

Energia renovável e desenvolvimento econômico: uma caracterização para 74 países

Mariana Rezende e Silva¹²

Resumo: O presente trabalho propõe caracterizar 74 economias quanto ao uso de energia renovável e seu nível de desenvolvimento econômico para o ano de 2010. A metodologia utilizada é a análise multivariada, em que foram empregados dois métodos: Análise dos Componentes Principais (ACP) e Análise de Agrupamento (AA). O método ACP indicou a formação de três componentes: desenvolvimento econômico, crescimento sustentável e desenvolvimento da indústria de energia renovável. Na AA, foram encontrados 4 grupos para o primeiro componente e 6 grupos para o segundo e terceiro componentes. Os resultados indicaram que países menos desenvolvidos tendem a consumir mais energia renovável e utilizar esse tipo na sua matriz energética.

Palavras-chaves: Energia Renovável. Crescimento Sustentável. Análise Multivariada.

Abstract: The present study propose characterize 74 economies about the renewable energy use and the economic development level in the year 2010. The methodology used is the multivariate analysis, which was employed two methods: Principal Components Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA). The PCA method indicated the formation of three components: economic development, sustainable growth and development of the renewable energy industry. In the CA, 4 groups were found to the first component and 6 groups to the second and third components. The results indicated that less developed countries tend to consum more renewable energy and to use this type in your energy matrix.

Key-words: Renewable Energy. Sustainable Growth; Multivariate Analysis.

Área: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade
Código JEL: O13; P18; Q42; Q56.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação crescente com as consequências ambientais das emissões de gases de efeito estufa, volatilidade do preço do petróleo e os problemas políticos em torno da produção de combustíveis fósseis, tem provocado a ascensão das fontes de energia renováveis como um importante componente no mix de consumo de energia (APERGIS e PAYNE, 2012). De acordo com o *International Energy Outlook (2010)*, de 2007 a 2035, fontes renováveis de energia utilizadas para gerar eletricidade terão um crescimento de 3% a.a., além disso, a participação global desses recursos na geração de energia será de 23% em 2035 contra 18% em 2007. A maior parte da expansão do fornecimento de eletricidade renovável será proporcionada pela hidroeletricidade (54%) e energia eólica (26%).

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora -PPGE-UFJF. E-mail: rezendes_mariana@hotmail.com.

² A autora agradece às instituições de fomento FAPEMIG, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

Essas fontes de energia limpa são consideradas formas sustentáveis de energia, pois impactam menos o meio ambiente que as energias fósseis e, frequentemente, estão disponíveis na natureza. Segundo Sathaye *et al.* (2011), o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), postula que as energias renováveis oferecem uma oportunidade de contribuir com importantes objetivos do desenvolvimento sustentável: desenvolvimento social e econômico; acesso à energia; segurança energética e mitigação das mudanças climáticas e redução dos impactos na saúde e ambientais. Dessa forma, muitos países têm promovido políticas que impõe metas de uso de energia renovável com o objetivo de aumentar o uso de recursos renováveis e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. No fim de 2017, foram identificados 179 países que tinham algum tipo de política de energia renovável, de acordo com o Renewables 2018 Global Status Report – REN21 (2018).

O crescimento econômico é o maior objetivo de muitos países, mas também é considerado o maior responsável pela degradação ambiental (SHAFIEI E SALIM, 2014). Durante as últimas décadas, os países emergentes mudaram seu modelo de crescimento. Esses países experimentaram um rápido crescimento no setor terciário, se comparado com os setores primário e secundário. De acordo com Bayar e Graviletea (2019), a indústria é considerada um dos setores mais intensivos em energia, mas à medida que os países se desenvolvem, o setor de serviços passa a assumir maior protagonismo enquanto que o setor industrial perde importância. Nesse contexto, a eficiência energética e energia renovável podem ser consideradas soluções para criar o crescimento sustentável.

Considerando o contexto atual de promoção da energia renovável e como esse tipo de energia se relaciona com o desenvolvimento e crescimento econômico, o presente artigo propõe fazer uma caracterização de diversas economias, em relação a essas características. Pretende-se avaliar se existe relação entre os indicadores sociais, econômicos e de uso de energia renovável para a produção de eletricidade. Para atingir esse fim, serão aplicadas técnicas de análise multivariada, como a Análise dos Componentes Principais (ACP) para criar índices que ajudem a interpretar as características de cada país. Também será aplicado a Análise de Agrupamento (AA) para identificar grupos semelhantes quanto aos componentes e, assim, poder caracterizá-los.

Esse artigo é dividido em seis seções. Após essa introdução, é desenvolvida uma breve revisão bibliográfica. Na terceira seção é apresentada a base de dados, enquanto que a estratégia empírica é descrita na seção quatro. Logo depois, na quinta seção, são apresentados os resultados da pesquisa. E, por fim, é desenvolvida a conclusão na sexta seção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O consumo de energia renovável e sua relação com o desenvolvimento e crescimento econômico, além do impacto desse consumo nas questões ambientais tem sido objeto de estudo de diversos trabalhos na literatura recente. A metodologia empregada nesses estudos é diversificada, portanto, essa seção elenca a literatura do consumo de energia renovável dividida em estudos que utilizaram a análise multivariada e aqueles que utilizaram outras metodologias.

2.1. Consumo de energia e desenvolvimento com análise multivariada

Os artigos que empregam os métodos de Análise Multivariada com o tema de energia são, em sua maioria, artigos que investigam o consumo de energia doméstica. Assimakopoulos (1992) apresentou uma nova modelagem para modelar a demanda por energia residencial. Para definir os grupos de consumo foram aplicados os métodos de análise dos componentes

principais e discriminante. O autor montou dois cenários que representam a evolução socioeconômica da ilha de Cyclades na Grécia, o primeiro que assume desenvolvimento moderado e o segundo um desenvolvimento mais rápido. A conclusão foi de que moradias mais novas demandariam menos óleo diesel, enquanto que a demanda por eletricidade e energia solar aumentariam.

Kavousian, Rajagopal e Fischer (2013) propuseram um método para examinar os determinantes estruturais e comportamentais do consumo residencial de energia de domicílios nos Estados Unidos. Para construir os fatores do modelo foi utilizada a análise fatorial. Os autores concluíram que o clima e as características físicas das construções teriam mais influência no consumo residencial de eletricidade comparada com outras categorias, como comportamento dos moradores.

Estiri (2014) e Belaïd (2017) implementaram um modelo de equações estruturais para examinar os efeitos diretos e indiretos das características das construções e atributos das famílias no uso de energia doméstica nos EUA e na França, respectivamente. Os resultados dos dois estudos indicaram que o efeito direto dos atributos das famílias teria peso menor na demanda por energia doméstica se comparado com as características das construções. O efeito indireto confirma o resultado obtido no efeito direto.

Sharimakin *et al.* (2017) empregaram um modelo dinâmico multinível para analisar a demanda energética industrial para os países europeus no período de 1995 a 2009. Os autores concluíram que o consumo de energia industrial na Europa influencia significativamente as variáveis de preço e produto dos países.

2.2. Consumo de energia, desenvolvimento, crescimento econômico e as relações com meio ambiente

Lenze *et al.* (2006) analisaram o consumo de energia das famílias entre/intra cinco países com diferentes graus de desenvolvimento, considerando as características socioeconômicas e demográficas na demanda das famílias por energia. Os autores concluíram que o efeito de um aumento da renda no consumo de energia varia consideravelmente entre os países, mesmo quando controlado por fatores socioeconômicos e demográficos. Além disso, esses fatores têm influências similares quanto à demanda por energia, idade dos moradores e o tipo da casa influenciam positivamente, enquanto que o tamanho da família e urbanização impactam negativamente.

