

**Matriz Energética do
Estado do
Rio de Janeiro | 2017–2031**

Realização:

**SECRETARIA DA CASA CIVIL E
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**



Apoio:



Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro | 2017–2031

**RIO DE JANEIRO
2018**

Copyright © 2018 Amaro Olímpio Pereira Junior
Todos os direitos desta edição reservados à Synergia Editora

Editor Jorge Gama
Editora assistente Isabelle Assumpção

Capa Equipe Synergia
Diagramação Flávio Meneghesso
Revisão Equipe Synergia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Elaborado por Vagner Rodolfo da Silva - CRB-8/9410

P436m Pereira Jr, Amaro O.

Matriz energética do estado do Rio de Janeiro: 2017-2031 /
Amaro Olímpio Pereira Junior (Coord.) – Rio de Janeiro : Synergia, 2018.

136 p. ; 16cm x 23cm.

Inclui bibliografia.
ISBN: 978-85-68483-71-8

1. Economia. 2. Matriz energética. 3. Rio de Janeiro
(Estado). I. Título.

2018-307

CDD 330.0981
CDU 33(81)

Índice para catálogo sistemático

1. Economia : Brasil 330.0981
2. Economia : Brasil 33(81)



Livros técnicos, científicos e profissionais

Tel.: (21) 3259-9374

www.synergiaeditora.com.br – comercial@synergiaeditora.com.br



SUMÁRIO EXECUTIVO

Governador

Luiz Fernando Pezão

Vice-Governador

Francisco Oswaldo Neves Dornelles

Secretário da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico

Christino Áureo da Silva

Subsecretario de Desenvolvimento Econômico

Alberto Messias Mofati

Equipe SDE

Sergio Guarany

Glauco La Macchia

Coordenação:

Amaro Olimpio Pereira Junior

Equipe Técnica da Matriz Energética

Claude Cohen

Christiane Barbosa Eluan Uchôa

Teresa Bezerra Meira

Jacqueline Barbosa Mariano

Luiza di Beo Oliveira

Natália de Menezes Silva Pedreira

Otto Hebeda

Daniel Viana Ferreira

George Vasconcelos Goes

Daniel Neves Schmitz Gonçalves

Márcio de Almeida D'Agosto

Gabriel Malta Castro

David Alves Castelo Branco

Editoração

Elza Maria da Silveira Ramos



PREFÁCIO

A energia é o motor de desenvolvimento de qualquer economia. Assim foi no passado e ainda o é na atualidade. A energia é também um dos principais insumos da vida moderna, uma vez que garante o bem-estar em geral, proporcionando serviços, iluminação, condicionamento de ar, transporte, força motriz, etc.

Para atender à demanda por energia são necessários importantes investimentos em usinas hidrelétricas; na construção de usinas térmicas convencionais e nucleares; na exploração e processamento de petróleo e gás natural; no desenvolvimento de fontes renováveis de energia; em sistemas de transmissão e distribuição, enfim, em toda a cadeia energética.

Assim sendo, é fundamental que haja a formulação de um planejamento energético que possibilite o atendimento da demanda de forma eficiente, já que os recursos são escassos, e de forma a que causem o mínimo possível de danos ao ambiente. Nesse sentido, é preciso construir ferramentas que representem a complexidade do sistema energético de forma organizada, bem como sua evolução ao longo do horizonte de planejamento, para auxiliar os tomadores de decisão na formulação de políticas energéticas consistentes, que são fundamentais para o desenvolvimento sustentável do Estado, sendo a Matriz Energética uma das principais ferramentas para esta finalidade.

A publicação regular da Matriz Energética busca caracterizar as demandas pelas diversas fontes de energia por parte dos diferentes consumidores: residencial, comercial, setor público, industrial, agropecuário e do setor de transportes, visando ao melhor aproveitamento dos recursos energéticos existentes, não somente, petróleo e gás natural, mas também a energia solar, eólica, biomassa, biogás e biocombustíveis.

A Subsecretaria de Desenvolvimento Econômico – SDE, por intermédio da publicação da Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro, versão 2017-2031, visa a permitir que o Estado se antecipe com visões prospectivas do Setor e garanta o fornecimento de energia em um horizonte de longo prazo, não somente para as diversas atividades produtivas, mas também para o bem-estar geral da população fluminense.

Alberto Mofati

Subsecretário de Desenvolvimento Econômico



APRESENTAÇÃO

O Plano Nacional de Energia (PNE) elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), é um instrumento fundamental para avaliar, a partir de diferentes cenários de mercado, efeitos de possíveis gargalos em infraestrutura, vulnerabilidades sistêmicas, riscos ambientais, oportunidades de negócios, impactos de políticas públicas e outros temas inerentes ao planejamento energético.

No Estado do Rio de Janeiro, a Subsecretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE) define políticas e estratégias que contemplem diretrizes e prioridades para o segmento Energético do Estado, a partir da elaboração da Matriz Energética Estadual, um estudo que aborda todas as fontes e formas de energia existentes e usadas no Estado, dando à questão um tratamento multidisciplinar, com o propósito de otimizar os resultados e reduzir os custos financeiro, social e ambiental.

A Matriz Energética Estadual é importante instrumento para se elaborar diretrizes de ações na área energética contemplando os aspectos tecnológicos, econômicos, financeiros, sociais, ambientais, institucionais, de recursos humanos e a interligação entre eles, tomando como base a estrutura das cadeias produtivas, as potencialidades energéticas e consi-

derações socioambientais, bem como as políticas energéticas estadual e setoriais e as novas tendências tecnológicas.

O objetivo deste trabalho foi a elaboração da Matriz Energética do Rio de Janeiro para o horizonte 2017-2031 de forma a dar um panorama das condições de oferta e demanda de energia para os próximos quinze anos, com vistas a despertar o interesse de potenciais investidores e subsidiar políticas públicas para proporcionar a necessária segurança de suprimento de energia.

São objetivos específicos deste trabalho:

- Fornecer elementos para garantir o suprimento de energia à população e aos meios de produção de acordo com suas necessidades, com a melhor qualidade possível e dentro do menor custo, visando o desenvolvimento do Rio de Janeiro e o bem-estar da sociedade;
- Utilizar as potencialidades energéticas locais como um fator para a produção local de energia, de forma a dar maior grau de autossuficiência ao Estado, sem deixar de considerar a importação terrestre ou marítima de energéticos, quando isto se mostrar vantajoso;
- Usar as fontes energéticas locais como um fator de aumento de receita para o Rio de Janeiro e órgãos/empresas locais e para a geração de empregos;
- Fornecer elementos para garantir que o uso e a produção das fontes de energia não contribuam para a degradação do meio ambiente natural e urbano e para a emissão de gases geradores de efeito estufa.

Na Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2017-2031 são apresentados o cenário socioeconômico estadual, em que é definida uma taxa de crescimento econômico e da população fluminense para o horizonte de tempo do estudo; além dos resultados das simulações dos cenários de referência e alternativo para os setores residencial, de serviços, agropecuário, industrial, de transportes, além da oferta de energia. No cenário de referência, é apresentada uma evolução tendencial da demanda e da oferta de energia até 2031. No cenário alternativo, são testadas medidas de eficiência energética e de melhoria da mobilidade urbana, que

além de induzirem o uso racional de energia, podem aumentar a competitividade da indústria e do setor de serviços do estado. São testadas também medidas de inserção de fontes renováveis para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Os cenários de demanda de energia foram simulados com o modelo LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System), desenvolvido pelo SEI-Boston. É uma ferramenta muito utilizada em modelagens energéticas devido à sua grande flexibilidade, permitindo análises *bottom-up* e *top-down* e criação de cenários. Ele também apresenta uma interface amigável, área para demonstração dos resultados e integração ao Excel, permitindo que o usuário exporte as planilhas com os resultados. O LEAP também pode conter a oferta e transformação da energia, mas sem otimização, o que o torna limitado para esta tarefa. Por isso, foi utilizado o modelo Matriz, desenvolvido pelo Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (CEPEL). O Matriz procura encontrar dentre as inúmeras “soluções viáveis” do problema de otimização da expansão, aquela que minimiza o valor presente do custo total de investimento e de operação do sistema energético, também denominada “solução ótima”. Define-se como solução viável do problema, qualquer alternativa de oferta dos diversos energéticos capaz de suprir as demandas quinquenais de energia previstas para o cenário (demandas de eletricidade por subsistema, combustíveis por tipo, etc.), satisfazendo a todas as demais restrições fornecidas (limites de capacidade das fontes de geração de energia elétrica, fatores de capacidade mínimo e máximo por fonte, limites de transporte entre regiões, capacidade de processamento e perfis de refino das refinarias existentes e novas, limites de capacidade de processamento, importação e/ou regaseificação de gás natural, disponibilidade de bagaço de cana para geração termelétrica, etc.). Com a utilização das referidas ferramentas, garante-se a consistência dos resultados dos cenários de demanda e oferta de energia para todo o sistema energético fluminense.

Dentre os principais resultados do estudo, destacam-se: a recuperação do crescimento econômico fluminense puxado pelo setor de petróleo; os ganhos de competitividade da indústria possibilitados pelas medidas de eficiência energética propostas; as medidas de melhoria da mobilidade urbana; e a expansão da geração solar distribuída.

Por fim, não podemos deixar de agradecer às valorosas contribuições do presidente do Instituto Pereira Passos, o Prof. Mauro Osório, da Gerência de Estudos de Infraestrutura da FIRJAN, da Ingrid Person do CSA, da equipe da CODIN, da Secretaria Estadual de Transportes, da Secretaria Estadual de Agricultura, da equipe EMATER-Rio, do apoio financeiro da Petrobrás, além da própria Subsecretaria de Desenvolvimento Econômico.



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO E AGRADECIMENTOS	IX
1 – CENÁRIOS SOCIOECONÔMICOS	1
2 – SETOR RESIDENCIAL	11
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR	11
2.2 CENÁRIO REFERÊNCIA	14
2.2.1 ILUMINAÇÃO	14
2.2.2 AQUECIMENTO DE ÁGUA	14
2.2.3 REFRIGERAÇÃO DE ALIMENTOS	15
2.2.4 CONDICIONAMENTO DE AR	15
2.2.5 COCÇÃO	16
2.2.6 OUTROS USOS	16
2.2.7 MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA	16
2.3 RESULTADOS	18
2.4 CENÁRIO ALTERNATIVO	20
2.4.1 ILUMINAÇÃO	20
2.4.2 AQUECIMENTO DE ÁGUA	21
2.4.3 REFRIGERAÇÃO DE ALIMENTOS	22

2.4.4	MICROGERAÇÃO SOLAR DISTRIBUÍDA.....	23
2.4.5	RESULTADOS	24
2.6	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS	25
3	– SETOR DE SERVIÇOS	29
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE SERVIÇOS	29
3.2	CENÁRIO REFERÊNCIA	32
3.2.1	RESULTADOS	35
3.3	CENÁRIO ALTERNATIVO	37
3.3.1	INTRODUÇÃO DE LED	38
3.3.2	SUBSTITUIÇÃO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO	39
3.3.3	SUBSTITUIÇÃO DE CHUVEIROS ELÉTRICOS	39
3.3.4	COGERAÇÃO	40
3.3.5	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	41
3.3.6	RESULTADOS	41
3.4	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS	43
4	– SETOR INDUSTRIAL	47
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO SETOR INDUSTRIAL	47
4.2	CENÁRIO DE REFERÊNCIA	49
4.2.1	RESULTADOS	51
4.3	CENÁRIO ALTERNATIVO	54
4.3.1	RESULTADOS	54
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS	58
5	– SETOR DE TRANSPORTES	63
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO SETOR	63
5.2	CENÁRIO DE REFERÊNCIA	65
5.2.1	PREMISSAS	66
5.2.2	RESULTADOS	70
5.3	CENÁRIO ALTERNATIVO	72
5.3.1	PREMISSAS	72
5.3.2	RESULTADOS	74
5.4	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS	76
5.4.1	TRANSPORTE DE PASSAGEIROS	76

5.4.2	TRANSPORTE DE CARGA.....	77
6	– SETOR AGROPECUÁRIO	79
6.1	CARACTERIZAÇÃO DO SETOR	79
6.1.1	AGRICULTURA E SILVICULTURA	80
6.1.2	PECUÁRIA	81
6.2	CENÁRIO DE REFERÊNCIA	82
6.2.1	RESULTADOS	83
6.3	CENÁRIO ALTERNATIVO.....	84
6.3.1	ILUMINAÇÃO EM AVIÁRIOS.....	85
6.3.2	RENOVAÇÃO E EXPANSÃO DE CANAVIAIS.....	86
6.3.3	REFRIGERAÇÃO.....	87
6.3.4	RESULTADOS	87
6.4	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS.....	88
7	– OFERTA DE ENERGIA.....	91
7.1	CARACTERIZAÇÃO DO SETOR.....	91
7.2	CENÁRIO DE REFERÊNCIA.....	92
7.2.1	RESULTADOS.....	93
7.3	CENÁRIO ALTERNATIVO.....	97
7.3.1	PREMISSAS	97
7.3.2	RESULTADOS.....	97
7.4	COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	100
8	– ANÁLISE, CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	105
8.1	CENÁRIO DE REFERÊNCIA.....	105
8.2	CENÁRIO ALTERNATIVO.....	109
8.3	CONCLUSÕES.....	112
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	113



1

CENÁRIOS SOCIOECONÔMICOS

O Rio de Janeiro situa-se na porção leste da região Sudeste do Brasil, tendo como limites os estados de Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo, além do Oceano Atlântico. Ao todo, o Estado possui uma área de aproximadamente 43.780 km², compreendendo 92 municípios. Observa-se, uma grande desigualdade na distribuição espacial, tanto da população quanto na riqueza gerada. Somente a capital, Rio de Janeiro, concentra cerca de 65% do PIB fluminense, que ademais é o segundo maior do país, e 74% da população (16,64 milhões em 2016. IBGE, 2017). Tal heterogeneidade na distribuição espacial da geração de riqueza e na população é ilustrada na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Distribuição da riqueza e da população do Estado do Rio de Janeiro em 2014

Região Administrativa	No de Municípios	PIB		População	
		R\$ milhão	%	Habitantes 10 ³	%
Estado	92	671.076.844	100	16.461	100
Região Metropolitana	21	439.050.239	65	12.117	74
Região Norte Fluminense	9	95.644.604	14	895	5

Tabela 1.1 – Distribuição da riqueza e da população do Estado do Rio de Janeiro em 2014 (*continuação*)

Região Administrativa	No de Municípios	PIB		População	
		R\$ milhão	%	Habitantes 103	%
Região das Baixadas Litorâneas	10	46.753.548	7	887	5
Região do Médio Paraíba	12	36.326.764	5	876	5
Região Serrana	14	23.982.567	4	821	5
Região da Costa Verde	3	14.797.854	2	265	2
Região Centro-Sul Fluminense	10	7.885.882	1	277	2
Região Noroeste Fluminense	21	6.635.388	1	323	2

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2017) e CEPERJ (2017)

A partir de 2005, deu-se uma desaceleração do crescimento populacional da Região Metropolitana e do Estado, principalmente a partir do ano de 2013, de forma mais acentuada na Região Metropolitana, como mostra a Tabela 1.2.

Tabela 1.2 – População residente por região metropolitana e Estado

Período	População Residente (mil hab)	
	Região metropolitana	Estado
2001	10.977	14.559
2002	11.095	14.724
2003	11.200	14.879
2004	11.304	15.033
2005	11.541	15.383
2006	11.662	15.562
2007	11.782	15.739
2008	11.662	15.872
2009	11.864	16.010
2010	11.835	15.989
2011	11.910	16.112
2012	11.982	16.231
2013	12.177	16.369
2014	12.230	16.461
2015	12.281	16.550
2016	12.330	16.635

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2017) e CEPERJ (2017)

Em termos de atividades econômicas, o setor predominante é o de serviços, com quase 70% de participação no total das atividades, seguido da indústria, com aproximadamente 30% de participação. No que se refere a este setor, cabe ressaltar a importância da indústria extrativa, representando pouco mais de 50% do valor adicionado deste setor, seguida pela indústria de transformação com cerca de 23% em média deste valor, e no setor de serviços, o peso das atividades de administração, educação e saúde pública, defesa e seguridade social (contribuindo com, em média, 26% deste setor), seguido do comércio, manutenção e reparação de veículos e atividades profissionais, científicas e técnicas, administrativas e serviços complementares (ambos contribuindo com aproximadamente, em média, 14% do valor adicionado do setor de serviços).

O Estado do Rio de Janeiro está subdividido em 8 regiões de governo, conforme ilustrado na Figura 1.1.



Figura 1.1 – Regiões de governo do Estado do Rio de Janeiro

Fonte: CEPERJ (2017)

A Tabela 1.3 fornece a evolução da composição do PIB por participação percentual, de acordo com as diferentes regiões de governo.

Tabela 1.3 – Produto Interno Bruto, participação percentual das Regiões de Governo

Regiões de Governo/ano	% do PIB do Estado				
	2010	2011	2012	2013	2014
Região Metropolitana	65,3	63,3	62,3	64,3	65,4
Região Norte Fluminense	14,2	15,9	16,1	14,8	14,3
Região das Baixadas Litorâneas	6,4	7,4	8,4	7,8	7,0
Região do Médio Paraíba	6,7	6,0	5,7	5,9	5,4
Região Serrana	3,6	3,6	3,6	3,3	3,6
Região da Costa Verde	1,8	2,0	2,0	1,9	2,2
Região Centro-Sul Fluminense	1,1	1,0	1,1	1,1	1,2
Região Noroeste Fluminense	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0

Fonte: Elaboração própria, com base em dados do CEEP (CEPERJ), 2017)

O valor adicionado bruto das quatro principais regiões que respondem por 92 % do PIB do estado não variou de forma significativa entre os percentuais das atividades entre 2010 e 2014 para a Região Metropolitana, aquela que concentra a parte mais expressiva das atividades. No entanto, vale ressaltar o crescimento do setor de serviços na região Norte Fluminense, em detrimento do setor industrial, bem como do setor agropecuário na região do Médio Paraíba, ao contrário de todas as outras regiões, e da indústria na região das Baixadas Litorâneas, contrariando as tendências de queda das demais regiões. Assim como a região Norte Fluminense, o Médio Paraíba também apresentou uma participação crescente para os setores de serviços e de administração pública para os anos assinalados.

O Estado do Rio de Janeiro, apesar de ainda manter a segunda posição no país em termos de Produto Interno Bruto (R\$ 651.597 milhões), apresentou em 2016 uma variação de -3,67%. Nota-se também uma queda vertiginosa no PIB em relação ao ano anterior, que já havia sido de -1,94% em relação a 2014. Esta foi uma reversão significativa no ritmo de crescimento que se verificava nos anos anteriores, conforme mostra a Tabela 1.4.

Tabela 1.4 – Produto Interno Bruto, Produto Interno Bruto *per capita*, população residente e relação PIB Rio de Janeiro / PIB Brasil – Brasil e Estado do Rio de Janeiro – 2010-2016

Anos	Rio de Janeiro				Brasil		Relação PIB RJ/ PIB Brasil (%)	
	Produto Interno Bruto			População residente	PIB/capita (R\$)	PIB (106 R\$)		Variação anual (%)
	106 R\$	Volume						
		Índice 2010=100	Variação anual (%)					
2010	449 858	100,00	...	15 993 583	28 127	3 885 847	7,50	11,58
2011	512 768	102,60	2,60	16 112 678	31 824	4 376 382	3,90	11,72
2012	574 885	104,70	2,05	16 231 365	35 418	4 814 760	1,90	11,94
2013	628 226	106,10	1,34	16 369 179	38 379	5 331 619	3,00	11,78
2014	671 077	107,70	1,51	16 461 173	40 767	5 778 953	0,10	11,61
2015*	665 471	105,90	(1,94)	16 550 024	41 971	5 904 331	(3,80)	11,76
2016*	651 597	102,23	(3,67)	16 635 996	39 168	6 266 895	(3,50)	10,40

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2016) e CEPERJ (2016)

* estimativas

O ano de 2016 foi particularmente difícil para a economia do Rio de Janeiro por conta da crise fiscal que se instalou no estado, resultante de uma queda significativa de receita. O estado respondeu em 2016 por 10,40% do PIB do país, com renda *per capita* de R\$ 39.168, configurando uma queda em relação à sua participação no PIB do Brasil, que girava em torno de 11,7%.

