

# Insper

**Insper Instituto de Ensino e Pesquisa**  
**Faculdade de Economia e Administração**

**MAHYA THAU BALDACCI**

**Análise Comparativa dos Ganhos de Eficiência da Energia Solar e do Gás  
Natural no Contexto Brasileiro**

São Paulo  
2016

Mahya Thau Baldacci

ANÁLISE COMPARATIVA DOS GANHOS DE EFICIÊNCIA DA  
ENERGIA SOLAR E DO GÁS NATURAL NO CONTEXTO  
BRASILEIRO

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, como  
requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel do Insper Instituto  
de Ensino e Pesquisa.

Orientador: Me. Sérgio Martins

**São Paulo**

**2016**

Baldacci, Mahya Thau

Análise Comparativa dos Ganhos de Eficiência da Energia Solar e do Gás Natural no Contexto Brasileiro.

Mahya Thau Baldacci – São Paulo, 2016.

x.f

Monografia – Faculdade de Economia – Insper, 2016.

Orientador: Me. Sérgio Martins

1. Introdução. 2. Objetivo 3. Referencial Teórico 4. Metodologia 5. Coleta de Dados 6. Discussão dos Resultados Esperados 7. Índice 8. Análise Estatística do Índice 9. Conclusão I. Baldacci, Mahya Thau. II. Análise Comparativa dos Ganhos de Eficiência da Energia Solar e do Gás Natural no Contexto Brasileiro.

Mahya Thau Baldacci

ANÁLISE COMPARATIVA DOS GANHOS DE EFICIÊNCIA DA  
ENERGIA SOLAR E DO GÁS NATURAL NO CONTEXTO  
BRASILEIRO

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, como requisito  
parcial para a obtenção do Grau de Bacharel do Insper.

Data de Aprovação: \_\_/\_\_/\_\_

**Examinadores**

---

Me. Sérgio Martins

Orientador

---

Profa. Dra. Priscila Claro

Examinadora

---

Profa. Dra. Maria Kelly Venezuela

Examinadora

## **Resumo**

BALDACCI, Mahya. Análise Comparativa dos Ganhos de Eficiência da Energia Solar e do Gás Natural no Contexto Brasileiro. São Paulo, 2016. Monografia – Faculdade de Economia e Administração. Insper.

Nas últimas duas décadas os assuntos relacionados à sustentabilidade energética e à preocupação com o meio ambiente se tornaram uma pauta importantíssima de discussão entre os diversos países, principalmente os incluídos no Protocolo de Kyoto. Desde então houve inúmeras pesquisas sobre fontes alternativas de energia, e atualmente alguns países já desenvolveram estas em suas matrizes energéticas. No Brasil este dilema está cada vez mais presente no cotidiano da população devido tanto à crise energética e hídrica quanto aos movimentos para uma matriz balanceada limpa.

Assim, o objetivo desta monografia é verificar e comparar os ganhos de eficiência da energia solar, uma potencial energia renovável que vem sendo cada vez mais explorada pelo Brasil para constituir sua matriz energética, com a energia proveniente do gás natural, que além de ser o possível posicionamento brasileiro na 21ª Conferência do Clima (COP 21), também existe em abundância no território nacional.

Para isso, será criado um índice através de uma análise fatorial multivariada que contempla variáveis importantes para mensurar os ganhos de eficiência de cada uma das energias para os consumidores, geradores, governo e meio-ambiente. Essas variáveis serão coletadas de três maneiras distintas: através da definição de gestão de eficiência energética para cada agente, de estudos passados e de uma pesquisa estratégica.

**Palavras-chave:** Energia Solar. Gás Natural. Ganhos de Eficiência. Energia. Economia

## **Abstract**

BALDACCI, Mahya. Comparative Analysis of the Efficiency Gains of Solar Energy and Natural Gas in the Brazilian Context. São Paulo, 2016. Monograph – Faculdade de Economia e Administração. Insper

In the last two decades, sustainable energy and preoccupation with the environment have become important matters of discussion between countries. Since then, countless researches regarding alternative energy sources have been made and currently some countries already developed these sources in their energy matrix. In Brazil, this dilemma is increasingly present in the population's everyday life due to the energy and water crisis as well as the movements for a clean balanced energy matrix.

Thus, the purpose of this monograph is to verify and compare the efficiency gains of solar energy, a potential renewable energy that is being increasingly exploited in Brazil in the construction of its energy matrix, to the energy from natural gas, that besides being Brazil's possible positioning at the 21st Climate Conference (COP 21) also exists in abundance in the country's national territory.

For this, an index will be created through a multivariate factor analysis, which includes important variables that will measure the efficiency gains of each energy source for consumers, generators, government and the environment. These variables will be collected in three different ways: through the definitions of energy efficiency for each stakeholder, past studies and a strategic research (validating via focus group).

**Keywords:** Solar Energy. Natural Gas. Efficiency Gains. Energy. Economy

## **Lista de Figuras**

Figura 1 – Mapa do Balanço Hídrico do Brasil em 2014 .....	5
Figura 2 – Energia Armazenada (em MW) no Brasil de 2012 a 2014.....	5
Figura 3 – Produção e de Consumo de Energia em 2014 no Brasil .....	6
Figura 4 – Evolução das Tarifas Médias de Fornecimento – 1995/2010.....	7
Figura 5 – Geração e Consumo de Eletricidade por Setores (em TWh) no Brasil em 2014.....	8
Figura 6 – Capacidade Instalada (em MW) de Geração Elétrica de 1974 a 2013.....	9

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 – 1º Gráfico de Respostas dos Consumidores na Austrália.....	21
Gráfico 2 – 2º Gráfico de Respostas dos Consumidores na Austrália.....	22
Gráfico 3 – 3º Gráfico de Respostas dos Consumidores na Austrália.....	22
Gráfico 4 – 1º Gráfico de Respostas dos Agentes do Meio Ambiente na Austrália.....	23
Gráfico 5 – 2º Gráfico de Respostas dos Agentes do Meio Ambiente na Austrália.....	24
Gráfico 6 – 3º Gráfico de Respostas dos Agentes do Meio Ambiente na Austrália.....	25
Gráfico 7 – Gráfico de Respostas dos Consumidores no Brasil .....	27
Gráfico 8 – Gráfico de Respostas para o Meio Ambiente no Brasil .....	29

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Critérios de avaliação do método Kayser Mayer Olkim .....	31
Tabela 2 – Resultado dos Testes de KMO e Bartlett .....	32
Tabela 3 – Total de Variância Explicada .....	33
Tabela 4 - Matriz de Componentes Rotacionada .....	34
Tabela 5 - Resultado dos Testes de KMO e Bartlett .....	35
Tabela 6 - Total de Variância Explicada .....	35
Tabela 7 - Matriz de Componentes Rotacionada .....	36
Tabela 8 – Variáveis, Dados Numéricos e Fontes .....	37
Tabela 9 – Variáveis de Acordo com Escala 0-10 .....	39
Tabela 10 – Coeficientes Ajustados .....	41
Tabela 11 – Valores das Categorias .....	42
Tabela 12 – Valor do Índice .....	42
Tabela 13 – ANOVA para os Consumidores.....	43
Tabela 14 – ANOVA para o Meio Ambiente.....	43
Tabela 15 - Teste Levene para os Consumidores .....	44
Tabela 16 - Teste Levene para o Meio Ambiente .....	44
Tabela 17 – Testes Robustos para Pesquisa do Consumidor.....	44
Tabela 18 – Testes Robustos para Pesquisa do Meio Ambiente.....	44

# Sumário

1	Introdução.....	4
1.1	Crise Energética.....	4
1.2	Matriz Energética Balanceada .....	7
1.3	21ª Conferência do Clima .....	9
1.4	Novos Projetos de Energia Solar .....	10
2	Objetivo.....	12
3	Referencial Teórico .....	13
4	Metodologia .....	16
4.1	Definição das Variáveis .....	16
4.1.1	Com base na definição de Eficiência para cada <i>Stakeholder</i> .....	16
4.1.2	Variáveis Esperadas baseadas em estudos passados .....	18
4.1.3	Pesquisa Estratégica .....	19
4.2	Utilização dos Dados da Pesquisa.....	30
4.2.1	Análise da Pesquisa do Consumidor .....	31
4.2.2	Análise da Pesquisa para o Meio Ambiente.....	35
5	Coleta dos Dados.....	37
6	Discussão dos Resultados Esperados .....	38
7	Índice.....	39
8	Análise Estatística do Índice .....	42
9	Conclusão.....	44
10	Referências .....	47
	Apêndice.....	50

## **1 Introdução**

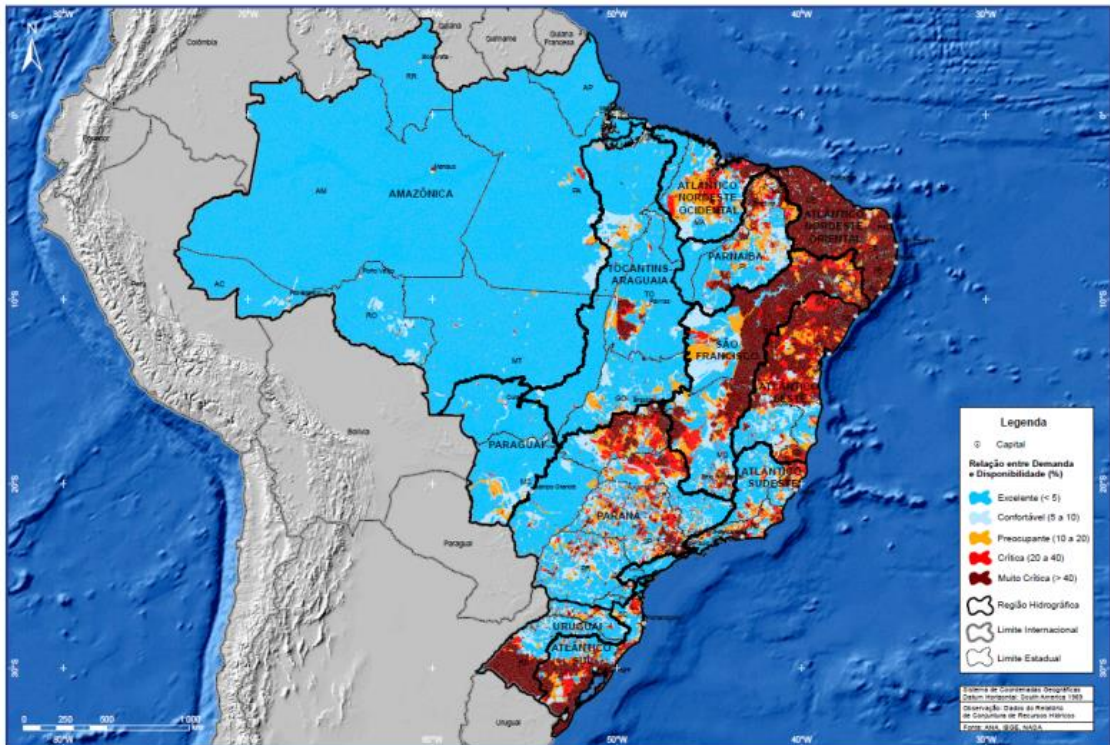
### **1.1 Crise Energética**

A Revolução Industrial de 1930 no Brasil foi um marco na constituição da matriz energética brasileira. Neste período começaram a explorar novas fontes de energia como o carvão mineral, que era eficiente e aumentava a produtividade industrial, porém era poluente e não renovável (MURTA, 2011). As preocupações até então estavam voltadas à velocidade do transporte e do crescimento do setor produtivo e não à preservação dos recursos finitos que eram utilizados para gerar energia. Ao manter o foco em uma busca desenfreada pelo crescimento econômico, o Brasil se inseriu, após aproximadamente 50 anos, em um cenário de crise energética.

A crise hídrica, hoje vivenciada pelos brasileiros, é causada pela falta de água nos reservatórios e pela matriz energética ser pouco diversificada, que oferece fontes alternativas precárias, causando impactos negativos tanto para o meio ambiente quanto para o bem-estar da população.

O desabastecimento dos reservatórios, também conhecido como crise hídrica, se agrava cada vez mais e reflete negativamente no cotidiano dos consumidores. A falta de água potável, consequência do desperdício e da falta de saneamento básico, tem gerado problemas visíveis. Em março de 2014 os reservatórios estavam aproximadamente com cerca de 35% de suas capacidades totais de acordo com o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), porém esse dado representa uma média do território brasileiro. Ao verificar a diferença entre a relação da demanda por energia, proveniente dos recursos hídricos, e a disponibilidade destes, fazendo uma comparação com a Amazônia, por exemplo, e os grandes centros populacionais e industriais, pode-se perceber a discrepância e a magnitude da crise. O mapa a seguir ilustra esse desequilíbrio.

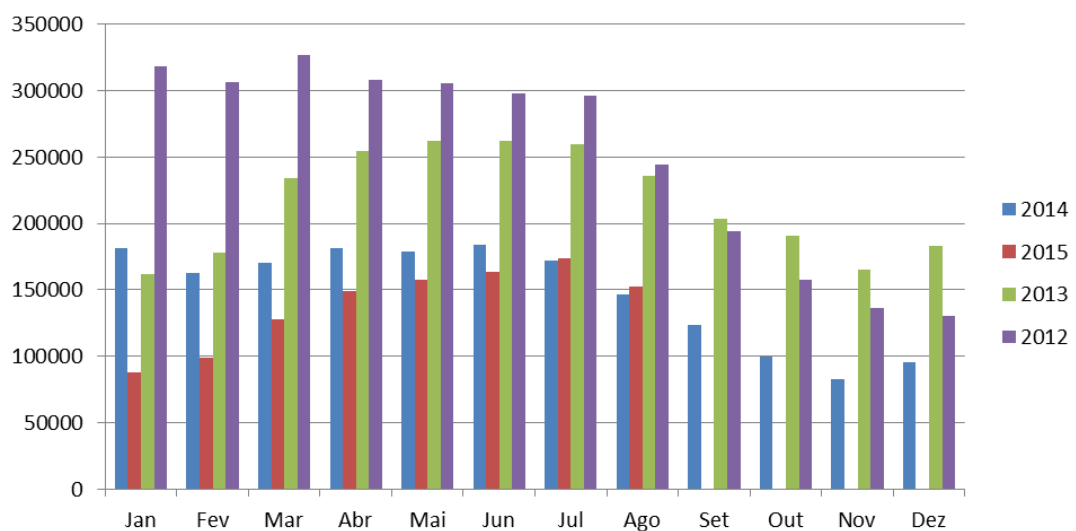
**Figura 1 – Mapa do Balanço Hídrico do Brasil em 2014**



Fonte – ANA, 2015

Além desta demanda, que não é totalmente suprida, verifica-se uma desaceleração no crescimento da oferta, que em 2014 cresceu 40% menos do que o previsto, ou seja, a quantidade disponível para ser distribuída está em decréscimo. Assim, a energia armazenada, proveniente das hidroelétricas brasileiras, tem regredido significativamente ao longo dos últimos anos, como demonstrado na figura abaixo.