Ang (2008) examinou a relação entre produto, emissões de CO₂ e consumo de energia para a Malásia no período de 1971-1999 utilizando um modelo com vetor multivariado de correção de erro. Os resultados indicaram que as emissões de CO₂ e o uso de energia seriam positivamente relacionados com o produto no longo prazo. O teste de causalidade confirmou o argumento de que o crescimento econômico exerceria uma influência positiva no aumento do consumo de energia, tanto no curto quanto no longo prazo.

Akella, Saini e Sharma (2008) investigaram o impacto do *clean development mechanism*, que proporciona que países industrializados invistam em plantas de redução de emissões em países em desenvolvimento e utilizem os resultados obtidos no certificado de redução das emissões. Eles, portanto, investigaram o impacto dessas ações em lugares remotos da Índia. Os resultados mostraram que existiria uma tendência na redução das emissões totais ao longo dos anos, que seria potencializada com a instalação do sistema de energia renovável nas áreas remotas.

Apergis e Payne (2009) pesquisaram sobre a relação causal entre consumo de energia renovável e crescimento econômico para vinte países da OCDE no período de 1985-2005. Os resultados indicaram que existiria uma relação de equilíbrio de longo prazo entre o PIB real,

consumo de energia renovável, formação bruta de capital fixo e força de trabalho. Os autores concluíram ainda que haveria uma causalidade bidirecional tanto de curto quanto de longo prazo entre o consumo de energia renovável e crescimento econômico. Apergis e Payne (2012) chegaram a mesma conclusão ao fazer a análise para 80 países no período de 1990 a 2007. Além disso, os autores encontraram uma causalidade negativa bidirecional entre o consumo de energia renovável e não renovável, sugerindo que haveria substituição entre os dois tipos de energia.

Apergis *et al.* (2010) exploraram a relação causal entre emissões de CO₂, consumo de energia nuclear e renovável e crescimento econômico para um grupo de 19 países desenvolvidos e em desenvolvimento no período de 1984-2007. Os resultados de causalidade mostraram que a energia nuclear teria um papel importante na redução das emissões de CO₂. Por outro lado, energia renovável não contribuiria para a redução das emissões. Todavia, existiria uma causalidade bidirecional entre o consumo de energia renovável e o crescimento econômico, sugerindo que a expansão de energia renovável poderia reduzir a dependência de energia importada.

Tugcu, Ozturk e Aslan (2012) investigaram a relação causal de longo prazo entre o consumo de energia renovável e não renovável e o crescimento econômico. Os autores fizeram também uma comparação entre os recursos energéticos renováveis e não renováveis para determinar qual tipo de energia consumida foi mais importante para o crescimento econômico dos países do G7 no período de 1980 a 2009. Foram utilizados testes de raiz unitária, cointegração e causalidade. Os resultados mostraram que existiria uma relação de causalidade entre energia não renovável e crescimento econômico apenas para o Japão, para os demais países essa relação não existiria. Para a energia renovável, não apresentou relação causal com o crescimento econômico na França, Itália, Canadá e Estados Unidos.

Shafiei e Salim (2014) identificaram e compararam os efeitos do consumo de energia renovável e não renovável nas emissões de CO₂. Adicionalmente, investigaram a relação entre urbanização e as emissões de CO₂ para os países da OCDE no período entre 1980-2011. Os autores concluíram que o consumo de energia renovável teria um efeito negativo e significativo nas emissões de CO₂, enquanto que o efeito seria o oposto para o consumo de energia não renovável. Concluíram também que o tamanho da população, PIB per capita, industrialização e urbanização têm efeito positivo e significativo nas emissões de CO₂.

Amri (2018) estudou a relação entre o consumo de energia renovável e não renovável e o comércio para 72 países desenvolvidos e em desenvolvimento entre 1990 e 2012. Os resultados mostraram que o consumo energético de fontes renováveis e não renováveis e o comércio estariam relacionados tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento.

Bayar e Gavriletea (2019) investigaram o efeito da eficiência energética e energia renovável no crescimento econômico no período entre 1992 a 2014 para 22 países emergentes. Os resultados indicaram que a eficiência energética influenciaria positivamente o crescimento da economia no longo prazo. Por outro lado, a energia renovável não teria efeito significativo no crescimento no longo prazo.

3. BASE DE DADOS

A base de dados deste artigo é composta por 74 países para o ano de 2015. A amostra de países compreende tanto países desenvolvidos quanto aqueles em desenvolvimento e subdesenvolvidos, tais como: África do Sul, Alemanha, Arábia Saudita, Argélia, Argentina, Austrália, Áustria, Bangladesh, Bélgica, Bolívia, Botsuana, Brasil, Bulgária, Camarões, Canadá, Chile, China, Coreia do Sul, Costa Rica, Dinamarca, Egito, El Salvador, Equador,

Espanha, Estados Unidos, Etiópia, Filipinas, Finlândia, França, Gabão, Gana, Grécia, Guatemala, Holanda, Honduras, Hungria, Ilhas Maurício, Índia, Indonésia, Irã, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Jordânia, Luxemburgo, Malásia, Marrocos, México, Moçambique, Nicarágua, Noruega, Nova Zelândia, Panamá, Paquistão, Paraguai, Peru, Polônia, Portugal, Quênia, Reino Unido, República Dominicana, Romênia, Rússia, Senegal, Sri Lanka, Suécia, Suíça, Tailândia, Tunísia, Turquia, Ucrânia, Uruguai e Zâmbia.

Foi utilizada a variável de acesso à eletricidade (acesso), definida como o percentual da população total com acesso à eletricidade. As variáveis que representam os recursos renováveis são as variáveis, consumo de energia renovável (cons_renov), que é definida como o percentual do consumo de energia final total, e produção de energia por recursos renováveis (renova), incluindo hidroelétrica, geotérmica, solar, maré, eólica, biomassa e biocombustíveis, definida como o percentual da produção total de energia.

Além disso, tem-se as variáveis socioeconômicas. O PIB *per capita* (pib_capita) definido em dólares com base em 2010. População urbana (pop_urb) em percentual da população total de cada país. O valor adicionado da indústria, agricultura e serviços em porcentagem do PIB são representados pelas variáveis ind, agr e serv, respectivamente. A base de dados conta também com as variáveis de expectativa de vida ao nascer (expec) em total de anos, taxa de alfabetização (alfabet), definida como a porcentagem total da população de 15 anos ou mais, e por fim, a taxa de fertilidade (fertilidade) que é o número de nascimentos por mulher. Todas as variáveis foram retiradas do *World Bank Indicators* (WORLD BANK, 2019). As estatísticas descritivas das variáveis, com os valores de média, desvio-padrão, mínimo e máximo são apresentadas na Tabela 1 abaixo. Ao lado dos valores de máximo e mínimo está indicado o país correspondente.