Segundo o CEPERJ (2017), os principais indicadores econômicos de 2016 ratificam o quadro de desaceleração da economia fluminense quando comparados com os resultados do ano anterior; por setor econômico, as três atividades, Agropecuária, Indústria e Serviços acumularam no ano de 2016 quedas de -8,0 %, -6,2% e -2,6%, respectivamente.

Na Indústria, o único destaque positivo foi a Extrativa mineral, que acumulou crescimento de 0,2%, influenciado pela produção de petróleo e gás natural. As demais atividades industriais registraram queda em volume: Indústria de transformação (-6,4%); Construção civil (-25,8%); e Produção de eletricidade, gás e água, (-8,9%) (CEPERJ, 2017). O menor dinamismo

continua sendo influenciado principalmente por fatores relacionados à diminuição na fabricação de bens de capital (em especial aqueles voltados para equipamentos de transportes) e bens intermediários. A redução da produção da indústria extrativa no estado do Rio de Janeiro, após apresentar resultados positivos ao longo de 2015, se deve também às paradas programadas para manutenção em plataformas da Petrobrás nos primeiros meses do ano (SEFAZ-RJ, 2017).

No setor de Serviços, que participa com 69% do PIB Estadual, as atividades que contribuíram negativamente para o decréscimo da atividade foram: Comércio (-8,0%); Transporte, armazenagem e correios (-7,1%); Educação e Saúde Privada (-6,5%); e Alojamento e alimentação, (-4,4%) (CEPERJ, 2017). O comércio varejista ampliado, por sua vez, decresceu 12,4% no período. O resultado negativo no comércio varejista é influenciado pela baixa confiança dos consumidores, pelo menor ritmo da atividade econômica e pelo comprometimento da renda familiar (SEFAZ-RJ, 2017).

Em 2017, a economia do Estado já apresenta sinais de recuperação. A atividade econômica no Rio de Janeiro ficou estável no trimestre encerrado em fevereiro de 2017, após perda de dinamismo ao final de 2016, refletindo a recuperação da indústria e a desaceleração na contração dos indicadores de demanda, esses últimos ainda impactados pela fragilidade.

A produção industrial fluminense apresentou aumento de 0,3% em janeiro, descontados os efeitos sazonais. Na comparação com o mesmo mês de 2016, o crescimento foi de 4,6%, com 7 das 14 atividades aumentando a produção, com destaque para a Indústria Extrativa (+13,0%) e Metalurgia (+31,3%). No acumulado em 12 meses, a indústria fluminense apresentou resultado melhor que a média nacional (-2,7% contra -5,4%) (FIRJAN, 2017). A outra pressão positiva importante veio da atividade de veículos automotores, reboques e carrocerias (21,9%), influenciada, principalmente, pelo avanço na fabricação de automóveis, caminhões e carrocerias para ônibus. Por outro lado, as contribuições negativas mais relevantes sobre o total da indústria foram assinaladas por coque de carvão mineral, produtos derivados do petróleo e biocombustíveis (-8,5%) e bebidas (-26,2%), pressionadas, em grande medida, pelo recuo na produção de óleo diesel, óleos combustíveis e gasolina automotiva; e cer-

vejas, chope e refrigerantes, respectivamente. Outras perdas importantes vieram dos setores de produtos alimentícios (-13,5%) e de produtos de minerais não-metálicos (-17,1%) (CEPERJ,2017).

Já no mês de abril de 2017 a Economia Fluminense ainda continua sofrendo os efeitos da crise econômica. Assim, os indicadores de produção apontam a persistência do processo de retração da atividade econômica em comparação a março do mesmo ano, a Indústria Geral, a Extrativa e a de Transformação apresentaram quedas de 1,9%, 2,9% e 5,8%, respectivamente, enquanto que as variações positivas do setor de Serviços (0,2%), bem como a do Comércio (0,1%) ficaram praticamente estáveis neste tipo de comparação (CEPERJ, 2017).

O preço do petróleo é outra variável chave para o desenvolvimento da indústria extrativa no estado do Rio de Janeiro e para uma recuperação das receitas perdidas com a queda de arrecadação por uma questão de valor e volume. De acordo com o Banco Mundial (2017), o preço do barril de petróleo vem se delineando como valor provável de fechamento para 2017 de US\$ 55, com perspectiva de atingir US\$ 60 em 2020 e US\$ 82 em 2025. Neste sentido, há boas perspectivas de recuperação para a indústria extrativa e, conseqüentemente, para o aumento da arrecadação e melhora das receitas do estado.

Neste estudo, é apresentado apenas um cenário socioeconômico através do qual a Economia Fluminense pode caminhar no futuro para ser usado nos cenários de Referência e Alternativo de demanda e oferta de energia.

Assim, para construir o cenário, utilizaram-se taxas de crescimento do PIB para o Brasil consideradas no âmbito do projeto IES-Brasil¹ (2017), que se baseou em estudos feitos pelo BACEN (2017), além de estudos como FMI (2016), IPEA (2017), EPE (2017) e IBRE-FGV (2017).

A partir destas taxas de crescimento e estimações do PIB, estimou-se a evolução do percentual do PIB fluminense em relação ao PIB brasileiro a partir de observações desta evolução em CEPERJ (2017). Graças a esta

¹ Para maiores detalhes sobre este projeto, ver: <www.mapsprogramme.org/projects/brazil-projects/brazil-project/>.

evolução foi possível construir o cenário de evolução do PIB fluminense entre 2017 e 2031. De fato, partindo-se do pressuposto de que o PIB do Rio de Janeiro representa, em média, 10,6% do PIB brasileiro e que este deveria voltar para o patamar próximo de 11% do PIB nacional em 2031, estima-se que este deverá crescer a uma taxa média de 2,9% para o período.

Do ponto de vista macroeconômico, o aumento no ritmo de crescimento previsto no estudo se baseia em quatro aspectos no longo prazo: redução da relação dívida pública/PIB, diminuição da taxa de juros, retomada do investimento público em infraestrutura e redução da carga tributária.

Quanto à contribuição dos diferentes setores para o PIB, supõe-se que o crescimento se dará principalmente a partir da indústria (mais especificamente o subsetor indústria extrativa, representa mais de 50% do valor adicionado deste setor (com o crescimento das extrações do Pré-Sal, localizado em grande parte no Rio de Janeiro) e o subsetor indústria de transformação com cerca de 23% do valor adicionado da indústria, sem que haja perda significativa do setor de serviços (com grande ênfase para a recuperação com o equacionamento da dívida pública, já que os subsetores administração pública e atividades profissionais, científicas, técnicas e administrativas juntos contribuem para 40% do valor adicionado deste setor).

As premissas adotadas supõem que o setor agropecuário permanece com a mesma participação em relação ao PIB, o setor industrial volta a crescer levemente para retornar ao patamar de 2013, antes da crise, de 30,5% e o setor de serviços volta à sua participação de 69%. Assim, adotou-se uma taxa média anual de crescimento de 2,9% para o horizonte do estudo, que é 2017-2031, que é superior aos 2,5% de média projetado para o Brasil no estudo IES-Brasil (2017). O Gráfico 1.1 mostra as taxas de crescimento ao longo do tempo.

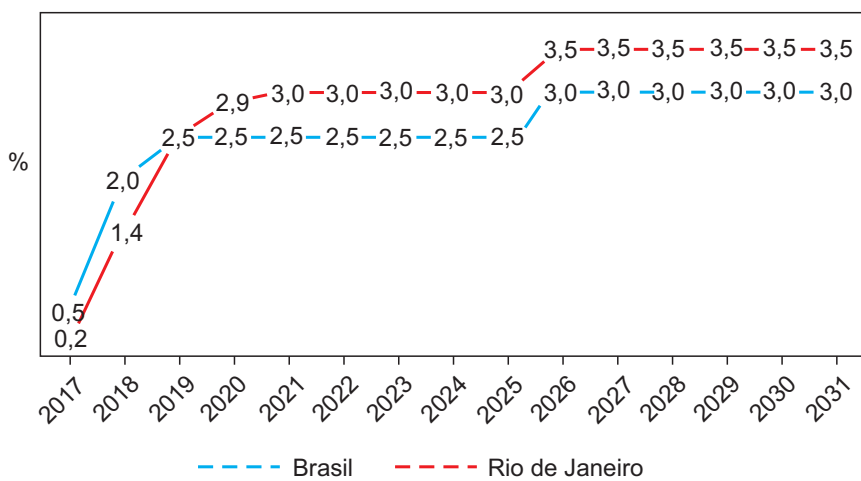


Gráfico 1.1 – Taxas de Crescimento Econômico – Brasil e RJ

Fontes: Brasil: IES-Brasil (2017); RJ: Elaboração própria



2

SETOR RESIDENCIAL

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

A maioria da população do estado (97,3%) concentra-se predominantemente em áreas urbanas. Segundo CEPERJ (2016), a Região Metropolitana, dentre todas as regiões do Estado, apresentou a maior taxa de urbanização (99,5%), enquanto a Região Noroeste Fluminense apresentou a menor taxa (82,6%).

De acordo com IBGE (2017a), cerca de 97,4% dos domicílios estão em áreas urbanas e os 2,6% restantes em áreas rurais. Considerando o estado como um todo, a população economicamente ativa equivale a 57,4% quando considerada a semana de referência da realização da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) e 59,5%, quando considerados 365 dias de referência.

A renda domiciliar média e a domiciliar *per capita* para o período compreendido entre os anos 2005 e 2015², em valores de dezembro de 2016 é ascendente, porém com quedas nos anos de 2007 e 2011. Entretanto, o

² Esta série histórica foi extraída de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada anualmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Desta forma, justifica-se a omissão do ano de 2010 por ser o período de realização do Censo Demográfico, sendo assim uma pesquisa feita por diferente metodologia.

ano de 2015 apresenta também redução, estando em convergência com o período de retração econômica verificado em todo o país recentemente.

O fornecimento de energia elétrica se caracteriza como um serviço essencial. Os dados obtidos em IBGE (2016) indicam que este serviço é oferecido em quase todos os domicílios do estado. Para o total de domicílios do estado, 99,97% estão inseridos na rede de energia elétrica – a totalidade não é alcançada em função de famílias de classes de renda mais baixas que ainda não dispõem desta prestação de serviço.

No que se refere a quantas residências possuem cada um dos equipamentos pesquisados pela PNAD, pode-se afirmar que fogão, televisão e geladeira estão massivamente presentes nas residências fluminenses, independentemente da classe de renda considerada. Já o *freezer* não é tão considerado como parte dos equipamentos necessários às famílias, no entanto demonstra ser mais presente.

Para ilustrar a estrutura da participação dos usos finais no consumo de energia no setor residencial para o ano de 2016, observa-se a Tabela 2.1. A maior participação está no uso final "cocção" para todas as situações de domicílio, estando maior na área rural. Este uso final concentra mais a utilização de fontes de energia tais como gás natural e GLP, além de conter ainda a lenha – presente na área rural, mesmo que com tendência constante de redução. Nota-se uma forte importância de "condicionamento de ar" na área urbana, assim como "aquecimento de água".

Tabela 2.1 – Estrutura do consumo de energia final no setor residencial segundo usos finais – 2016

Usos finais	Participação no Consumo Total (%)		
	Total	Urbana	Rural
Cocção	33,5	32,7	57,1
Aquecimento de água	15,3	15,5	10,1
Iluminação	6,5	6,6	5,9
Refrigeração de alimentos	13,8	13,9	11,3
Condicionamento de ar	17,0	17,4	5,7
Outros Usos	13,8	14,0	9,9
Total	100,0	100,0	100,0

Fonte: Elaboração própria a partir do LEAP

Na Tabela 2.2, observa-se a evolução do consumo final de energia do setor residencial por fonte em 10^3 tep nas três últimas décadas. É importante ressaltar que o setor residencial foi responsável por 9,6% do consumo de energia de todo o estado em 2016. Ao longo do tempo, houve uma forte redução do consumo de lenha e o aumento do consumo de gás natural e eletricidade.

Tabela 2.2 – Evolução do consumo final de energia no setor residencial por fonte no Rio de Janeiro (10^3 tep)

Fonte de energia / ano	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2016
Lenha	183,3	149,4	115,4	81,5	25,8	15,2	7,5
GLP	411,5	510,1	538,7	545,0	523,9	548,8	482,0
Querosene	11,0	13,5	2,5	1,7	0,4	0,0	0,0
Gás Natural Seco	0,0	3,1	10,8	26,2	96,1	98,3	104,7
Gás Manufaturado	105,9	91,3	73,2	61,7	12,6	0,0	0,0
Eletricidade	463,8	624,5	724,6	951,6	881,2	1.058,9	1.192,7
Total	1.175,5	1.391,9	1.465,3	1.667,7	1.540,0	1.721,2	1.786,9

Fonte: Elaboração própria a partir do BEERJ 2017

O consumo de energia do setor residencial é determinado a partir dos chamados usos finais, que podem ser distribuídos nas seguintes finalidades: iluminação, refrigeração de alimentos, cocção, condicionamento de ar, aquecimento de água e outros usos. Nota-se que o setor residencial consome diversos tipos de energia, no entanto, a energia elétrica é a mais utilizada, estando relacionada a todos os usos finais e sendo a única fonte de energia de três deles: condicionamento de ar, refrigeração de alimentos e outros usos.

Assim, a demanda final total anual de energia para o setor residencial é estimada através do somatório do consumo específico médio de cada uso final considerado. Estes, por sua vez, são determinados considerando o número total de domicílios para tal uso final, a posse média do equipamento por domicílio que disponha de tal uso final, além do período em que é utilizado no ano e o consumo específico do equipamento.

2.2 CENÁRIO REFERÊNCIA

Para realizar as projeções referentes à população do estado, a base utilizada foram as estimativas projetadas pelo IBGE (2017b). Por outro lado, utilizou-se os Censos 1991, 2000 e 2010 para obter as taxas de crescimento dos domicílios e, assim, aplicar tal taxa para os anos de 2020 e 2030, visto que é necessário compreender o mesmo intervalo de tempo observado entre as realizações das pesquisas censitárias de caráter nacional, ou seja, 10 anos. Ressalta-se também que se passou a considerar que, para o ano de 2031, o estado estaria dividido em, aproximadamente, 98% em situação de área urbana e 2% em situação de área rural. No mais, o número de moradores por domicílio foi determinado a partir da divisão do número de habitantes pelo número de domicílios.

As premissas para o Cenário Referência estão especificadas a seguir de acordo com o uso final.

2.2.1 Iluminação

O uso final "Iluminação" incorpora somente a utilização de lâmpadas. Desta forma, a principal questão consiste na escolha por qual tipo (incandescente, fluorescente ou LED) será escolhido pelos residentes do domicílio. De acordo com Brasil (2016), é sabido que ficou proibida a comercialização de lâmpadas incandescentes de quaisquer potência a partir de julho do ano de 2016. Portanto, foi estabelecido que até o ano de 2018, 90% dos domicílios da área urbana estarão utilizando lâmpadas fluorescentes e os 10% restantes, lâmpadas de LED. Até o ano de 2031, esta proporção se reduzirá a 63%, sendo que os outros restantes utilizarão as lâmpadas de LED. Quanto à área rural, até 2031, a proporção passará a ser 76% de lâmpadas fluorescentes e 24% de lâmpadas LED.

2.2.2 Aquecimento de água

O uso "Aquecimento de água" está estritamente associado ao uso do aquecimento de água para banho – logo, uso de energia elétrica, oriunda de fonte hidráulica ou solar, gás natural ou GLP. O principal pressuposto para este uso final se baseia em argumento verificado no EPE (2015), o qual

assume que a utilização do chuveiro elétrico vai ser reduzida ao longo dos anos, em favor do GLP e do gás natural, principalmente. Para a utilização do gás natural, foram considerados os informes anuais da CEG, que indicam o número de domicílios beneficiados pelo fornecimento da empresa. Através dos mesmos, foi possível obter o crescimento anual médio dos domicílios atendidos – cerca de 3,7%.

Ademais, para a utilização de aquecedores solares, foi estabelecida uma projeção de até 12,6% dos domicílios urbanos para o ano de 2031. Para alcançar este número, foi usada como base a projeção realizada para o âmbito nacional por EPE (2016), embora tenha sido um pouco mais conservador.

2.2.3 Refrigeração de alimentos

Este uso tem sua importância concentrada na utilização da geladeira, que está presente em quase todos os domicílios eletrificados. No entanto, pela quase totalidade da posse média de tal equipamento, não foi necessário realizar projeções quanto à mesma. Entretanto, foram realizadas alterações no consumo específico, levando em consideração a troca de equipamentos feita por distribuidoras através de seus programas de eficiência energética.

Por outro lado, o *freezer* apresenta redução do crescimento da posse média, atingindo 14% dos domicílios urbanos e 10% dos domicílios rurais, em 2031.

2.2.4 Condicionamento de ar

Para este uso final são considerados dois equipamentos: ventilador e ar condicionado. O primeiro apresenta posse média de 100%, portanto não foram realizadas projeções para posse, assim como para o consumo. Já o ar condicionado tem sua posse média projetada para 58,5% em 2031 na área urbana. Por outro lado, nota-se uma preferência cada vez maior por aparelhos do tipo *split* em detrimento de aparelhos do tipo janela – uma troca que pode promover uma economia de consumo de energia de 40 a 60% para o consumidor. Logo, foi admitido que, dentre aqueles que utilizarão ar condicionado, 70% optará por modelos do tipo *split* e 30%, do tipo janela.

2.2.5 Cocção

O uso "Cocção" é o que mais incorpora diferentes tipos de fontes de energia. O equipamento mais significativo deste uso final, que também considera o micro-ondas, é o fogão. Parte-se de premissa semelhante àquela estabelecida para o "Aquecimento de Água" no que se refere ao gás natural. No entanto, para a "Cocção", foi possível obter uma precisão maior da proporção dos domicílios que possuem fogão a gás natural, utilizando os números exatos da CEG, inclusive projeções para até o ano de 2020, possibilitando estimativas mais precisas até o ano de 2031. Assim, até 2031, aproximadamente 23% dos domicílios utilizará gás natural para fins de cocção. A parcela restante fica quase integralmente utilizando o GLP.

Para o micro-ondas, é esperado o aumento de posse média por uma tendência natural também reforçada pelo aumento de pessoas morando sozinhas. Logo, em 2031, na área urbana, os domicílios utilizando micro-ondas atingirão 51,4%, enquanto os domicílios rurais serão 15,7%.

2.2.6 Outros usos

Por fim, "Outros Usos" abrange diversos equipamentos do domicílio que funcionam através de energia elétrica e não estão voltados para as necessidades mais básicas da família, tais como alimentação e conforto térmico. Estes equipamentos podem ser representados por televisão, ferro elétrico, máquina de lavar roupas, aparelho de DVD, dentre outros. É importante ressaltar também que para o consumo específico foi incluído o consumo gerado durante o período no qual os equipamentos permanecem em *standby*. Para 2031, projetou-se uma posse média de tais equipamentos de 87% para a área urbana e 76% para a área rural.

2.2.7 Microgeração fotovoltaica

O cenário residencial de microgeração distribuída fotovoltaica em 2017, até o presente momento, corresponde a 1.462 unidades consumidoras que recebem créditos, seja por geração na própria unidade consumidora ou autoconsumo remoto. O setor residencial representa uma participação de 86,3% com relação ao total de unidades consumidoras do estado

e 41,5% com relação à potência instalada total do estado em termos de microgeração distribuída fotovoltaica (ANEEL, 2017a). Logo, observa-se uma participação significativa do setor residencial que deve ser considerada e justifica a realização de projeções relativas à essa modalidade também.

Assim, foi feita uma projeção do número de unidades consumidoras ligadas à microgeração distribuída fotovoltaica, se baseando na metodologia contida em ANEEL (2017b). Os resultados do cenário base podem ser considerados conservadores, posto que não se supõe queda nos custos dos equipamentos (módulos e inversores) ao longo do período analisado. Entende-se, porém, que ainda é muito incerta a evolução esperada para a geração fotovoltaica distribuída no Brasil, dado que o modelo regulatório ainda está se adaptando a um contexto de maior aproveitamento dos Recursos Energéticos Distribuídos e que os parâmetros da difusão ainda não podem ser facilmente capturados.