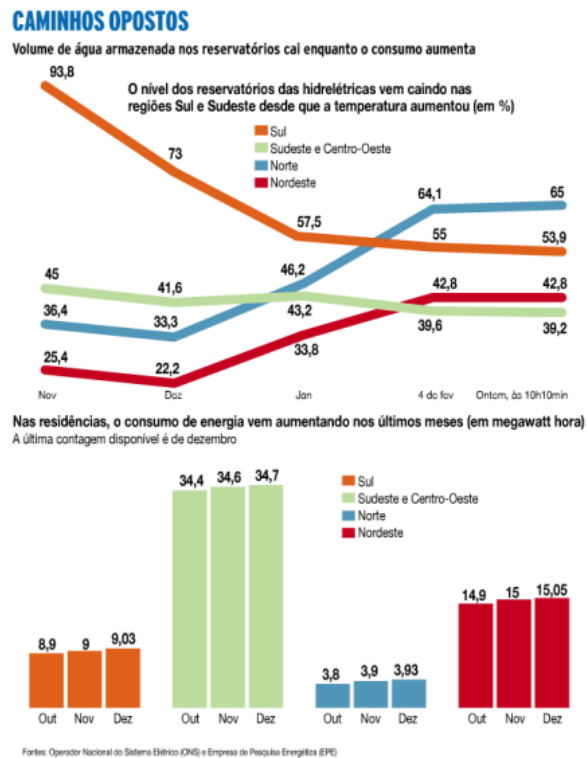
**Figura 2 – Energia Armazenada (em MW) no Brasil de 2012 a 2014**



Fonte – ONS, 2015

A quantidade de energia armazenada está vinculada ao volume de águas nos reservatórios, que tem diminuído enquanto, paralelamente, a população se mantém crescente (IBGE, 2015) e, conseqüentemente, a demanda por energia aumenta e causa desajustes na economia do setor energético. Essa divergência entre produção e consumo é esclarecida nos gráficos explicitados a seguir, que relacionam o volume de água armazenada dos reservatórios com o consumo residencial. A importância da análise com relação ao setor residencial é que este é o segundo mais responsável pelo consumo energético, com 21,2% do consumo total, antecedido apenas pelo setor industrial, com 33,0%, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

**Figura 3 – Produção e de Consumo de Energia em 2014 no Brasil**



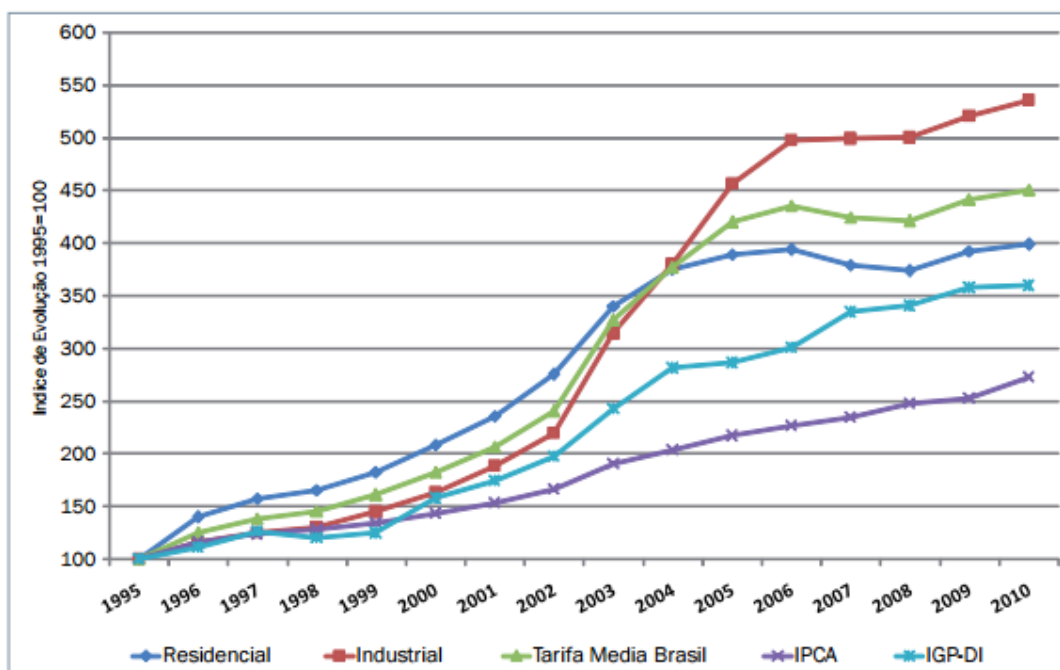
Fonte - ONS e EPE, 2015

É o fato explicitado acima que desencadeia a falta de potência instalada, pois o consumo é maior do que a produção energética das usinas. Quando essa situação se impõe, para que as redes de energia não sejam sobrecarregadas, o abastecimento das cidades é interrompido, causando os apagões, que são cada vez mais frequentes no Brasil (Agência Nacional dos Consumidores de Energia - ANACE). Isso aumenta o risco de racionamento de acordo com a PSR, uma consultoria em energia que revelou o risco de 17,5% em 2013 e desde então esse número continua crescendo.

De acordo com fundamentos econômicos, um consumo crescente de energia que não é acompanhado por um crescimento da oferta, na verdade por uma escassez, gera desequilíbrio

no mercado, ou seja, há um excesso de demanda por este recurso e, com isso, os preços de fornecimento de energia sofrem aumentos (GOLDEMBERG,2010), como é visto na Figura 4 a seguir.

**Figura 4** – Evolução das Tarifas Médias de Fornecimento – 1995/2010



Fonte – FUNDASP, 2010

## 1.2 Matriz Energética Balanceada

Uma matriz energética balanceada é de extrema importância para o desenvolvimento do país, o que representa que o conjunto de fontes utilizadas para suprir energia é diversificado, mas é de extrema importância que esta matriz energética seja limpa e renovável.

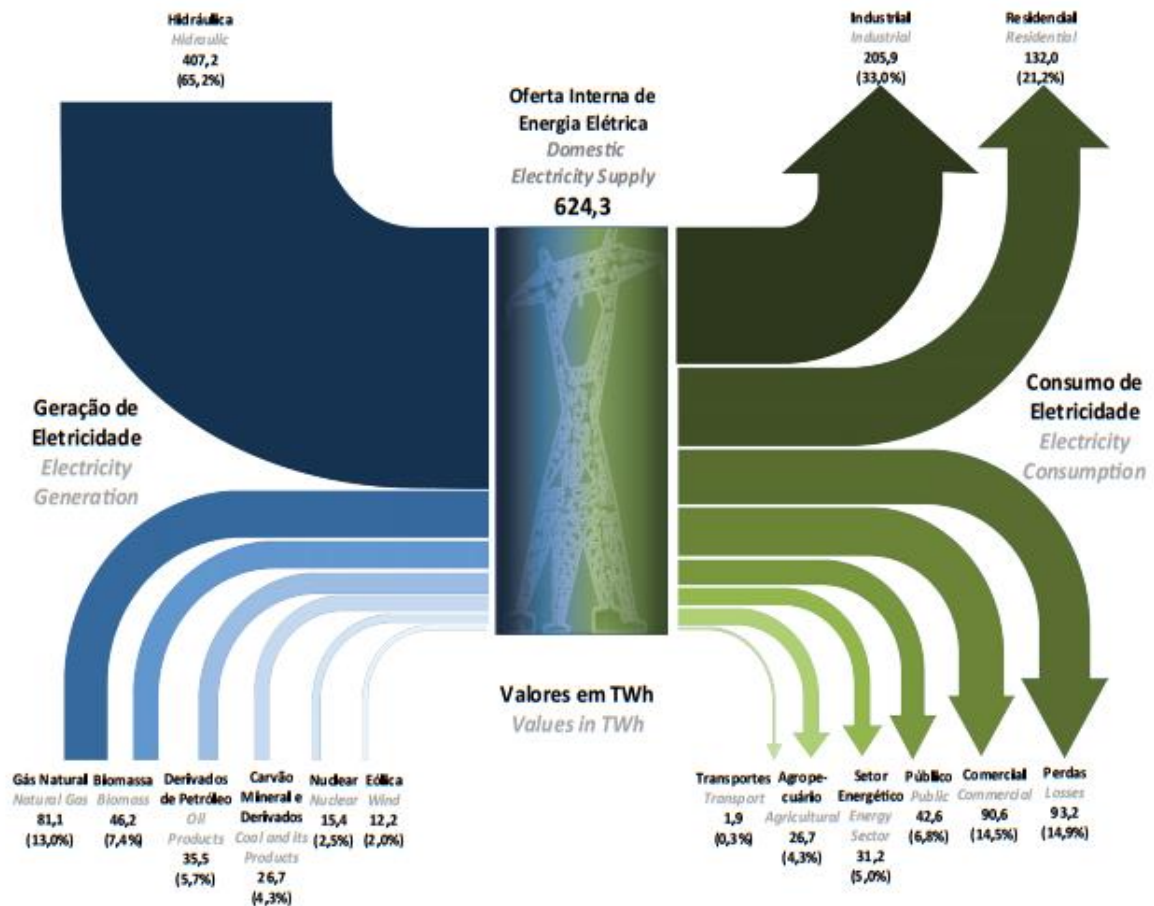
Uma fonte energética limpa significa que ao gerar energia elétrica ou consumi-la, não serão liberados gases ou resíduos poluentes que favoreçam o aquecimento global e o efeito estufa. A importância desta é tanto com relação à preservação do meio-ambiente, quanto ao bem-estar e à qualidade de vida da população (GOLDEMBERG E LUCON, 2011).

No entanto, uma fonte energética renovável significa que o recurso utilizado não é finito, ou seja, essa fonte será sustentável ao longo do tempo, o que é essencial devido à possibilidade de utilização a longo prazo, não comprometendo o desenvolvimento econômico e energético do país no futuro (GOLDEMBERG E LUCON, 2011).

No Brasil a matriz energética não é nem balanceada e nem renovável, sendo parcialmente limpa (Empresa de Pesquisa Energética – EPE). Assim, grande parte dos impactos citados no tópico anterior se deve a estes fatos, visto que o Brasil é fortemente dependente de uma só fonte: a hidrelétrica. Como verificado na Figura 5 abaixo, a energia proveniente da água

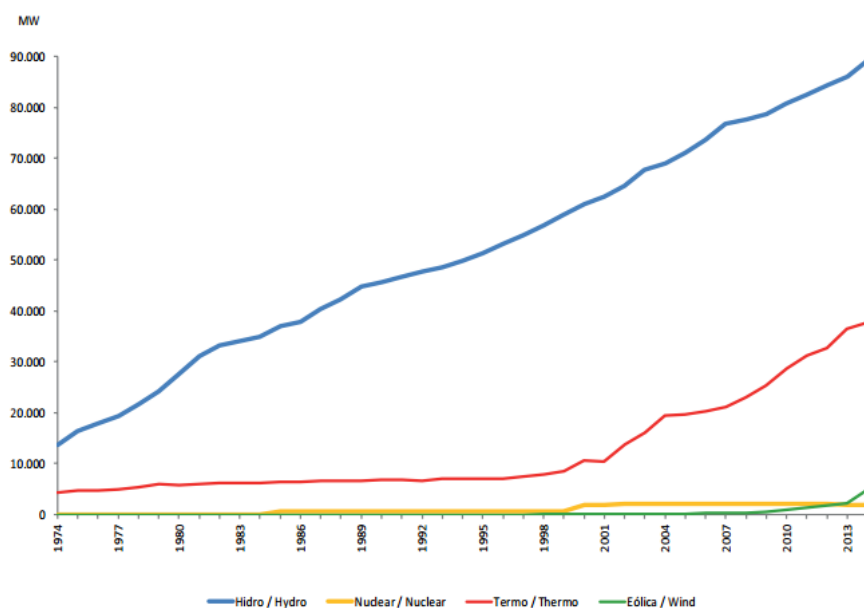
é responsável por 65,2% da oferta interna de energia elétrica, enquanto o gás natural, que é a segunda maior fonte, é responsável por 13,0%, além das outras fontes que seguem com menores porcentagens.

**Figura 5** – Geração e Consumo de Eletricidade por Setores (em TWh) no Brasil em 2014



Fonte – EPE, 2014

A matriz energética brasileira depende da energia hidrelétrica desde 1974, e esta fonte vem sendo cada vez mais utilizada. A partir do final do século XX o fornecimento de energia pelas usinas hidrelétricas deixou de ser suficiente no abastecimento de todo o país e então, as usinas termoeletricas ganharam espaço na matriz para complementar a geração elétrica e suprir a demanda. É possível analisar essa linha do tempo a seguir.

**Figura 6** – Capacidade Instalada (em MW) de Geração Elétrica de 1974 a 2013

Fonte – EPE, 2014

Devido às novas preocupações com o meio ambiente, desde 2008 o Brasil vem investindo em novas fontes de energia, renováveis e limpas, provenientes do vento e do sol, porém estas ainda possuem influência mínima se comparadas às outras fontes.

### 1.3 21ª Conferência do Clima

A Conferência do Clima teve seu início em março de 1994, como um órgão de Convenção que, frequentemente, reúne países antes envolvidos com o Protocolo de Kyoto. O objetivo da criação desta Conferência das Partes (COP) foi a percepção de que o clima estava sendo afetado por atividades antrópicas que liberam dióxido de carbono e outros gases que impactam o efeito estufa e o aquecimento global.

O intuito da vigésima primeira COP, que será realizada em dezembro de 2015 em Paris, é consolidar “um novo acordo entre os países para diminuir a emissão de gases de efeito estufa, diminuindo o aquecimento global e em consequência limitar o aumento da temperatura global em 2°C até 2100.” (Instituto Socioambiental – ISA, 2015). Para que esta Conferência seja bem-sucedida ela será dividida em dois blocos: os países desenvolvidos e os em desenvolvimento.

Dessa forma, cada país deverá apresentar o planejamento feito para que a energia se torne mais limpa durante os próximos anos. Assim, vários países ainda estão em busca de ter uma matriz energética livre de combustíveis fósseis, que hoje representam 87% do combustível consumido no planeta, segundo a Agência Internacional de Energia (AIE).

De acordo com discussões relevantes feitas na última reunião sobre o posicionamento brasileiro na COP 21, além de alguns artigos redigidos pelo autor Tasso Azevedo, Coordenador

do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG), o Brasil deverá explorar mais a energia proveniente do gás natural, enquanto deve reduzir as outras fontes de energias também provenientes de combustíveis fósseis, além de manter o posicionamento quanto à redução do desmatamento na Amazônia. Entretanto, até a presente data (21 de setembro de 2015) não houve nenhum informe oficial por parte do governo brasileiro.

A geração de energia proveniente do gás natural ocorre através da queima do gás combustível, que começou a ser utilizada após a Segunda Guerra Mundial, porém apenas nos últimos anos se expandiu no Brasil, a ponto de se tornar uma das principais alternativas para a capacidade de geração de energia elétrica (ANEEL, 2015). Apesar de o gás natural ser abundante no território brasileiro, este não é uma fonte renovável e tampouco limpa, visto que sua combustão é responsável por 44% das emissões globais de CO<sub>2</sub>. Todavia esta fonte é vantajosa perante as outras fontes provenientes da queima de combustíveis fósseis, pois emite duas vezes menos gases poluentes do que o carvão, por exemplo, na geração de energia elétrica (TOTAL BRASIL, 2015). “Entre as vantagens adicionais da geração termelétrica a gás natural estão o prazo relativamente curto de maturação do empreendimento e a flexibilidade para o atendimento de cargas de ponta”, de acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

#### **1.4 Novos Projetos de Energia Solar**

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em agosto, anunciou o credenciamento de 382 projetos para o 1º Leilão de Energia de Reserva de 2015, que será de energia solar para usinas fotovoltaicas, ou seja, permitiu o investimento em empreendimentos, com previsão de operação até 2018, que “poderão gerar 11.261 megawatts (MW), volume de energia comparável a grandes projetos hidrelétricos, como a Usina de Belo Monte (PA)”, de acordo com a Agência Brasil, um ramo da Empresa Brasil de Comunicação (EBC).

A energia solar é uma potencial alternativa para substituição das energias provenientes de combustíveis fósseis, dado que a posição do Brasil no globo terrestre faz com que os raios solares incidam, em uma grande área do território, de maneira perpendicular, indicando que a maior parte do solo brasileiro é inserida na zona tropical (DELBONI E STORACE, 2003). Esse fato é extremamente relevante, dado que é devido a este que o fator capacidade brasileiro em energia solar é de 19%, enquanto o da Alemanha, país considerado a potência mundial neste tipo de fonte energética, é 11%, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

A energia solar, diferentemente do gás natural, é limpa e renovável, ou seja, possui qualidades essenciais para o desenvolvimento econômico e ambiental do Brasil. Ainda, existem duas maneiras diferentes de energia proveniente do sol: a energia solar térmica e a energia solar fotovoltaica.

A energia solar térmica transforma a radiação solar em calor útil para o aquecimento de água por meio de coletores ou conservadores solares, armazenando e conservando a água quente em reservatórios para ser usada em múltiplos usos, substituindo a energia elétrica utilizada nesta função.

Por outro lado, a energia solar fotovoltaica capta a radiação solar através de coletores diferenciados, que ou transformam o calor em energia elétrica imediatamente ou acumulam este em baterias. Ainda, o excedente pode ser disponibilizado para o setor energético, através da rede, sendo uma forma de transmissão de energia elétrica.