TABELA 1 – Estatísticas Descritivas

variáveis	média	desvio-padrão	min	max
acesso	92.11111	17.25192	24 (50)	100 (35 países)
consrenov	28.60968	23.87459	0.0059765 (3)	92.16346 (26)
renova	37.86561	30.29519	0.0002956 (3)	99.99821(56)
pibcapita	20477.52	23799.89	487.29 (26)	107235.3 (46)
popurb	67.67926	18.99378	18.256 (66)	97.876 (9)
ind	26.36419	7.235349	11.21643(46)	48.18363(30)
agr	7.137729	7.011909	0.229786(46)	36.05698 (26)
serv	58.09218	8.496834	39.02919(30)	78.98738 (46)
expec	75.13493	6.405203	57.582(14)	83.7939(44)
alfabet	90.40079	13.32681	38.99598(26)	100(21 países)
fertilidade	2.286169	0.9565788	1.239(18)	5.305(50)

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados World Bank, 2019.

Analisando os valores mínimos e máximos da Tabela 1, Etiópia (26), Luxemburgo (46) e Gabão (30) chamam a atenção. A Etiópia é o país com maior percentual de consumo de energia renovável, apesar de ser o país menos desenvolvido, com menores indicadores de qualidade de vida, PIB *per capita* e com taxa de alfabetização de apenas 38,99%. O país também apresenta o maior valor adicionado de agricultura em relação ao PIB, indicando que é um país essencialmente agrícola.

Por outro lado, Luxemburgo tem uma renda *per capita* 220 vezes maior que o PIB *per capita* da Etiópia, sendo o país da amostra que apresenta o valor máximo dessa variável. Além disso, Luxemburgo possui a maior participação do setor de serviços no PIB e a menor

participação dos setores de agricultura e indústria entre os países estudados. Segundo Blanchard (2004), os países ricos se tornaram economias pós-industriais, nas quais a participação do setor industrial no PIB está em constante declínio e a participação dos serviços está em constante expansão.

Gabão, que é uma economia em transição, tem o maior percentual de indústria e o menor percentual do setor de serviços em relação aos demais países. A Arábia Saudita (3), país que tem como base econômica a exploração do petróleo, praticamente não consome energia renovável nem faz uso dela para a produção de eletricidade. Tem-se também que 99,99% da eletricidade gerada no Paraguai (56) é gerada por recursos renováveis. Moçambique (50) possui o menor acesso à eletricidade ao mesmo tempo que apresenta a maior taxa de fertilidade da amostra. Em contrapartida, 100% da população em 35 e 21 países, respectivamente, tem acesso a eletricidade e é alfabetizada.

A fim de identificar associações entre as variáveis, os coeficientes de correlação entre as 11 variáveis escolhidas são apresentados na Tabela 2. Pode-se perceber que as variáveis PIB *per capita*, população urbana, agricultura, serviços, expectativa, alfabetização e fertilidade são altamente correlacionadas. Analisando as variáveis de energia renovável (consrenov e renova), é possível constatar que elas são altamente e positivamente correlacionadas entre si e são pouco correlacionadas com as demais. A maior correlação em termos absolutos se dá entre a taxa de participação da agricultura no PIB e a taxa de alfabetização, ou seja, países que possuem uma alta taxa de alfabetização tendem a apresentar uma baixa taxa de participação da agricultura no PIB.

Na próxima seção é apresentada a estratégia empírica empregada no trabalho.

TABELA 2 – Matriz de Correlação

	acesso	consrenov	renova	pibcapita	popurb	ind	agr	serv	expec	alfabet	fertilidade
acesso	1										
consrenov	-0.656	1									
renova	-0.3348	0.7589	1								
pibcapita	0.3545	-0.1725	0.1253	1							
popurb	0.5951	-0.4038	-0.0962	0.5333	1						
ind	0.1568	-0.0957	-0.2175	-0.2611	-0.0712	1					
agr	-0.6434	0.4937	0.1946	-0.5742	-0.7146	-0.0232	1				
serv	0.396	-0.3394	-0.0131	0.6417	0.5124	-0.5522	-0.6877	1			
expec	0.7262	-0.4716	-0.0463	0.6879	0.6182	-0.1684	-0.6631	0.6628	1		
alfabet	0.6907	-0.4716	-0.084	0.5157	0.6722	0.0212	-0.8334	0.5764	0.6818	1	
fertilidade	-0.7958	0.5887	0.2455	-0.4795	-0.4921	0.1074	0.6539	-0.5382	-0.8241	-0.7484	1

Fonte: Elaboração Própria.

4. ESTRATÉGIA EMPÍRICA

O objetivo do artigo é caracterizar os países quanto ao uso de recursos renováveis para a geração de energia, nível de desenvolvimento social e econômico. Para fazer essa caracterização, é preciso utilizar variáveis econômicas, sociais, de consumo de energia renovável e uso desse tipo de energia, como explicado na seção anterior. Como a análise envolve muitas variáveis, a estratégia empregada é a de utilizar as técnicas de análise multivariada. A utilização dessas técnicas permite uma visão mais global dos fenômenos

estudados. Neste trabalho, dois métodos serão usados, Análise dos Componentes Principais (ACP) e Análise de Agrupamento/*Cluster* (AA).

O principal objetivo da ACP é substituir um grupo de variáveis correlacionadas por um grupo muito menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte das informações do conjunto original. Sua definição não requer que seja assumido um modelo a priori, não existe hipótese a ser testada, não é necessário postular causalidades (apenas correlações) e não exige que os dados apresentem distribuição normal multivariada. Essa técnica simplifica a interpretação da estrutura de dados, já que é mais fácil interpretar dois ou três variáveis não correlacionadas do que dez ou vinte variáveis que tem um padrão para interpretação complexo. A ideia central é baseada no conceito de proporção da variância total. Ou seja, de acordo com Bartholomew (2008), ACP transforma um conjunto de variáveis correlacionadas em um conjunto de variáveis não correlacionadas que são chamadas de componentes principais que expressam grande parte da variância total das variáveis originais.

Após aplicar o método de ACP, os componentes obtidos das variáveis originais serão utilizados para realizar a Análise de Agrupamento (AA) ou *Cluster*. Essa é uma técnica de procedimentos exploratórios que busca descobrir agrupamentos naturais de indivíduos, regiões, objetos (ou variáveis) a partir dos dados observados, agrupando os indivíduos com base nas similaridades ou dissimilaridades (distâncias). Os agrupamentos podem sugerir hipóteses acerca da estrutura de relações dos dados. A Análise de *Cluster* procura maximizar a homogeneidade de indivíduos dentro de grupos, ao mesmo tempo em que se maximiza a heterogeneidade entre os grupos. Portanto, o objetivo ao aplicar esta técnica no estudo é dividir as regiões em grupos, de forma que as regiões em um mesmo grupo sejam homogêneas em relação às variáveis socioeconômicas e/ou de consumo de energia renovável e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas variáveis.

5. RESULTADOS

Os resultados das duas técnicas de análise multivariada são apresentados a seguir. Os resultados da ACP permitiram a identificação de três conjuntos distintos de variáveis, enquanto que a AA apontou semelhanças e diferenças entre os países.

5.1. Análise dos Componentes Principais

O método foi aplicado considerando as 11 variáveis observadas nos 74 países. Como os componentes são influenciados pela escala das variáveis, é recomendável padronizar as variáveis e computar os componentes principais pela matriz de covariância ou computá-los diretamente da matriz de correlação. Os primeiros resultados estão na Tabela 3, onde são mostradas as variâncias (autovalores) de cada componente, bem como a sua parcela de contribuição para a variância total dos dados e a variância acumulada dos componentes.