Portanto, utilizou-se a mesma metodologia do estudo mencionado com a distinção de que se considerou os domicílios com renda mensal maior que 5 salários mínimos (através de dados na PNAD), ponderados pelo mercado faturado das distribuidoras na classe residencial (B1). Ademais, o ano inicial considerado para o modelo de difusão foi o de 2015, posto que nesse ano ocorreu a promulgação da Resolução nº 687, que mudou a estrutura na qual ocorre a difusão no estado, apresentando resultados mais aderentes com o verificado no estado em 2016. Observa-se o resultado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Projeção de unidades associadas à geração distribuída fotovoltaica para o setor residencial – 2017 a 2031

Anos	UCs (mil)	Potência Instalada (MWp)
2017	2,2	6,5
2018	4,1	12,5
2019	7,1	21,4
2020	11,6	34,8
2021	18,2	54,5
2022	27,8	83,3

Tabela 2.3 – Projeção de unidades associadas à geração distribuída fotovoltaica para o setor residencial - 2017 a 2031 (*continuação*)

Anos	UCs (mil)	Potência Instalada (MWp)
2023	41,4	124,3
2024	60,4	181,2
2025	85,8	257,4
2026	118,2	354,7
2027	157,3	471,8
2028	201,1	603,2
2029	246,8	740,3
2030	291,1	873,2
2031	331,3	993,9

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL (2017b)

2.3 RESULTADOS

Aplicando a metodologia e as premissas explicitadas anteriormente, foram obtidos os resultados apresentados nesta seção. Inicialmente, para o setor residencial como um todo, o consumo de todas as fontes de energia cresce, exceto pela lenha – que apresenta forte tendência de redução, além de estar presente em áreas rurais que também se reduzem, de acordo com as premissas aqui utilizadas, conforme ilustram o Gráfico 2.1 e a tabela 2.4.

No período 2016-2021, o consumo de eletricidade vai crescer 7,1%, o de gás natural 6,3% e GLP, 13,2% – o crescimento maior de GLP para este primeiro período de 5 anos por ser justificado pelo consumo atípico verificado em 2016, quando comparado ao histórico do Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro (BEERJ). De forma semelhante ao GLP, a lenha apresenta um consumo atípico e, por esta razão, apresenta crescimento na comparação 2016-2021. Embora, esteja diminuindo ao verificar os anos individualmente. No geral, considerando todo o período entre 2016 e 2031, o consumo de gás natural irá crescer 38,3%, o de eletricidade 24,5% e GLP 23,9%. Já a lenha aumenta em 18,5%, apenas porque é considerado que, a partir de 2017, o consumo de lenha retoma a trajetória anterior ao ano de 2016, mas continua em queda, como se verifica pelos valores de 2021 a 2031.

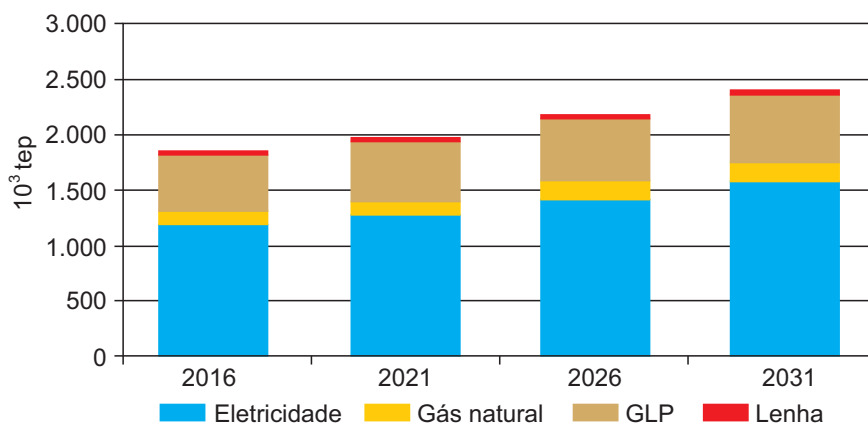


Gráfico 2.1 – Consumo de energia total do Setor Residencial, segundo fontes de energia - 2016 a 2031

Tabela 2.4 – Consumo de energia total do Setor Residencial, segundo fontes de energia - 2016 a 2031

Fonte	2016	2021	2026	2031
Eletricidade	1.192,7	1.284,6	1.426,6	1.579,3
Gás Natural	104,7	111,8	138,2	169,8
GLP	482,0	555,6	594,4	633,3
Lenha	7,5	10,9	9,9	9,2
Total	1.786,9	1.962,8	2.169,1	2.391,6

Com relação à evolução da participação dos usos finais na composição do consumo de energia do setor residencial como um todo (Tabela 2.5), espera-se uma redução da proporção de iluminação dada a penetração maior das lâmpadas de LED nos domicílios, em detrimento das lâmpadas fluorescentes. Há uma pequena redução da participação de refrigeração de alimentos, considerando a aquisição de equipamentos mais eficientes e a gradativa redução de utilização de *freezers*.

Tabela 2.5 – Evolução da participação (%) dos usos finais na composição do consumo de energia total do Setor Residencial - 2016 a 2031

Usos finais	2016	2021	2026	2031
Iluminação	6,8	5,4	5,7	5,8
Refrigeração	14,3	13,5	12,9	12,5
Condicionamento de Ar	17,6	18,1	18,7	19,3
Aquecimento de Água	15,7	15,8	16,1	16,3
Cocção	31,3	32,4	31,8	31,3
Outros Usos	14,3	14,7	14,8	14,9
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

2.4 CENÁRIO ALTERNATIVO

Para este cenário, foram definidas medidas que influenciam o consumo de energia relacionado aos usos finais "iluminação", "refrigeração de alimentos" e "aquecimento de água", assim como uma possibilidade de microgeração fotovoltaica distribuída. Desta forma, as premissas para o Cenário Alternativo estão especificadas a seguir de acordo com o uso final.

2.4.1 Iluminação

Parte-se de um cenário mais otimista quanto à utilização de lâmpadas do tipo LED pelas famílias, por ser mais econômica porque sua eficiência luminosa é superior a de outras lâmpadas – ou seja, oferece o mesmo nível de iluminação, gastando menos energia. Também apresenta uma vida útil mais longa, produz menor impacto ambiental (não contamina o ambiente por não possuir mercúrio e dispensa a necessidade de tratamento especial no descarte), não emite radiações ultravioleta e infravermelha (gerando mais conforto aos olhos dos usuários) e são mais difíceis de quebrar (mesmo em caso de quebra, possui um revestimento especial que impede a dispersão de cacos, preservando a saúde e a segurança dos usuários) (GUARINELLO, 2013; INMETRO, 2016).

Considerando os benefícios apresentados, é razoável propor o uso massivo de lâmpadas LED nas residências fluminenses, em detrimento das lâmpadas fluorescentes. Além disso, admite-se que seja do interesse da sociedade como um todo medidas que atuem na redução do consumo de energia e dos impactos gerados sobre o meio ambiente, estando em consonância com a realização de um desenvolvimento sustentável. Tudo isto soma-se ao fato da queda constante dos preços de lâmpadas LED. De acordo com projeção de ABILUX (2016) estima-se que, até o ano de 2020, cerca de 70% do faturamento do mercado de iluminação corresponderá às lâmpadas LED, indicando a ampliação da sua participação em todos os setores.

Assim, de certa forma, propõe-se reproduzir a Portaria Interministerial nº 1.007. Entretanto, o foco passa a ser as lâmpadas LED. A justificativa consiste em todas as questões já apresentadas. Ou seja, cogita-se a possibilidade de parar a comercialização de lâmpadas fluorescentes de forma definitiva para que até o ano de 2031 todos os domicílios estejam usando apenas lâmpadas de LED.

2.4.2 Aquecimento de água

O chuveiro elétrico é um equipamento com forte participação no consumo final residencial, principalmente no horário de ponta – período composto por três horas diárias, geralmente de 18h as 21h, definido pela concessionária. Isto gera um problema quanto à necessidade de sustentar o aumento do consumo de energia elétrica, requisitando a energia gerada por usinas termelétricas (elevando o custo). Consequentemente, implica-se exigência em investir em infraestrutura, geração e transmissão de energia por parte da concessionária (CRUZ, 2016).

É proposto que, até o ano de 2031, 23% dos domicílios fluminenses urbanos possuam o sistema de aquecimento solar. Esta estimativa supera aquela elaborada por EPE (2016) e está fundamentada no estudo realizado por Cruz (2016), que busca analisar o potencial técnico e econômico da inserção da energia solar térmica para o aquecimento de água de banho no setor residencial brasileiro. Neste estudo, afirma-se que há um potencial de aquecimento solar de 23,4% na região Sudeste do país. Acrescenta-se que este crescimento da utilização do aquecimento solar ocorre em detrimento da utilização do chuveiro elétrico.

2.4.3 Refrigeração de alimentos

Com a publicação da Lei nº 13.280 que altera a Lei nº 9.991, em maio de 2016, a parcela dos programas de eficiência destinada aos beneficiários de TSEE deixa ser obrigatória, mas passa a ter um limite maior (80%) e incorpora comunidades de baixa renda e rurais. Anteriormente, era determinado que as concessionárias destinassem 1% da sua receita operacional líquida para promover a eficiência energética, sendo 0,5% para pesquisa e desenvolvimento P&D) e 0,5% para programas de eficiência energética (PEE). Deste 0,5% para PEE, no mínimo, 60% deviam ser para prover projetos que favorecessem unidades consumidoras beneficiárias da Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) e o restante para projetos destinados aos setores em geral, inclusive o próprio setor residencial. (LIGHT, 2014 e BRASIL, 2000 e 2016).

Em seus programas de eficiência energética que realizam trocas de equipamentos, as famílias selecionadas são aquelas beneficiárias da Tarifa Social de Energia Elétrica. A TSEE é aplicada quando considerados essencialmente dois critérios: a renda familiar *per capita* mensal (que deve ser inferior ou igual a meio salário mínimo) e o consumo energético mensal familiar (deve se enquadrar em alguma das 3 faixas de desconto: até 30 kWh, entre 30 kWh e 100 kWh e entre 100 kWh e 200 kWh). No ano de 2016, o estado do Rio de Janeiro apresentou como beneficiárias da TSEE aproximadamente 6,1% das unidades consumidoras residenciais totais.

Embora a obrigatoriedade de aplicar programas de eficiência energética voltados à população de baixa renda não exista mais, os resultados apontam impactos positivos na medida em que estas ações contribuem para um consumo de fato mais eficiente por parte das famílias (que também recebem informações educativas), além de realinhar seu consumo à capacidade real de pagamento. Por outro lado, em Light (2013), é indicada a necessidade de uma logística mais complexa e custosa em decorrência da restrição aos beneficiários da TSEE, localizados em domicílios dispersos em favelas do estado.

Logo, considerando a modificação da lei que amplia o percentual destinado à parcela da população de baixa renda para 80% e focando principalmente neste aspecto da renda, propõe-se ampliar a abrangência da substituição das geladeiras. Na realidade, busca-se atingir 12% dos

domicílios em 2031. Acredita-se ser um número razoável tendo em vista o gasto público com o Bolsa Família (14,1% das famílias fluminenses, em 2016), sendo um bom parâmetro para estabelecer uma determinada parcela da população de baixa renda.

2.4.4 Microgeração solar distribuída

A energia se constitui como um elemento fundamental na vida das sociedades contemporâneas e no tocante aos domicílios, sendo de vital importância. Sem esta, a grande maioria das atividades realizadas no interior das unidades residenciais não pode ser realizada, visto que quase todos os usos finais tais como iluminação, refrigeração, cocção, aquecimento e condicionamento de ar tem neste tipo de energia sua fonte principal. Assim, pensar o fornecimento de energia elétrica para as unidades residenciais tem sido uma questão importante no planejamento da oferta de energia para tal setor.

Os dados do Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro dos últimos anos demonstram mudança no papel desempenhado pelos setores consumidores de energia elétrica. Durante décadas, a indústria sempre esteve à frente, como maior consumidor. Porém, nos últimos anos, houve mudança em tal papel e o setor residencial tem se mantido como o maior consumidor de energia elétrica do Estado.

Os indicadores energéticos do Estado apontam que tanto o preço da energia elétrica residencial como o consumo final de eletricidade *per capita* são maiores no Rio de Janeiro que no Brasil. Essa combinação de fatores desperta preocupação sobre a capacidade da população pagar pela energia elétrica em diversos autores, tais como Pedreira (2017) e Pereira Jr. *et al.* (2017).

De acordo com Pedreira (2017), mesmo os domicílios que recebem energia elétrica via empresas distribuidoras não conseguem arcar com as despesas da conta de energia, considerando as elevadas tarifas. Então, comprometer a oferta de energia pode significar um retrocesso nas conquistas adquiridas, especialmente pelos domicílios com menor renda domiciliar *per capita*.

Diante desta realidade, pensar em alternativas para a oferta de energia elétrica aos domicílios fluminenses é de grande importância, em

especial para aqueles com menor renda domiciliar *per capita*, pois são as unidades onde o equilíbrio entre despesas e renda é mais tênue. Nesse sentido, a microgeração solar distribuída é uma alternativa atraente, pois pode influenciar tanto a oferta de energia quanto a geração de renda para as famílias de baixa renda.

Por outro lado, as classes de baixa renda se tornam um objeto de análise muito pertinente visto que há vasto arcabouço jurídico que regula tarifação e projetos de eficiência energética. A referência a tal arcabouço se torna bastante atraente uma vez que neste está definido o que é cliente de baixa renda e como deverá ser realizada a alocação de recursos destinados a programas de eficiência energética nesta classe de renda. Para tanto, devem ser consideradas a lei nº 13.280/2016, que regulamenta a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética, e a resolução nº 687 da Aneel que trata da micro e minigeração de energia no Brasil.

Assim, o presente estudo elabora um cenário de microgeração fotovoltaica distribuída que considera apenas as classes de baixa renda. É reproduzido um cenário no qual todas as unidades do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro, a partir de uma determinada programação – até 2019, 30% dos domicílios do programa serão beneficiados, até 2026 será 60% e, por fim, ao final do horizonte a totalidade dos domicílios.

2.4.5 Resultados

Uma vez que foram simuladas as medidas propostas para o Cenário Alternativo, foram obtidos os resultados apresentados a seguir. O uso final "iluminação", para o qual se propõe o uso massivo de lâmpadas do tipo LED, é o que indica maior capacidade de economia de energia dentro os usos finais aqui considerados – "iluminação", "aquecimento de água" e "refrigeração de alimentos". Para os anos de 2021, 2026 e 2031, a redução do consumo de energia alcança 7,2%, 20,3% e 34,9%, respectivamente ao comparar com os resultados do Cenário Referência. Já o uso "aquecimento de água" vislumbra uma maior utilização do sistema de aquecimento solar, tendo em vista sua viabilidade econômica e forte potencial existente da Região Sudeste para tal. Assim, o resultado obtido foi de redução no consumo de energia em 1,4% em 2021, 3% em 2026 e 4,6% em 2031.

Ao ampliar o público-alvo do programa de substituição de geladeiras para beneficiários do Bolsa Família, ao invés de apenas aqueles que recebem o desconto da Tarifa Social de Energia Elétrica, o uso final "refrigeração de alimentos" passa a ter um consumo 0,68% menor em 2021. Já em 2026, esta redução passa a ser 1,4% e, em 2031, 2%.

Verifica-se que há uma redução no consumo de energia elétrica no setor residencial em função das medidas propostas e aplicadas neste trabalho. Verifica-se que esta economia de energia pode atingir até 4,8% no ano de 2031 – passando por 1,1% em 2021 e 2,9% em 2026. Os percentuais podem parecer pequenos a princípio, porém esta redução se torna mais significativa ao observar que o setor residencial é o principal consumidor de energia elétrica.

Por fim, com relação à alteração que ocorre na evolução da participação dos usos finais na composição do consumo de energia do setor residencial, observa-se que o uso final iluminação tem sua participação reduzida de forma mais significativa, ao passo que condicionamento de ar e cocção aumentam ligeiramente – este último, principalmente, por incluir outras fontes de energia não tão eficientes quanto a eletricidade.

2.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS

Ao comparar os resultados obtidos para os Cenário Referência e Alternativo, verifica-se que há uma redução no consumo de energia elétrica³ no setor residencial em função das medidas propostas e aplicadas neste trabalho, conforme aponta o Gráfico 2.2. Observa-se que esta economia de energia pode atingir até 4,8% no ano de 2031 – passando por 1,1% em 2021 e 2,9% em 2026. Os percentuais podem parecer pequenos a princípio, porém esta redução se torna mais significativa ao perceber que o setor residencial tem se destacado nos últimos anos como o principal consumidor de energia elétrica do estado do Rio de Janeiro.

³ Aqui refere-se somente à energia elétrica porque as medidas propostas no Cenário Alternativo englobam somente esta fonte de energia.

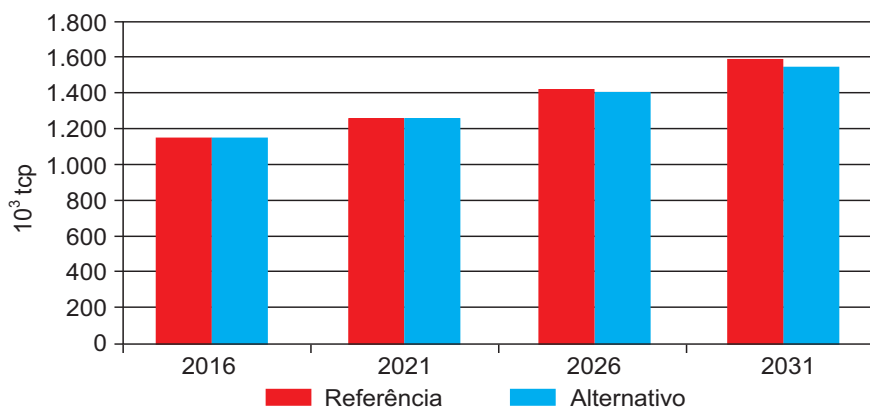


Gráfico 2.2 – Comparação dos resultados de consumo de energia elétrica, segundo cenário - 2016 a 2031

O uso final "iluminação", para o qual se propõe o uso massivo de lâmpadas do tipo LED no Cenário Alternativo, é o que indica maior capacidade de economia de energia dentro os usos finais aqui considerados – "iluminação", "aquecimento de água" e "refrigeração de alimentos", conforme observa-se no Gráfico 2.3. Para os anos de 2021, 2026 e 2031, a redução do consumo de energia elétrica utilizada para fins de iluminação alcança 7,2%, 20,3% e 34,9%.

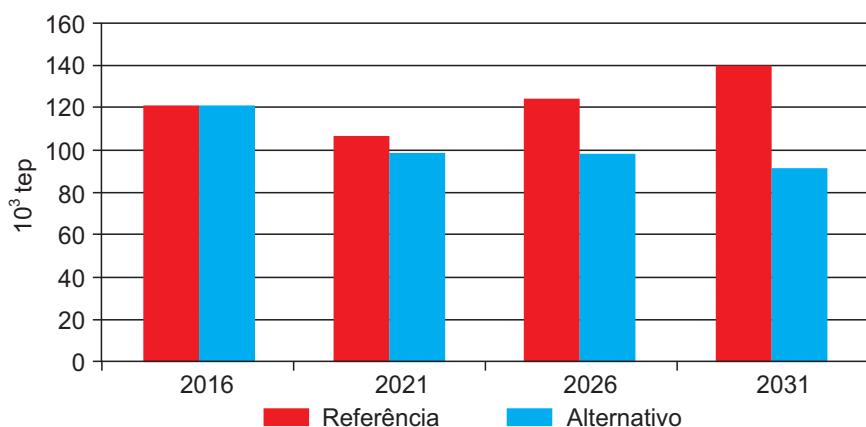


Gráfico 2.3 – Comparação dos resultados de consumo de energia para o uso final iluminação, segundo cenário - 2016 a 2031

No Cenário Alternativo, o uso aquecimento de água vislumbra uma maior utilização do sistema de aquecimento solar, tendo em vista sua viabilidade econômica e forte potencial existente da Região Sudeste para tal. Assim, o resultado obtido foi de redução no consumo de energia em 1,4% em 2021, 3% em 2026 e 4,6% em 2031.