## 2 Objetivo

Este estudo se propõe a avaliar os ganhos de eficiência, da energia solar, que é considerada uma das potenciais energias renováveis, em comparação aos da energia proveniente do gás natural, que parece ser o posicionamento brasileiro da 21ª Conferência do Clima. Neste contexto, será criado um índice através de uma análise fatorial multivariada que contemplará as variáveis determinantes para a análise dos ganhos para os consumidores, os geradores (incluindo os responsáveis pela transmissão), o governo e o meio-ambiente, dessa forma suprindo os agentes econômicos envolvidos com os impactos das duas energias em questão.

Essas variáveis serão coletadas de três maneiras distintas, sendo a primeira através da definição de eficiência, com base em órgãos específicos da área e planos de governo, para cada *stakeholder*, a segunda através de pesquisas em estudos elaborados a respeito do tema de energia e a terceira, responsável por não possibilitar a existência de algum viés, uma pesquisa estratégica, em formato de questionário, que será respondido por *experts* de duas áreas de abrangência do índice: consumidor e meio ambiente, que seriam os aspectos de maior importância para as políticas públicas, além das limitações enfrentadas para conduzir a pesquisa para os outros grupos.

Dessa forma, os aspectos micro e macroeconômicos, além dos sociais e ambientais, serão utilizados em conjunto com os impactos verificados para a criação do índice comparativo entre a energia solar e a proveniente do gás natural.

### 3 Referencial Teórico

A análise proposta se consiste em criar um índice que necessita da observação de diversas variáveis. Para que estas sejam utilizadas corretamente, esta seleção terá como base a primeira etapa do estudo “Cenários para a Matriz Elétrica Brasileira” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015), elaborada em março com previsão de finalização em novembro de 2015, cuja finalidade é “calcular o impacto dos diferentes cenários de matrizes elétricas na produção dos diversos setores da economia, no nível de empregos do país e nas emissões de CO<sub>2</sub> a partir de uma Matriz de Insumo Produto” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015).

Este estudo implica em uma análise de diferentes cenários propostos, então serão observadas variáveis que sejam relevantes para a maioria dos avaliadores. Assim, é interessante ressaltar a utilização de variáveis como a oferta e a demanda de energia para os cálculos “de forma integrada, inclusive com a incorporação do processo iterativo de ajuste entre oferta e demanda” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015); do índice da intensidade elétrica que “foi calculado pela razão entre a demanda total de energia projetada e o PIB real projetado em cada cenário” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015); a importação e exportação, nesse sentido “A FGV explicita uma premissa de exportação de gás natural apenas e a AVINA utiliza como premissa comum para todos os cenaristas da PCE a meta de garantir a segurança energética brasileira através de fontes energéticas presentes em território nacional” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015); os custos médios de geração, calculado por fonte; as emissões de CO<sub>2</sub>, “nessa fase avaliaram-se as oportunidades e custos de redução de emissões” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015); e a geração de emprego, a qual foi constatada que “A maior parte dos empregos gerados encontra-se nos setores de biomassa (310 mil empregos até 2030), hidrelétricas (102 mil empregos até 2030) e solar (85 mil empregos até 2030)” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015). Ainda, nas considerações finais:

nota-se que a maior parte dos cenários analisados encontra-se dissociada de aspectos relevantes da sociedade (questões relativas à geração de emprego, mobilidade urbana, riscos de acidentes, entre outros), da economia (tratamento de impactos setoriais, custos externos, etc.) e ambientais (consideração de mudanças climáticas, planejamento hídrico, desequilíbrios do ecossistema, entre outros). (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015, p.60).

Paralelamente a este referencial, serão verificados os custos específicos de cada uma das fontes de energias selecionadas para– energia solar e proveniente do gás natural – através de outros dois artigos.

O artigo de Shayani, Oliveira e Carmargo (2006), foi apresentado no Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (CBPE), no qual os autores se posicionaram a favor de um aumento da oferta brasileira de energia, porém afirmam ao longo do estudo que esta deverá

“desenvolver a sociedade nas áreas econômica, social e ambiental”. Para alcançar o objetivo de comparar os custos de energia solar fotovoltaica com os das fontes convencionais, “o preço da energia solar, a qual elimina a necessidade de complexos sistemas de transmissão e distribuição, é calculado e comparado com o valor pago pelos consumidores residenciais finais, ao invés de ser confrontado com o preço ofertado pela usina geradora” (SHAYANI, OLIVEIRA E CAMARGO, 2006).

Para isso, os autores fazem uma comparação dos custos, analisada de diferentes aspectos, entre fontes de energia provenientes de fósseis (petróleo, carvão e gás natural), nucleares e solares. A primeira, e muito importante para este trabalho, é a comparação dos preços pelo custo de implantação por unidade de potência, “pois investimentos iniciais elevados tendem a não atrair facilmente os investidores, especialmente quando a taxa de juros é elevada.” (SHAYANI, OLIVEIRA E CAMARGO, 2006). A segunda forma de comparação é com relação aos preços pela energia gerada durante a vida útil dos sistemas, que é essencial como base para verificar o como será feito o cálculo para a energia solar e para o gás natural, dado que as transmissões e gerações são feitas de maneiras muito distintas.

A seguinte metodologia é utilizada: utilizando o preço da energia gerada, ao invés da potência instalada. Como a energia solar fotovoltaica possui custo de operação e manutenção desprezível, principalmente por não necessitar de combustível para operar e nem ter peças móveis para sofrer manutenção complexa, seu investimento de instalação é diluído por toda a sua vida útil, correspondente à energia gerada; e uma comparação com o preço da energia das fontes convencionais que é paga pela unidade consumidora, após o sistema de transmissão e distribuição, ao invés do valor cobrado pela usina geradora. (SHAYANI, OLIVEIRA E CAMARGO, 2006, p.11).

Além desses, ainda são utilizados o valor pago pela energia e a diferença entre o custo da energia na usina e na unidade consumidora, ao longo deste estudo. Assim, após o desenvolvimento empírico, os autores afirmam, na conclusão, que “ao serem agregados os impostos, custos ambientais e sociais, a energia solar fotovoltaica passa a ser, em um futuro breve, economicamente competitiva” (SHAYANI, OLIVEIRA E CAMARGO, 2006).

O outro artigo, de Boarati, Shayani, Galvão e Udaeta (1998), faz comparações de custos no âmbito da energia proveniente do gás natural, através de uma tabela numérica de valoração, o que permitiu a comparação de aspectos qualitativos, a qual atribuiu pontos para cada recurso, e que são multiplicados por um Fator de Influência do Recurso, que varia de 1 a 3, de acordo com a magnitude do impacto e a importância deste. Para isso é descrito o Planejamento Integrado de Recursos (PIR), onde “deve-se considerar a ótica de todos os envolvidos no processo (governo, concessionária e consumidores)” para alcançar “o menor custo possível tanto para o consumidor quanto para o fornecedor, porém não necessariamente o menor custo

financeiro, mas menor custo social e ambiental também. A meta final do PIR é buscar uma situação em que todos os envolvidos e interessados ganham” (BOARATI, SHAYANI, GALVÃO E UDAETA, 1998). Ainda, foram utilizados diferentes indicadores para cada envolvido, assim incluindo não apenas os custos financeiros, como também os ambientais, sociais, técnico-econômicos e políticos. É importante ressaltar alguns: “influência da fauna”, “área ocupada pelas usinas” e “emissão de poluentes” no aspecto ambiental; “pessoas deslocadas” e “desenvolvimento local” no social; “obrigações contratuais com o combustível”, “eficiência no processo”, “disponibilidade do combustível” e “prazo de retorno do investimento” no âmbito técnico-econômico; “período de construção efetivo” e “disponibilidade estratégica do combustível” – com relação à importação e exportação, no político.

Dessa forma os autores notaram que “dependendo de sua localização geográfica, uma mesma usina pode ser considerada desaconselhável em determinado local e recomendada em outro, dependendo de sua atuação nas áreas estudadas”. No entanto, concluem o estudo afirmando que “o resultado obtido, entretanto, não isenta a outra forma de produção de energia, pois no setor elétrico não existe uma solução fechada. Esta comparação foi feita para as condições atuais, e eventuais alterações podem influir no resultado final, tal como um súbito aumento no preço do GN no mercado internacional”. O que demonstra que, ao final deste trabalho, se houverem alterações nos valores utilizados para o cálculo, o resultado final será alterado, conseqüentemente.

As variáveis são importantes para o desenvolvimento do índice, que será feito através de uma análise multivariada, especificamente, uma análise fatorial. Assim, será utilizado para apoio da metodologia o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Carlos (2013), no qual é elaborado um indicador multivariado da qualidade dos serviços de telefonia móvel, com diversos dados a respeito da satisfação do consumidor. Ao longo da metodologia o autor explicita diversos pontos importantes que serão utilizados nesta monografia, como o objetivo da análise fatorial, que

É a redução da dimensionalidade da matriz original de  $p$  variáveis para  $k$  fatores. A análise fatorial transforma um conjunto de variáveis inter-relacionadas em grupos menores, os quais são chamados de construtos ou fatores. Esses fatores podem ser utilizados em análises subsequentes. (CARLOS, 2013, p.9)

Ainda, ao longo do TCC são utilizados dados de um questionário, assim como neste estudo, porém que já estava desenvolvido. No entanto, vale ressaltar quanto à padronização destes dados que “o questionário adotado foi elaborado de forma que todas as variáveis a

serem utilizadas na análise fatorial já estivessem aptas à análise sem a necessidade de padronização, uma vez que as variáveis que medem o grau de satisfação estão dispostas em escala Likert” (CARLOS, 2013). Todavia, o artigo relembra que todas as variáveis são provenientes do questionário do grau de satisfação dos usuários, o que difere da metodologia que será utilizada nesta monografia.

Vale ressaltar que na conclusão o autor afirma que “futuramente pretende-se utilizar essa análise como ponto de partida para o aperfeiçoamento do índice com a utilização de Equações Estruturais. Dessa forma, será possível mensurar quanto um fator influencia na composição do outro”. (CARLOS, 2013).

## **4 Metodologia**

A metodologia deste trabalho se dará no âmbito da comparação entre os ganhos de eficiência entre duas fontes energéticas: energia solar e energia proveniente do gás natural. Para que o objetivo seja alcançado serão analisados os impactos destas duas fontes energéticas para os consumidores, os geradores, o governo e o meio-ambiente, através de um indicador constituído por variáveis consideradas importantes para a análise.

### **4.1 Definição das Variáveis**

A definição das variáveis ocorrerá de duas maneiras distintas, sendo a primeira através da análise de estudos já feitos sobre o assunto, para compreender quais as variáveis essenciais para o índice, para cada um dos agentes, e a segunda uma pesquisa com *experts* para identificar quais são as variáveis mais importantes para os consumidores e o meio ambiente, que são os agentes com opiniões mais flexíveis.

#### **4.1.1 Com base na definição de Eficiência para cada *Stakeholder***

O objetivo desta monografia é compreender os ganhos de eficiência tanto da energia solar quanto da proveniente do gás natural, para então compará-los. Sendo assim, é de suma importância que seja definido o conceito de “eficiência” para cada um dos agentes, assim tornando explícito o que deseja se alcançar com cada variável utiliza no índice.

##### **4.1.1.1 Para os Consumidores**

Os consumidores são os agentes que utilizam a energia, seja ela de uma fonte solar ou de gás natural, como recurso de suas atividades diárias.

Da geração de energia ao seu consumo final, a Eficiência Energética significa a busca por melhoria constante na utilização dos insumos energéticos. Para o consumidor final, isto significa a utilização racional e inteligente da energia, implicando na diminuição do valor das contas. (Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, 2011, p.1).

Dessa forma, a variável que será utilizada é o custo médio de energia consumida. Sendo que para este setor a eficiência é negativamente associada a esta variável, ou seja, quanto menor for o dispêndio com o insumo, maior será a utilidade econômica do consumidor. No entanto, como não há uma forma precisa de estimar o custo médio da variável de cada uma das fontes, será utilizada a variável custo de geração, transmissão e distribuição como *proxy*, uma vez que estes custos são, muitas vezes, repassados parcial ou totalmente ao consumidor.

#### **4.1.1.2 Para os Geradores**

Os geradores de energia, neste estudo, constituem tanto os responsáveis pela transformação de insumos em energia quanto os responsáveis pela transmissão e distribuição desta para a população.

Além da citação feita no tópico anterior, a Secretaria de Energia do Estado de São Paulo adiciona que “este procedimento, além do fator econômico, permite aos agentes do setor elétrico (empresas de geração, transmissão e distribuição) aumentar a oferta de energia de forma barata e sustentável”.

Ainda, “a motivação econômica de um indivíduo ou empresa decorre da comparação entre o custo para reduzir perdas de energia e a economia obtida com a diminuição das despesas com energia.” (Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1998).

Com essas três constatações, conclui-se que a eficiência para os geradores de energia é representada por duas principais variáveis, sendo a primeira as perdas na produção, que possui um impacto negativo, devido à incorreta alocação e utilização do insumo (energia) e a segunda variável, de relação também negativa, o custo médio do procedimento, sendo este a geração, a transmissão ou a distribuição de energia.

#### **4.1.1.3 Para o Governo**

A definição de eficiência para o governo será a mesma de eficiência energética utilizada no Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF) do Ministério de Minas e Energia.

refere-se a ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos. Objetiva, em síntese, atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária, e, portanto, menor impacto da natureza. (PNEF, 2011, p.21).

Dessa forma, percebe-se que a eficiência para o setor público está positivamente relacionada à variável produtividade da energia, ou seja, a demanda suprida pela quantidade energia primária utilizada (eficiência). Ainda com base neste plano de governo, têm-se o que são os ganhos de eficiência energética para este agente:

como provenientes de duas parcelas: uma referente ao “progresso autônomo” e outra referente ao “progresso induzido”. Por progresso autônomo entende-se aquele que se dá por iniciativa do mercado, sem interferência de políticas públicas de forma espontânea, ou seja, através da reposição natural do parque de equipamentos por similares novos e mais eficientes ou tecnologias novas que produzem o mesmo serviço de forma mais eficiente. Por progresso induzido, entende-se aquele que requer estímulos através de políticas públicas. (PNEF, 2011, p.21).

#### **4.1.1.4 Para o Meio Ambiente**

O meio ambiente será representado pelos impactos ambientais causados pela geração e utilização das energias. Assim,

O uso de energia que caracteriza as economias modernas é uma das principais causas da emissão antrópica do CO<sub>2</sub> na atmosfera. Para reduzir essas emissões sem prejudicar o desenvolvimento econômico, as principais estratégias são: 1) substituir os combustíveis fósseis por outras fontes não emissoras (ou renováveis) como a hidráulica, a solar e a biomassa sustentável; e 2) conservar ou usar mais eficientemente todas as formas de energia pela sociedade. (INEE, 1998, p.3).

Portanto, a eficiência energética quando observada do ponto de vista dos impactos ambientais, está negativamente associada à variável emissão de CO<sub>2</sub> pela fonte energética.

#### **4.1.2 Variáveis Esperadas baseadas em estudos passados**

Além das variáveis que serão definidas com base na pesquisa explicitada anteriormente, existem algumas variáveis que possivelmente devem ser incluídas na pesquisa e podem ser determinadas com base em estudos passados já elencados na revisão de literatura apresentada, no entanto, para não criar nenhum tipo de viés, estas deverão ser confirmadas através da pesquisa.

Primeiramente, ao analisar o estudo do Instituto Escolhas, reitera-se a importância da utilização de variáveis supracitadas, como a Emissão de CO<sub>2</sub> e os Custos Médios de Geração. Além disso, vale ressaltar a utilização da variável Geração de Emprego, que se dá com relação à “geração de novos posts de trabalho (em números de empregos) por setor energético” (INSTITUTO ESCOLHAS, 2015). A importância desta variável é para o governo, que deve sempre ter como preocupação o nível de emprego no país, dado que este reflete na economia. Assim sendo, esta variável deve ser positivamente relacionada com a utilidade do governo, visto que quanto mais pessoas empregadas melhor para a economia.

Com relação ao artigo de Shayani, Oliveira e Carmargo (2006), vale ressaltar a utilização do preço da energia pago pelos consumidores, mas também o preço da energia gerada. Sendo esta variável representada pelos custos de operação, como combustível, e de manutenção, como peças móveis, além do investimento de instalação ao longo da vida útil das

usinas geradoras de energia. Ou seja, esta variável impacta negativamente sobre o agente gerador, assim, quanto maior for o preço da energia gerada (custos/vida\_útil), menor a eficiência desta fonte energética.