A recomendação é que se considere os componentes com variância maior que 1 e que representem ao menos 70% da variância total. A quarta coluna da Tabela 3 informa que os três primeiros componentes descrevem 80.63% da variância total das variáveis, indicando que a informação contida nos dados originais pode ser bem representada pelos componentes, Comp1, Comp2 e Comp3. Além disso, é possível observar que os demais componentes apresentam variância menor que 1, indicando que os três componentes são suficientes para descrever adequadamente os dados. A Tabela 4 fornece as correlações entre as variáveis e os três primeiros componentes principais.

TABELA 3 – Variância dos Componentes da ACP

Componente	Variância	% da Variância Total	% Acumulado
Comp1	5.82558	52.96%	52.96%
Comp2	1.98098	18.01%	70.97%
Comp3	1.06295	9.66%	80.63%
Comp4	0.626648	5.70%	86.33%
Comp5	0.463558	4.21%	90.54%
Comp6	0.397065	3.61%	94.15%
Comp7	0.211311	1.92%	96.07%
Comp8	0.152161	1.38%	97.46%
Comp9	0.140089	1.27%	98.73%
Comp10	0.0813229	0.74%	99.47%
Comp11	0.0583463	0.53%	100.00%

Fonte: Elaboração Própria.

O resultado apresentado na Tabela 4 permite associar o primeiro componente a sete variáveis que caracterizam o nível de desenvolvimento das regiões. Analisando os sinais dos coeficientes dessas variáveis, vê-se que Comp1 é influenciado pelas altas taxas de acesso a eletricidade, população urbana, participação dos serviços no PIB, expectativa de vida e alfabetização e menores taxa de participação da agricultura no PIB e fertilidade. Pode-se afirmar, então, que Comp1 se apresenta como um componente de desenvolvimento econômico, diferenciando os países mais desenvolvidos daqueles menos desenvolvidos.

TABELA 4 – Componentes Principais

Variáveis	Comp1	Comp2	Comp3	Não explicado
acesso	0.3413	-0.23	0.13	0.1957
consrenov	-0.2719	0.42	0.35	0.08727
renova	-0.1066	0.55	0.46	0.1011
pibcapita	0.28	0.33	0.07	0.3231
popurb	0.3182	0.05	0.19	0.3659
ind	-0.0513	-0.48	0.64	0.08421
agr	-0.3623	0.00	-0.16	0.2093
serv	0.3087	0.32	-0.32	0.1362
expec	0.3653	0.11	0.04	0.1957
alfabet	0.3578	0.00	0.25	0.1867
fertilidade	-0.3577	0.06	0.03	0.2453

Fonte: Elaboração Própria.

Os segundo e terceiro componentes estão relacionados com duas variáveis que descrevem o comportamento dos países quanto ao uso e consumo de recursos renováveis e as demais correspondem às características econômicas. O segundo componente pode ser uma medida de crescimento sustentável, pois, segundo Bayar e Graviletea (2019), os países emergentes experimentaram um rápido desenvolvimento do setor terciário se comparado com os setores primário e secundário. A indústria é considerada o setor mais intensivo em energia da economia, mas à medida que ocorre o desenvolvimento, o setor de serviços passa a ter maior importância nas economias, enquanto que o setor industrial perde importância, assim, os países se tornam mais eficientes energeticamente. Ainda de acordo com Chow *et al.* (2003) e Bayar e

Graviletea (2019), ao passo que as tecnologias de energia limpa ficam mais baratas, a energia renovável é considerada uma solução para o crescimento sustentável. O terceiro componente seria um componente de desenvolvimento da indústria de energia renovável. Tem-se maior influência do setor industrial e das variáveis de energia renovável, indicando que o incremento na indústria pode ter acontecido para produzir energia renovável.

5.2. Análise de Agrupamento

Os resultados da Análise dos Componentes Principais confirmam que três conjuntos de variáveis fornecem três dimensões principais (Comp1, Comp2 e Comp3) da base de dados analisada: o primeiro é o componente de desenvolvimento econômico, o segundo é o componente de crescimento sustentável e, por fim, o terceiro é o componente de desenvolvimento da indústria de energia renovável. Portanto, a Análise de *Cluster* foi feita separadamente para cada um dos componentes. Assim, na primeira análise, o resultado fornece as regiões semelhantes quanto ao desenvolvimento econômico, a segunda análise fornece os grupos de regiões semelhantes no que se refere ao crescimento sustentável, enquanto que a terceira análise mostra os grupos semelhantes quanto ao desenvolvimento da indústria de energia renovável.

A medida de dissimilaridade da distância euclidiana ao quadrado foi utilizada para medir as dissimilaridades, que quanto menor o seu valor, mais similares são os elementos comparados. Foram aplicadas as técnicas hierárquicas e não hierárquicas de agrupamento. O método de agrupamento de Ward foi o método que apresentou os melhores resultados entre os hierárquicos e não hierárquicos (k-médias). No método de Ward a partição desejada é aquela que busca minimizar a heterogeneidade (variância) dentro dos grupos ao mesmo tempo que maximiza a variância entre os grupos.

5.2.1. Análise de Agrupamento para o Componente 1

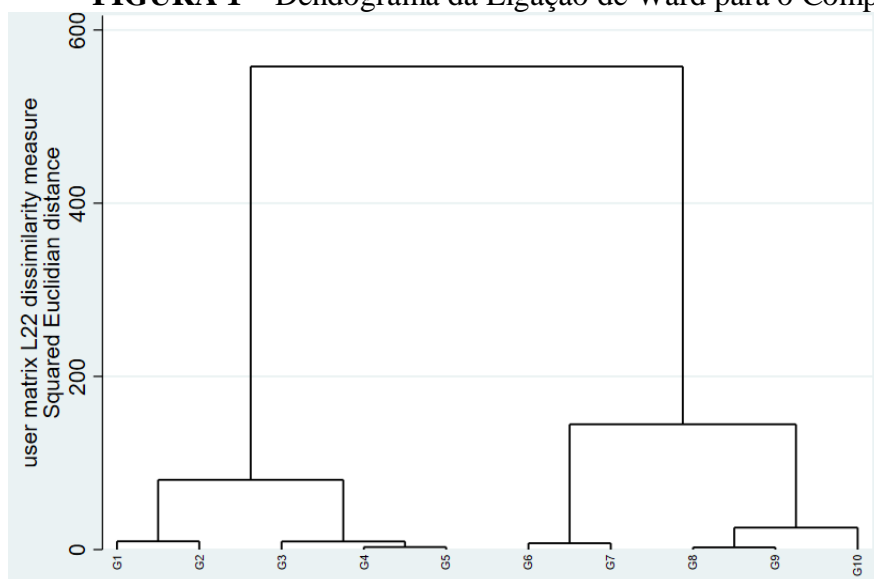
Após aplicar o método de Ward, o primeiro procedimento é analisar o dendograma que ilustra as fusões ou divisões que foram feitas em níveis sucessivos. O dendograma permite fazer uma primeira avaliação visual de quantos grupos (*cluster*) serão formados. No eixo x são apresentadas as observações e no eixo y tem-se as distâncias, que é a medida de dissimilaridade. O dendograma para o Componente 1 é apresentado na Figura 1. O dendograma mostra, inicialmente, que o número de agrupamentos de países para o componente de desenvolvimento econômico seria de 4 grupos. Após esse número de grupos acontece um salto no dendograma, os mesmos indicam que já se alcançou o número final de *clusters*.