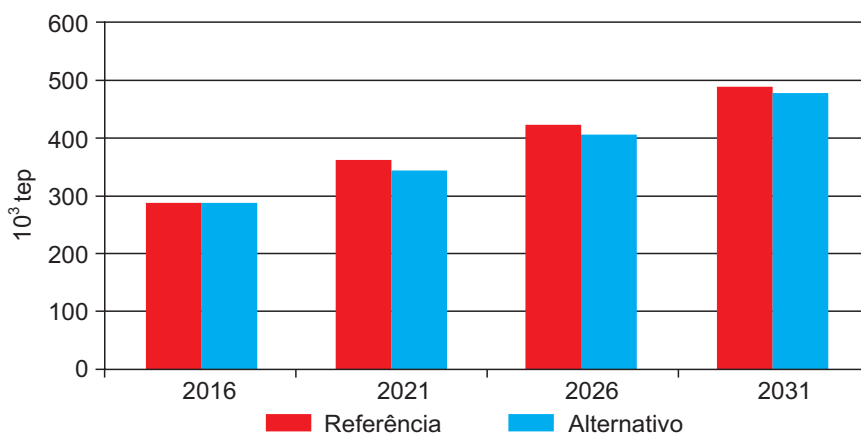


Gráfico 2.4 – Comparação dos resultados de consumo de energia para o uso final aquecimento de água, segundo cenário - 2016 a 2031

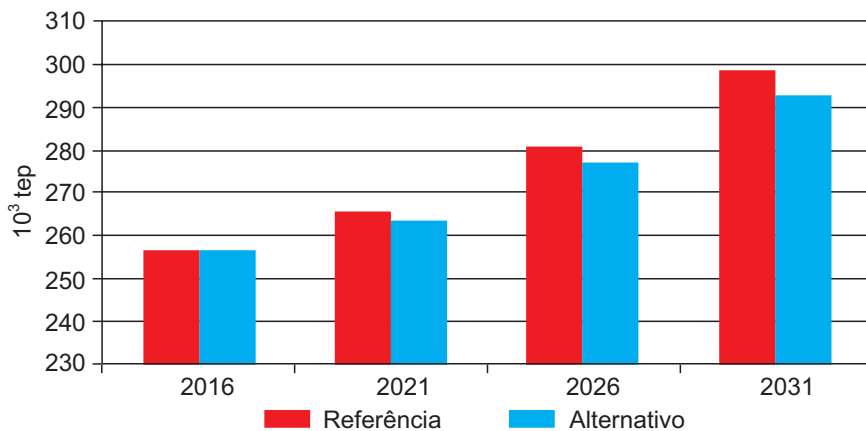


Gráfico 2.5 – Comparação dos resultados de consumo de energia para o uso final refrigeração de alimentos, segundo cenário - 2016 a 2031

Ao ampliar o público-alvo do programa de substituição de geladeiras para beneficiários do Bolsa Família, ao invés de apenas aqueles que recebem o desconto da Tarifa Social de Energia Elétrica, o uso final "refrigeração de alimentos" passa a ter um consumo 0,68% menor em 2021. Já em 2026, esta redução passa a ser 1,4% e, em 2031, 2%. O Gráfico 2.5 apresenta o consumo em tep do uso final refrigeração de alimentos.

Por fim, ao tratar da evolução da participação dos usos finais na composição do consumo de energia, pôde-se verificar a alteração que ocorre na evolução da participação dos usos finais na composição do consumo de energia do setor residencial. O uso final "iluminação" tem sua participação reduzida de forma bem mais significativa, ao passo que "condicionamento de ar" e "cocção" aumentam ligeiramente – este último, principalmente, por incluir outras fontes de energia não tão eficientes quanto a eletricidade. Já aquecimento de água tem sutil redução de participação.



3

SETOR DE SERVIÇOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE SERVIÇOS

Atualmente, o setor de serviços é bastante representativo em qualquer economia, sendo o principal responsável pelo crescimento nos países desenvolvidos. Nos últimos anos, o Brasil vem seguindo a tendência mundial de terciarização⁴ da economia. Em 2016, por exemplo, o setor de serviços representou 72,2% do valor adicionado do país (IBGE, 2017a). Com relação ao estado do Rio de Janeiro, este setor é o mais representativo. De acordo com estimativa de CEPERJ (2017), a participação do setor de serviços era 69% do PIB estadual no ano de 2016.

Essa grande participação do setor de serviços se explica por alguns fatores. Primeiramente, o estado possui uma grande vocação ao turismo, principalmente pela cidade do Rio de Janeiro, que é uma das mais visitadas do país, mas também pela Região dos Lagos e as Regiões Serranas. Além disso, o estado é caracterizado pelos centros de negócios que atraem muitas empresas, tanto na capital, quanto em seu interior, como é o caso do desenvolvimento da

⁴ Processo de aumento da oferta de empregos no setor terciário da economia.

cidade de Macaé, principalmente após a descoberta do pré-sal. Os centros de negócios atraem indústrias ligadas às atividades econômicas desenvolvidas no estado e também bancos e empresas de apoio às atividades empresariais. Por fim, ainda há uma forte presença do serviço público no estado. Dada essa representatividade econômica e sua heterogeneidade, é importante caracterizar o consumo energético das principais construções do setor.

Em linhas gerais, a maior parte do consumo de energia do setor de serviços está baseada em energia elétrica. No setor comercial brasileiro, por exemplo, 90,3% da demanda energética é suprida pela eletricidade, enquanto 5,1% é correspondente ao GLP e 4,6% de outras fontes (EPE, 2015). Já no estado do Rio de Janeiro, a eletricidade representa 92,2% da demanda energética do setor de serviços no ano de 2016, de modo que o restante é suprido por gás natural, GLP e outros combustíveis residuais. A energia elétrica é utilizada para proporcionar diversos serviços energéticos, como condicionamento de ar, força motriz, refrigeração de produtos, alimentos e medicamentos, iluminação, bombeamento e aquecimento de água, equipamentos, entre outros.

O setor de serviços é formado por estabelecimentos de diversas naturezas, como hospitais, hotéis, supermercados, *shopping centers*, bares, restaurantes, lojas de rua, galerias comerciais, padarias, farmácias, papelarias, lavanderias, escolas, universidades, oficinas, salões de beleza, empresas, entre outros. Para a realização do presente estudo, devido à quantidade de estabelecimentos diferentes presentes no setor de serviços, optou-se por analisar as categorias mais energo-intensivas. São estas: hospitais, hotéis, *shopping centers* e supermercados. Os demais estabelecimentos foram enquadrados na categoria “Outros”. Em cada categoria analisada será considerada uma construção média típica, de forma a representar as demais instalações.

A Tabela 3.1 resume os principais usos finais de energia por categoria e quais já estão investindo em iniciativas de eficiência energética. Assim, a iluminação e o condicionamento de ar estão presentes em todas as construções analisadas, representando as demandas energéticas mais básicas do setor de serviços. Percebe-se também que os hotéis apresentam a maior diversidade de usos finais de energia. Por outro lado, apenas os *shoppings* e os supermercados, de maneira geral, já investem em medidas de eficiência energética, como reformulação dos sistemas de refrigeração e geração distribuída.

Tabela 3.1 – Principais usos finais por subsetor

	Hospitais	Hotéis	Shopping Centers	Supermercados	Outros
Iluminação	X	X	X	X	X
Refrigeração		X		X	X
Aquecimento de água	X	X			X
Força Motriz	X	X	X		X
Equipamentos	X	X		X	X
Condicionamento de ar	X	X	X	X	X
Bombeamento de água		X	X		
Cocção		X	X		
Eficiência Energética			X	X	

Fonte: Elaboração própria

Para finalizar a caracterização do setor de serviços, é observada a predominância da eletricidade durante todo o período analisado (1980 a 2016) por conta dos equipamentos utilizados, como os elevadores, os aparelhos condicionadores de ar, aquecedores, lâmpadas, equipamentos de escritório e outros. Outra tendência observada é a perda da participação do óleo combustível e da lenha (devido ao uso de outras fontes para aquecimento e cocção). O gás natural seco, por sua vez, ganhou participação percentual a partir de 2000. Em suma, fica evidente o grande consumo de eletricidade para suprir a demanda de usos finais do setor de serviços, como mostra o Gráfico 3.1.

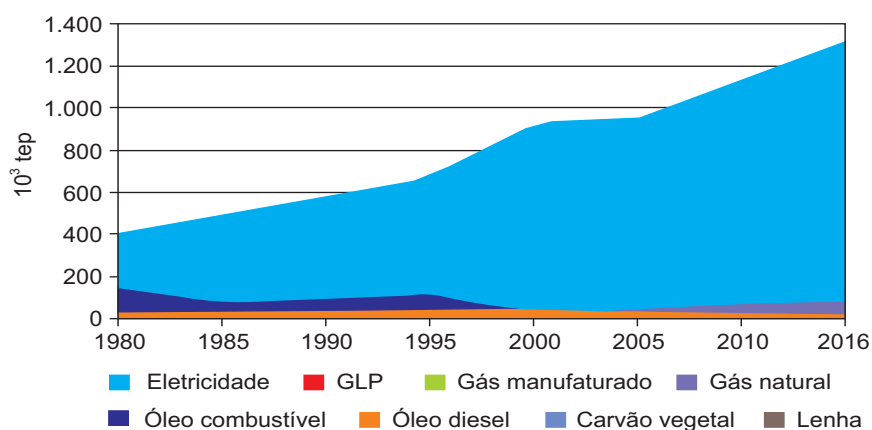


Gráfico 3.1 – Evolução do consumo de energia final do setor de serviços - 1980 a 2016

3.2 CENÁRIO REFERÊNCIA

O cenário de referência do consumo de energia do setor de serviços considera hipóteses sobre a evolução do número de estabelecimentos⁵, que é a variável representativa do nível de atividade das projeções realizadas nesse estudo. Essas hipóteses se basearam em uma pesquisa sobre projetos futuros nos subsetores analisados e em uma análise da relação entre o PIB e o consumo de energia do estado do Rio de Janeiro para verificar a consistência dessas hipóteses.

Sobre os novos projetos, o objetivo da pesquisa foi destacar iniciativas que indicassem como o número de estabelecimentos de cada subsetor poderia evoluir até 2031. Com relação ao subsetor de hospitais, a Lei nº 13.097 de 2015 autoriza investimentos estrangeiros diretos e indiretos em hospitais, clínicas, laboratórios e empresas de saúde brasileiras. Desse modo, espera-se que essa lei tenha um impacto positivo nas taxas de crescimento do número de hospitais até 2031.

Sobre o setor de hotéis, observou-se um crescimento acentuado entre 2010 e 2015, período em que o estado do Rio de Janeiro se preparava para os grandes eventos (Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas de 2016). Após esse período, não existem novos projetos de destaque. Desse modo, espera-se um crescimento estável do setor hoteleiro, que se repete desde o ano de 2016.

No subsetor de *shoppings*, sabe-se que a empresa Multiplan (MULTIPLAN, 2017) pretende investir na expansão do *shopping* VillageMall, a se realizar em duas fases, com a inauguração de 1,1 mil m² de área bruta locável em novembro de 2017 e mais 2,7 mil m² de área bruta locável em maio de 2018. Já a empresa Saga Malls irá inaugurar até 2019 um *shopping* na região da Central do Brasil com cerca de 37 mil m² de área bruta locável (ABRASCE, 2017).

Essas informações mostram um crescimento discreto para o setor entre 2017 e 2020. Para o restante do período não foram encontrados projetos de expansão. Mesmo assim, é de se esperar que a evolução do

⁵ O número de estabelecimentos comerciais por tipo de atividade econômica, seguindo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), foi obtido com base em dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS, 2017).

número de estabelecimentos dos *shoppings* seja explicada em alguma medida pelo PIB, uma vez que quando a região apresenta crescimento econômico significa que novos projetos estão sendo feitos.

Com relação ao setor de supermercados, as informações disponíveis são que o interior do estado aumentou suas vendas em 2,3% de 2014 para 2015 e que a região do Grande Rio aumentou 1% suas vendas no mesmo período. Para o Brasil, a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) lançou resultados de uma pesquisa com uma amostra de 371 empresas (ABRAS, 2016), mostrando que os supermercados pretendem gastar, em média, 25% dos investimentos futuros com novas lojas. Isso é um indicativo de que novos projetos estão em curso ou, no mínimo, sendo planejados.

Para setor "Outros", que representa o setor financeiro, setor público e outros estabelecimentos comerciais, uma vez que se encerrou o período dos grandes eventos esportivos no país, foi considerada a estabilização na taxa de evolução dos números de estabelecimentos. Para o subsetor de hospitais, as taxas de crescimento consideradas foram maiores depois de 2015.

Embora outros subsetores possuam grande relevância econômica, seu consumo energético se dá de maneira dispersa, conforme pode ser observado nos anuários estatísticos realizados pela ANEEL (2017c). Desta forma, o potencial de ação de política pública direcionada para a promoção de eficiência energética é reduzido. Sendo assim, o presente estudo considera que os estabelecimentos enquadrados nesta categoria terão benefícios ligados à melhora generalizada dos equipamentos⁶.

As hipóteses sobre os números de estabelecimentos para o restante do período se basearam no comportamento do PIB estadual. Sendo assim, foi assumido que o número de hospitais crescerá mais do que o PIB, por causa da lei que permite investimentos estrangeiros no setor. *Shoppings* e supermercados evoluiriam de acordo com o comportamento do nível de atividade econômica. Para finalizar as hipóteses, os hotéis evoluiriam menos que o PIB, uma vez que os principais projetos se encerraram junto com o acontecimento dos grandes eventos esportivos que o estado recebeu.

⁶ Um caso especial foi a instalação de painéis solares em prédios públicos, estabelecimentos esses que se enquadram nessa categoria.

Com relação às lâmpadas para iluminação, a hipótese feita é que há um ganho de eficiência vindo da entrada das lâmpadas LED e da melhoria da eficiência das lâmpadas fluorescentes. Com a proibição da comercialização das lâmpadas menos eficientes a partir de 2016, a hipótese feita é que o setor de serviços será formado 65% de lâmpadas fluorescentes e 35% de lâmpadas LED em 2031. A equivalência adotada nesse trabalho é que uma lâmpada fluorescente de 14 W representa uma LED de 9 W. Além disso, foi considerado que a lâmpada fluorescente tem a eficiência igual ao valor de referência do BEU, que representa o rendimento da tecnologia mais eficiente da época em que foi escrito. A partir desses dados, foi possível estimar a evolução da eficiência das lâmpadas LED. Desse modo, o valor de eficiência de 2031 foi calculado como uma média das participações dos tipos das lâmpadas no total ponderadas pelas suas eficiências.

Outra questão de relevância corresponde ao cenário do setor de serviços de geração distribuída fotovoltaica em 2017. Considerando os dados disponíveis – isto é, os setores comercial e público –, abrange 208 unidades consumidoras que recebem créditos, seja por geração na própria unidade consumidora ou autoconsumo remoto. O setor de serviços (comercial e poder público) representa uma participação de 12,3% com relação ao total de unidades consumidoras do estado e 33,1% com relação à potência instalada total do estado em termos de geração distribuída fotovoltaica (ANEEL, 2017a). Ou seja, embora a participação de unidades consumidoras seja relativamente pequena, a potência instalada é significativa, alcançando aproximadamente um terço de toda a potência instalada fotovoltaica do estado.

Assim, foi realizada uma projeção de unidades consumidoras de distribuição fotovoltaica para o ano de 2031. No entanto, esta projeção abrange somente o setor comercial, uma vez que teve como base ANEEL (2017b)⁷, que considera apenas este setor. Tal modelo supõe um crescimento exponencial das vendas nos anos iniciais, caindo potencialmente ao passo que o mercado potencial de inserção da tecnologia é esgotado. Observa-se o resultado na Tabela 3.2.

⁷ A metodologia utilizada foi semelhante à aplicada no setor residencial. Entretanto, os parâmetros de p e q os custos do sistema são diferenciados, seguindo os mesmos valores de ANEEL (2017). Para a estimativa do número de unidades comerciais no estado do Rio de Janeiro, foram utilizadas o número de unidades comerciais faturadas em dezembro de 2016.

Tabela 3.2 – Projeção de unidades associadas à geração distribuída fotovoltaica para o setor comercial - 2017 a 2031

Anos	UCs (mil)	Potência Instalada (MWp)
2017	0,1	0,7
2018	0,1	1,2
2019	0,2	2,0
2020	0,3	3,2
2021	0,5	4,8
2022	0,7	7,1
2023	1,0	10,2
2024	1,4	14,5
2025	2,0	20,2
2026	2,8	27,6
2027	3,7	36,7
2028	4,8	47,5
2029	6,0	59,8
2030	7,3	73,0
2031	8,6	86,2

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL (2017b)

3.2.1 Resultados

Em linhas gerais, o consumo do setor de Serviços parte de 1.425,0 ktep em 2016, de acordo com o BEERJ (2017), e alcança aproximadamente 1.779,5 ktep em 2031, sendo este um valor superior em 25%. É possível observar que o subsetor "Outros" apresenta a maior participação no consumo final de energia, em torno de 40,7% em 2031, seguido de *Shoppings* (27,1%), Hotéis (17,6%), Hospitais (7,6%) e Supermercados (7%). Apesar da ordem de participação dos setores no consumo de energia se manter, os hotéis perdem participação marginalmente para os outros setores, enquanto outros ganham, como ilustra o Gráfico 3.2.

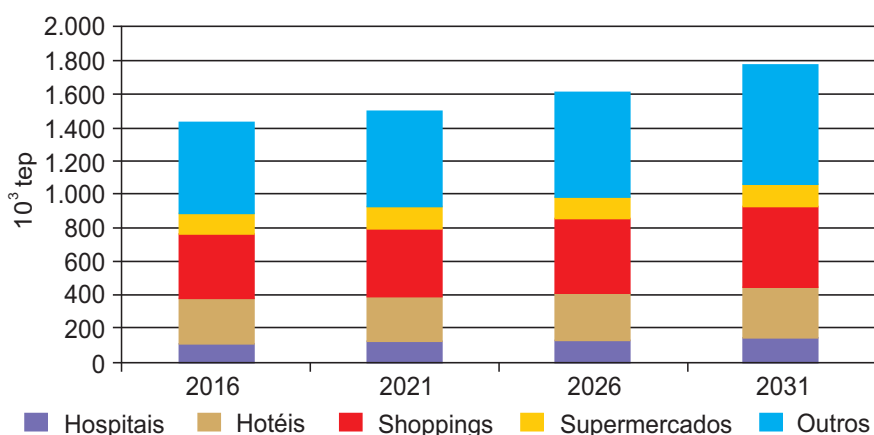


Gráfico 3.2 – Consumo final de energia do setor de serviços, segundo subsetor - 2016 a 2031

Já os resultados por fonte energética indicam que a eletricidade apresenta a maior participação no consumo de energia do setor de serviços, em torno de 92% em 2016 e diminuindo pouco menos de 1% em 2031. O restante do consumo vem de gás natural, por volta de 6 a 6,5% e o restante residual é dividido pelas demais fontes. Esses resultados são esperados uma vez que a maior parte dos equipamentos utilizados no setor de serviços são movidos a eletricidade, como elevadores, aquecedores, fornos, lâmpadas, entre outros (Gráfico 3.3).

A parcela de consumo de gás natural é explicada pelo seu uso ao prover os serviços energéticos calor de processo e aquecimento direto. Também é possível observar uma pequena parcela do GLP utilizado no aquecimento direto e no calor de processo, assim como o gás natural.

Outra interessante perspectiva pela qual os resultados podem ser observados é através da divisão por uso final (serviço energético). A refrigeração é que apresenta maior participação com cerca de 37% para todo o período. "Iluminação" é o segundo uso final mais significativo, perante uma média de 30%, embora haja uma ligeira queda de participação à medida que se aproxima o fim do horizonte considerado, dado que há a premissa de maior penetração de lâmpadas do tipo LED.