Ainda, quanto ao estudo de Boarati, Shayani, Galvão e Udaeta (1998), para o *stakeholder* meio ambiente, novamente, leva-se em consideração a emissão de gás carbônico, mas, também, a natureza do combustível, ou seja, se este é renovável ou não, sendo um dado qualitativo que impacta positivamente se for. Os autores abordam também, a disponibilidade estratégica da fonte energética na natureza, que está positivamente relacionada à eficiência do meio ambiente.

### **4.1.3 Pesquisa Estratégica**

Essa etapa pretende abranger apenas dois dos quatro *stakeholders*, os consumidores e o meio ambiente. Isso porque um dos objetivos dessa pesquisa é a compreensão de qual das fontes energéticas seria uma melhor política pública, uma melhor escolha para o país em questão. Dessa forma, como o mercado de energia não é um livre mercado, o foco deve ser dado ao consumidor e, como tratam-se de duas energias limpas, ao meio ambiente.

Para que não haja algum tipo de viés, será feita, como forma de coleta de dados, uma pesquisa estratégica com *experts* de cada uma das áreas, a fim de encontrar e, posteriormente, utilizar apenas as variáveis consideradas mais importantes para cada um dos agentes. Esta pesquisa será realizada em dois países distintos: Austrália e Brasil.

Ainda, a operacionalização desta pesquisa será a coleta de variáveis, feita via questionário online, sendo um diferente para cada grupo de interesse. Os formulários serão mais fechados para que tenha seu objetivo cumprido, porém nem tanto, visto que terá flexibilidade para as pessoas responderem-no dando novas ideias. Para que isso seja feito, a pesquisa deverá ser elaborada previamente e testada, com profissionais que possuam conhecimento em estratégia e no assunto abordado, para que não haja erros e que os resultados tenham credibilidade.

#### **4.1.3.1 Austrália**

As pesquisas elaboradas na Austrália tiveram um caráter mais explicativo, ou seja, de acordo com Gil (1999) teve “como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade”. Assim, essa foi a primeira pesquisa a ser feita, visto que poderiam surgir novas variáveis de interesse que já haviam sido verificadas neste país, dado que este está muito mais desenvolvido em termos de energias limpas do que o Brasil.

Assim, os questionários foram de dois tipos distintos: para os consumidores e para os experts em meio ambiente.

A pesquisa elaborada aos consumidores de energia necessitava de perguntas que caracterizavam o respondente. Assim, a primeira pergunta do formulário era a binária (sim ou não) “Você é um cidadão australiano ou residente permanente no país? ”. Já a segunda questão, igualmente binária era “Você é o responsável pelo pagamento das contas de energia? ”. Dessa forma, foi possível garantir que o público alvo da pesquisa estava de acordo com o objetivo estabelecido, ou seja, a parte da população que conhece o sistema de energia do país e que toma as decisões com relação aos gastos de energia pessoas e/ou da família.

Para que a resposta fosse contabilizada era necessário que o consumidor respondesse “sim” para as duas primeiras questões. Nesse caso, seguiria para as próximas questões, referentes às variáveis que serão utilizadas neste projeto. A terceira questão, englobava três questões, e era: “Em ordem de maior para menor, quais os três aspectos que você considera mais importantes ao pensar na eficiência do consumo de energia” e, então, havia uma numeração em três diferentes caixas de texto para que o respondente colocasse na ordem correta e separadamente o primeiro, o segundo e o terceiro.

Ainda, com relação à distribuição da pesquisa respondida pelos consumidores, esta foi tanto enviada online quanto distribuída pessoalmente. No caso da pesquisa feita em campo, ela foi respondida em cinco localidades diferentes de Sydney: Centro, Kogarah, Manly, Mosman e Randwick. Ao abordar as pessoas, era explicado o objetivo da pesquisa e a resposta era feita em um *tablet*, desta forma o respondente continuava em anônimo com as suas respostas.

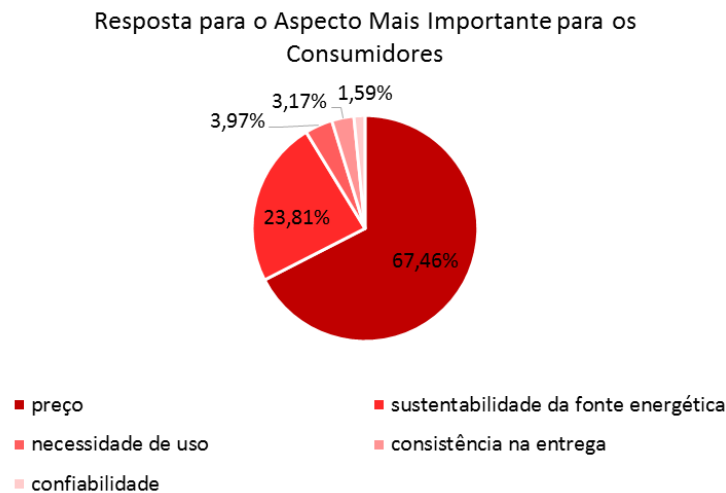
Já pesquisa feita no âmbito do conhecimento das variáveis importantes para o agente do meio ambiente também possuiu uma pergunta que garantia que os respondentes possuíssem o conhecimento necessário para que sua resposta fosse contabilizada. Essa pergunta, no entanto, era com relação à formação intelectual deles: “Você possui algum nível de formação relacionado a sustentabilidade ambiental e energias sustentáveis? ”. Já a segunda questão, assim como na pesquisa dos consumidores, era com relação às variáveis a serem utilizadas: “Em ordem de maior para menor, quais os três aspectos que você considera mais importantes ao pensar no impacto da geração e consumo de energia no meio ambiente? ” e, novamente, havia uma numeração em três diferentes caixas de texto para que o respondente colocasse na ordem correta e separadamente o primeiro, o segundo e o terceiro.

No âmbito da distribuição desta pesquisa, o questionário foi enviado por e-mail para alguns professores e alunos dos cursos de “energia renovável” e “construção ambiental” da Universidade de Nova Gales do Sul, em inglês University of New South Wales.

#### 4.1.3.1.1 Resultados da Pesquisa dos Consumidores

A pesquisa elaborada para os consumidores possuiu 252 respostas válidas, nas quais os respondentes além de serem ou cidadãos ou residentes permanentes, também eram responsáveis pelos gastos e decisões referentes à energia consumida. Os resultados da pesquisa estão demonstrados abaixo pelos gráficos.

**Gráfico 1** – 1º Gráfico de Respostas dos Consumidores na Austrália

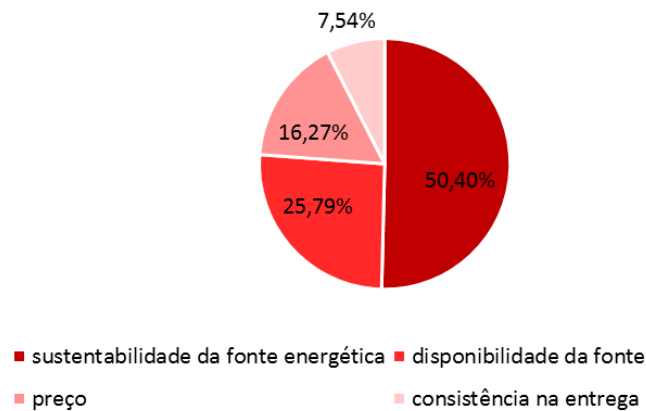


**Fonte:** Elaboração Própria (2016)

A partir do Gráfico 1 pode-se fazer algumas inferências com relação às respostas obtidas. É importante ressaltar que 67,46% dos respondentes acreditam que o aspecto mais importante ao pensar em um consumo eficiente de energia é o preço. Em relação aos outros aspectos, o preço possui uma importância aproximadamente três vezes maior do que a importância concedida à sustentabilidade da fonte energética, que segue em segundo lugar. Ainda, é válido salientar que a necessidade de uso, que ficou com 3,97% é um aspecto mais subjetivo, uma vez que a humanidade precisa de energia como um todo. Ainda com relação aos aspectos de baixa porcentagem, é interessante citar o aspecto de consistência na entrega, uma vez que este ainda não havia sido citada em nenhum estudo passado. Ainda, com relação ao 1,59% contabilizado para confiabilidade, pode-se ter em mente que esta divisão pode ou não estar associada com a consistência na entrega, uma vez que a confiabilidade do serviço prestado exige tal aspecto. No entanto, isto será averiguado na pesquisa elaborada no Brasil.

### Gráfico 2 – 2º Gráfico de Respostas dos Consumidores na Austrália

Resposta para Segundo Aspecto Mais Importante para os Consumidores



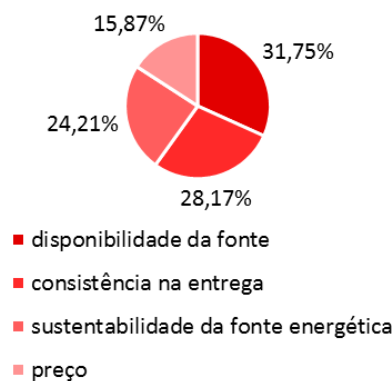
Fonte: Elaboração Própria (2016)

A respeito do segundo aspecto mais importante para os consumidores de energia, pode-se perceber pelo Gráfico 2 que há uma inversão da posição do preço e da sustentabilidade da fonte energética, que agora entra em primeiro lugar, com 50,40%, enquanto o preço aparece em segundo lugar com 16,27%. Ainda, com esse início de análise é necessário demonstrar que ao somar os resultados do primeiro aspecto aos do segundo, o preço aparece com 83,73% e a sustentabilidade da fonte energética com 74,21%. Enquanto a consistência na entrega aparece novamente, com um pouco mais de peso, ainda que pouco.

No entanto, uma curiosidade desse segundo aspecto é a aparição da variável disponibilidade da fonte, que representa o quanto desta fonte está disponível para a utilização e consumo. Essa variável não só entrou como aspecto importante, como possuiu uma porcentagem alta, de 25,79%.

### Gráfico 3 – 3º Gráfico de Respostas dos Consumidores na Austrália

Respostas para o Teceiro Aspecto Mais Importante para os Consumidores



Fonte: Elaboração Própria (2016)

Assim, ao observar todas as distribuições das respostas e, principalmente, no Gráfico 3, relativa ao terceiro aspecto mais importante, no qual percebe-se que não existem variáveis novas, apenas as antigas reorganizadas, pode-se afirmar que as variáveis seguem um padrão de importância para o consumidor, dado que nas respostas temos as mesmas variáveis organizadas apenas em níveis de importância diferentes.

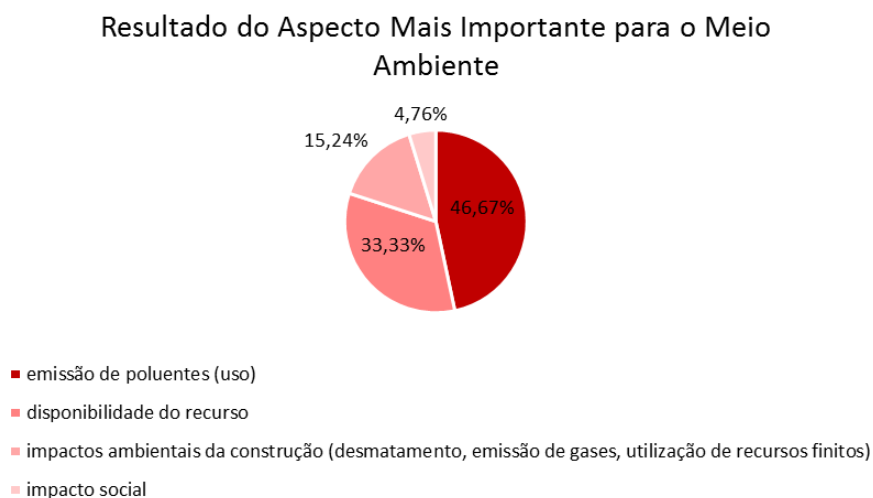
Ainda com relação ao resultado acumulado das respostas, nota-se que apenas um consumidor não colocou preço como um dos três aspectos mais importantes, enquanto quatro não colocaram sustentabilidade da fonte energética. Dessa forma, é possível afirmar que enquanto preço é a variável mais importante para os consumidores, a segunda variável é sustentabilidade da fonte energética. Além dessas duas variáveis, percebe-se que mais consumidores consideram a disponibilidade da fonte energética como o terceiro fator mais importante. Essa ordenação representa um alto nível de conscientização da população com relação às energias renováveis e sustentáveis.

Conclui-se, portanto, que as variáveis mais importantes para o consumidor australiano, em uma ordem de importância baseado nas respostas dos consumidores, em termos de porcentagem acumulada são: o preço, a sustentabilidade da fonte energética, a disponibilidade da fonte energética e a consistência na entrega.

#### 4.1.3.1.2 Resultados da Pesquisa do Meio Ambiente

A pesquisa feita para compreender as variáveis que serão utilizadas para representar o meio ambiente obteve 105 respostas válidas, ou seja, de pessoas que possuem algum nível de formação no assunto ambiental. Os resultados seguem nos gráficos abaixo.

**Gráfico 4** – 1º Gráfico de Respostas dos Agentes do Meio Ambiente na Austrália

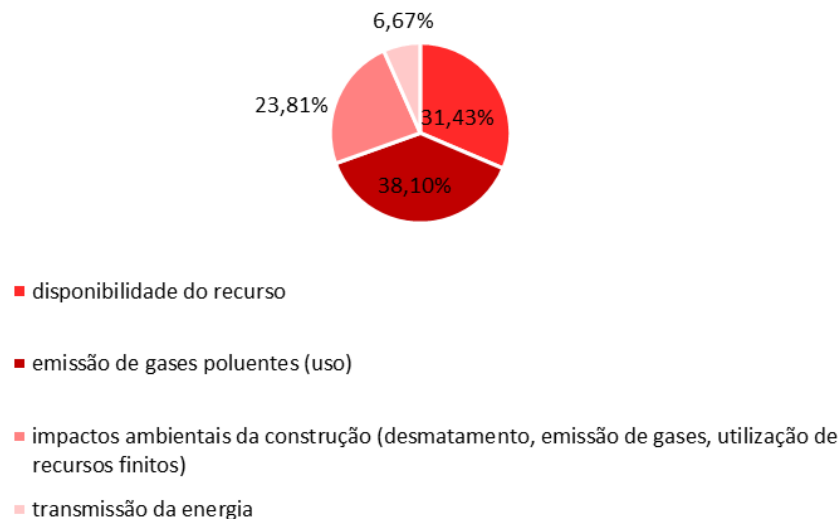


**Fonte:** Elaboração Própria (2016)

Através do Gráfico 4 podemos analisar a visão dos agentes que compreendem a dinâmica do meio ambiente. É interessante ressaltar que a emissão de poluentes associada à disponibilidade do recurso soma exatamente 80% das opiniões. Ainda, é importantíssimo citar que a disponibilidade do recurso surge novamente nessa pesquisa, e não está presente apenas na pesquisa efetuada entre os consumidores. Como já dito, isso representa a conscientização da população, mas também é notável que a diferença de porcentagem é alta. Ainda, é preciso enfatizar que quando se fala de meio ambiente, os respondentes, mesmo que em menor grau (4,76%) pensam no impacto social que é consequente.