Para confirmar o resultado do dendograma, deve-se analisar as estatísticas Clinski e Harabasz (1974) e Duda e Hart (1973). A estatística Clinski e Harabasz faz o cálculo da estatística Pseudo-F definida em cada estágio de agrupamento. Na prática, deve-se buscar o maior valor de F que leva à partição com maior heterogeneidade entre os grupos. Após identificar o número de grupos com maior valor de F, comparou-se esse valor com o maior valor da estatística $Je(2)/Je(1)$ e menor Pseudo T^2 (Duda). Essas estatísticas são apresentadas na Tabela 5 abaixo.

Na Tabela 5 é possível perceber que os valores para Pseudo-F são muito grandes e crescem à medida que o número de grupos aumenta, isto é, seu maior valor é atingido com 15 grupos. Porém não é recomendado que se faça muitos agrupamentos. Assim, analisando conjuntamente as três estatísticas, o número de grupos que tem maior Pseudo-F, maior $Je(2)/Je(1)$ e menor Pseudo T^2 , é igual a 4. O número de grupos igual a 9 tem o menor Pseudo

T^2 , mas tem um valor muito baixo de $Je(2)/Je(1)$, por isso não foi escolhido. A partição final escolhida de países para o componente de desenvolvimento econômico foi de quatro grupos.

FIGURA 1 – Dendograma da Ligação de Ward para o Comp1



Fonte: Elaboração Própria.

TABELA 5 – Estatísticas Pseudo-F e Duda

Número de <i>clusters</i>	Pseudo-F	$Je(2)/Je(1)$	Pseudo T^2
2	137.25	0.3441	76.75
3	168.61	0.2148	142.3
4	271.34	0.2561	33.7
5	332.54	0.1511	72.31
6	344.03	0.2645	37.71
7	403.47	0.3577	41.99
8	507.34	0.2364	48.7
9	540.82	0.1257	9.24
10	596.89	0.3021	72.11
11	677.13	0.1527	32.99
12	776.63	0.2326	33.78
13	910.45	0.2621	.
14	1004.86	0	179.11
15	1154.17	0.0056	26

Fonte: Elaboração Própria.

Na Tabela 6 são apresentados os países que compõem cada um dos *clusters* de desenvolvimento econômico. Na Tabela 7 estão contidas as estatísticas descritivas como média, desvio padrão, máximo e mínimo de cada um dos grupos.

O *cluster 1* é composto por países emergentes, o *cluster 2* é o grupo de países desenvolvidos e os *clusters* são compostos, basicamente, por países subdesenvolvidos. Os países que compõem o grupo 1, são essencialmente de todas as regiões do globo e tem números de variáveis sociais, em média, elevados. Comparando-os com o grupo 2, essas regiões têm taxas mais elevadas de fertilidade e participação da agricultura no PIB, ainda assim consideradas taxas pequenas, e taxas piores para os demais indicadores.

O *cluster 2* é composto em sua maioria por países europeus, Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul, esse último que se desenvolveu depois da década de 1950. Essas economias são as mais desenvolvidas, isto é, elas apresentam os melhores indicadores de qualidade de vida. Essas nações possuem as maiores taxas de alfabetização, expectativa de vida, população urbana, participação do setor de serviços no PIB e toda a população tem acesso à eletricidade. Apresentam também a menor taxa de participação da agricultura no PIB e a menor taxa de fecundidade.

O *cluster 3* é composto por países da América Latina, África e Ásia. China e Índia, apesar de serem considerados países emergentes, tem indicadores sociais piores que seus pares, que foram classificados no *cluster 1*. Esses países têm, em média, pouco mais de 50% de sua população na área urbana, tem taxa de fecundidade acima de 2 filhos por mulher e mais de 10% do setor agrícola no PIB. Esses indicadores são essencialmente o que difere esses países subdesenvolvidos daqueles em emergentes.

O *cluster 4* é composto pelos países mais pobres do globo, menos desenvolvidos. Eles são essencialmente agrícolas, com baixas taxas de urbanização, e, conseqüentemente, menor acesso à eletricidade. Além disso, apresentam baixas taxas de alfabetização, expectativa de vida e altas taxas de fecundidade, com média de 4 filhos por mulher.

TABELA 6 – Composição dos *clusters* de desenvolvimento econômico

<i>cluster 1</i>	<i>cluster 2</i>	<i>cluster 3</i>	<i>cluster 4</i>
Africa do Sul	Alemanha	Argelia	Camarões
Arabia Saudita	Australia	Bangladesh	Etiopia
Argentina	Austria	Bolivia	Gana
Brasil	Belgica	Botsuana	Moçambique
Bulgaria	Canadá	Egito	Paquistão
Chile	Coreia do Sul	Filipinas	Quênia
China	Dinamarca	Gabão	Senegal
Costa Rica	Espanha	Guatemala	Zâmbia
El Salvador	Estados Unidos	Honduras	
Equador	Finlândia	Índia	
Hungria	França	Indonésia	
Ilhas Maurício	Grecia	Marrocos	
Ira	Holanda	Nicaragua	
Islândia	Irlanda	Paraguai	
Jordânia	Itália	Sri Lanka	
Malásia	Japão		
México	Luxemburgo		
Panamá	Noruega		
Peru	Nova Zelândia		
Polónia	Portugal		
Rep Dominicana	Reino Unido		
Romenia	Suecia		
Rússia	Suíça		
Tailândia			
Tunísia			
Turquia			
Ucrânia			
Uruguai			

Fonte: Elaboração Própria.

TABELA 7 – Estatísticas descritivas dos *clusters*

<i>clusters</i>	medidas	acesso	popurb	agr	serv	expec	alfabet	fertilidade
1	média	98.59095	72.81086	5.684652	57.56965	75.2147	94.72706	1.995536
	desvio-padrão	3.196285	13.45579	2.782501	4.875181	3.48851	4.72361	0.485658
	min	85.5	41	2.080835	50.23564	61.981	79.03643	1.32
	max	100	95.045	12.05938	67.3923	82.46829	100	3.445
2	média	100	80.46909	1.668303	66.39148	81.68481	99.56474	1.613891
	desvio-padrão	0	9.768839	1.16416	6.052684	1.028321	1.288351	0.2214764
	min	100	57.715	0.229786	54.04269	78.69024	94.47705	1.239
	max	100	97.876	5.486761	78.98738	83.7939	100	1.99
3	média	89.13176	53.78847	10.89049	51.45472	71.4162	82.59138	2.6928
	desvio-padrão	11.88595	17.43094	3.874759	6.376244	3.452464	10.75647	0.479027
	min	58.52875	18.256	2.202877	39.02919	65.685	65.13733	2.063
	max	100	88.118	16.17451	60.40152	75.86	96.398	3.85
4	média	52.33737	38.99312	20.91168	48.50581	62.99737	63.55511	4.47375
	desvio-padrão	24.13466	12.63146	9.739109	6.159417	3.842014	14.97821	0.6110552
	min	24	19.428	4.98083	39.54217	57.582	38.99598	3.55
	max	93.5	54.578	36.05698	56.22041	66.784	83.00767	5.305
Total	média	92.11111	67.67926	7.137729	58.09218	75.13493	90.40079	2.286169
	desvio-padrão	17.25192	18.99379	7.011909	8.496834	6.405203	13.32681	0.9565788
	min	24	18.256	0.229786	39.02919	57.582	38.99598	1.239
	max	100	97.876	36.05698	78.98738	83.7939	100	5.305

