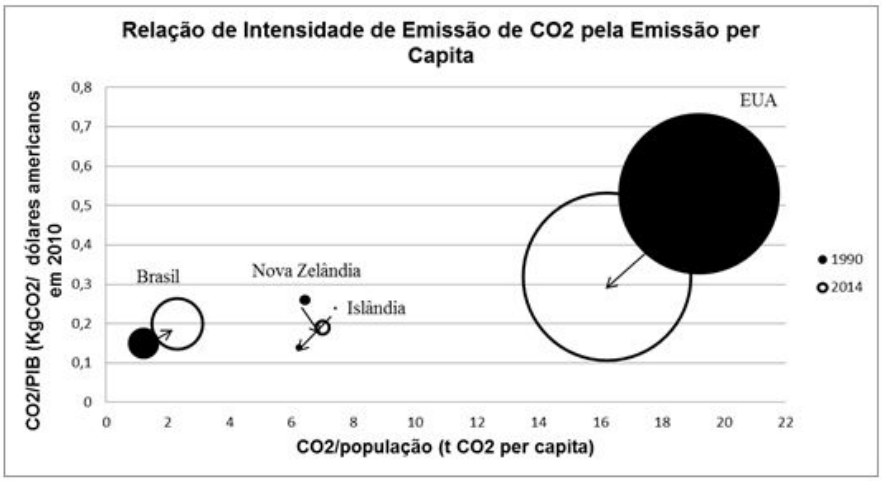

Figura 19: Relação entre a intensidade de emissão de CO_2 e a emissão de CO_2 per capita.
Fonte: Elaborado pelos autores segundo a base de dados da IEA (2017).

O tamanho da circunferência mostra a quantidade de emissão de CO_2. É possível observar o aumento da quantidade de emissão do Brasil, assim como da intensidade de emissão de CO_2 e da emissão de CO_2 per capita. Os EUA apresentaram um pequeno aumento na quantidade das emissões, porém reduziram a intensidade e a emissão per capita.

A Nova Zelândia aumentou um pouco suas emissões per capita e total, no entanto, sua intensidade de emissão de CO_2 reduziu. Isso demostra que esse país tem obtido sucesso em crescer sua economia mais do que suas emissões. A Islândia, da mesma forma que os EUA, tem conseguido reduzir sua intensidade de emissão e sua emissão per capita, ou seja, tem percorrido o caminho desejado pelos países. Ela cresceu um pouco suas emissões nesse período, no entanto, o tamanho da circuferência ainda continua inferior aos outros.

Assim, uma preocupação evidente está no fato de que, nos últimos anos, o Brasil tem caminhado na direção contrária dos países desenvolvidos e não tem conseguido melhorar seus indicadores de emissões de CO_2. O Brasil também tem encontrado dificuldades em desacoplar o crescimento econômico das emissões, enquanto os outros t~Em obtido sucesso nesse objetivo.

Um aspecto positivo do Brasil é que, mesmo o país aumentando consideravelmente suas emissões, está muito distante da quantidade de CO_2 emitida pelos EUA e de outros países desenvolvidos pelo mundo.

4. Considerações finais

Os indicadores econômicos e ambientais demonstram como o investimento em energia renovável é benéfico para um país. A partir dos gráficos analisados, pode-se observar como a Nova Zelândia, a Islândia e os EUA têm reduzido os índices de emissões de CO_2 recentemente com o desenvolvimento de energias limpas, e como isso influencia no PIB do país.

É notória a divergência entre o PIB per capita e a emissão de CO_2 nos países analisados. Os países desenvolvidos apresentam um alto PIB em relação a uma queda das emissões, fato não compartilhado pelos países não desenvolvidos. Apenas o Uruguai é uma exceção, devido ao incentivo nas energias renováveis, o que justifica um pouco a sua posição de melhor IDH entre os países não desenvolvidos estudados.

A China aumentou consideravelmente o seu PIB per capita nos últimos anos, porém esse crescimento não está vinculado à queda nas emissões de gases nocivos à atmosfera. A China segue o caminho usual dos países não desenvolvidos, que emitem toneladas de gases do efeito estufa em função de um rápido crescimento econômico.

O próximo passo para o desenvolvimento desse país está fortemente ligado ao desacoplamento entre o PIB e as emissões de CO_2. Os gráficos demonstrados indicam que o crescimento econômico está vinculado às tecnologias inovadoras por oferecerem mais opções diante das crises das fontes de energias fósseis, como o petróleo.

Quando comparado com as principais potências do mundo, o Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer, porém o início dos investimentos em energia limpa podem ser considerados como o primeiro passo para um desenvolvimento com menos emissão de CO_2. Com base na teoria do efeito de saturação, pode-se utilizar os conhecimentos e tecnologias adquiridas pelas nações desenvolvidas a fim de acelerar o processo de desenvolvimento econômico brasileiro.

Referências

ALONSO, R. et al. Wave and tidal energy resource assessment in Uruguayan shelf seas. **Renewable Energy**, v. 114, p. 18–31, dez. 2017.

GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área energética. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, p. 91–97, jul. 2000.

GREEN, F.; STERN, N. China's changing economy: implications for its carbon dioxide emissions. **Climate Policy**, v. 17, n. 4, p. 423–442, 19 maio 2017.

GVCES. **Aplicação de indicadores de intensidade em instrumentos econômicos**. GVces, 2015. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15284>. Acesso em: 14 set. 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Statistics Search**. Disponível em: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/>. Acesso em: 5 jul. 2017.

KAYA, Y. Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of proposed scenarios. In: IPCC ENERGY AND INDUSTRY SUBGROUP, RESPONSE STRATEGIES WORKING GROUP. Paris: 8 maio 1989.

MILLER, A. et al. Economics of photovoltaic solar power and uptake in New Zealand. In: EEA CONFERENCE & EXHIBITION. Wellington: jun. 2015. Disponível em: <http://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/11137>. Acesso em: 14 set. 2017.

OMENDA, P.; SIMIYU, S. Country update report for Kenya 2010–2014. Proceedings World Geothermal, 2015.

SHORTALL, R.; KHARRAZI, A. Cultural factors of sustainable energy development: A case study of geothermal energy in Iceland and Japan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 101–109, nov. 2017.

WONG, K. V.; TAN, N. Feasibility of Using More Geothermal Energy to Generate Electricity. **Journal of Energy Resources Technology**, v. 137, n. 4, p. 041201, 2015.

ZOU, H. et al. Market dynamics, innovation, and transition in China's solar photovoltaic (PV) industry: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 69, p. 197–206, mar. 2017.