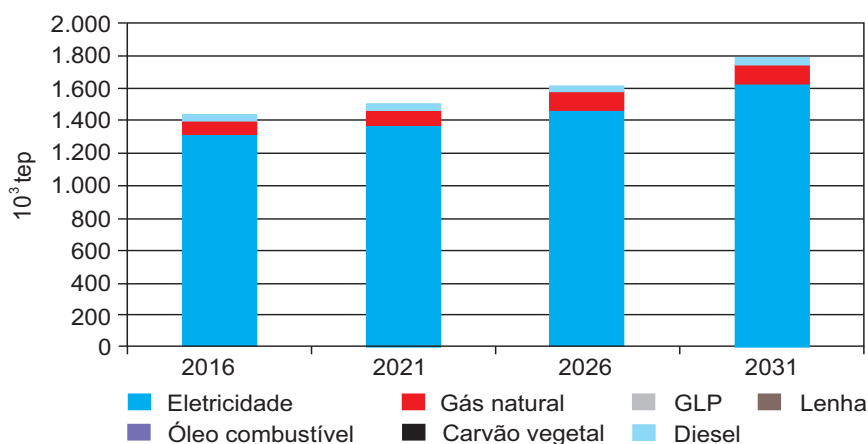


Gráfico 3.3 – Consumo final de energia do setor de serviços, segundo fonte de energia - 2016 a 2031

Por fim, a análise dos resultados mostra que o consumo de energia do setor de serviços segue uma tendência moderada de crescimento maior durante o período de análise. A projeção de crescimento ocorre a taxas conservadoras devido à ausência de grandes projetos de expansão dos subsetores e aos ganhos de eficiência, principalmente para o uso final iluminação (entrada das lâmpadas LED). Em termos de fontes energéticas, a eletricidade é a principal fonte do setor. Em termos de consumo por subsetor, os estabelecimentos comerciais agregados no subsetor "Outros" serão os maiores responsáveis pelo consumo de energia até 2031.

3.3 CENÁRIO ALTERNATIVO

A seguir, são apresentadas as medidas de eficiência energética a serem consideradas no cenário alternativo e sua quantificação em termos de potencial de economia de energia e custos de implantação, além de informações referentes às emissões de gases de efeito estufa que podem ser evitadas:

- i) Substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares por LED tubulares;

- ii) Substituição de aparelhos de ar condicionado de janela por aparelhos do tipo *inverter*;
- iii) Implantação de sistemas de aquecimento solar em hotéis;
- iv) Implantação de pequenas plantas de cogeração em *shoppings*;
- v) Implantação de painéis fotovoltaicos em edifícios do setor público.

A única medida que será aplicada a todos os setores é a substituição de lâmpadas fluorescentes por LED, porque essa tecnologia mais eficiente já é economicamente viável como será mostrado mais adiante. A substituição dos aparelhos de ar condicionado será considerada em hospitais e hotéis, na medida em que já se observa essa iniciativa nesses estabelecimentos, mesmo que de forma incipiente ainda em alguns hotéis. A terceira medida, aquecimento solar, foi considerada apenas em hotéis, porque é o tipo de construção que melhor se adequa a esta alternativa e permite uma grande economia de energia, devido ao fato de que ainda é considerável a parcela de hotéis que usam chuveiros elétricos em seus quartos para aquecer água.

A cogeração a gás natural foi considerada apenas nos *shoppings*, posto que esses estabelecimentos têm começado a desenvolver projetos nesse sentido. Por fim, a penetração de geração distribuída por painéis fotovoltaicos é considerada nos edifícios do setor público a partir da constatação de que a curva de carga desse tipo de estabelecimento é compatível com o momento de geração dos painéis.

3.3.1 Introdução de LED

A primeira medida a ser tratada é a substituição integral das lâmpadas fluorescentes tubulares pelas lâmpadas LED tubulares. Essa medida atinge todos os subsetores e tem efeitos positivos tanto do ponto de vista do consumidor quanto do ponto de vista do sistema elétrico.

Para avaliar a viabilidade econômica da substituição entre as lâmpadas, foram comparados um modelo de lâmpada fluorescente de 14W e um de LED de 9W que oferecem o mesmo fluxo luminoso, embora tenha sido verificado que a de LED oferece mais luminosidade por unidade de potência.

Em termos de benefícios para o sistema elétrico, a tecnologia LED gera uma necessidade menor de energia vinda da rede de distribuição, por conta da sua maior eficiência. Além disso, observa-se uma tendência de queda no preço da LED, o que deixa a análise ainda mais favorável a essa tecnologia. Sendo assim, seria recomendável um programa por parte do governo do estado que incentive a utilização da LED. Esse programa pode conter difusão de informações dos benefícios econômicos e ambientais advindos da utilização dessa tecnologia e propagandas estimulando os potenciais consumidores.

3.3.2 Substituição de Aparelhos de Ar Condicionado

A segunda medida considerada foi a substituição dos aparelhos de ar condicionado de janela por equipamentos do tipo *inverter* nos hospitais e hotéis do estado. Essa tecnologia pode ser confundida com os aparelhos do tipo *split* e, por isso, cabe um esclarecimento. De acordo com Marangoni (2015), o aparelho *split* é aquele que apresenta o evaporador separado do condensador. Ele pode ou não apresentar a tecnologia *inverter*. Essa tecnologia é responsável pela economia de energia na medida em que controla a potência fornecida pelo compressor. A tecnologia convencional permite apenas que o compressor ligue e desligue. Em cada momento que o compressor precisa ligar, gasta-se muito mais energia. O aparelho considerado aqui tem a tecnologia *inverter*.

A hipótese de penetração é que o estado chegue em 2031 com 50% dos aparelhos do tipo *inverter* nos seus hospitais e hotéis. Segundo Marangoni (2015), o *inverter* economiza 30%, em média, quando comparado com o aparelho de janela. Em outras palavras, o *inverter* gasta 70% da energia do ar condicionado de janela para gerar o mesmo serviço energético.

Esta medida pode ser estendida para todo o setor comercial, com todos os benefícios econômicos e ambientais acima apresentados. Entretanto, dada a pulverização e a heterogeneidade das unidades comerciais, não haveria dados suficientes para a simulação no LEAP.

3.3.3 Substituição de Chuveiros Elétricos

A terceira medida considerada é a substituição dos chuveiros elétricos por aquecedores solares nos hotéis. A penetração dessa medida se limitou a uma parcela dos hotéis do estado, por exemplo, aqueles localizados

na região dos Lagos, em que existe um grande fluxo de turistas e isso daria uma visibilidade interessante para a medida de modo a incentivar a sua difusão. Dessa forma, a penetração dessa medida supõe que 15% dos hotéis terão sistema de aquecimento puramente solar para esquentar a água dos chuveiros em 2031. A matriz do setor de serviços mostra que o aquecimento de água dos hotéis é atendido, basicamente, por gás natural (87%) e eletricidade (13%). A hipótese de 13% de penetração significa que os hotéis que usam eletricidade vão deixar de utilizar essa fonte para esse uso final e passarão a utilizar a energia vinda do sol para atender ao consumo final de aquecimento de água dos chuveiros. Vale observar que, atualmente, a participação do sistema de aquecimento solar nos hotéis ainda é próxima de zero, de modo que a hipótese assumida pela modelagem é que, atualmente, a parcela desses sistemas é nula.

A conta de verificação de custos da tecnologia seguiu a mesma metodologia das duas medidas anteriores. A ideia é comparar o chuveiro elétrico e o sistema de aquecimento solar. Desta forma, verifica-se que o sistema de aquecimento solar apresenta um custo inicial mais elevado, que é compensado por um menor custo de operação, de modo que o gasto total anual é 60% menor com o sistema solar.

Além dos benefícios já citados, o sistema elétrico também seria beneficiado por conta da redução do pico da demanda dos hotéis, fator que tende a contribuir para a redução do custo total da energia elétrica.

3.3.4 Cogeração

A quarta medida considerada foi a implantação de plantas de cogeração em *shopping centers*. Segundo Oddoni (2001), a cogeração é o processo de transformação de uma forma de energia em mais de uma forma de energia útil. O caso considerado aqui envolve a transformação do gás natural em energia elétrica e frio, porque trata-se do sistema tipicamente instalado nos *shoppings centers*. O estado do Rio de Janeiro tem hoje 14 plantas funcionando em todos os setores e uma em construção ainda não iniciada: Bangu Shopping de acordo com ANEEL (2016).

Ao todo, consideram-se 15 novas plantas em *shoppings* até o final do horizonte de análise. A ideia é que o consumo de eletricidade para a refrigeração

dos shoppings com cogeração seja substituído por gás natural, combustível usado na planta de cogeração. A potência média das plantas é de 4 MW de acordo com COMGAS (2009) e o custo é de R\$ 8 milhões de reais.

3.3.5 Sistemas Fotovoltaicos

A última medida considerada trata da implantação de sistemas fotovoltaicos em prédios da administração pública do estado do Rio de Janeiro. Esta política permitiria um aumento de capacidade instalada fotovoltaica no estado até o ano de 2031, totalizando 158 MWp de potência instalada no setor público naquele ano. Estudos sobre difusão da tecnologia fotovoltaica mostram que a adoção é exponencial nos primeiros anos e estabiliza posteriormente (ANEEL, 2015; MASSON, 2015). Sendo assim, a hipótese adotada foi que, ao final do período analisado, 10% do consumo de eletricidade do setor público no estado seja atendido pela geração fotovoltaica, alcançando 158 MWp de capacidade instalada em 2031.

Uma grande vantagem da instalação de painéis nos edifícios públicos é que sua curva de carga típica tem seu pico na metade do dia, momento em que o sistema fotovoltaico tem sua produção maximizada por conta da irradiação atingir os maiores níveis diários. Devido a essa coincidência entre produção e carga é de se esperar que o painel fotovoltaico gere uma economia considerável na conta de luz e também tem um potencial benefício para o sistema de distribuição, na medida em que suavizar a curva de carga. Outro aspecto a ser considerado é que a instalação desse sistema tem um efeito de incentivar a instalação de painéis via divulgação de tecnologia.

Após a exposição das medidas de eficiência energética consideradas e das suas quantificações em termos de custos ou lucros advindos da adoção da tecnologia mais eficiente, potencial de economia de energia e de redução de emissões, a próxima seção expõe os resultados da modelagem do consumo do setor de serviços considerando a implantação dessas medidas.

3.3.6 Resultados

Em linhas gerais, o consumo total de energia do setor de serviços sai de 1.425,0 ktep em 2016 e chega em 1.700,5 ktep em 2031, um valor 16% maior. A eletricidade continua sendo a fonte mais representativa, saindo

de 92,2% em 2016 e chegando a 89,7% em 2031. Essa perda na participação da eletricidade é absorvida pelo aumento do gás natural que sai de 6% e chega em 7,3% em 2031. Esse aumento do gás natural é explicado pelo aumento do nível de atividade (aumento do número de estabelecimentos) e o incremento de cogeração nos *shoppings*. Outro aspecto é a entrada da fonte solar, devido a entrada dos sistemas de aquecimento solar nos hotéis, como mostra o Gráfico 3.4.

Verifica-se que a iluminação perde participação para os outros usos finais, saindo de 33,4% em 2016 e chegando em 25,9% em 2031. Trata-se do uso final que perde a maior parcela de participação no consumo, tendo em vista que a medida de eficiência energética que impacta a iluminação é aquela que apresenta a maior abrangência, tornando esperada uma grande redução nesse uso final.

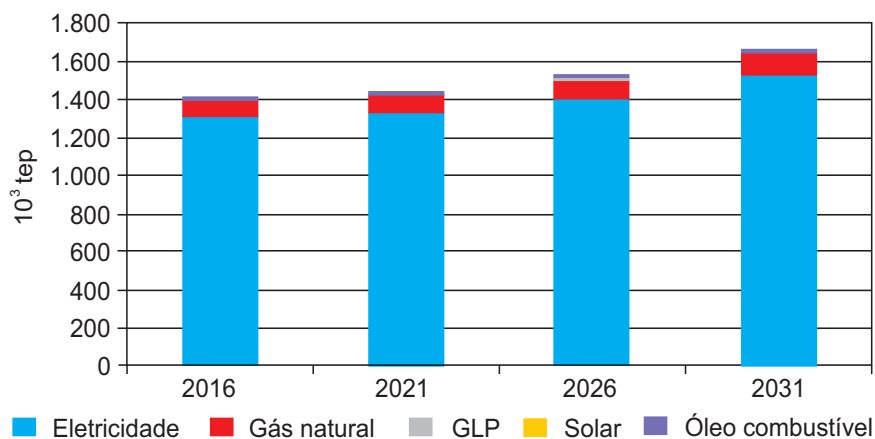


Gráfico 3.4 – Consumo final de energia do setor de serviços, segundo fonte de energia - 2016 a 2031

Com relação às outras medidas, calor de processo aumentou apenas 0,5%, saindo de 3,5% do consumo final para 4%. Esse aumento não foi maior graças ao sistema de aquecimento solar de água nos hotéis. Já o uso refrigeração aumentou, saindo de 36,9% em 2016 e chegando em 38,5% em 2031. Isso ocorreu devido a maior abrangência da substituição das lâm-

padas LED, que atingia todos os subsetores, enquanto a substituição dos aparelhos de ar condicionado ficou restrita aos hospitais e hotéis. Além disso, a penetração da cogeração também contribuiu para o aumento do uso refrigeração. O uso final “outros usos” praticamente permaneceu constante ao longo do período analisado.

Observa-se também pelos resultados que a eletricidade continua sendo a fonte mais relevante do setor de serviços com o gás natural em segundo lugar. Com a maior entrada de plantas de cogeração em *shopping centers*, é de se esperar que o gás natural ganhe mais uma parte do mercado de eletricidade. Com relação às fontes de participações marginais, é possível citar o aparecimento da energia solar no Cenário Alternativo, que ocorre devido a entrada do aquecedor solar nos hotéis. Os painéis fotovoltaicos não foram considerados aqui para evitar dupla contagem no modelo, uma vez que sua produção é contabilizada na parte de oferta de energia.

Por fim, percebe-se também que Outros e *Shoppings* permanecem sendo aqueles subsetores com maior parcela do consumo energético do setor de serviços, embora haja uma ligeira queda no caso do primeiro (-3%) e aumento no caso do segundo (+1%). No geral, a ordem de participações dos subsetores permanece a mesma.

3.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS

Uma análise comparativa dos resultados dos dois cenários elaborados se mostra interessante para verificar o impacto da penetração das medidas de eficiência energética. O Gráfico 3.5 apresenta os resultados comparativos por fonte energética para cada ano e cada cenário. Sendo assim, as duas primeiras barras da esquerda para a direita mostram os valores referentes ao ano de 2016.

Verifica-se também que a eletricidade continua sendo a fonte mais relevante do setor de serviços com o gás natural em segundo lugar em ambos os cenários. Com a maior entrada de plantas de cogeração em *shopping centers*, é de se esperar que o gás natural absorva parte da demanda de eletricidade. Com relação às fontes de participações marginais, é possível citar o aparecimento da energia solar no Cenário Alternativo, que ocorre devido

a entrada do aquecedor solar nos hotéis. Os painéis fotovoltaicos não foram considerados aqui para evitar dupla contagem no modelo, uma vez que sua produção é contabilizada na parte de oferta de energia.

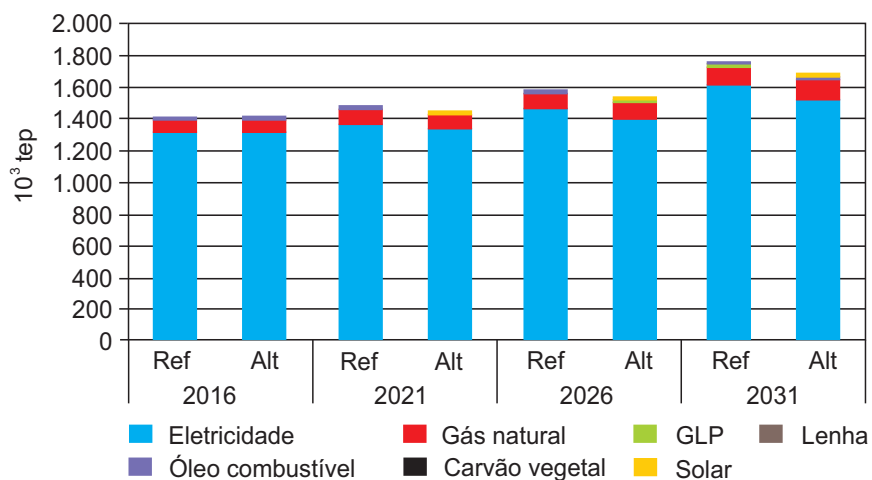


Gráfico 3.5 – Comparação do consumo de energia do setor de serviços, segundo fonte de energia e cenário - 2016 a 2031

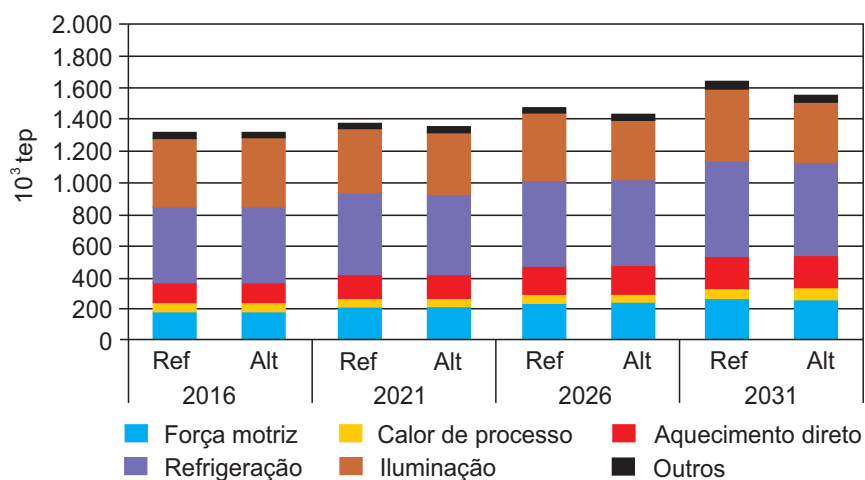


Gráfico 3.6 – Comparação do consumo de energia do setor de serviços, segundo uso final e cenário - 2016 a 2031

Com relação aos usos finais, verifica-se que a iluminação perde participação para os outros usos finais. Trata-se do uso final que perde a maior parcela de participação no consumo. Isto ocorreu devido a maior abrangência da substituição das lâmpadas LED, que atingia todos os subsetores, enquanto a substituição dos aparelhos de ar condicionado ficou restrita aos hospitais e hotéis. Além disso, a penetração da cogeração também contribuiu para o aumento do uso refrigeração. O uso final de "outros usos" permaneceu praticamente constante.

Por fim, o Gráfico 3.7 apresenta os resultados da projeção de acordo com os subsetores. Percebe-se que "Outros" e "Shoppings" permanecem sendo aqueles com maior parcela do consumo energético do setor de serviços, embora tenham sofrido uma ligeira queda na participação. No geral, a ordem de participações dos subsetores permanece a mesma.

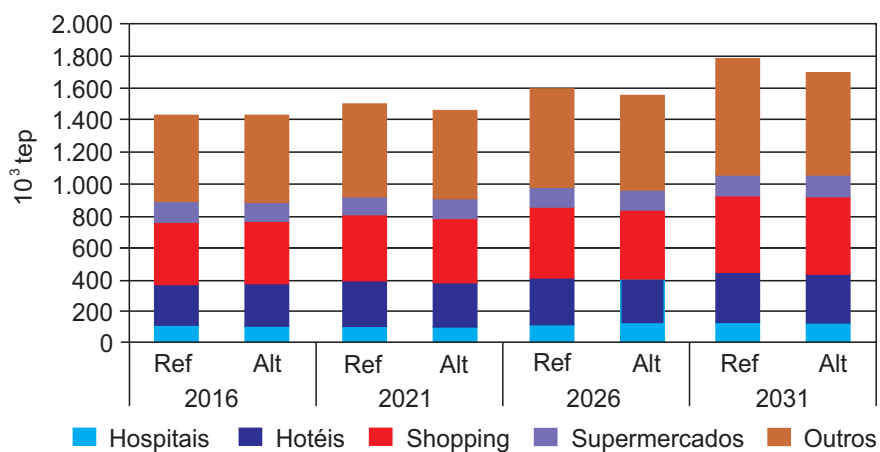


Gráfico 3.7 – Comparação do consumo de energia do setor de serviços, segundo subsetor e cenário – 2016 a 2031

Concluindo, percebe-se que a introdução de medidas de eficiência energética reduz o consumo de energia do setor de serviços. Como Outros agrega um amplo grupo de estabelecimentos em uma única categoria, as medidas aplicadas tendem a ter uma maior eficácia na redução do consumo de energia. Além disso, medidas aplicadas a todos os subsectores, como a substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares por LED tubulares, tendem a produzir maiores reduções no consumo final de energia.