**Gráfico 5** – 2º Gráfico de Respostas dos Agentes do Meio Ambiente na Austrália

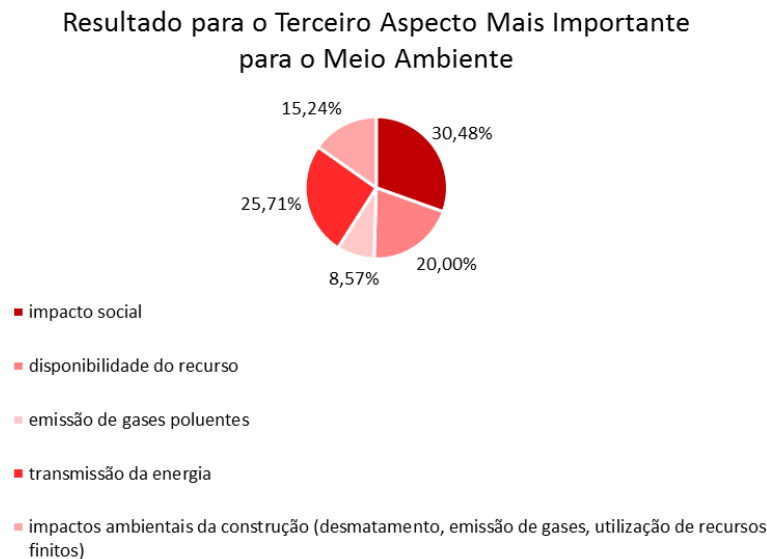
**Resultado do Segundo Impacto Mais Importante para o Meio Ambiente**



**Fonte:** Elaboração Própria (2016)

Ao observar o Gráfico 5 acima, pode-se perceber a inclusão de um novo aspecto, que é a transmissão da energia, a importância do como ela é efetuada e dos impactos ambientais causados por ela. É importante citar que este aspecto será contemplado de acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a transmissão de energia “É um sistema de transporte envolvendo condutores e equipamentos e diferentes distâncias, formas e níveis de tensão. [...] esse sistema faz a interligação entre as usinas e os consumidores para que a energia elétrica produzida possa ser utilizada”. Ainda, no âmbito deste projeto, é interessante de pensar que para a energia solar essa transmissão pode ser efetuada com poucos impactos negativos no meio ambiente, enquanto a da energia proveniente do gás natural possui impactos mais expressivos.

**Gráfico 6 – 3º Gráfico de Respostas dos Agentes do Meio Ambiente na Austrália**



**Fonte:** Elaboração Própria (2016)

A partir da análise do terceiro gráfico (Gráfico 6) nota-se a presença do impacto social como principal aspecto citado, o que demonstra uma prioridade com relação aos aspectos mais diretamente relacionados com o meio ambiente, para depois priorizar o com a sociedade está sendo influenciadas por esses impactos.

Além disso, assim como na pesquisa realizada para os consumidores, nota-se que a maioria das variáveis aparecem em diferentes aspectos, e continuam sendo as mais citadas. Ainda, todas elas aparecem como citadas no terceiro aspecto. Dessa forma, é possível verificar que as variáveis citadas são todas, algumas mais e outras menos, importantes para os agentes do meio ambiente. Ainda que nessa pesquisa as opiniões sejam menos concentradas em apenas duas variáveis, sendo mais equilibradas e bem distribuídas.

Portanto, as variáveis que serão utilizadas para este *stakeholder* são, em ordem de importância de acordo com a porcentagem: emissão de gases poluentes no uso, disponibilidade do recurso e impactos ambientais da construção, impactos sociais e transmissão da energia.

#### 4.1.3.2 Brasil

Os dados que serão coletados terão como base as pesquisas realizadas e os estudos passados. No entanto, como a análise fatorial será feita para o banco de dados das pesquisas realizadas no Brasil, incluiu-se as variáveis que representariam os outros dois *stakeholders*, produtores e governo, dentro das pesquisas, de forma a englobar também o governo e os produtores, apesar de os coeficientes não estarem precisos, uma vez que os respondentes das pesquisas são foram experts dos setores.

As pesquisas elaboradas no Brasil foram exploratórias, pois segundo Selltiz (1974) estas possuem como um de seus objetivos o “esclarecimento de conceitos; o estabelecimento de prioridades para futuras pesquisas; a obtenção de informação sobre possibilidades práticas de realização de pesquisas em situações de vida real”. Muitas vezes estas pesquisas são desenvolvidas com o intuito de promover uma visualização mais abrangente de determinado assunto, assim sendo muito utilizada para temas ainda pouco explorados, como é o caso da gestão de eficiência das energias solar e proveniente de gás natural, no Brasil.

Os questionários, assim como na Austrália, também foram de dois tipos distintos: para os consumidores e para os *experts* em meio ambiente.

Com relação à pesquisa elaborada para compreender os consumidores brasileiros utilizou-se os resultados obtidos na pesquisa feita anteriormente na Austrália. Para isso, as duas primeiras perguntas a serem feitas nessa pesquisa, foram as mesmas feitas no questionário elaborado para os australianos, com o intuito de selecionar os respondentes. Além destas perguntas, foram desenvolvidas as perguntas de caráter confirmatório, e estas foram divididas em 4 categorias, selecionadas de acordo com a opinião dos respondentes australianos. Todas as perguntas podem ser visualizadas no apêndice na Tabela 1.

Ainda, a última questão é referente às variáveis que podem não ter sido abrangidas na ao longo das pesquisas e, por isso, será aberta: “Existe alguma outra variável que você considera importante quando pensa no consumo eficiente de energia? Qual? ”. Dessa forma, todas as variáveis serão contempladas e também será possível analisar se todos os respondentes compactuam com os resultados obtidos na Austrália.

No âmbito da pesquisa voltada para os agentes do meio ambiente, novamente a primeira pergunta será a mesma que a efetuada na Austrália, com o objetivo de restringir os respondentes. Já a segunda parte do formulário englobará diversas questões e, assim como na pesquisa dos consumidores, as categorias foram determinadas de acordo com a pesquisa elaborada na Austrália. Estas foram divididas em subcategorias, que assim como as perguntas que foram feitas estão explicitadas na Tabela 2 do Apêndice.

Para concluir a pesquisa há uma pergunta de ranking, na qual os respondentes devem ranquear as subcategorias e uma pergunta aberta, “Você considera importante algum outro impacto da geração, transmissão ou consumo de energia no meio ambiente? Qual?” que busca contemplar possíveis lacunas da pesquisa, ou seja, variáveis que não foram abrangidas, mas deveriam ter sido.

Em ambas as pesquisas, para cada uma das questões o respondente terá a opção de assinalar uma das respostas oferecidas, que seguem o padrão de escala Likert. A escala então

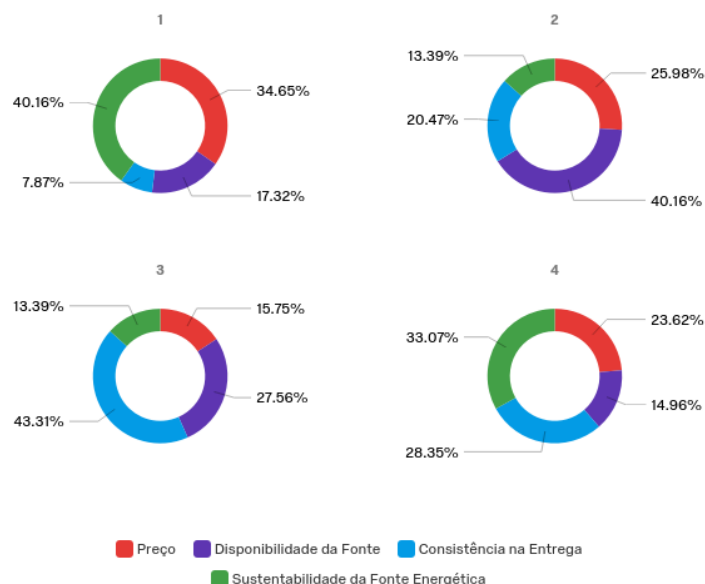
será: “Concordo Completamente”, “Concordo”, “Não Concordo e Não Discordo”, “Discordo” e “Discordo Completamente”. Além disso, uma das perguntas de cada uma das pesquisas possui uma pergunta controle, com o objetivo de verificar se o respondente respondeu com seriedade ao questionário e, caso não, descartar suas respostas, de forma a não influenciar no resultado final da pesquisa.

#### 4.1.3.2.1 Resultados da Pesquisa dos Consumidores

O questionário elaborado para os consumidores brasileiros obteve 157 respostas válidas. Essas respostas foram obtidas através de respondentes na Paulista, na Universidade de São Paulo e através do Facebook, tanto em grupos quanto através do perfil de pessoas conhecidas. De acordo com a pesquisa, todas as variáveis disponibilizadas são consideradas importantes e, não houve nenhuma variável que não foi contemplada.

Como forma de comparação da importância de cada variável é possível observar, de acordo com o gráfico abaixo, que o aspecto mais importante para os respondentes é a sustentabilidade da fonte energética, com 40,16% das respostas, seguido pelo preço, com 34,65%. Esse é um resultado diferente do esperado e interessante, uma vez que a variável sustentabilidade volta a aparecer com força apenas na última colocação, como quarta variável mais importante, com 33,07%, uma porcentagem um tanto quanto similar.

**Gráfico 7 – Gráfico de Respostas dos Consumidores no Brasil**



**Fonte:** Elaboração Própria (2016)

Esse resultado, possivelmente demonstra a desigualdade do acesso à informação da população e, por tanto, da diversidade dos respondentes. É válido ressaltar que na questão que mede a importância de o consumo de energia não agredir o meio ambiente, 68,03% dos

respondentes concordaram. O mesmo acontece com o preço, apesar de que na pergunta “Ao pensar no consumo eficiente de energia o preço é relevante”, 82,03% responderam que concordam ou concordam plenamente com a afirmação, o que representa que apesar de para algumas pessoas ele ser o quarto colocado, o preço ainda é de extrema importância. No entanto, 59,37% dos respondentes estariam dispostos a pagar mais por uma energia que não impactasse negativamente o meio ambiente.

Além disso, quanto a disponibilidade da fonte energética e a consistência na entrega, apesar de não serem as duas mais importantes de acordo com o ranking, pode-se concluir que elas são relevantes e embora sejam não suficientes, são necessárias para a análise, uma vez que para as três perguntas efetuadas na subcategoria de consistência da entrega, houve mais do que 75% dos respondentes concordando ou concordando plenamente com sua importância. O mesmo se deu nas perguntas da categoria de disponibilidade da fonte energética, havendo mais de 90% de concordância, além de que 75,51% dos respondentes concordam com a importância da origem da energia.

Ainda, é importante ressaltar que as variáveis relacionadas à consistência na entrega, apesar de terem sido elencadas como importantes, dependem da maneira com a qual a energia será entregue aos consumidores, e isso depende de fatores externos ao tipo de energia utilizado na geração energética. Dessa forma, para que o índice seja um indicador exclusivo do tipo energético, não serão abordadas essas questões na análise fatorial.

Para validar a pesquisa foi feito o Alfa de Cronbach por subcategoria, que analisa a consistência do questionário. O alfa deveria ser 0,7 ou mais. A variável sustentabilidade teve 0,83671, para consistência teve 0,70045, para disponibilidade teve 0,75082, e para preço teve 0,69137. Apesar de para o preço, o valor numérico ser 0,00863 inferior, ainda é válido. Assim, todas as subcategorias da pesquisa estão consistentes e, portanto, a pesquisa foi validada.

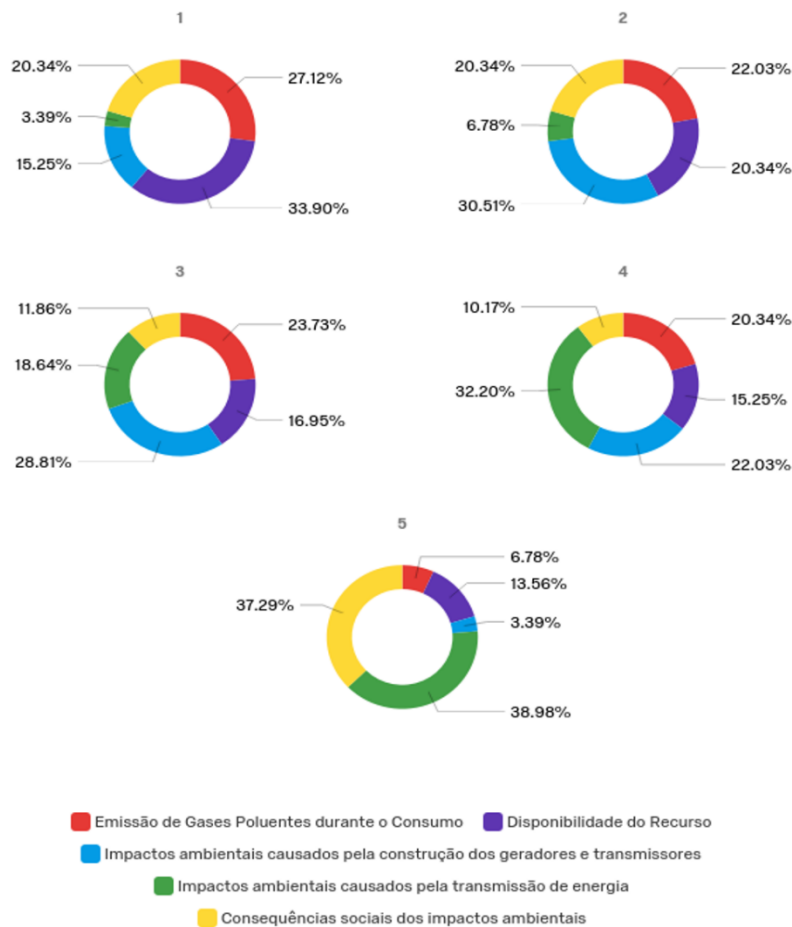
#### **4.1.3.2.2 Resultados da Pesquisa do Meio Ambiente**

A pesquisa elaborada para o meio-ambiente contou com 87 respostas válidas. Para isso, a pesquisa foi distribuída para professores e alunos da faculdade de Geografia e de Gestão Ambiental da Universidade de São Paulo, além de profissionais da área. Através desta pesquisa é possível afirmar que todas as variáveis encontradas na pesquisa anterior são relevantes na opinião dos experts brasileiros. Ainda, na pergunta aberta, os respondentes não complementaram com nenhuma outra variável.

Dessa forma, através do gráfico abaixo, pode-se comparar a importância de cada uma das variáveis na opinião dos respondentes. Em 33,9% das respostas, a disponibilidade do recurso foi considerada o aspecto mais importante, seguido pela emissão de gases poluentes

emitidos no consumo, que apareceu na primeira posição em 27,12% dos questionários respondidos, associando os dois aspectos obtêm-se 60% das opiniões. Esse resultado se assemelha ao resultado obtido na Austrália, onde a soma destes dois aspectos resultava em 80% dos respondentes. No entanto, vale ressaltar que o impacto social, que na Austrália apareceu como um dos aspectos menos colocados como primeira opção, surge agora em terceiro lugar, com 20,34%.

**Gráfico 8 – Gráfico de Respostas para o Meio Ambiente no Brasil**



**Fonte:** Elaboração Própria (2016)

Ainda com relação ao gráfico acima, percebe-se que a emissão de gases poluentes foi distribuída de maneira quase homogênea ao longo das quatro primeiras posições, sendo muito baixa apenas na última colocação. No entanto, o aspecto dos impactos sociais apesar de aparecer com um pouco mais de força na primeira posição, aparece com uma intensidade ainda maior, 37,29%, na última colocação do ranking, sendo segundo aspecto com maior porcentagem nessa posição. Nesse cenário, ao observar as perguntas relacionadas a esta subcategoria, podemos

perceber que 88,53% dos respondentes consideram importante a criação de emprego causada pela geração e consumo de energia, onde os outros 11,48% não concordam e nem discordam.

Além disso, os impactos ambientais causados pela transmissão de energia apesar de quase não aparecerem como o aspecto mais importante e nem como segundo mais importante, a porcentagem aumenta significativamente no terceiro e quarto, sendo 18,64% e 32,20% respectivamente. Vale ressaltar, que este é o aspecto com maior percentual na classificação de quinto aspecto mais importante, e último. No entanto, quando os respondentes foram perguntados sobre esse quesito, a pergunta “Considero importantes os custos da operação da geração e transmissão de energia” obteve 81,97% de concordantes e apenas 1,64% de discordantes.

Os resultados apresentados para os impactos ambientais causados pela construção dos geradores e transmissores foi mediano com relação ao ranking, embora nas questões da categoria todos os respondentes tenham concordado ou concordado plenamente com relação à importância da não utilização de materiais poluentes ou finitos na construção dos sistemas geradores de energia.

Para validar a pesquisa foi feito o Alfa de Cronbach por subcategoria, que analisa a consistência do questionário. O alfa deveria ser 0,7 ou mais. A variável transmissão teve 0,823011, para impactos sociais teve 0,700562, para fonte ser renovável teve 0,702652, para impactos ambientais da geração teve 0,704208 e para emissão de gases teve 0,719889. Assim, todas as subcategorias da pesquisa estão consistentes e, portanto, a pesquisa foi validada.