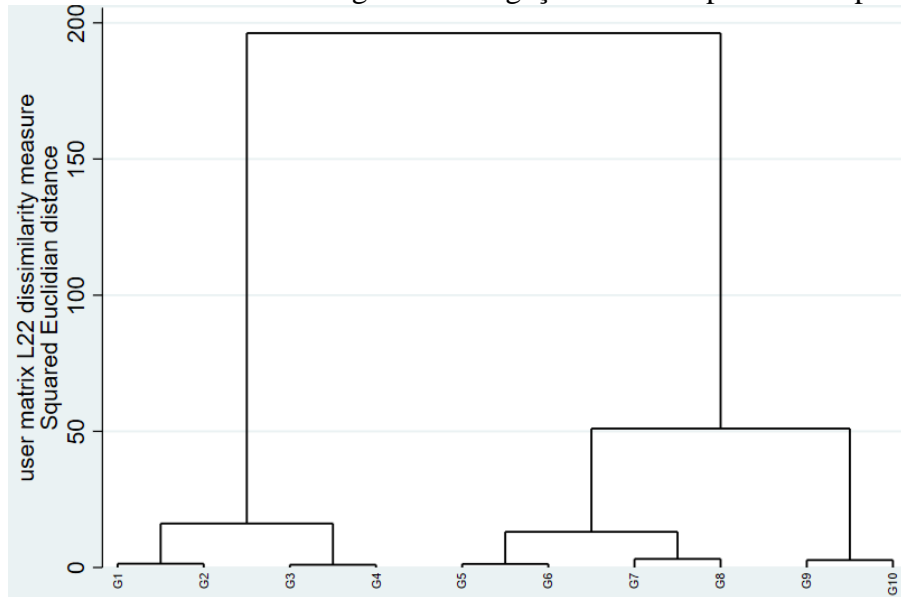
Fonte: Elaboração Própria.

5.2.2. Análise de Agrupamento para o Componente 2

O componente 2 representa o conjunto de variáveis que indicam crescimento sustentável. Na Figura 2 tem-se o dendograma do método de Ward desse componente. A análise da imagem permite concluir que o número de *clusters* que expressa a mínima heterogeneidade dentro dos grupos seria igual a 5. Após essa quantidade de grupos o dendograma apresenta um grande salto dos valores da distância.

Ao analisar as estatísticas F e Duda na Tabela 8, o melhor agrupamento seria igual a 6, não 5 como mostrava o dendograma. Como aconteceu com o componente 1, o maior valor para a estatística F é para 15 grupos, mas não é recomendado ter muitos grupos. Assim, analisando a estatística Duda, para que não tenham muitos grupos com poucas observações, a escolha ideal seria de 6 grupos.

FIGURA 2 – Dendograma da Ligação de Ward para o Comp2



Fonte: Elaboração Própria.

TABELA 8 – Estatísticas Pseudo-F e Duda

Número de <i>clusters</i>	Pseudo-F	Je (2)/Je(1)	Pseudo T ²
2	151.94	0.3037	96.3
3	209.21	0.1795	127.95
4	238.28	0.2997	70.09
5	375.8	0.1758	75.01
6	398.89	0.2294	33.6
7	463.72	0.3211	40.18
8	496.22	0.2663	33.06
9	566.49	0.3043	16.01
10	662.45	0.291	26.81
11	686.62	0.0113	174.57
12	727.09	0.1653	20.2
13	779.85	0.2138	36.76
14	868.42	0.3026	13.83
15	991.39	0.4144	8.48

Fonte: Elaboração Própria.

A Tabela 9 permite identificar quais países compõem cada *cluster*, enquanto que na Tabela 10 estão as estatísticas descritivas de cada *cluster* que ajuda na caracterização de cada grupo.

TABELA 9 – Composição dos *clusters* de crescimento sustentável

<i>cluster 1</i>	<i>cluster 2</i>	<i>cluster 3</i>	<i>cluster 4</i>	<i>cluster 5</i>	<i>cluster 6</i>
Africa do Sul	Arabia Saudita	Alemanha	Austria	Belgica	Costa Rica
Bangladesh	Argelia	Argentina	Brasil	Espanha	Dinamarca
Bolivia	China	Australia	Camarões	Estados Unidos	Etiopia
Bulgaria	Coreia do Sul	Botsuana	Canadá	França	Islândia
Equador	Egito	Chile	Finlandia	Grecia	Luxemburgo
Filipinas	Indonésia	El Salvador	Uruguai	Guatemala	Moçambique
Gabao	Ira	Honduras		Holanda	Noruega
Gana	Malasia	Ilhas Mauricio		Itália	Nova Zelândia
Hungria	Tailandia	Japão		Panama	Quenia
India		Nicaragua		Paraguai	Suecia
Irlanda		Paquistao		Portugal	Suiça
Jordania		Peru		Reino Unido	Zambia
Marrocos		Senegal			
Mexico		Sri Lanka			
Polonia					
Rep Dominicana					
Romenia					
Russia					
Tunisia					
Turquia					
Ucrânia					

Fonte: Elaboração Própria.

O *cluster 1* tem países de todos os níveis de desenvolvimento e de todos os continentes. Os países têm um consumo de energia renovável e uso desse tipo de energia para a geração de eletricidade em torno de 20% do consumo e geração de eletricidade total. Uma característica que os diferencia dos demais em outros grupos é que estes têm, em média, o menor PIB *per capita*. A economias presentes no *cluster 2* são também de todos os níveis econômicos e estão localizadas, basicamente, no continente asiático. Esses países têm renda média um pouco acima da renda dos países classificados no *cluster 1*, mas por outro lado, são os países que menos consomem energia renovável e que fazem uso dela na matriz energética.

O *cluster 3* é composto por países também de todos os níveis de desenvolvimento, que tem renda média maior dos que os dois primeiros *clusters*. Mas esses países já utilizam e consomem um pouco mais de energia renovável, em torno de 30%. O *cluster 5* também é composto por países com a mesma característica quanto ao uso e consumo de recursos renováveis, porém são países renda média alta, ou seja, é formado em sua maioria por países desenvolvidos.

Já os *clusters 4* e *6* são caracterizados pela presença de países que consomem grande quantidade de energia renovável e fazem uso de energia limpa na sua matriz energética. O que chama atenção é que os maiores produtores de eletricidade com energia renovável englobam tanto países desenvolvidos, quanto países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Assim, as economias desses dois *clusters* são as que apresentam o maior grau de crescimento sustentável.