Como tendências, é de se esperar que a geração distribuída ganhe espaço no setor de serviços, tanto com um número maior de projetos de plantas de cogeração sendo executados, quanto com a maior penetração dos painéis fotovoltaicos em prédios públicos. Também existe a possibilidade de expansão da geração fotovoltaica para outros setores se os custos dessa tecnologia se reduzirem como é de se esperar para os próximos anos.



SETOR INDUSTRIAL

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR INDUSTRIAL

A indústria fluminense é um setor que apresenta um PIB de, aproximadamente, R\$ 171 bilhões, possui mais de 27 mil empresas, além de empregar quase 750 mil trabalhadores, cerca de 17% dos trabalhadores do estado (CNI, 2017). Apesar do crescimento de 0,2% em seu PIB no ano de 2016, este setor econômico do Rio de Janeiro encara uma crise. Com exceção da indústria de petróleo e gás natural, todos os outros segmentos industriais apresentaram queda em 2016: -6,4% na indústria de transformação, -25,8% na construção civil e -8,9% na produção de eletricidade, gás e água (CEPERJ, 2017).

Em relação ao consumo de energia na indústria do Estado do Rio de Janeiro, predominam o gás natural, a eletricidade e o coque de carvão mineral (em virtude do expressivo consumo dessa fonte de energia verificado na indústria siderúrgica), que juntos, representavam 71% do total da energia consumida pelo setor industrial fluminense, em 2016 (Gráfico 4.1).

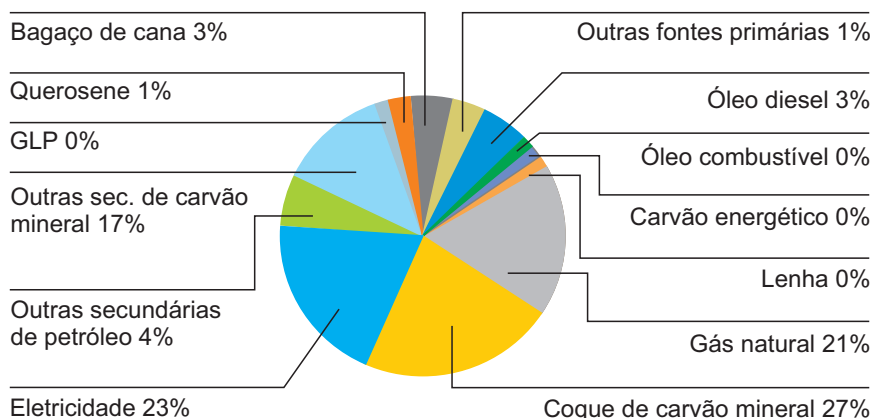


Gráfico 4.1 – Participação das fontes de energia no consumo do setor industrial em 2016 – Estado do Rio de Janeiro

Fonte: BEERJ (2017)

Neste trabalho foram considerados dez subsetores da indústria fluminense, divididos de acordo com a classificação utilizada pelo Balanço Energético Nacional e também pelo Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro:

- Cimento;
- Ferro-gusa e aço;
- Mineração e pelletização⁸;
- Química;
- Não ferrosos e outros da metalurgia;
- Têxtil;
- Alimentos e Bebidas;
- Papel e celulose;

⁸ Apesar de a CEPERJ considerar o setor de petróleo e gás natural como indústria extrativa mineral, neste estudo, o referido setor é considerado como Oferta de Energia.

- Cerâmica;
- Outras indústrias⁹.

No contexto atual de recente retração e gradual recuperação econômica do Estado do Rio de Janeiro, projeta-se uma retomada gradual do crescimento do setor industrial a partir de 2021, seguindo a tendência da recuperação da economia brasileira. Tal retomada também é influenciada pelo aumento da produção de petróleo e gás natural, que dinamiza os níveis de atividade dos segmentos industriais que compõem a indústria parapetrolífera (notadamente a Indústria de Cimento e o segmento agregado denominado “Outras Indústrias”, que engloba a Indústria Naval).

Foram desenvolvidos dois cenários a fim de estudar o comportamento do consumo energético da indústria fluminense até 2031. O primeiro deles, intitulado Cenário de Referência, assumiu-se que os segmentos industriais fluminenses apresentariam ganhos de eficiência entre 1% e 2% neste período. Já o segundo cenário, intitulado Alternativo, presumiu-se que os ganhos de eficiência energética seriam mais substanciais, em linhas gerais, entre 2% e 12%, dependendo do processo produtivo.

4.2 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Assumiu-se que a indústria de alimentos deverá apresentar um crescimento de apenas 0,8% ao ano no primeiro quinquênio, influenciada pela crise econômica pela qual passa o Estado do Rio de Janeiro. Posteriormente, entre 2021 e 2031, as taxas de crescimento anual se elevam a 1,2% devido à recuperação esperada para a economia do estado.

Para o segmento da indústria de bebidas, o crescimento esperado é análogo ao da indústria de alimentos: entre 2016 e 2021 espera-se uma taxa de crescimento mais modesta, de 2,1% ao ano, aumentando para 2,9% conforme o estado se recupera da atual crise econômica.

⁹ As “Outras Indústrias” englobam setores pouco representativos em termos de consumo de energia mas que, em alguns casos, são importantes em termos de valor agregado. A indústria automotiva é um bom exemplo disso.

Os níveis de atividade dos segmentos industriais de vidro, cimento, cerâmicas e metais não ferrosos são essencialmente influenciados pela atividade da indústria de construção civil, que deverá se manter no mesmo nível até 2021 tendo-se em vista a sua atual crise e a baixa perspectiva de investimentos esperados para os próximos anos. A partir de 2021, estima-se uma retomada gradual, de forma que a sua taxa de crescimento aumente até níveis mais altos que aqueles do total da indústria fluminense, devido à existência de capacidade ociosa e também ao déficit habitacional e de infraestrutura do Estado do Rio de Janeiro. Tal crescimento, entre 2021 e 2031, será o propulsor para os segmentos correlacionados, de 4,3% ao ano no primeiro quinquênio e 4,5% no último período estudado.

A extração de minerais¹⁰ é outro segmento industrial influenciado pela indústria de construção civil, dado que, no estado fluminense, responde pela produção de seus insumos, tais como brita e areia de construção (DNPM, 2016). Sendo assim, espera-se que seu nível de atividade permaneça constante entre 2016 e 2021. Para os dois últimos períodos da projeção, estima-se um crescimento de 3,3% ao ano, também influenciado pela recuperação dos níveis de atividade da indústria de construção civil.

O ferro-gusa e o aço são também importantes insumos para os segmentos industriais da construção civil e automotivo, entretanto, a indústria siderúrgica é também bastante influenciada pelo mercado internacional, dado que grande parte dessa produção é voltada para as exportações. Desta maneira, o nível de atividade deste segmento industrial foi projetado para crescer a taxas de 1,8% ao ano no primeiro quinquênio e 2,4% entre 2021 e 2031, atingindo um nível de produção correspondente a 95% da sua capacidade instalada em 2031, final do período da projeção.

Em relação à indústria têxtil e também à indústria de papel e celulose, não se esperam mudanças significativas no horizonte estudado, por isto considerou-se que estes acompanhariam a tendência global do setor industrial fluminense. Nos primeiros cinco anos do horizonte da projeção, suas respectivas produções cresceriam a uma taxa de 2,8% ao ano, posteriormente, esta taxa aumentaria para 4,1% até o final do período.

¹⁰ A extração de minerais se refere a todos os minerais com exceção de petróleo e gás natural.

A indústria química não deverá ter crescimento significativo entre 2016 e 2021. Desta forma, foi considerada uma taxa de crescimento de 0,8% ao ano para este segmento. Nos períodos seguintes, estima-se que esta taxa cresça para 1,6% ao ano, seguindo a tendência de melhora geral no setor industrial do Estado do Rio de Janeiro.

O segmento denominado “Outras Indústrias”, estima-se que sua produção anual aumente a cada quinquênio. Entre o período de 2016 e 2021, esta taxa é de 2,8% ao ano, passando para 3,2% no período seguinte e chegando a 4,1% no último período, 2026 a 2031.

4.2.1 RESULTADOS

O Gráfico 4.2 apresenta os resultados referentes a demanda de energia, em mil tep, entre 2016 e 2031, em intervalos de cinco anos, dos diversos segmentos que compõem a indústria fluminense. No ano base, o consumo de energia foi 4.300 mil tep, crescendo 6,1%, totalizando 4.560 mil tep em 2021. A partir desta data, conforme a economia do Estado do Rio de Janeiro retoma seu crescimento, o consumo de energia da indústria aumenta proporcionalmente, atingindo 5.160 mil tep em 2026 e 5.846 mil tep no último ano do período da projeção, sendo este valor 36% superior a aquele verificado em 2016.

O segmento de siderurgia (produção de ferro-gusa e aço) é o mais energointensivo do setor industrial fluminense, representando 70,1% do total consumido em 2016. Em 2031, este segmento tem sua participação reduzida para 69,2%. Devido à elevada proporção no consumo energético total, as variações nos níveis de atividade deste segmento industrial são os que mais impactam a demanda de energia da indústria fluminense. O segundo segmento de maior contribuição é o relativo ao segmento agregado “Outras Indústrias”, que respondia por cerca de 6,3% do total de energia consumido no ano de 2016, e passa a responder por 7,4% em 2031. Individualmente, o crescimento da demanda de energia dos diferentes segmentos indústrias fluminenses varia de forma significativa, entre 17% (Indústria Química) e 70% (Indústria Têxtil), em relação ao consumo verificado no ano base. Tais variações se dão em função, essencialmente, de dois fatores: a evolução dos níveis de atividade de cada segmento e dos ganhos de eficiência energética em seus respectivos processos.

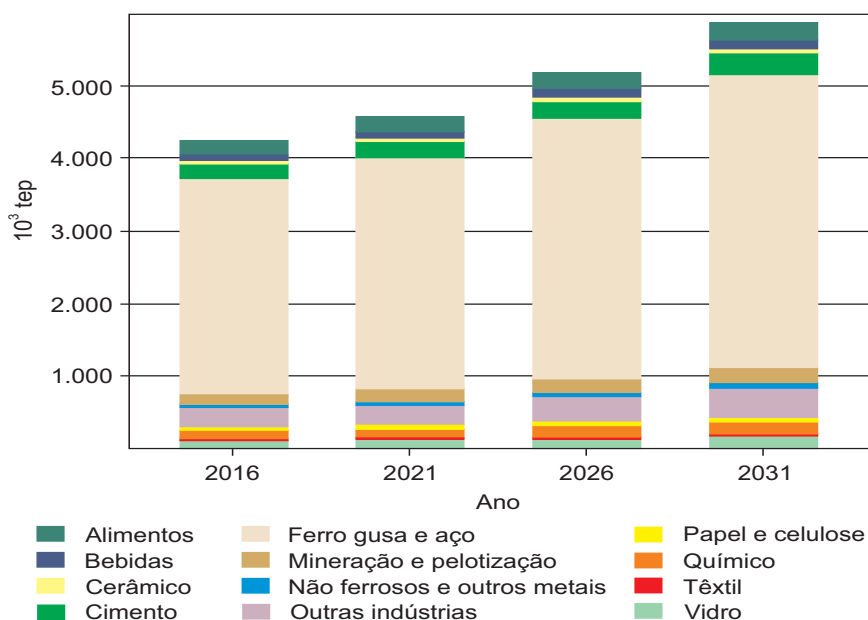


Gráfico 4.2 – Demanda de energia da indústria fluminense entre 2016 e 2031 para o Cenário de Referência por segmento – Cenário de Referência

Fonte: elaboração própria

A indústria de produtos alimentícios apresenta crescimento na demanda de energia equivalente a 6,6% entre o período de 2016 e 2031, saindo de 190 mil tep para 227 mil tep. Já a demanda da indústria de bebidas apresentará um aumento de 9,2% no primeiro quinquênio, saindo de 87 mil tep em 2016, para 95 mil tep em 2021. No segundo período apresentado, esta demanda atinge o valor de 109 mil tep, e em 2031, 125 mil tep, valor cerca de 44% maior que aquele verificado em 2016.

De acordo com os resultados do cenário de referência para a indústria de cerâmicas, conforme a economia fluminense se recupera, o nível de atividade da indústria de cerâmicas também melhora e, em consequência, espera-se uma demanda de energia equivalente a 45 mil tep, em 2031.

No segmento cimenteiro, ao final da projeção se prevê um aumento de 24%, resultando numa demanda de 297 mil tep em 2031. Para o segmento industrial de ferro-gusa e aço, o consumo de energia será equivalente a 4.052 mil tep, refletindo um aumento de 34% em relação aos níveis verificados no ano base.

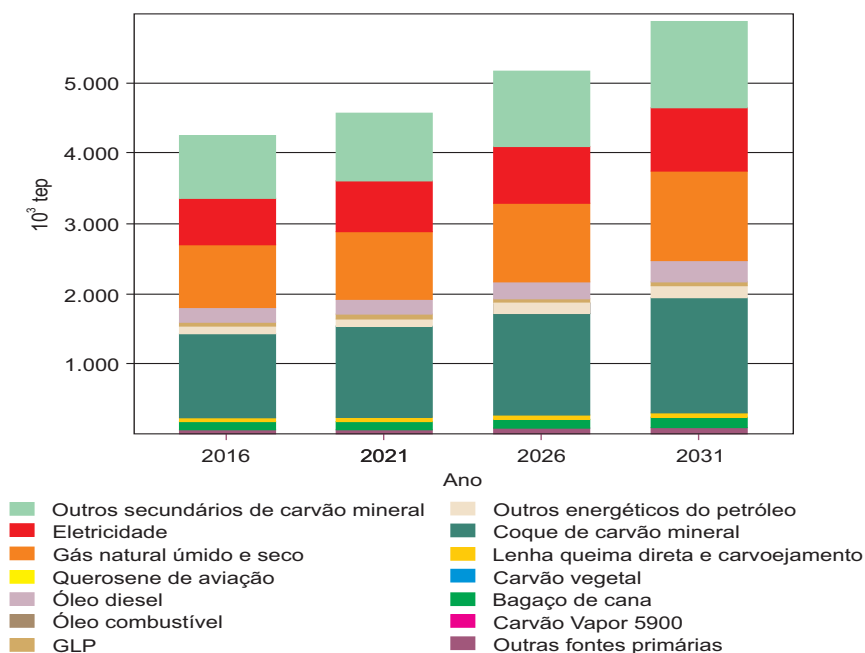


Gráfico 4.3 – Demanda de energia da indústria fluminense entre 2016 e 2031 para o Cenário de Referência por fonte.

Com relação ao segmento de extração e tratamento de minerais, em 2031, a demanda de energia estimada é equivalente a 182 mil tep, sendo este valor 35% maior do que aquele verificado em 2016.

A demanda de energia da indústria de metais não ferrosos e outros metais do Estado do Rio de Janeiro será, em 2031, o equivalente a 57 mil tep, o que corresponde a uma demanda 50% maior do que aquela verificada em 2016. Gás natural e eletricidade são as fontes de energia mais consumidas neste segmento industrial.

Para o segmento industrial de papel e celulose, a demanda de energia projetada apresenta um aumento de 69% em relação ao consumo de energia verificado em 2016. Já para a indústria química espera-se um crescimento de cerca de 2% ao ano. No último ano do horizonte da projeção, 2031, a demanda de energia deste segmento será equivalente a 156 mil tep, valor 17% superior a aquele verificado em 2016.

Em 2031, a demanda de energia da indústria têxtil é cerca de 70% superior a aquele verificado no ano base e para a indústria de vidros a projeção indica um valor 50% maior.

De acordo com os resultados das projeções, a demanda de energia do segmento denominado “Outras Indústrias” apresentará crescimento em todo o horizonte do estudo. No último ano da projeção, 2031, a demanda esperada é equivalente a 424 mil tep, o que representa um crescimento de cerca de 60% em relação aos valores verificados em 2016 (Gráfico 4.3).

4.3 CENÁRIO ALTERNATIVO

O Cenário Alternativo foi desenvolvido visando um horizonte onde haveria maiores ganhos de eficiência energética em relação a aqueles apresentados no Cenário de Referência. A implementação de medidas de eficiência mais drásticas converge com os objetivos de redução das emissões de gases de efeito estufa do Governo Federal, previstos para os próximos anos, além da busca de redução nos gastos relacionados ao consumo de energia possibilitando diminuição nos custos de produção e consequente aumento da competitividade da indústria fluminense.

4.3.1 Resultados

O Gráfico 4.4 apresenta os resultados encontrados neste trabalho referentes ao consumo de energia entre 2016 e 2031. Neste cenário, houve um aumento de 4% na demanda energética entre 2016 e 2021, saindo de 4.300 mil tep para 4.467 mil tep. Em 2026, o consumo energético da indústria fluminense foi de 4.937 mil tep, valor 11% maior do que o apresentado em 2021, e no último ano estudado, 2031, a demanda por energia foi igual a 5.446 mil tep, representando um aumento de 27% em relação ao ano base (2016).

O segmento industrial de alimentos apresentou, neste cenário, um crescimento de 8,8% entre o período de 2016 e 2031, saindo de 194 mil tep para 211 mil tep. Quando comparada a demanda de energia do Cenário Alternativo com o Cenário de Referência, o primeiro, cujas medidas de eficiência energéticas são mais significativas, apresentou uma redução de 7% no consumo de energia em 2031.

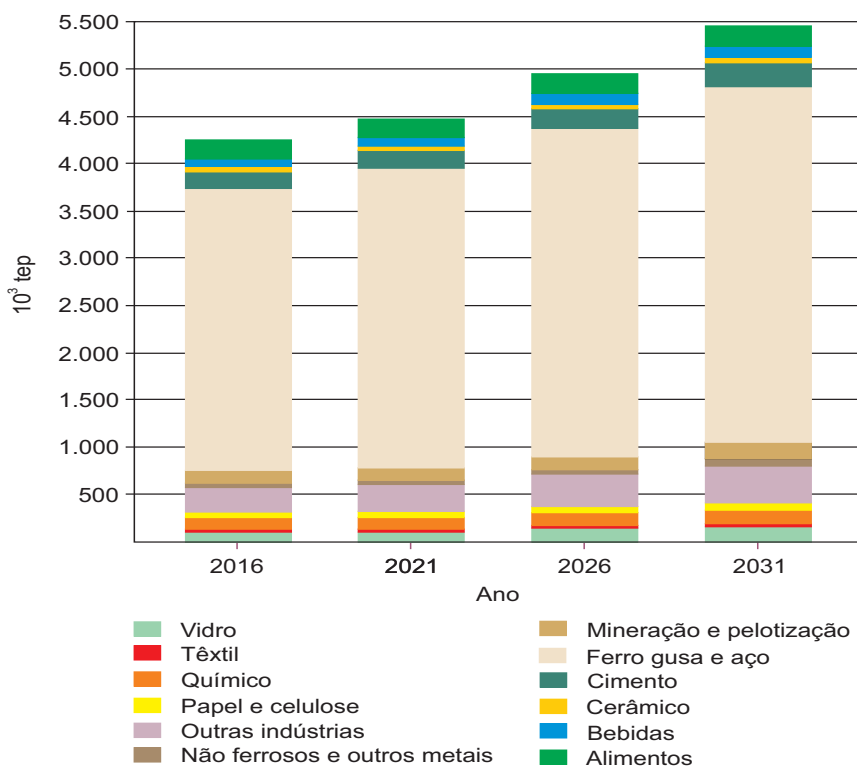


Gráfico 4.4 – Demanda de energia da indústria fluminense entre 2016 e 2031 para o Cenário de Referência por segmento – Cenário de Alternativo

Fonte: elaboração própria

Para a indústria de bebidas, a demanda de energia passou de 87 mil tep em 2016 para 119 mil tep em 2031, um incremento de 37%. Neste último ano, o consumo energético deste segmento no Cenário Alternativo é 5% inferior ao apresentado no Cenário de Referência.

Em relação à indústria de cerâmica, no Cenário Alternativo, houve um crescimento de 31% em sua demanda energética entre 2016, cujo consumo era igual a 29,6 mil tep, e 2031, que totaliza 38,9 mil tep. A implementação de medidas de mitigação mais substanciais, premissa base do Cenário Alternativo, apresentou uma redução de 13% no consumo final de energia quando comparado com o Cenário de Referência.

A indústria cimenteira, no cenário alternativo, apresenta um crescimento do consumo final de energia de 33%, saindo de 197 mil tep em 2016 para 262 mil tep em 2031, sendo este valor cerca de 14% inferior ao resultado apresentado no Cenário de Referência no mesmo ano.