## **4.2 Utilização dos Dados da Pesquisa**

Neste trabalho será utilizada a metodologia da análise fatorial. A técnica será aplicada sobre os dados obtidos através das pesquisas elaboradas, sendo esta usada para verificar interpelações entre um grande número de variáveis, como é o caso do trabalho que abrange quatro diferentes stakeholders, e explicar essas em termos de seus fatores. A Técnica de análise multivariada que identifica um número pequeno de fatores que podem ser usados para representar relações entre muitas variáveis que estão inter-relacionadas. “O objetivo é encontrar um meio de condensar a informação contida em um número de variáveis originais em conjunto menor de variáveis estatística (fatores) com uma perda mínima de informação”. (HAIR, ANDERSON, TATHAM, BLACK, 1998).

Ainda, segundo Aaker, Kumar e Day (1998, p. 582), a análise fatorial serve para a combinação de variáveis que criam novos fatores. No âmbito da análise fatorial, o que se pretende é a identificação de possíveis associações entre as variáveis observacionais, de modo

que se defina a existência de um fator comum entre elas. Assim, pode-se dizer que a análise fatorial, ou análise de fator comum tem como objetivo a identificação de fatores ou constructos subjacentes às variáveis observacionais, o que contribui para facilitar a interpretação dos dados.

O modelo de análise fatorial estima os fatores e as variâncias, de modo que as covariâncias ou correlações previstas estejam o mais próximo possível dos valores observados. Os métodos de estimação ou extração mais utilizados são o dos componentes principais e o da máxima verossimilhança. Neste estudo será usado o dos componentes principais.

Assim sendo, a análise de componentes principais consiste em reescrever as variáveis originais em novas variáveis denominadas componentes principais, através de uma transformação de coordenadas. Cada componente principal é, então, uma combinação linear de todas as variáveis originais. Cada uma destas componentes principais, por sua vez, será escrita como uma combinação linear das variáveis originais. Nestas combinações, cada variável terá uma importância ou peso diferente. É válido ressaltar que a análise de componentes principais é um procedimento genérico, sendo útil para determinar o número mínimo de dimensões independentes necessárias para explicar a maior parte da variância no conjunto original das variáveis consideradas.

#### 4.2.1 Análise da Pesquisa do Consumidor

Para avaliar a consistência geral foi utilizado o método Kayser Mayer Olkim (KMO). Esse índice varia de 0 a 1, sendo tanto melhor quanto mais próximo de 1. A tabela 1 indica o critério de avaliação.

**Tabela 1** – Critérios de avaliação do método Kayser Mayer Olkim

Valores do KMO	Interpretação da Consistência Geral
< 0,50	Inaceitável
0,50 – 0,59	Ruim
0,60 – 0,69	Regular
0,70 – 0,79	Bom
0,80 – 0,89	Muito bom
> 0,90	Ótimo

Fonte: adaptação própria (2016)

O teste KMO utilizado para verificar a adequação da análise resultou em valores “muito bons” para os construtos, revelando que o conjunto de variáveis se ajusta bem ao procedimento de análise fatorial. Ainda, foi necessário observar a matriz de dados e garantir que esta possuía

correlações suficientes para a utilização do método estatístico em questão, isso foi avaliado através do teste Bartlett de esfericidade, que apresentou um p-valor significativo (p-valor < 5%), indicando que a matriz de correlação é estatisticamente diferente de uma matriz identidade, o que significa que as variáveis estão suficientemente correlacionadas entre si, corroborando o resultado obtido pelo índice KMO. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Resultado dos Testes de KMO e Bartlett**

<b>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.</b>		
		0,851
<b>Bartlett's Test of Sphericity</b>	Approx. Chi-Square	722,655
	Df	78
	Sig.	0,000

Fonte: adaptação própria (2016)

A próxima etapa da análise fatorial consiste na extração dos fatores que representarão o conjunto de dados. O critério definido para este estágio foi o definido por Kaiser (1940), onde são extraídos os fatores que apresentarem raízes características (autovalores) superior à uma unidade, sendo a raiz característica de um fator o resultado da soma do quadrado das cargas fatoriais desse fator.

Além disso, a extração dos fatores é feita de acordo a magnitude da variância da combinação linear das unidades de medida das variáveis observadas, devendo o primeiro fator extraído ser a combinação linear com variância máxima existente na amostra; o segundo, a combinação linear com a máxima variância restante e assim sucessivamente.

Para isso, a estrutura de correlação das variáveis genéricas  $X_i$  e os fatores ( $F_1, F_2, \dots, F_n$ ) é dada, formalmente, por:

$$X_i = A_{i1} * F_{i1} + A_{i2} * F_{i2} + \dots + A_{in} * F_{in} + e ,$$

onde cada variável observada ( $X_1, X_2, X_n$ ) é expressa como combinação linear dos fatores mais um termo residual (e) que representa a parte não explicada pelos fatores.

Após essa etapa, foi feita a transformação ortogonal, ou simplesmente rotação, da matriz das cargas fatoriais, podendo ser executada por diferentes métodos, sendo que os mais conhecidos são o varimax, o promax e o equamax, e a adequação varia conforme a situação. A aplicação dessa técnica tem o objetivo de deixar as variáveis que estão dentro de um determinado fator mais fortemente correlacionadas entre si e com maior grau de independência em relação às variáveis que estão nos outros fatores.

Nesse cenário, a rotação adotada foi a varimax, uma vez que desta forma foi possível conseguir um melhor significado interpretativo para os fatores. Isso ocorreu, pois, a contribuição individual dos fatores na explicação da variância das variáveis, ou seja, a raiz característica, foi alterada, no entanto sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto dos fatores.

Para finalizar, foi determinada a matriz dos escores fatoriais. Essa etapa é indispensável quando o objetivo é a construção de um índice, como é o caso deste estudo. Pode-se analisar na tabela 3 que a partir da análise fatorial pelo método dos componentes principais obteve-se 3 fatores que, em conjunto, explicam 58,6% da variância total das variáveis. A rotação foi feita pelo método varimax que definiu melhor o padrão entre cada indicador e os fatores. Nota-se que, a partir do componente 4, o total de variância não chega a uma unidade, sendo esse o ponto de corte para a definição dos fatores.

**Tabela 3 – Total de Variância Explicada**

Componente	Autovalores iniciais			Extração dos fatores		
	Total	% variância	% acumulado	Total	% variância	% acumulado
<b>1</b>	4,698	36,137	36,137	4,698	36,137	36,137
<b>2</b>	1,860	14,307	50,444	1,860	14,307	50,444
<b>3</b>	1,064	8,188	58,632	1,064	8,188	58,632
<b>4</b>	0,919	7,067	65,699			
<b>5</b>	0,768	5,911	71,610			
<b>6</b>	0,728	5,600	77,209			
<b>7</b>	0,631	4,852	82,061			
<b>8</b>	0,512	3,937	85,998			
<b>9</b>	0,462	3,553	89,551			
<b>10</b>	0,421	3,242	92,793			
<b>11</b>	0,387	2,975	95,768			
<b>12</b>	0,340	2,613	98,382			
<b>13</b>	0,210	1,618	100,000			

**Fonte:** adaptação própria (2016)

Os fatores estão apresentados na tabela 4, conforme ordem de extração pela rotação da matriz pelo método varimax, o que expressa também a ordem de importância.

**Tabela 4** - Matriz de Componentes Rotacionada

	Características da Fonte	Fatores Relações de Entrega	Consciência
O processo de geração (o como é produzida) de energia é importante quando penso no consumo	0,845	0,073	0,023
Me preocupo em ter fontes renováveis de energia	0,793	0,020	0,130
Compreendo a importância de as fontes de energia serem limpas	0,656	0,141	0,091
Um dos aspectos que considero mais importante no consumo de energia é o fato de a fonte energética não agredir o meio ambiente	0,639	0,084	0,280
Considero a quantidade disponível da fonte energética que utilizo importante	0,623	0,346	-0,257
Considero importante a utilização de novas fontes de energia (pouco utilizadas atualmente)	0,566	0,003	0,127
Ao pensar no consumo eficiente de energia o preço é relevante	-0,166	0,654	-0,131
Considero a facilidade de acesso à fonte energética que utilizo importante	0,384	0,582	-0,098
Estou disposto a pagar mais por uma energia, quanto menos esta agredir o meio ambiente	0,219	0,081	0,858

**Fonte:** adaptação própria (2016)

O fator características da fonte, representado pela cor azul na tabela 4, contempla 36% da variância acumulada, ele agrupa variáveis que definem como a fonte deve ser: limpa, renovável, quantidade disponível, etc. Esse fator indica quais características são realmente relevantes ao consumidor, quando estes pensam no consumo eficiente de energia.

O fator relações de entrega, representado pela cor amarelo na tabela 4, possui 14% da variância restante, as variáveis agrupadas neste fator indicam fatores que são mensurados a partir da entrega da energia, ou seja, qual o preço entregue para o consumidor, a consistência dessa entrega, a facilidade de acesso dessa energia, etc. Dessa forma esse fator caracteriza os aspectos que estão mais próximos do consumidor.

O fator consciência, representado pela cor vinho na tabela 4, com variância acumulada na ordem de 8%, é composto por uma única pergunta que demonstra a elasticidade do preço com relação à energia agredir ou não o meio ambiente. Esse fator é extremamente relevante, uma vez que o preço foi considerado um aspecto importante para a utilidade do consumidor.

#### 4.2.2 Análise da Pesquisa para o Meio Ambiente

Para analisar a pesquisa para o meio ambiente, foram utilizados os mesmos métodos. Assim, o teste KMO para a adequação da análise, apresentado na tabela 5, resultou em valores regulares para os construtos, revelando que o conjunto de variáveis não se ajusta bem ao procedimento de análise fatorial, porém o teste de Bartlett apresentou um p-valor significativo (p-valor < 5%), indicando que a matriz de correlação é estatisticamente diferente de uma matriz identidade, o que significa que as variáveis estão suficientemente correlacionadas entre si.

**Tabela 5** - Resultado dos Testes de KMO e Bartlett

<b>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy</b>		0,628
<b>Bartlett's Test of Sphericity</b>	Approx. Chi-Square	254,528
	Df	45
	Sig.	0,000

Fonte: adaptação própria (2016)

Com relação à quantidade de fatores atribuída pela análise fatorial, observa-se na tabela 6 que a pesquisa sobre energia e meio ambiente resultou em 4 fatores que, em conjunto, explicam 72,8% da variância total das variáveis. Nota-se que, a partir do componente 5, o total de variância não chega a uma unidade, sendo esse o ponto de corte para a definição dos fatores.

**Tabela 6** - Total de Variância Explicada

Componente	Autovalores iniciais			Extração dos fatores		
	Total	% variância	% acumulado	Total	% variância	% acumulado
<b>1</b>	2,804	28,041	28,041	2,804	28,041	28,041
<b>2</b>	1,709	17,093	45,134	1,709	17,093	45,134
<b>3</b>	1,525	15,254	60,388	1,525	15,254	60,388
<b>4</b>	1,238	12,380	72,768	1,238	12,380	72,768
<b>5</b>	0,792	7,921	80,689			
<b>6</b>	0,676	6,759	87,448			
<b>7</b>	0,401	4,009	91,457			
<b>8</b>	0,382	3,824	95,280			
<b>9</b>	0,249	2,487	97,767			
<b>10</b>	0,223	2,233	100,00			

Fonte: adaptação própria (2016)

Na tabela 7 são apresentados os fatores conforme ordem de extração pela rotação da matriz pelo método varimax, o que expressa também a ordem de importância.

**Tabela 7** - Matriz de Componentes Rotacionada

	Fatores			
	Transmissão e Geração	Impactos sociais	Recursos Naturais	Construção
Considero importantes os custos da operação da geração e transmissão de energia	0,880	0,063	0,197	0,062
Considero importante o tempo de vida útil dos geradores energéticos	0,866	0,059	0,084	0,167
Considero importante a criação de emprego causada pela geração e consumo de energia	0,294	0,790	-0,125	0,127
Vejo a importância de fontes que não emitem gases poluentes	-0,228	0,657	0,238	0,158
Considero importante a fonte ser renovável	-0,098	-0,013	0,915	0,082
Considero a quantidade disponível do recurso um aspecto importante ao pensar nos impactos ambientais do consumo energético	0,183	0,080	0,845	0,011
Dentre os impactos ambientais da construção considero os gases poluentes um aspecto importante	0,135	-0,116	-0,174	0,850
A utilização de materiais poluentes ou finitos na construção dos sistemas geradores de energia são um aspecto importante relacionado aos impactos ambientais desta atividade	0,033	0,126	0,262	0,822
Considero importante a eficiência da produção energética	0,419	0,110	0,088	0,479

**Fonte:** adaptação própria (2016)

O fator Transmissão e Geração, representado pela cor azul na Tabela 7, contempla 28% da variância acumulada, e agrupa variáveis relacionadas à transmissão da energia, ou seja, a forma com que ela é repassada, e à geração da energia, ou seja, como esta é “produzida”.

O fator Impacto Social, representado pela cor amarelo na Tabela 7, possui 17% da variância restante, as variáveis agrupadas neste fator indicam os impactos que a geração, transmissão e utilização da energia geram para as populações, inclusive com relação aos poluentes liberados, que são prejudiciais à saúde.

O fator Recursos Naturais, representado pela cor vinho na Tabela 7, com variância acumulada na ordem de 15%, foi composto por aspectos naturais, ou seja, a disponibilidade do recurso na natureza e se a energia é renovável ou não.

O fator Construção, representado pela cor verde na Tabela 7, com variância acumulada na ordem de 12%, agrupou os impactos ambientais da construção dos geradores, transmissores, etc. de energia, sendo fundamentais para o processo de conversão desta.

Dessa forma, a validação das escalas para os dados das matrizes para ambas análises fatoriais foi realizada pela determinação da normalização KMO ao valor de 0,851 para pesquisa consumidor, e 0,628 para pesquisa de meio ambiente. Estas informações em conjunto com o teste de Bartlett composto pelo nível de significância 0,000 para ambas pesquisas, indicam normalidade dos dados e o alpha de Cronbach de 0,826 para pesquisa consumidor e 0,682 para pesquisa de meio ambiente confirmam a confiabilidade da escala analítica utilizada.

## 5 Coleta dos Dados

A coleta dos dados foi feita de acordo com as variáveis elencadas nas pesquisas. Ou seja, para cada uma das perguntas foi escolhida uma variável compatível, ou seja, que a represente numericamente. No entanto, algumas perguntas feitas na pesquisa do consumidor, foram também feitas na pesquisa do meio ambiente, uma vez que são importantes para ambos os *stakeholders*. Sendo assim, algumas variáveis abrangem duas perguntas. A associação das perguntas aos dados pode ser visualizada na Tabela 3 do Apêndice.

Como é possível observar na Tabela 8, os dados utilizados são da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), da COMERC Energia, da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), do Ministério de Minas e Energia (MME), do Greenpeace, da Agência Nacional do Petróleo (ANP), da National Renewable Energy Laboratory (NREL), do Australian Energy Market Operator (AEMO), da Solar Energy Technology Program (SETP) e dos livros Processos de Energias Renováveis, tradução da 3ª edição: Fundamentos de Aldo Rosa e Energia e Desenvolvimento, 1ª edição: Blucher de José Goldemberg.

**Tabela 8 – Variáveis, Dados Numéricos e Fontes**

Variável	Energia Solar	Fonte	Gás Natural	Fonte
<b>Capacidade Instalada</b>	15 MW	MME	12550 MW	MME
<b>Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte</b>	16 GWh	MME	81075 Gwh	MME
<b>Custo de Capital</b>	US\$ 5000 por km instalado	ANEEL	US\$ 200 por km instalado	ANEEL
<b>Eficiência na Produção</b>	0,18	ANEEL	0,42	CCEE
<b>Geração de Emprego</b>	6000000	GreenPeace	3925363	ANP

<b>Energia Limpa</b>	1	GOLDEMBERG, José	0	GOLDEMBERG, José
<b>Emissão de Gases GHG</b>	44 gCo2e/kWh	NREL	470 gCO2e/kWh	NREL
<b>Life Time</b>	35 anos	NREL	25 anos	Livro de Aldo Rosa
<b>Disponibilidade do Recurso</b>	16940453000000000 kWh	INPE	40837465129,902 kWh	ANP
<b>Energia Sustentável</b>	1	GOLDEMBERG, José	0	GOLDEMBERG, José
<b>Energia Renovável</b>	1	GOLDEMBERG, José	0	GOLDEMBERG, José
<b>Perdas na Produção</b>	3,50%	EPE	10%	AEMO
<b>Custo de Operação e Manutenção</b>	0,03 U\$/kW	SETP	0,0183 U\$/kW	AEMO
<b>Custo de Implantação</b>	7,50 U\$/W	ANEEL	0,425 U\$/W	CESP/IMT
<b>Custo da eletricidade gerada</b>	38 U\$/kWh	ABEPRO	31 U\$/kWh	ABEPRO
<b>Payback Energético</b>	5 anos	COMERC	3 anos	ANP

Fonte: elaboração própria (2016)

## 6 Discussão dos Resultados Esperados

Os resultados esperados para o índice e comparação final das energias pode ser analisado de acordo com os valores encontrados para cada uma das variáveis que será levada em consideração. Ainda, deve-se analisar os “pesos” atribuídos pela análise fatorial, para cada uma das variáveis.