TABELA 10 – Estatísticas descritivas dos *clusters*

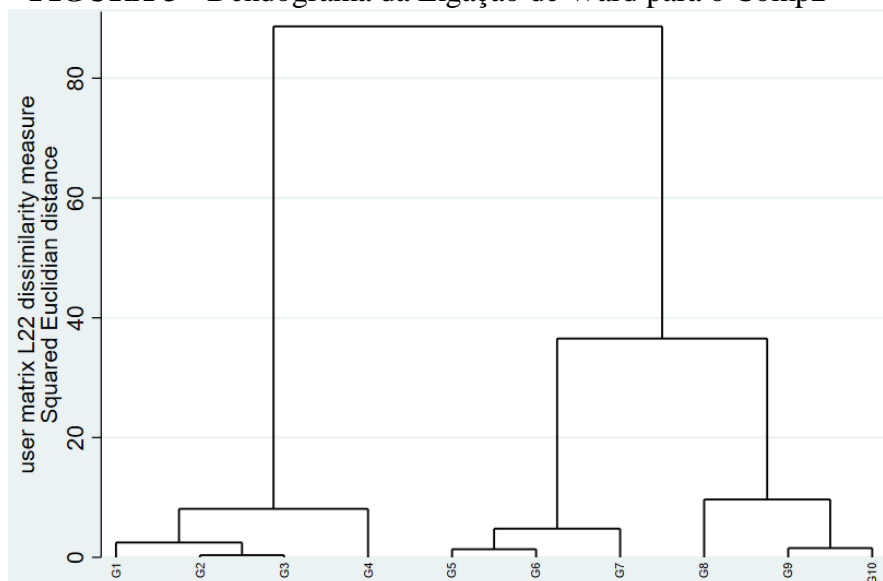
<i>cluster</i>	medidas	consrenov	renova	pibcapita	ind	serv
1	média	20.07965	20.49996	9588.194	29.13853	53.57113
	desvio-padrão	17.64046	16.13421	14036.59	5.581045	6.49032
	min	3.22917	0.967708	971.642	21.72796	39.02919
	max	82.00784	52.80294	67719.16	48.18363	63.26821
2	média	9.638359	7.628382	9625.116	37.97282	51.34514
	desvio-padrão	12.59248	7.350427	8051.396	3.7415	3.962574
	min	0.005977	0.0002956	2665.234	32.96959	43.30908
	max	36.87935	23.92682	24870.77	45.27245	55.90624
3	média	28.33821	31.89723	14953.34	24.38027	58.61036
	desvio-padrão	17.04286	17.8117	19110.82	4.282667	5.970072
	min	6.297357	0.0337041	1140.206	15.51485	49.78252
	max	52.87589	57.82267	55097.61	30.2914	69.14895
4	média	46.33441	70.44072	28357.97	23.87696	60.68562
	desvio-padrão	18.96543	15.0844	21779.2	2.343915	4.902434
	min	22.02536	44.49903	1469.638	19.36004	52.0762
	max	76.5384	88.55895	50303.84	25.44176	66.74851
5	média	22.47329	38.55791	30054.8	21.46296	66.71839
	desvio-padrão	19.69911	26.11527	17396.03	5.544959	6.841233
	min	5.889463	12.44208	3069.041	14.18766	48.57736
	max	63.65099	99.99821	52099.27	34.62756	75.927
6	média	55.35648	80.91667	40600.54	21.26205	60.5368
	desvio-padrão	27.93605	21.15572	38295.93	6.143385	11.10354
	min	9.031314	32.38167	487.29	11.21643	39.54571
	max	92.16346	99.97872	107235.3	33.65772	78.98738
Total	média	28.60968	37.86561	20477.52	26.36419	58.09218
	desvio-padrão	23.87459	30.29519	23799.89	7.235349	8.496834
	min	0.005977	0.0002956	487.29	11.21643	39.02919
	max	92.16346	99.99821	107235.3	48.18363	78.98738

Fonte: Elaboração Própria.

5.2.3. Análise de Agrupamento para o Componente 3

O componente 3 engloba as variáveis de desenvolvimento da indústria de energia renovável. Na Figura 3 tem-se o dendograma obtido após aplicar o método de Ward para esse componente. O dendograma mostra que poderiam ser feitos 3, 5 ou 6 agrupamentos. Para confirmar qual é a melhor partição, analisa-se as estatísticas Pseudo-F e Duda na Tabela 11.

FIGURA 3 - Dendograma da Ligação de Ward para o Comp2



Fonte: Elaboração Própria.

TABELA 11 - Estatísticas Pseudo-F e Duda

Número de <i>clusters</i>	Pseudo-F	Je (2)/Je(1)	Pseudo T ²
2	95.94	0.3342	85.67
3	148.13	0.1683	39.52
4	154.71	0.3057	61.33
5	201.49	0.2875	81.78
6	269.6	0.2501	56.97
7	337.09	0.0006	1708.11
8	416.68	0.2544	58.62
9	598.19	0.2395	31.75
10	637.61	0.1785	23.01
11	706.04	0.2852	35.09
12	828.02	0.1106	56.27
13	1053.9	0.405	8.81
14	1212.43	0.2691	29.88
15	1292.15	0.1828	26.83

Fonte: Elaboração Própria.

A Tabela 11 confirma que o melhor agrupamento seria de 6 grupos. Apesar do *cluster* 3 apresentar o menor valor no Pseudo T², o valor do Je(2)/Je(1) é muito baixo. Assim, o melhor agrupamento a se escolher seria igual a 6. As Tabelas 12 e 13 mostram a composição dos *clusters* e como eles são caracterizados, respectivamente.

TABELA 12 – Composição dos *clusters* de desenvolvimento da indústria de energia renovável

<i>cluster 1</i>	<i>cluster 2</i>	<i>cluster 3</i>	<i>cluster 4</i>	<i>cluster 5</i>	<i>cluster 6</i>
Africa do Sul	Bangladesh	Alemanha	Argentina	Arabia Saudita	Gabao
Australia	Botsuana	Austria	Argelia	China	Noruega
Belgica	Estados Unidos	Brasil	Bolivia	Indonésia	Paraguai
Bulgaria	Grecia	Camarões	El Salvador	Irlanda	
Egito	Ilhas Mauricio	Canadá	Filipinas	Islândia	
Espanha	Luxemburgo	Chile	Honduras	Uruguai	
Etiopia	Paquistao	Coreia do Sul	Hungria	Zambia	
França	Senegal	Costa Rica	Japão		
Holanda		Dinamarca	Mexico		
India		Equador	Nicaragua		
Ira		Finlandia	Polonia		
Itália		Gana	Russia		
Jordania		Guatemala	Sri Lanka		
Marrocos		Malasia			
Moçambique		Nova Zelândia			
Portugal		Panama			
Quenia		Peru			
Reino Unido		Romenia			
Rep Dominicana		Suecia			
Tunisia		Suiça			
Ucrânia		Tailandia			
		Turquia			

Fonte: Elaboração Própria.

Os *clusters* 1 e 4 são compostos por países de todas as regiões do globo e todos níveis de desenvolvimento. Esses grupos é caracterizado por ter países que consomem e utilizam para a produção da eletricidade energia renovável moderadamente. Além disso, tem uma taxa média de industrialização. O *cluster 2* é caracterizado por países que também usam moderadamente energias renováveis, mas que tem a menor participação da indústria no PIB e a maior participação do setor de serviços na renda. O que chama atenção é que os Estados Unidos se classificam nesse grupo.

O *cluster 3* é o maior grupo e ele é caracterizado por países que tem uma taxa de industrialização mediana ao mesmo tempo que utilizam em torno de 50% de energia renovável para a produção de eletricidade. Os *clusters 5 e 6* são aqueles que tem as maiores taxas de industrialização e as menores taxas do setor de serviços. A diferença entre os grupos se dá pelo nível de consumo e uso de energia renovável para a produção de eletricidade, que é muito alto no grupo 6, composto apenas por três países. Os países que compõem o *cluster 6* tem uma alta taxa de participação da indústria no PIB, ao mesmo tempo que consomem grande quantidade de energia renovável.