O consumo energético da indústria de ferro gusa e aço é o maior dentre aqueles que compõem o setor industrial fluminense, apresentou um crescimento de 26% no período estudado, de 2016 a 2031, passando de 2.986 mil tep nesse primeiro ano para 3.774 mil tep no último ano estudado. A demanda de energia no Cenário Alternativo em 2031 apresentou um resultado 7% inferior ao do Cenário de Referência.

A indústria extrativa mineral, que em 2016 apresentava um consumo energético de 135,6 mil tep, apresentou um crescimento de 20% no Cenário Alternativo, chegando a 162,7 mil tep em 2031. Este valor representa uma redução de 12% em relação ao Cenário de Referência.

Para o segmento intitulado de “Outras indústrias”, no Cenário Alternativo, houve um crescimento de 54% entre 2016 e 2031, passando de 268,3 mil tep para 302,0 mil tep. Ao comparar com o Cenário de Referência, o resultado referente à demanda de energia em 2031, foi 3,2% menor no Cenário Alternativo, devido a implementação de medidas de eficiência energética mais significativas.

A indústria de papel e celulose, que consumiu 41 mil tep em 2016, obteve um incremento de 34% até 2031, atingindo uma demanda energética igual a 65,8 mil tep no Cenário Alternativo. Este valor representa uma economia de 5% de energia quando comparado com o consumo energético do mesmo ano no Cenário de Referência.

Já a indústria química, entre 2016 e 2031, houve um crescimento de 15% na sua demanda por energia no cenário de maior eficiência energética, Cenário Alternativo, passando de 133,1 mil tep no primeiro ano apresentado para 153,0 mil tep no último. Tal valor é 3% a demanda energética apresentada no mesmo ano no Cenário de Referência.

Na indústria têxtil, houve um aumento do consumo energético de 59% no Cenário Alternativo, saindo de 10,7 mil tep para 17,0 mil tep entre 2016 e 2031. Quando comparado com o Cenário de Referência, houve uma redução de 3,5% com a implementação de medidas de eficiência mais substanciais.

O segmento industrial de vidros apresentou, cujo consumo final de energia foi de 122,5 mil tep em 2016, alcançou 176 mil tep em 2031, um incremento de 44%. As medidas de eficiência consideradas no Cenário Alternativo, garantiram à esta indústria uma redução de 4,5% na sua demanda energética no último ano estudado.

O Gráfico 4.5 apresenta a evolução do consumo final de todos os vetores energéticos da indústria fluminense.

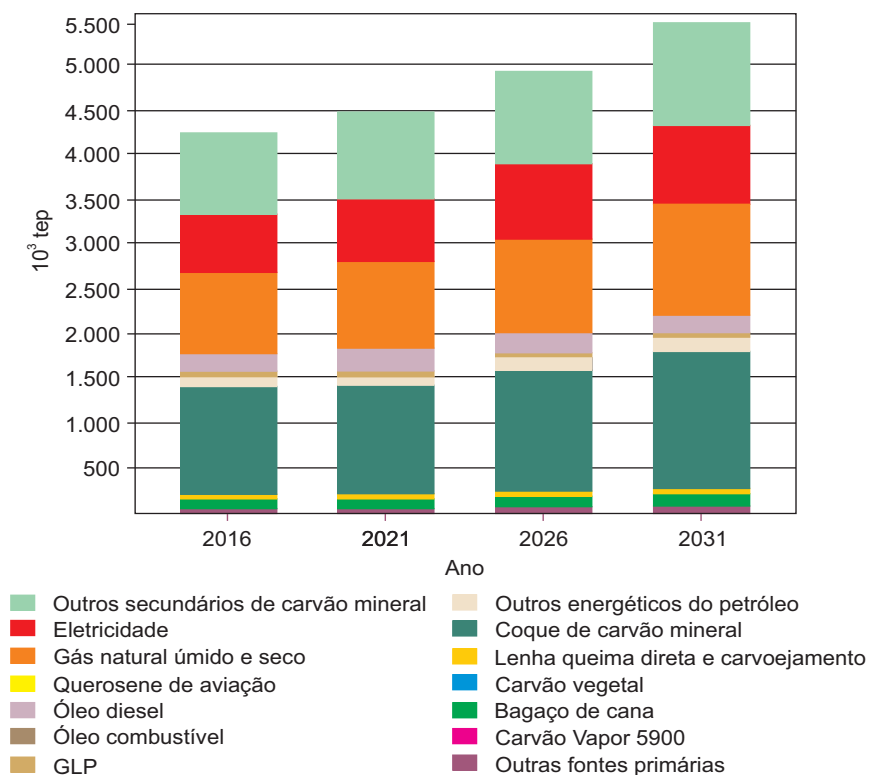


Gráfico 4.5 – Consumo de energia, por fonte, entre 2016 e 2031 no Cenário Alternativo

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS

Para a construção dos cenários apresentados no presente estudo, foram definidas algumas hipóteses acerca da adoção de medidas de conservação de energia¹¹ (ou eficiência energética). Assumiram-se medidas mais ambiciosas para o Cenário Alternativo do que para o Cenário de Referência, conforme foi visto no seu respectivo item.

Tais hipóteses influenciaram diretamente nos resultados obtidos para as projeções de demanda do setor industrial fluminense, bem como para cada um de seus segmentos. Os resultados obtidos para o Cenário de Referência e para o Cenário Alternativo serão analisados de forma comparativa, como pode ser visto a seguir.

Para ilustrar estas diferenças entre o consumo energético no Cenário de Referência e no Cenário Alternativo, os Gráficos 4.6 e 4.7 apresentam o consumo energético dos diversos segmentos industriais fluminenses em 2031 em ambos cenários. O primeiro gráfico é composto por todas as indústrias com exceção do segmento siderúrgico, que por apresentar uma demanda energética consideravelmente maior, este foi segregado no segundo gráfico, que apresenta o seu consumo e o consumo de todas as outras indústrias em ambos os cenários estudados neste trabalho.

¹¹ Os potenciais de conservação de energia podem ser classificados como potenciais técnicos, econômicos e de mercado. Os primeiros são definidos em relação a uma tecnologia de referência, que é, em geral, a melhor tecnologia disponível no mercado (*Best Available Technology* – BAT). Os potenciais econômicos são resultados de avaliações econômicas, além de comparações entre as tecnologias mais utilizadas e as mais eficientes. Finalmente, os potenciais de mercado refletem, além dos fatores já mencionados, também a influência de barreiras de vários tipos que limitam a utilização de tecnologias eficientes, do ponto de vista de consumo energético, mesmo quando elas são economicamente atrativas. Conseqüentemente, o potencial de mercado, em um dado setor industrial, é menor do que o potencial econômico e, este, é menor do que o potencial técnico, desde que as metodologias utilizadas em sua determinação sejam compatíveis (Bajay *et al.*, 2009).

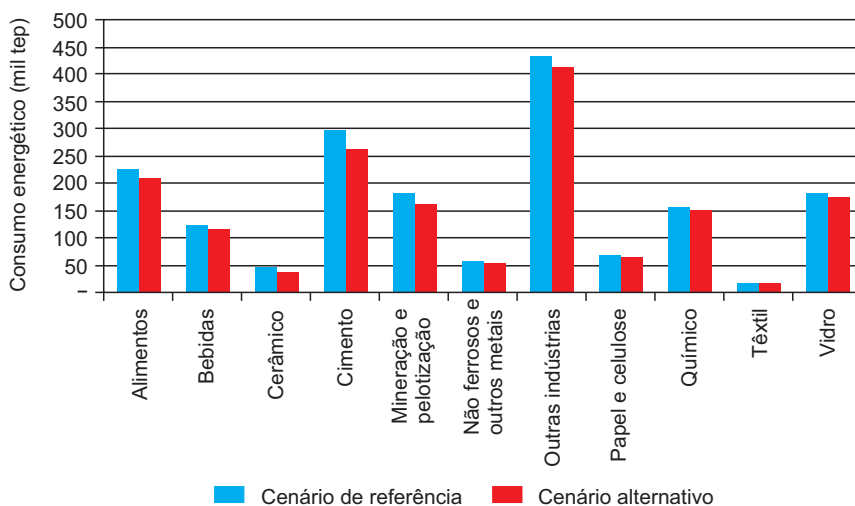


Gráfico 4.6 – Consumo energético em 2031 dos diversos segmentos industriais fluminenses, com exceção da indústria siderúrgica, em ambos cenários

Fonte: elaboração própria

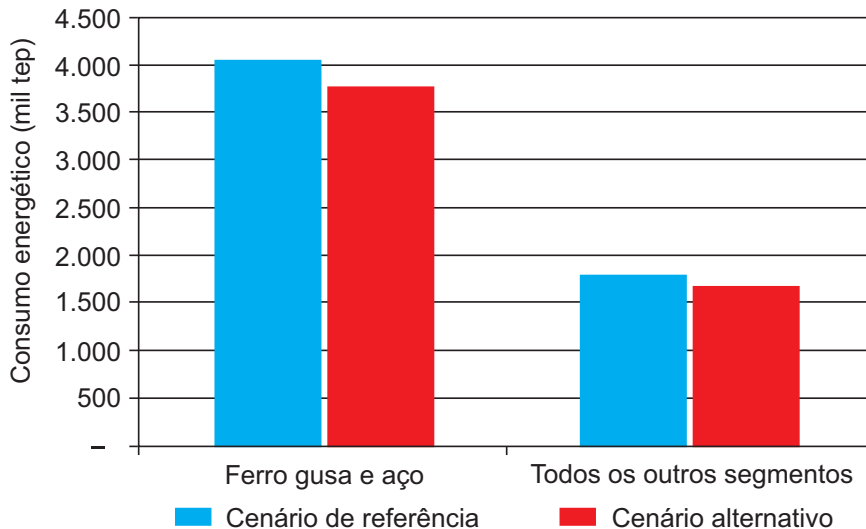


Gráfico 4.7 – Consumo energético em 2031 da indústria de ferro gusa e aço acompanhado de todos os outros segmentos agrupados em ambos cenários.

O Cenário Alternativo apresenta um consumo de energia cerca de 7% inferior ao do Cenário de Referência, ao final do horizonte da projeção, em 2031, conforme pode ser observado no Gráfico 4.8. Tal redução se dá em virtude da adoção das medidas de conservação de energia propostas para a construção do Cenário Alternativo, ausentes no Cenário de Referência.

As reduções de consumo de energia previstas, por segmento industrial fluminense, se situam entre 3% (Indústria Química) e 14% (Indústria de Cerâmicas), quando computadas no último ano do horizonte da projeção, isto é, 2031.

Em comparação com o Cenário de Referência, no Cenário Alternativo também não são previstas variações significativas na participação das quatro principais fontes de energia consumidas pelo setor industrial do Estado do Rio de Janeiro (permanecendo elas, as seguintes: coque de carvão mineral, gás natural úmido e seco, outras secundárias de carvão mineral e eletricidade).

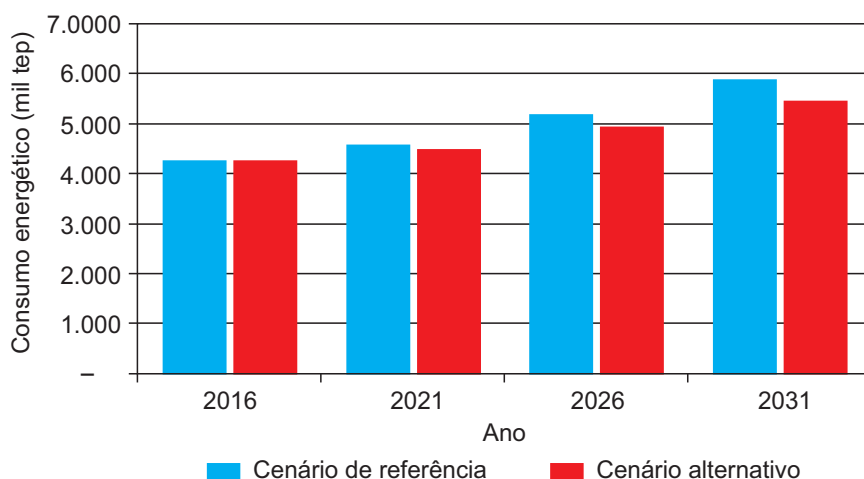


Gráfico 4.8 – Projeção de demanda de Energia nos Cenários de Referência e Alternativo na Indústria Fluminense – Variações Quinquenais entre 2016 e 2031.

A Tabela 4.1 detalha as projeções de demanda de energia, expressos em milhares de tep, para cada um dos segmentos do setor industrial

fluminense, nos dois cenários propostos, para intervalos quinquenais, obtidas com o modelo LEAP.

É interessante notar que não necessariamente os segmentos industriais mais energointensivos se mostraram os mais sensíveis à adoção de medidas de eficiência energética, como seria de se esperar. Tal fato pode ser explicado, em parte, pelo grau de maturidade tecnológica de alguns destes segmentos industriais, caso da indústria de cimento e da indústria de ferro gusa e aço fluminenses, nos quais já foram realizados significativos esforços de modernização, no sentido de se buscar a eficiência energética das plantas, aumentando-se, em consequência, suas eficiências econômicas.

Os segmentos industriais nos quais se obtiveram as maiores projeções de potenciais de economia de energia (superiores a 10%), foram justamente aqueles nos quais havia as maiores oportunidades ganhos através de substituição de processos tecnologicamente defasados, por processos mais eficientes, inclusive do ponto de vista energético, além da adoção de outras medidas relacionadas à gestão do consumo de energia.

Em 2009, um estudo de Bajay *et al.* apontou que, em nível de Brasil, a indústria de cerâmicas, por conta de seu segmento de cerâmica vermelha, seria a que possui o segundo maior potencial de economia de energia (ficando atrás, apenas, da indústria de ferro gusa e aço), tanto em termos absolutos como relativos, de conservação de energia térmica e de consumo total de energia. Boa parte dos fabricantes de cerâmica vermelha é constituída por empresas de pequeno e médio porte, que ainda utilizam fornos e processos ineficientes, em termos de consumo energético, sobretudo para a geração de energia térmica (BAJAY *et al.*, 2009). Os resultados obtidos neste estudo foram confirmados para o Estado do Rio de Janeiro, e a Indústria de Cerâmicas fluminense apresentou o mais elevado potencial de economia de energia, tendo-se registrado uma projeção de 13% de redução no Cenário Alternativo, em relação ao consumo projetado para o Cenário de Referência.

Tabela 4.1 – Projeção Quinquenal da Demanda de Energia, por segmento do setor industrial fluminense, segundo diferentes cenários (Mil tep)

Segmento Industrial	Cenário	2016	2021	2026	2031
Alimentos	Referência	195	203	215	227
	Alternativo	195	197	204	211
Bebidas	Referência	87	95	109	125
	Alternativo	87	94	106	119
Cerâmico	Referência	30	30	37	45
	Alternativo	30	28	33	39
Cimento	Referência	197	195	240	297
	Alternativo	197	188	221	262
Ferro Gusa e Aço	Referência	2.975	3.235	3.627	4.053
	Alternativo	2.986	3.175	3.480	3.774
Mineração e Pelotização	Referência	136	134	158	182
	Alternativo	136	132	146	163
Não Ferrosos e Outros Metais	Referência	38	38	46	57
	Alternativo	38	37	45	54
Outras Industrias	Referência	269	308	360	433
	Alternativo	269	302	345	412
Papel e Celulose	Referência	41	47	57	70
	Alternativo	41	46	55	66
Químico	Referência	133	136	147	156
	Alternativo	133	136	144	153
Têxtil	Referência	11	12	15	18
	Alternativo	11	12	14	17
Vidro	Referência	123	121	149	184
	Alternativo	123	120	145	176
Total	Referência	4.235	4.553	5.160	5.846
	Alternativo	4.245	4.467	4.937	5.447

Fonte: Elaboração própria.



SETOR DE TRANSPORTES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

Em 2016, o setor de transporte representou 34,3% de todo o consumo energético final brasileiro. No Rio de Janeiro, a representatividade do setor foi de 31,6%. A relação entre o consumo de combustível por modo do Brasil e do Estado do Rio de Janeiro é representada pelo Gráfico 5.1. Observa-se diferenças significativas de consumo entre o Brasil e o Rio de Janeiro quando se compara por modo de transporte. O modo rodoviário teve uma participação maior no consumo energético brasileiro em relação ao fluminense, em decorrência do maior potencial de utilização dos modos aéreo e aquático (15,80% e 6,21%).

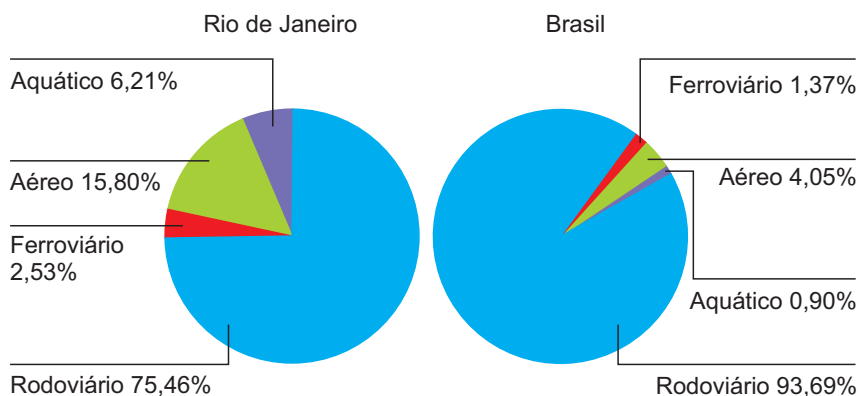


Gráfico 5.1 – Consumo de combustível por modo - ano base 2016

Fonte: adaptado de SEDEIS (2016) e EPE (2017)

Dentre o consumo energético do modo rodoviário, observa-se também que há diferenças entre o tipo de combustível consumido. O Gráfico 5.2 ilustra a divisão do consumo entre os combustíveis para o Rio de Janeiro e Brasil. Enquanto no Brasil, a participação do gás natural foi de 2,0%, no Rio de Janeiro, o consumo desse combustível foi significativo (cerca de 17,8% do consumo).

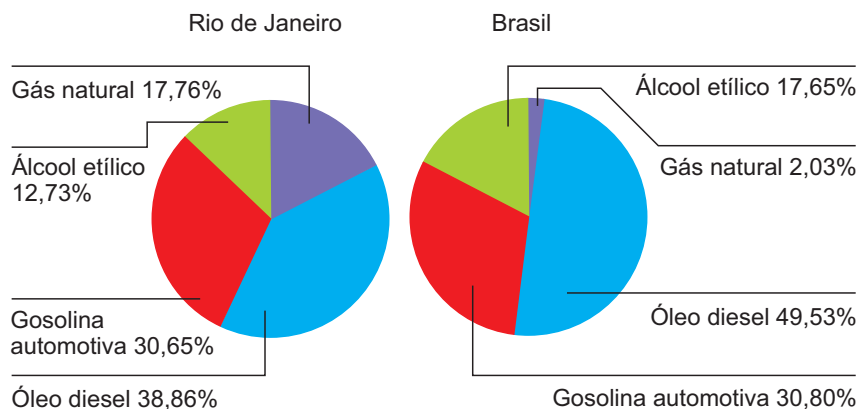


Gráfico 5.2 – Consumo de combustível por tipo de combustível – ano base 2016

Fonte: adaptado de SEDEIS (2016) e EPE (2017)

Os dados indicam que o estado apresenta particularidades dissociadas da nação, indicando uma abordagem metodológica de maior complexidade para o tratamento das informações, especialmente quando se aborda a diversidade da distribuição modal do setor de transportes.

A Tabela 5.1 mostra a evolução do consumo de combustível no estado do Rio de Janeiro. O consumo de diesel e gasolina foram os mais acentuados, cerca de 73% e 99% respectivamente. Na outra vertente, a demanda por querosene, eletricidade e etanol cresceram em 26%, 7% e 28% respectivamente. Finalmente, a demanda por óleo combustível caiu cerca de 50%, sobretudo em decorrência ao não atendimento das taxas internacionais de enxofre, sendo substituído pelo óleo diesel. No consolidado, o consumo de combustível teve crescimento de 70% (2,5% a.a.).