A capacidade instalada da energia solar é significativamente menor do que a do gás natural, no entanto essa variável é utilizada de uma maneira distinta, uma vez que está associada à importância de o Brasil investir em novas fontes de energia, que são pouco utilizadas atualmente, assim, pode-se considerar que essa variável possui um valor numérico pequeno, tende a ser positiva para a energia solar. Porém, exatamente para que não fosse rejeitado o fato de que uma maior oferta interna de energia é um aspecto importante associado à facilidade de acesso a fonte, esta segunda variável foi considerada como positiva para o gás natural, que possui um valor maior. Dessa forma, com ponderações similares, sendo 0,566 para a primeira e 0,582 para a segunda, esse fator não deve gerar uma diferença extremamente significativa na análise

Ainda, verifica-se que com relação aos custos, a energia solar continua sendo extremamente mais cara do que a proveniente do gás natural, e esse custo aparece como proxy para diversas variáveis utilizadas. Essa discrepância associada aos altos valores de ponderação, deve gerar uma vantagem para o gás natural.

Embora o gás natural seja uma energia mais barata, os dados indicam que a energia solar possui vantagens tanto com relação às perdas na produção e à durabilidade dos geradores quanto com relação aos fatores ambientais, visto que esta é sustentável, renovável e limpa, além de possuir uma disponibilidade muito maior do recurso (inclusive por ser renovável). Esses aspectos representam quase metade das variáveis que são utilizadas, e as ponderações confirmam que a energia solar teria uma grande vantagem com relação ao gás natural, inclusive pelas variáveis binomiais (0 ou 1), nas quais o índice permite que a energia solar abra uma vantagem maior.

Dessa forma, acredita-se que a energia solar deve possuir um ganho de eficiência mais elevado do que o gás natural, porém que a diferença numérica entre os índices não deve ser extremamente alta devido aos fatores nos quais a energia proveniente do gás natural possui alta discrepância, como o caso da eficiência na produção e dos custos.

## 7 Índice

Para que a criação do índice fosse válida, foram necessárias mudanças tanto com relação aos dados quanto com relação aos coeficientes.

No âmbito dos dados, como os valores utilizados para cada dado não são da mesma ordem de grandeza e em um índice é necessário que haja certa padronização, assim, para que as variáveis se adequassem ao método proposto foi criada uma escala de valoração de 0 a 10, de forma a ser viável a comparação numérica. Apenas as variáveis que não estavam nessa ordem de grandeza foram colocadas.

**Tabela 9 – Variáveis de Acordo com Escala 0-10**

<b>Variável</b>	<b>Energia Solar</b>	<b>Gás Natural</b>
<b>Capacidade Instalada</b>	0,01	9,3
<b>Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte</b>	0,0004	2,17
<b>Custo de Capital</b>	5	0,2
<b>Eficiência na Produção</b>	1,8	4,2
<b>Geração de Emprego</b>	6	3,925363
<b>Energia Limpa</b>	1	0
<b>Emissão de Gases GHG</b>	1	10
<b>Life Time</b>	3,5	2,5
<b>Disponibilidade do Recurso</b>	10	2,56

<b>Energia Sustentável</b>	1	0
<b>Energia Renovável</b>	1	0
<b>Perdas na Produção</b>	3,5	10
<b>Custo de Operação e Manutenção</b>	10	6,1
<b>Custo de Implantação</b>	7,5	0,425
<b>Custo da Eletricidade Gerada</b>	3,8	3,1
<b>Payback Energético</b>	5	3

Fonte: elaboração própria (2016)

Como pode ser visto na Tabela 9, assim como as variáveis binárias, o custo de implantação e o *payback* energético foram mantidas. Além destas, o custo de operação e manutenção foi alterado de acordo com o quanto o valor do gás natural representava da energia solar, ou seja, fixando energia solar como 100%. E, com exceção das variáveis disponibilidade do recurso, capacidade instalada e oferta interna de energia elétrica, as quais possuíam dimensões extremamente distintas, os valores foram divididos por múltiplos de 10 até que estivessem inseridos na escala estabelecida. Para essas três variáveis que foram exceção, foi necessário utilizar outra forma de raciocínio.

Assim, com relação à capacidade instalada e à oferta interna de energia elétrica por fonte, uma vez que para a primeira a quantidade para o gás natural é 836,67 vezes maior e para a segunda 5067,1875 vezes maior. No entanto, foi necessário observar os valores da energia mais utilizada no Brasil, a energia hidroelétrica, de forma a conseguir elaborar uma escala de comparação. No caso da capacidade instalada, de acordo com o Ministério de Minas Energia (MME), a energia hidroelétrica conta com 133900 MW, e no caso da oferta interna de energia, as hidroelétricas ofertam 373439 GWh.

Dado este cenário, foi feita uma regra de três, na qual de acordo com a escala, o valor da hidroelétrica seria o valor máximo, ou seja, 10. Assim, o gás natural teria o valor 0,93 e a energia solar 0,0011. Porém, esses valores seriam extremamente pequenos e, por isso, multiplicou-se os dois por 10. Sendo assim foi atribuído o valor 0,01 para energia solar e 9,3 para o gás natural. O mesmo método foi utilizado para a oferta interna de energia, no entanto, não houve a multiplicação final por 10. O resultado obtido foi 2,17 para o gás natural e 0,0004 para a energia solar.

Com relação à disponibilidade do recurso, o valor da energia solar é 414826,3 vezes maior do que a disponibilidade do gás natural, pode-se considerar que o recurso é finito para o gás natural, enquanto o recurso do sol é ‘infinito’. No entanto, compreende-se que o gás natural, se consumido da mesma maneira com a qual ocorre atualmente, é capaz de abastecer o país por mais 51 anos, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Se considerarmos um período de 200 anos, tempo suficiente para que o planeta esteja

completamente diferente, esse valor seria 25,6% do tempo. Assim, atribuiu-se o valor 5,1 para o gás natural.

Já no âmbito dos coeficientes, como já explicado anteriormente, algumas variáveis possuem uma relação inversamente proporcional com os ganhos de eficiência das energias, a exemplo dos custos, que quanto maiores, menores são os ganhos. Dessa forma, atribuiu-se o sinal negativo para os coeficientes nos casos dessas variáveis, como demonstrado na Tabela 10.

**Tabela 10 – Coeficientes Ajustados**

Variável	$\beta$ Consumidor	$\beta$ Meio Ambiente
Capacidade Instalada	0,566	
Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte	-0,582	
Custo de Capital		-0,88
Eficiência na Produção		0,479
Geração de Emprego		0,79
Energia Limpa	0,656	0,657
Emissão de Gases GHG	- 0,858	-0,85
<i>Life Time</i>		0,866
Disponibilidade do Recurso	0,623	0,8456
Energia Sustentável	0,639	
Energia Renovável	0,793	0,915
Perdas na Produção	-0,845	
Custo de Operação e Manutenção		-0,88
Custo de Implantação		-0,88
Custo da Eletricidade Gerada	-0,654	
<i>Payback Enegetico</i>		-0,822

Fonte: elaboração própria (2016)

De acordo com o novo cenário estabelecido, a construção do índice foi dada através de duas equações, sendo que a primeira objetiva encontrar o valor da categoria, que foi determinado pelos coeficientes ( $\beta$ ) atribuídos na análise fatorial, pelos valores ( $v$ ) encontrados para cada um dos dados referentes às perguntas feitas nos questionários. Já a segunda é constituída pelo somatório das multiplicações do coeficiente de cada categoria ( $\alpha$ ) pelo valor da categoria ( $vc$ ) referente.

$$\text{valor da categoria} = \beta_1 * v_1 + \beta_2 * v_2 + \beta_3 * v_3 + \dots + \beta_{16} * v_{16}$$

$$\text{Índice} = \alpha_1 * vc_1 + \alpha_2 * vc_2 + \alpha_3 * vc_3 + \dots + \alpha_7 * vc_7$$

Ao realizar a primeira equação foram obtidos os resultados demonstrados na Tabela 11.

**Tabela 11 – Valores das Categorias**

<b>Categorias Consumidor</b>	<b>Energia Solar Valor das Categorias</b>	<b>Gás Natural Valor das Categorias</b>
Características da Fonte	4,05416	-1,59132
Relações de Entrega	-2,4854328	-3,29034
Consciência	0,858	8,58
<b>Categorias Meio Ambiente</b>		
Transmissão e Geração	-16,769	-3,753
Impactos Sociais	5,397	3,10103677
Recursos Naturais	9,371	2,164736
Construção	-2,9482	-10,966

**Fonte:** elaboração própria (2016)

Com os valores atribuídos para cada uma das categorias, foi possível realizar a segunda equação proposta, para alcançar resultado final. Assim, como pode-se analisar na Tabela 12, o valor de cada categoria foi multiplicado pelo  $\alpha$  correspondente, identificando o valor do índice primeiro para o consumir e para o meio ambiente separados, para depois agregá-los.

**Tabela 12 – Valor do Índice**

<b>Categorias Consumidor</b>	<b>Energia Solar Valor do Índice</b>	<b>Gás Natural Valor do Índice</b>
<b>Para o Consumidor</b>	1,181051841	-0,343798988
<b>Para o Meio Ambiente</b>	-2,7152209	-1,549700485
<b>Agregado</b>	-1,534169059	-1,893499473

**Fonte:** elaboração própria (2016)

Assim, como quanto maior for o número do índice, maior é o ganho de eficiência da fonte energética, conclui-se que os ganhos de eficiência da energia solar são maiores, mesmo que pouco, do que os ganhos de eficiência do Gás Natural, uma vez que -1,534169059 é maior que -1,893499473. O resultado obtido foi semelhante ao resultado esperado, uma vez que a Energia Solar ficou melhor colocada, no entanto não era esperado que a diferença fosse ser tão pequena quanto a expressada, de apenas -0,359330415.

## 8 Análise Estatística do Índice

Ainda, no âmbito de fazer uma análise estatística e não apenas descritiva dos resultados obtidos, foi realizado uma Anova. A Anova, também chamada de análise da variância, que é uma técnica estatística utilizada para estudar as diferenças entre os valores das médias de duas ou mais populações.

A análise de variância compara médias de diferentes populações para verificar se essas populações possuem médias iguais ou não. Assim, essa técnica permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo.

Em outras palavras, a análise de variância é utilizada quando se quer decidir se as diferenças amostrais observadas são reais (causadas por diferenças significativas nas populações observadas) ou casuais (decorrentes da mera variabilidade amostral). Portanto, essa análise parte do pressuposto que o acaso só produz pequenos desvios, sendo as grandes diferenças geradas por causas reais.

Nesse estudo, a Anova teve, então o objetivo de comparar as médias entre os dois grupos (energia solar e gás natura) com relação à cada uma das pesquisas e seus fatores. Dessa forma, primeiramente foi necessário criar uma base de dados que diferenciasse cada um dos grupos, com relação à pesquisa que era igual para ambos. Para isso foi utilizado o fator gerado na análise fatorial para cada indivíduo e, assim, criado um índice específico para cada um deles.

As hipóteses da análise a serem testadas na análise de variância são:

Hipótese nula ( $H_0$ ): as médias populacionais são iguais.

Hipótese alternativa ( $H_1$ ): as médias populacionais são diferentes, ou seja, pelo menos uma das médias é diferente das demais.

**Tabela 13** – ANOVA para os Consumidores

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,480	1	1,480	0,081	0,075
Within Groups	17072,586	940	18,162		
Total	17074,066	941			

Fonte: elaboração própria (2016)

**Tabela 14** – ANOVA para o Meio Ambiente

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,014	1	4,014	0,060	0,087
Within Groups	45510,058	678	67,124		
Total	45514,072	679			

Fonte: elaboração própria (2016)

Como pode ser visto nas Tabelas 13 e 14 acima, o  $H_0$  pode ser rejeitado, com 90% de confiança, nos dois casos, verificando que as médias dos dois casos são diferentes, o que demonstra que a diferença entre os dois grupos é uma diferença real e não uma diferença apenas amostral.

Ainda, foram feitos dois testes estatísticos para verificar a utilização da ANOVA. O primeiro foi um teste de Jarque-Bera para testar normalidade, no qual a hipótese nula ( $H_0$ ) foi onde a hipótese nula não foi rejeitada, comprovando normalidade. O segundo, o teste de Levene testa a hipóteses nula de que as variâncias são homogêneas. Como a significância dos testes, tanto com relação à pesquisa do consumidor quanto à do meio ambiente, apresentaram valores muito próximos a zero, como pode ser visto nas Tabelas abaixo, conclui-se que a hipótese nula deve ser rejeitada, portanto o teste da Anova não deve ser utilizado.

**Tabela 15** – Teste Levene para os Consumidores

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
54,359	1	940	0,000

Fonte: elaboração própria (2016)

**Tabela 16** – Teste Levene para os Consumidores

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
38,656	1	678	0,000

Fonte: elaboração própria (2016)

Como alternativa deve-se analisar os testes robustos de igualdade de médias que possuem as mesmas hipóteses do teste da Anova. Assim, os resultados seguem nas Tabelas 17 e 18 abaixo.

**Tabela 17** – Testes Robustos para Pesquisa do Consumidores

	Statistic	df1	df2	Sig.
Welch	0,081	1	724,404	0,075
Brown-Forsythe	0,081	1	724,404	0,075

Fonte: elaboração própria (2016)

**Tabela 18** – Testes Robustos para Pesquisa do Meio Ambiente

	Statistic	df1	df2	Sig.
Welch	0,059796147	1	547,6856762	0,08691
Brown-Forsythe	0,059796147	1	547,6856762	0,08691

Fonte: elaboração própria (2016)

Como pode ser visto, os resultados não variaram com relação aos testes anteriores, o que leva à conclusão de que a hipótese nula  $H_0$  é rejeitada, com 90% de confiança. Assim, as médias são distintas entre cada um dos grupos, para as duas pesquisas realizadas. Dessa forma, a diferença observada na análise descritiva é real e não apenas amostral.

## 9 Conclusão

Atualmente a sociedade está passando por um momento no qual devem ser repensadas as formas de consumo, principalmente as que envolvem o meio ambiente e que o agridem. Nesse cenário, a energia está em foco, e não somente o consumo, como também as alternativas que existem para gerá-la de maneira a preservar a natureza e melhorar a qualidade de vida das populações.

O Brasil, ao possuir uma matriz energética não balanceada, portanto precisa investir em seu potencial para a utilização de fontes alternativas, como energia solar e gás natural, abordadas nesse estudo. Ao comparar as duas fontes energéticas de acordo com seus ganhos de eficiência para quatro diferentes *stakeholders* (consumidores, meio ambiente, governo e produtores) percebe-se que a energia solar possui mais vantagens do que o gás natural, de acordo com o resultado do índice apresentado. No entanto, a diferença numérica, que representa os ganhos de cada uma, é pequena, devido ao fato de os custos da energia solar serem extremamente mais altos e, ao mesmo tempo, esta fonte apresentar menos impactos negativos ao meio ambiente, gerando assim um certo equilíbrio do resultado. Ainda, ressalta-se que de acordo com a análise estatística feita, por meio da Anova, conclui-se que os dois grupos diferem com relação às suas médias, o que significa que a diferença obtida pela análise descritiva é real e não apenas amostral.

Dessa forma, o presente estudo contribui para uma visualização de qual seria a melhor forma de diversificar a matriz energética brasileira, apesar de as fontes energéticas terem ganhos de eficiência semelhantes. Como consequência, este estudo colabora para a criação de políticas públicas que facilitem a implementação de energias alternativas como as elencadas, através de subsídios e incentivos, uma vez que está visível quais são as preferências para o consumidor e para o meio ambiente, que são os dois agentes mais importantes quando o foco é o bem-estar da sociedade através da sustentabilidade.