TABELA 13 – Estatísticas descritivas dos *clusters*

<i>cluster</i>	consrenov	renova	ind	serv
1	22.99118	26.93797	23.15215	59.07159
	26.82959	29.60071	5.295776	9.161131
	0.9130051	0.967708	16.29779	39.54571
	92.16346	99.96167	36.6302	70.79963
2	24.90883	17.51211	18.62582	63.35233
	15.34191	13.12328	5.032993	11.01979
	8.716936	0.033704	11.21643	51.43687
	46.47632	32.38167	26.83139	78.98738
3	30.62553	52.32759	27.15901	59.02529
	18.09962	24.69651	5.482419	7.463742
	2.707703	1.894666	19.36004	39.54217
	76.5384	99.00111	39.06603	71.04127
4	21.41503	27.34819	27.81301	56.19324
	18.46322	17.63828	3.564311	6.15574
	0.0589587	0.322684	23.15306	45.9764
	52.87589	57.82267	35.72608	69.14895
5	40.20247	49.72502	34.70407	54.04102
	34.93936	43.60083	9.224956	6.303563
	0.0059765	0.000296	19.44248	43.30908
	87.98545	99.97872	45.27245	62.53078
6	67.15228	80.48407	37.91749	48.04781
	13.01261	31.83829	9.079777	8.76584
	57.772	43.74412	30.94128	39.02919
	82.00784	99.99821	48.18363	56.53686
Total	28.60968	37.86561	26.36419	58.09218
	23.87459	30.29519	7.235349	8.496834
	0.0059765	0.000296	11.21643	39.02919
	92.16346	99.99821	48.18363	78.98738

Fonte: Elaboração Própria.

6. CONCLUSÃO

Este estudo caracterizou uma amostra de 74 países quanto às características sociais, econômicas e de uso de energia renovável para o ano de 2015. Os resultados da ACP indicaram a criação de três componentes principais: componente de desenvolvimento econômico, componente de crescimento sustentável e componente de desenvolvimento da indústria de energia renovável.

Encontrados os componentes, foi feita a AA para cada um dos componentes. Para o componente de desenvolvimento econômico, foram criados 4 *clusters*, o primeiro com os países em desenvolvimento, o segundo grupo com as economias desenvolvidas. O terceiro *cluster* é composto por economias subdesenvolvidas, incluindo Índia e China, que apesar de serem economia emergentes, tem indicadores sociais de países mais pobres. O quarto e último *cluster* agrupa os países mais pobres, que apresentam os piores indicadores de acesso à eletricidade, população urbana, setor de serviços, expectativa de vida, taxa de alfabetização e fertilidade.

Além disso, esses países têm maior percentual do setor primário em relação ao PIB, indicando que são economias essencialmente agrícolas.

Para o componente de crescimento sustentável, foram criados 6 *clusters*. Esse componente relaciona as variáveis de consumo de energia renovável, uso de energia renovável para a geração de eletricidade, PIB *per capita*, taxa de participação da indústria e dos serviços no PIB. Os *clusters* 4 e 6 foram formados por países que consomem grande quantidade de energia renovável e fazem uso de energia limpa na sua matriz energética. Esses dois grupos são compostos tanto por países desenvolvidos quanto por países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos. Assim, as economias desses dois *clusters* foram as que apresentaram o maior grau de crescimento sustentável.

Foram criados 6 *clusters* para o terceiro componente de desenvolvimento da indústria de recursos renováveis. O agrupamento seis é composto por apenas 3 países que são caracterizados por ter uma taxa alta de participação da indústria no PIB ao mesmo tempo que produz em torno de 80% da eletricidade com energia renovável e consome um percentual elevado desse tipo de energia também.

Assim, o estudo mostra que o uso de energia renovável na matriz energética não tem relação com nível maior de desenvolvimento econômico. Isto é, países com maior desenvolvimento econômico ainda não utilizam em grande escala energia renovável para a geração de eletricidade e também não consomem grande quantidade. Além disso, é possível perceber uma relação inversa, países menos desenvolvidos apresentam um consumo maior de energias limpas e também são aqueles que apresentam maior grau de crescimento sustentável. A políticas que incentivam o uso de energias renováveis podem auxiliar na disseminação da energia solar, eólica, de marés e biomassa nos países desenvolvidos nos próximos anos.

7. REFERÊNCIAS

AKELLA, A. K.; SAINI, R. P.; SHARMA, Mahendra Pal. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. **Renewable Energy**, v. 34, n. 2, p. 390-396, 2009.

AMRI, Fethi. Renewable and non-renewable energy and trade into developed and developing countries. **Quality & Quantity**, p. 1-11, 2019.

ANG, James B. Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. **Journal of Policy Modeling**, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2008.

APERGIS, Nicholas et al. On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. **Ecological Economics**, v. 69, n. 11, p. 2255-2260, 2010.

APERGIS, Nicholas; PAYNE, James E. Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. **Energy economics**, v. 34, n. 3, p. 733-738, 2012.

APERGIS, Nicholas; PAYNE, James E. Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. **Energy policy**, v. 38, n. 1, p. 656-660, 2010.

ASSIMAKOPOULOS, V. Residential energy demand modelling in developing regions: The use of multivariate statistical techniques. **Energy Economics**, v. 14, n. 1, p. 57-63, 1992.

BARTHOLOMEW, David J. *et al.* **Analysis of multivariate social science data**. Chapman and Hall/CRC, 2008.

Bayar, Y. & Gavriletea, **M.D.** Energy efficiency, renewable energy, economic growth: evidence from emerging market economies. **Quality & Quantity**, p. 1-14, 2019.

BELAÏD, Fateh. Untangling the complexity of the direct and indirect determinants of the residential energy consumption in France: Quantitative analysis using a structural equation modeling approach. **Energy Policy**, v. 110, p. 246-256, 2017.

BLANCHARD, O. **Macroeconomia: teoria e política econômica**. Rio de Janeiro, Campus, 2001.

CHOW, Jeffrey; KOPP, Raymond J.; PORTNEY, Paul R. Energy resources and global development. **Science**, v. 302, n. 5650, p. 1528-1531, 2003.

ESTIRI, Hossein. Building and household X-factors and energy consumption at the residential sector: A structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of US residential buildings. **Energy Economics**, v. 43, p. 178-184, 2014.

KAVOUSIAN, A.; RAJAGOPAL, R.; FISCHER, M. Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. **Energy**, v. 55, p. 184-194, 2013.

LENZEN, Manfred *et al.* A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan. **Energy**, v. 31, n. 2-3, p. 181-207, 2006.

REN21. Renewables 2018 global status report. (2018). Acessado Jun 2018.

SATHAYE, Jayant *et al.* Renewable energy in the context of sustainable development. Em: **IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation**. Cambridge University Press, Cambridge, 2011.

SHAFIEI, Sahar; SALIM, Ruhul A. Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: A comparative analysis. **Energy Policy**, v. 66, p. 547-556, 2014.

SHARIMAKIN, Akinshinwa *et al.* Dynamic multilevel modelling of industrial energy demand in Europe. **Energy Economics**, v. 74, p. 120-130, 2018.

TUGCU, Can Tansel; OZTURK, Ilhan; ASLAN, Alper. Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: evidence from G7 countries. **Energy economics**, v. 34, n. 6, p. 1942-1950, 2012.

U.S. Energy Information Administration (EIA). **International Energy Outlook**. Department of Energy, Washington, DC. 2010.

World Bank. **Indicators**. . Acessado em: Maio 2019.