Ao partir da linha de raciocínio explicitada, pode-se concluir que ao implementar políticas públicas que reduzam os custos associados à geração e consumo de energia solar, os ganhos de eficiência desta fonte seriam significativamente maiores do que os da energia proveniente do gás natural, e o governo estaria tornando mais viável a utilização desta alternativa. Vale ressaltar que a política pública deveria ser feita com relação a energia solar e não com relação ao gás natural, uma vez que o governo não consegue interferir nos fatores de desvantagem desta fonte, por serem aspectos vinculados à natureza da mesma.

No que tange às limitações deste estudo, estão o fato de não haver uma pesquisa estratégica para o governo e nem para os produtores, de forma que suas variáveis foram inseridas no índice de acordo com as importâncias atribuídas pelas pesquisas geradas para os

ambientalistas e consumidores. Ainda, o questionário utilizado para os *experts* do meio ambiente foi considerado “regular” de acordo com os critérios de avaliação do método Kayser Mayer Olkim. Para que o formulário fosse mais consistente, este poderia ser melhor elaborado, ou seja, alterar algumas perguntas feitas ou inserir novas perguntas de maneira a contemplar melhor suas opiniões; ou possuir um maior número de respostas, para que assim as porcentagens fossem mais confiáveis.

Ainda, como futuros trabalhos é interessante que se expanda o índice para as outras diversas fontes energéticas, assim sendo possível fazer uma comparação entre todas as alternativas para a matriz brasileira. Ao alcançar essa maior abordagem, o estudo poderia analisar o resultado de maneira a contemplar qual seria a melhor forma de intervenção governamental, para obter a matriz energética brasileira ideal. Além disso, é interessante que haja uma atualização do índice, uma vez que os dados utilizados são em sua maioria de 2014, e os custos, por exemplo, devem diminuir ao longo do tempo, tornando a energia solar ainda mais interessante para o Brasil.

## 10 Referências

- AAKER, D.; KUMAR, V.; DAY, G. **Marketing research**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons Inc., 1998.
- AEMO, Australian Energy Market Operator. Loss Factors and Regional Boundaries. Disponível em < <http://www.aemo.com.au/Electricity/Market-Operations/Loss-Factors-and-Regional-Boundaries>> . Acesso em 31 out 2015
- ALCOFORADO, Fernando. **O inevitável apagão do setor elétrico no Brasil em 2015**. São Paulo, 2015.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Conjuntura 2014**. Disponível em < [http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014\\_inf.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf) > . Acesso em 21 set. 2015.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Conjuntura da Crise Hídrica**. Disponível em < <http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf> > . Acesso em 21 set. 2015.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Metadados do Balanço Hídrico**. Disponível em < <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/graphover.show?id=127&fname=4-IV.png&access=public>> . Acesso em 21 set. 2015.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas Fatores de Conversão: índice**. Disponível em < [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_fatoresdeconversao\\_indice.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_fatoresdeconversao_indice.pdf)> . Acesso em 08 out 2016
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Gás Natural**. Disponível em < [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/gas\\_natural/9\\_3.htm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/gas_natural/9_3.htm) > . Acesso em 21 set 2015
- AZEVEDO, Tasso. **Blog do Tasso Azevedo**. Disponível em < <http://tassoazevedo.blogspot.com.br/>> . Acesso em 21 set 2015
- BANDEIRA, Fausto. O aproveitamento da energia solar no Brasil: situação e perspectivas. Brasil, 2012.
- BERMANN, Célio. **Energia no Brasil, para que? para quem?: crise e alternativa para um país sustentável**. 1. Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física: FASE, 2001.
- BOARATI, Julio. GALVÃO, Luiz. UDAETA, Miguel. **Hidrelétricas e termelétricas a gás natural** Estudo comparativo utilizando custos completos. São Paulo, 2006.
- CARLOS, Jonas. **Aplicação da análise fatorial para elaborar um indicador multivariado da qualidade dos serviços de telefonia móvel**. Porto Alegre, 2013.
- CCEE. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Solar**. Disponível em <

atuamos/fontes?\_afrLoop=1503527354362580#%40%3F\_afrLoop%3D1503527354362580%26\_adf.ctrl-state%3D1c0p7wjs9q\_4 > . Acesso em 21 set 2015

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Disponível em <[http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil\\_solar\\_atlas\\_R1.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf)> . Acesso em 21 set 2016

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira Disponível em <[http://www.epe.gov.br/geracao/documents/estudos\\_23/nt\\_energiasolar\\_2012.pdf](http://www.epe.gov.br/geracao/documents/estudos_23/nt_energiasolar_2012.pdf)> . Acesso em 22 out 2015

GIL, A. C. **Método e técnicas de pesquisa social**. 5ª Edição. São Paulo. Editora Atlas S.A. 1999.

Globo Rural. **Energia solar terá leilão superior ao que vai ser gerado por Belo Monte**. Disponível em <<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2015/06/energia-solar-tera-leilao-superior-ao-que-vai-ser-gerado-por-belo-monte.html>>. Acesso em 21 set 2015

GOLDEMBERG, José. **Energia e desenvolvimento sustentável**. 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

GRÜN, Roberto. **Apagão cognitivo: A crise energética e sua sociologia**. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/dados/v48n4/28481.pdf>> . Acesso em 21 set 2015

HAIR, Joseph. TATHAM, Ronald. ANDERSON, Rolph. BLACK, William. **Análise multivariada de dados**. 5ª Ed. Bookman: Porto Alegre, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável, Brasil 2015**. Disponível em <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>> . Acesso em 21 set 2015

INEE. Instituto Nacional de Eficiência Energética. **Conservação de energia e emissões de gases do efeito estufa no Brasil**. Brasil, 1998.

Instituto Escolhas. **Cenários para a Matriz Elétrica Brasileira**. 1.Ed. São Paulo, 2015

Instituto Socioambiental. **Água, o risco da escassez**. Disponível em <<http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>> . Acesso em 21 set. 2015.

Instituto Socioambiental. **Conferência do Clima 2015 (COP-21)**. Disponível em <<http://www.socioambiental.org/pt-br/cop-21>> . Acesso em 21 set. 2015.

JOHNSON, R.A WICHERN, D.W(1978) **Apptied regression analysis and other multivariate**, North Scituate Massachussetts.

- KAISER, H.F.(1960) **The application of electronic computers to factor analysis**. Educational and Psychological Measurement, v.20.
- MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 3 ed. Porto-Alegre: Bookmam, 2001
- MELO, Marcelo. MEDINA, Pedro. **Gás Natural: Uma Análise Econômica da Demanda Focada no Setor Industrial**. Disponível em <[http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Marcelo-Silva-de-Matos-Melo-e-Pedro-Leonardo-Neves-Medina\\_PRH21\\_UFRJ\\_G.pdf](http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH21/Marcelo-Silva-de-Matos-Melo-e-Pedro-Leonardo-Neves-Medina_PRH21_UFRJ_G.pdf)>. Acesso em 21 set 2016
- MILONE, Giuseppe. Estatística geral e aplicada. São Paulo: Centage Learning, 2009. ISBN 85-221-0339-9. Capítulo 12.
- MITSIDI. **Crise energética iminente**. Disponível em < <http://www.mitsidi.com/a-crise-energetica-iminente-o-que-pode-acontecer-e-o-que-pode-ser-feito/?lang=pt-br> > . Acesso em 21 set 2015
- MME. Ministério de Minas Energia. SPDE. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. DDE. Departamento de Desenvolvimento Energético. **Plano Nacional de Eficiência Energética** Premissas e Diretrizes Básicas. Brasil, 2011.
- MURTA, Aurélio Lamare Soares. **Energia: o vício da civilização, crise energética e alternativas sustentáveis**. 1.Ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2011.
- ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **O que é sistema de transmissão?**. Disponível em < [http://www.ons.org.br/educativo/perguntas\\_respostas.aspx#questao-11](http://www.ons.org.br/educativo/perguntas_respostas.aspx#questao-11)> . Acesso em 17 set 2016
- SANTOS, Ed Marcos. **Entenda as Diferenças entre a Energia Sustentável, Renovável e Limpa** .Disponível em <<https://www.linkedin.com/pulse/entenda-diferen%C3%A7as-entre-energia-sustent%C3%A1vel-e-limpa-ed-marcos>>. Acesso em 21 set 2016
- Secretaria de Energia do Estado de São Paulo. **Energia Elétrica: Eficiência**. Disponível em < [http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/energia-eletrica\\_eficiencia](http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/energia-eletrica_eficiencia)> . Acesso em 08 nov 2015
- SELLTIZ. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. 1ª. Ed. São Paulo: E.P.U, 1974
- SHAYANI, Rafael. OLIVEIRA, Marco. CAMARGO, Ivan. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais**. Brasil, 2006.
- TOTAL . **Com o gás natural, a Total investe numa energia acessível e limpa**. Disponível em < <http://br.total.com/pt-br/por-uma-energia-melhor/projetos-mundiais/com-o-gas-natural-total-investe-numa-energia-acessivel-e-limpa>> . Acesso em 21 set 2015

## Apêndice

**Tabela 1** – Pesquisa elaborada para o Consumidor no Brasil

Fonte: Elaboração Própria (2016)

Questões de Caracterização do Respondente						
	Você é cidadão brasileiro?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não			
	Você é o responsável pelo pagamento das contas de energia?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não			
		<b>Discordo Plenamente</b>	<b>Discordo</b>	<b>Nem concordo nem discordo</b>	<b>Concordo</b>	<b>Concordo Plenamente</b>
	<b>Categoria 1: Sustentabilidade da Fonte Energética</b>					
	Por sustentabilidade poderem ser compreendidos diversos aspectos, então o objetivo desta categoria é tentar preencher todas as lacunas possíveis deste termo, com base nas respostas obtidas na pesquisa elaborada na Austrália					
Subcategoria 1 Classificação da Fonte Energética	Um dos aspectos que considero mais importante no consumo de energia é o fato de a fonte energética não agredir o meio ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Considero importante a utilização de novas fontes de energia (pouco utilizadas atualmente)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Me preocupo em ter fontes renováveis de energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Compreendo a importância das fontes de energia serem limpas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Subcategoria 2 Importância da Fonte que o Indivíduo Utiliza	O processo de geração (o como é produzida) de energia é importante quando penso no consumo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Categoria 2: Disponibilidade da Fonte						
Essa categoria abrange a disponibilidade e a facilidade de acesso a fonte						
Subcategoria 3 Acesso a fonte	Considero a facilidade de acesso à fonte energética que utilizo importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Subcategoria 4 Quantidade Disponível	Considero a quantidade disponível da fonte energética que utilizo importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Categoria 3: Consistência na Entrega						
Essa categoria verifica se a forma de entrega é consistente e se a energia é consistente, ou seja, não há queda de energia repentinamente						
Subcategoria 5	Considero importante a forma com que a energia é entregue na minha residência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consistência e Confiabilidade	Um aspecto que considero importante no consumo de energia é a consistência na entrega	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Categoria 4: Preço						
Essa categoria avalia o custo que os consumidores tem ao consumir energia e o quanto estes custos valem o que é cobrado						
Sucategoria 6 Preço	<b>Ao pensar no consumo eficiente de energia o preço é de alta relevância</b> <b>Pergunta Controlada</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Subcategoria 7 Custo-benefício	Estou disposto a pagar mais por uma energia de acordo com o quanto ela agride o meio ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>Acredito que o preço não seja um aspecto muito significativo ao pensar no consumo de energia</b> <b>Pergunta Controle</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Questão Aberta						
Existe algum outro aspecto que você considera importante no consumo de energia? Qual?						

**Tabela 2** – Pesquisa elaborada para os agentes do Meio Ambiente no Brasil

Fonte: Elaboração Própria (2016)

Questão de Caracterização do Respondente						
	Você possui algum nível de formação relacionado a sustentabilidade ambiental e energias sustentáveis?	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Não			
Questões Conformatórias						
		Discordo Plenamente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Plenamente
	<b>Categoria 1: Emissão de Gases Poluentes no Consumo</b>					
	A emissão de gases poluentes durante o uso (o quanto é emitido ao utilizar a fonte e gerar energia)					
Subcategoria 1 Importância das Emissões	Vejo a importância de fontes que não emitem gases poluentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Categoria 2: Impactos Ambientais da Construção						
Essa categoria busca analisar os impactos ambientais que podem ser causados durante a construção do sistema de geração de energia						
Subcategoria 2	Dentre os impactos ambientais da construção considero os gases poluentes um aspecto importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Processos da Construção	A utilização de materiais poluentes ou finitos na construção dos sistemas geradores de energia são um aspecto importante relacionado aos impactos ambientais desta atividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Categoria 3: Impactos Sociais						
Essa categoria avalia os impactos sociais consequentes dos impactos ambientais causados pela geração, transmissão e consumo de energia						
Subcategoria 5	Considero importante a criação de emprego causada pela geração e consumo de energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Impactos Sociais						
<b>Categoria 4: Transmissão da Energia</b>						
O processo de transmissão de energia pode gerar impactos ambientais, nesse sentido o processo será dividido nas duas subcategorias do impacto da construção do sistema de transmissão e da transmissão como transporte da energia						
Subcategoria 6 Transporte e Geração de Energia	Considero importantes os custos da operação da geração e transmissão de energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Considero importante o tempo de vida útil dos geradores energéticos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Subcategoria 7 Eficiência	Considero importante a eficiência da produção energética	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Categoria 5: Características do Recurso</b>						
Essa categoria abrange a disponibilidade e sustentabilidade da fonte						
Subcategoria 8 Fonte Renovável	<b>Considero importante a fonte ser renovável</b> <b>Pergunta Controlada</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Subcategoria 9 Quantidade Disponível	Considero a quantidade disponível do recurso um aspecto importante ao pensar nos impactos ambientais do consumo energético	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>Não considero importante a utilização de fontes renováveis</b> <b>Pergunta Controle</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Pergunta Aberta:</b>						
Você considera importante algum outro impacto da geração, transmissão ou consumo de energia no meio ambiente? Qual?						

**Tabela 3 – Perguntas e Respectivas Variáveis**

Variável	Pesquisa Consumidor	Pesquisa Meio Ambiente
<b>Capacidade Instalada</b>	Considero a facilidade de acesso à fonte energética que utilizo importante	
<b>Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte</b>	Considero importante a utilização de novas fontes de energia (pouco utilizadas atualmente)	
<b>Custo de Capital</b>	Considero importantes os custos da operação da geração e transmissão de energia	

<b>Eficiência na Produção</b>		Considero importante a eficiência da produção energética
<b>Geração de Emprego</b>		Considero importante a criação de emprego causada pela geração e consumo de energia
<b>Energia Limpa</b>	Compreendo a importância de as fontes de energia serem limpas	Vejo a importância de fontes que não emitem gases poluentes
<b>Emissão de Gases GHG</b>	Estou disposto a pagar mais por uma energia, quanto menos esta agredir o meio ambiente	Dentre os impactos ambientais da construção considero os gases poluentes um aspecto importante
<b>Life Time</b>		Considero importante o tempo de vida útil dos geradores energéticos
<b>Disponibilidade do Recurso</b>	Considero a quantidade disponível da fonte energética que utilizo importante	Considero a quantidade disponível do recurso um aspecto importante ao pensar nos impactos ambientais do consumo energético
<b>Energia Sustentável</b>	Um dos aspectos que considero mais importante no consumo de energia é o fato de a fonte energética não agredir o meio ambiente	
<b>Energia Renovável</b>	Me preocupo em ter fontes renováveis de energia	Considero importante a fonte ser renovável
<b>Perdas na Produção</b>	O processo de geração (o como é produzida) de energia é importante quando penso no consumo	
<b>Custo de Operação e Manutenção</b>		Considero importantes os custos da operação da geração e transmissão de energia
<b>Custo de Implantação</b>		Considero importantes os custos da operação da geração e transmissão de energia
<b>Custo da eletricidade gerada</b>	Ao pensar no consumo eficiente de energia o preço é relevante	

---

***Payback Energético***

A utilização de materiais poluentes ou finitos na construção dos sistemas geradores de energia são um aspecto importante relacionado aos impactos ambientais desta atividade

---

**Fonte:** elaboração própria (2016)