Tabela 5.1 – Evolução do consumo de combustível no estado do Rio de Janeiro (10³tep)

Ano	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2016
Óleo Diesel	1108,3	1169,0	1364,0	1532,2	1470,01	2148,0	2481,6	1914,3
Óleo Combustível	393,2	272,8	179,9	179,91	241,8	294,3	201,6	198,29
Gasolina	757,6	815,6	1147,4	1086,7	1005,2	1097,5	1656,0	1.509,9
Querosene	770,02	1266,7	612,2	503,0	537,4	796,3	1046,7	967,0
Gás Natural Seco	0,00	0,9	20,1	148,9	671,3	838,5	837,0	874,7
Eletricidade	32,1	25,4	24,1	20,2	25,5	32,3	35,5	34,5
Etanol	490,9	769,4	697,1	341,3	324,3	630,0	678,9	626,9
Total	3552,3	4319,7	4080,1	3812,2	4272,4	5836,9	6937,5	6125,82

Fonte: adaptado de SEDEIS (2016).

5.2 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Neste item serão apresentadas as premissas relacionadas ao transporte de passageiro e carga do Cenário de referência.

5.2.1 Premissas

A determinação da divisão da frota de veículos rodoviários de passageiros baseou-se em informações do histórico de vendas, fornecido por meio de relatórios da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2016), no período de 1957 a 2016 e na Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicletas e Similares (ABRACICLO, 2016), para vendas de motocicletas em 2013, 2014 e 2015. Para a projeção até o ano de 2031, adotaram-se as seguintes considerações, com base nos resultados obtidos pelo modelo *top-down*, para os veículos convencionais e na experiência dos pesquisadores e no estudo da EPE (2016) para os veículos alternativos:

- Quanto aos veículos leves (automóveis e comerciais leves) adotou-se uma taxa média de crescimento das vendas dos veículos do tipo automóvel e comercial leve de 4% (sobre o cenário base), de 2018 a 2031, com base na estimativa do PIB *per capita* e nos estudos da ANFAVEA (2016) e EPE (2016). Para as motocicletas, considerou-se uma taxa de 3% a.a. até 2031 com base na estimativa do PIB *per capita*;
- Quanto aos veículos convencionais de uso coletivo, adotou-se a taxa de crescimento de vendas de 1,6% a.a. para os veículos do transporte coletivo ônibus urbano, ônibus rodoviário e micro-ônibus até 2031, com base na estimativa da população, no histórico de vendas e no estudo da EPE (2016);
- Quanto a participação das vendas, os veículos alternativos de uso individual (híbridos e elétricos), adotou-se a taxa de vendas dos veículos do tipo automóvel, por meio da observação do histórico de vendas de 2006 a 2015, fornecido pelo estudo realizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), (VAZ *et al.*, 2015).

Em relação à participação nas vendas de cada tipo de tecnologia até o ano de 2031, considerou-se:

- Automóveis dedicados a etanol já não são mais comercializados desde 2013;

- Quanto aos automóveis *flexible fuel*, observou-se uma participação de 95,95% das vendas em 2016. Em seguida, considerou-se uma queda linear até 2031 de 1,1% a.a., devido a tendência mundial com a entrada de veículos híbridos e elétricos;
- Quanto aos automóveis híbridos, observou-se uma participação de 0,5% das vendas em 2015. Em seguida, considerou-se um crescimento linear até 2031, quando tal tecnologia atingirá 15% da participação;
- Quanto aos automóveis elétricos, observou-se uma participação de 0,27% das vendas em 2016. Em seguida, considerou-se um crescimento linear até 2031, onde alcançará uma participação de 5%;
- Quanto aos comerciais leves dedicados à gasolina, observou-se uma participação de 13% das vendas em 2016. Nos anos seguintes, considerou-se uma queda mais intensa até 2031, quando haverá participação de 2,36% nas vendas;
- Quanto aos comerciais leves *flexible fuel*, observou-se uma participação de 87% das vendas em 2015. Em seguida, considerou-se uma queda linear até 2031, quando alcançará 82% das vendas;
- Quanto aos comerciais leves híbridos, começa a ser comercializado em 2020, com participação de 1%. Considerou-se crescimento exponencial das vendas até 2031, quando a tecnologia atingirá 10% da participação;
- Quanto as motocicletas, introdução da venda de motocicletas elétricas a partir de 2019 em substituição das motocicletas dedicadas à gasolina e parte das *flexible fuel*, alcançando uma participação em 2031 de 18% para as motos elétricas, 60% *flexible fuel* e 22% dedicadas a gasolina;
- Quanto a categoria de veículos convencionais de uso coletivo de ciclo Diesel (ônibus urbanos convencionais e micro-ônibus) a participação nas vendas, caíra dos atuais 100% em 2016 para 80% em 2031;
- Os micro-ônibus serão substituídos progressivamente por micro-ônibus elétricos *plug-in*, começando com 2% de participação em 2020 e alcançando uma participação 30% em 2031;
- Os ônibus rodoviários híbridos e elétricos não serão considerados neste estudo.

As premissas apresentadas de maior participação de veículos leves e ônibus elétricos e híbridos, foram baseadas nos estudos: Façanha (2012) e EPE (2016). Além disso, considerou-se também a *Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action Lima – Paris Action Agenda* (LPAA, 2015) que indica para o ano de 2031, que pelo menos 20% de todos os veículos de transporte rodoviário (passageiro e carga) serão elétricos (média mundial) e que os veículos leves serão os que mais vão contribuir para o alcance dessa meta.

Baseou-se também, no programa *Mobilise Your City Local Governments in Developing Countries Take High Road to Low-Carbon* desenvolvido pelo *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC, 2015) que visa apoiar países em desenvolvimento (África, Sul da Ásia, América do Sul, e Oriente Médio), a partir de 2020 para o desenvolvimento e a implementação de sustentabilidade urbana, tendo em vista que parceiros doadores já se comprometeram a doar 5,5 milhões de euros, em 2016.

Para determinação da intensidade de uso de referência dos veículos rodoviários de passageiros e carga que estarão em operação até o ano 2031, baseou-se nos dados do estudo de Pereira *et al.* (2016).

No tocante ao momento de transporte, adotou-se a lotação média dos ônibus rodoviários, ônibus urbanos e dos micro-ônibus para o valor de 45, 35 e 12 (passageiros), respectivamente, com base nos dados obtidos do setor.

Para o ajuste do momento de transporte calculado, utilizou-se como referência o relatório da EPE (2012), para os dados históricos e resultado projetado. Para identificação do rendimento atual dos veículos rodoviários de passageiros baseou-se em informações fornecidas pelo Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 (MMA, 2013), para os veículos híbridos e elétricos baseou-se nos estudos elaborados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (SIMS, *et al.*, 2014), pelo *C40 Cities Climate Leader Group* e *Inter-American Development Bank* (IDB) (C40 e IDB, 2013) e por meio de manuais de veículos disponíveis atualmente, no mercado mundial (NISSAN, 2011; BYD, 2014).

Para determinação da melhoria da eficiência energética desses veículos, adotou-se os valores com base nos estudos realizados pelo *The Inter-*

national Council on Clean Transportation (ICCT) (FAÇANHA et al., 2012), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (SIMS et al., 2014) e pelo U.S. Department of Energy (VYAS et al., 2013).

Não existem premissas de investimento ou melhoria de infraestrutura para o modo aquático, dessa forma a projeção da demanda se deu de forma tendencial, acompanhando o crescimento populacional do estado do Rio de Janeiro.

A demanda de trens urbanos (modo ferroviário) deve continuar crescendo, uma vez que, a Supervia tem renovado sua frota e investido em sistemas de sinalização (ERTMS de nível 1), permitindo que além de reduzir o *headway*, aumente o seu nível de serviço. Além disso, a Supervia pretende duplicar o trecho entre Gramacho e Saracuruna. Outra novidade na região é o início da operação do corredor BRT Transbrasil (32 km e 28 estações).

O sistema metroviário do Rio de Janeiro encontra-se saturado, operando com *headway* mínimo, logo, a demanda das linhas 1 e 2 não deve sofrer grandes alterações nos próximos anos. A linha 4, que está sendo subutilizada no cenário base por concorrer com linhas de ônibus convencionais, além de não propiciar integração tarifária, deverá ter a demanda acrescida para próxima à capacidade.

Assim como no modo aquático, também não existem premissas de investimentos ou melhoria da infraestrutura para o modo aéreo. Neste caso, a estimativa da demanda foi realizada de maneira tendencial, porém, diferentemente do modo aquático – que mostrou uma maior correlação entre p.km e população – a demanda por transporte do modo aéreo acompanha o crescimento do PIB *per capita* nacional.

As premissas para o transporte rodoviário de carga foram baseadas em informações do histórico de vendas, fornecido por meio de relatórios da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2016), no período de 1957 a 2016. A estimativa de vendas futuras baseou-se na correlação do histórico de vendas dos caminhões com o PIB absoluto e pelas projeções realizadas no relatório da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2016) e no estudo da EPE (2016). Portanto:

- Quanto aos veículos convencionais (ciclo Diesel), considerou-se a taxa de vendas dos veículos comerciais leves e dos caminhões leve, semileve e médio como 5,84% a.a. de 2018 a 2025 e com 1,6% a.a. de 2026 até 2031;
- Para os veículos semipesados e pesados, considerou-se a taxa de 3,3% a.a. de 2017 a 2025 e com 0,7% a.a. de 2026 até 2031, fruto da transferência modal do transporte de carga do modo rodoviário para o ferroviário. Tendo como premissa a divisão modal apresentada anteriormente, tais taxas foram obtidas, com base nos resultados de consumo de energia e momento de transporte alcançados pela metodologia *top-down*.

Como hipótese para o futuro, em relação ao modo aquático, está previsto: (1) a ampliação da capacidade do porto de Itaguaí e do porto Sudeste; (2) o Porto de Açu vai adicionar 10 milhões de toneladas de capacidade ao parque; e (3) os Portos de Itaguaí e do Rio de Janeiro devem seguir experiências de sucesso utilizadas em portos Europeus, que possuem um agente articulador para operação de cargas, uma vez que, atualmente é descentralizado (SETRJ, 2012).

Quanto ao modo ferroviário, a MRS Logística, empresa que possui uma malha de 424 km no estado do Rio de Janeiro, está investindo em sua operação e tem estimativa de dobrar sua capacidade quando a operação do Terminal São Geraldo (TSG), inaugurada em 2016, atingir o pleno funcionamento. A FCA possui um traçado incapaz de atender o transporte de minérios, devido a sua baixa velocidade, logo, seu crescimento será tendencial, uma vez que, não é rentável investir em expansão e melhorias nas vias.

5.2.2 Resultados

Os resultados do estudo, ilustrados no Gráfico 5.3 apresentam a evolução do consumo do transporte de passageiro por fonte.

Apesar do aumento da participação de combustíveis renováveis (bio-diesel, eletricidade e álcool) de aproximadamente 8,77%, ainda haverá predominância dos combustíveis fósseis (derivados de petróleo e gás

natural) na matriz energética para o ano 2031 (75,81%). Os combustíveis de maior consumo em 2031 são gasolina, GNV e querosene, respectivamente, em decorrência do potencial do estado em produção de GNV e comercialização de kits de conversão, além do elevado fluxo de passageiros dos aeroportos de: Campos dos Goytacazes – Bartolomeu Lisandro; Aeroporto Internacional de Cabo Frio; Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão – Antônio Carlos Jobim; Aeroporto do Rio de Janeiro – Santos Dumont; e Aeroporto de Jacarepaguá – Roberto Marinho.

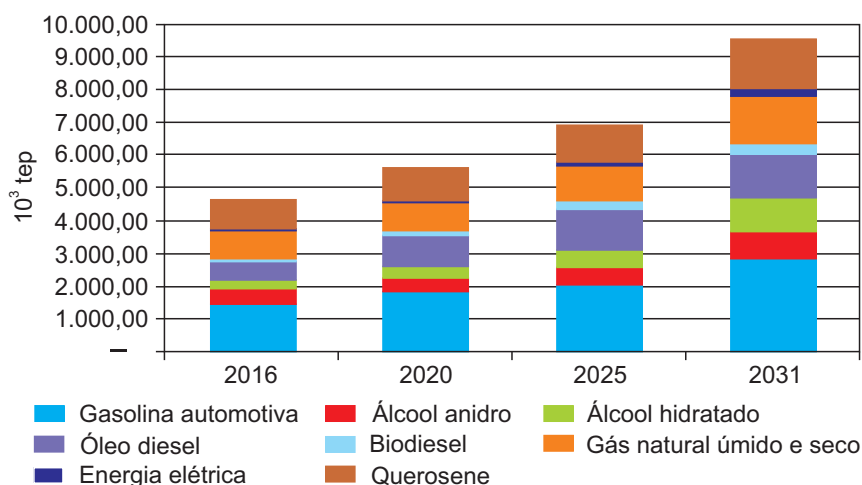


Gráfico 5.3 – Evolução do consumo do transporte de passageiros por fonte.

Fonte: Elaboração própria

O Gráfico 5.4 apresenta a evolução do consumo do transporte de carga por fonte.

Nota-se a predominância dos combustíveis de origem fóssil (85,30%) em 2031. No entanto, estima-se uma redução de sua participação, de aproximadamente 9,90% em relação ao ano base (2016). Neste cenário, tem-se o consumo majoritário de óleo diesel na matriz energética.

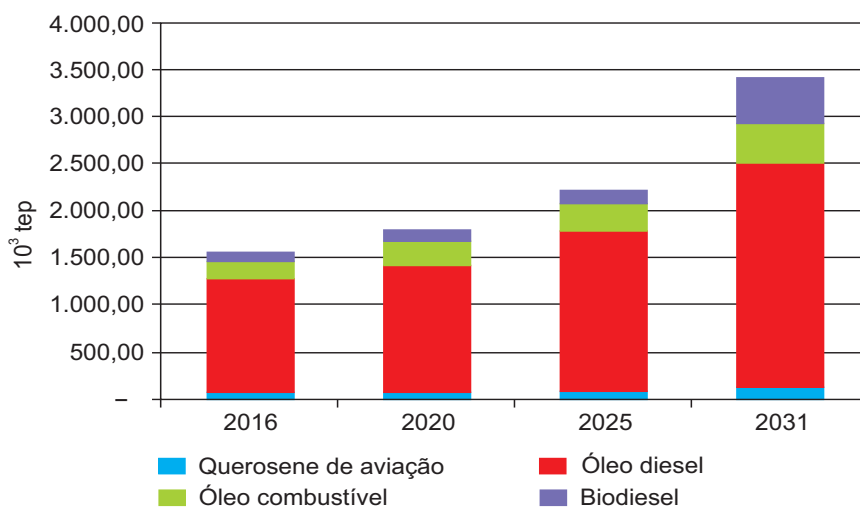


Gráfico 5.4 – Evolução do consumo do transporte de carga por fonte.

Fonte: Elaboração própria

5.3 CENÁRIO ALTERNATIVO

Neste item serão apresentadas as premissas relacionadas ao transporte de passageiro e carga do Cenário alternativo.

5.3.1 Premissas

Após pesquisa bibliográfica orientada pelas condições apresentadas até o momento e entrevistas não estruturadas com especialistas selecionados pela sua capacidade técnica (do meio acadêmico, de associações, federações e da iniciativa privada), elaborou-se as medidas consideradas no cenário alternativo no escopo de Energia, Infraestrutura, Intensidade e Atividade.

O Cenário Alternativo aproveita o potencial do Estado do Rio de Janeiro para produção e comercialização de cilindros gás natural veicular (GNV), além de kits de conversão, especialmente em decorrência da proximidade com as Bacias de Campos e Santos. Assim, busca-se estimular atividade econômica do estado. Para veículos leves, incentiva-se a redução do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA). Desta

forma, espera-se o aumento da participação de veículos convertidos para GNV, tanto de veículos particulares, como no transporte privado de passageiros (por exemplo, Uber, Cabify e 99 pop). Neste cenário, contempla-se a conversão de toda a frota de ônibus da MAN, veículos produzidos no estado, para sistema bicomustível Diesel e Gás até 2031. No ano base, a participação da MAN na frota circulante do Estado do Rio de Janeiro é de aproximadamente 20%, indicando o potencial de incremento da frota com sistema bicomustível Diesel e Gás.

Além de contemplar o potencial de produção e comercialização de GNV, o Cenário alternativo contempla uma maior participação do transporte público na matriz de transportes. Destaca-se a qualificação de parte da frota de ônibus, com incentivo à eletromobilidade (seguindo a tendência mundial) e não em veículos híbridos (por questão de eficiência energética e custos de manutenção). Assim, considerar-se-á a quase totalidade da frota de ônibus articulados como elétrica. Sugere-se, nesse contexto, a adoção de pavimentos de melhor qualidade e integração tarifária, como forma de incentivar a demanda de novos usuários pelo transporte público do Estado (metrô, BRT e BRS), captando usuários do transporte particular e prover recursos financeiros para implantação dessas melhorias.

Ainda em relação à eletromobilidade, indica-se uma maior participação da frota elétrica de veículos leves e caminhões leves/semileves, como forma de mitigação dos GEE e poluentes atmosféricos, além de aumento da eficiência energética para veículos com MCI (FAÇANHA *et al.*, 2012; SIMS *et al.*, 2014), desta forma, incentivando a sustentabilidade. Ademais, contempla-se a renovação da frota de caminhões (leves a pesados) e a utilização de veículos híbridos diesel-hidráulico na coleta de resíduos em área urbana da cidade do Rio de Janeiro.

No escopo da infraestrutura, tem-se a ampliação de faixas exclusivas para ônibus (NTU, 2015) com possibilidade de uso simultâneo de outros serviços de transporte público, tanto de passageiros (táxis e aplicativos de mobilidade) como de carga (distribuição física). Este último, será condicionado ao atendimento de requisitos como horário, área de atuação das operações de carga e descarga e certificação de operação (utilização de frota limpa).

No tocante aos sistemas de ônibus, a característica presente no ano base para a cidade do Rio de Janeiro é de competição entre linhas urbanas

convencionais com o sistema BRT. Nesse contexto, haverá readequação das rotas de ônibus convencionais, para que não captem usuários do BRT, além de haver incentivo à ampliação do BRS, por ser uma alternativa já em operação na cidade do Rio de Janeiro de baixo custo e rápida ampliação.

Em paralelo, estimula-se a interligação de ciclovias no intuito de desenvolver uma rede de ciclovias que atenda vários polos geradores de viagem, especialmente em decorrência da ampliação de serviços relacionados ao compartilhamento de bicicletas (*bike-sharing*). No escopo de regulação, insere-se novos *players* do transporte privado urbano (serviços de transporte privado de passageiros), com estímulo ao aumento da ocupação (p.km) destes veículos. Busca-se, também, adotar a tendência mundial de incentivo à economia compartilhada (*ride-sharing, carsharing*) em decorrência do aquecimento desse mercado dada melhora de rentabilidade.

Em resumo, essas ações refletem uma política voltada ao transporte ativo, incrementando a participação de novas formas de locomoção que não consideram o uso de veículos motorizados e promovam uma melhor distribuição do espaço urbano sem comprometer a mobilidade. Cita-se mudanças de atitudes e prioridades dos consumidores, bem como da rotina de deslocamentos casa-trabalho, tal como: utilização de *smartphones* para planejamento de viagens, aumento da distribuição física fracionada oriunda do comércio eletrônico e crescimento do *home office*.

Para o modo ferroviário, salienta-se aumento da utilização da rede, especificamente da Ferrovia Centro Atlântico (FCA) para o transporte de carga e do sistema de trens urbanos e metrô para o transporte de passageiros, capturando usuários de modos menos eficientes (p. ex. rodoviário).

5.3.2 Resultados

Assim como no Cenário de Referência, aplicou-se a mesma metodologia proposta neste estudo para o Cenário alternativo. Estimou-se, portanto, o consumo de energia referente ao transporte de passageiros, conforme ilustrado no Gráfico 5.5.

Em relação a matriz energética do transporte de passageiro, considera-se a predominância dos combustíveis de origem fóssil (derivados de petróleo e gás natural) de até 80,76%, em 2031. No entanto, estima-se

uma redução de sua participação, de aproximadamente 3,82%, considerando o período de 2016 a 2031. Ainda assim, há um aumento do consumo energético total inferior ao do Cenário de Referência. A explicação para esse comportamento decorre do aproveitamento substancial do GNV como fonte energética, além do querosene de aviação, que evitaram uma redução maior da participação de combustíveis fósseis, apesar do crescimento acentuado do consumo de energia elétrica e de biocombustíveis.

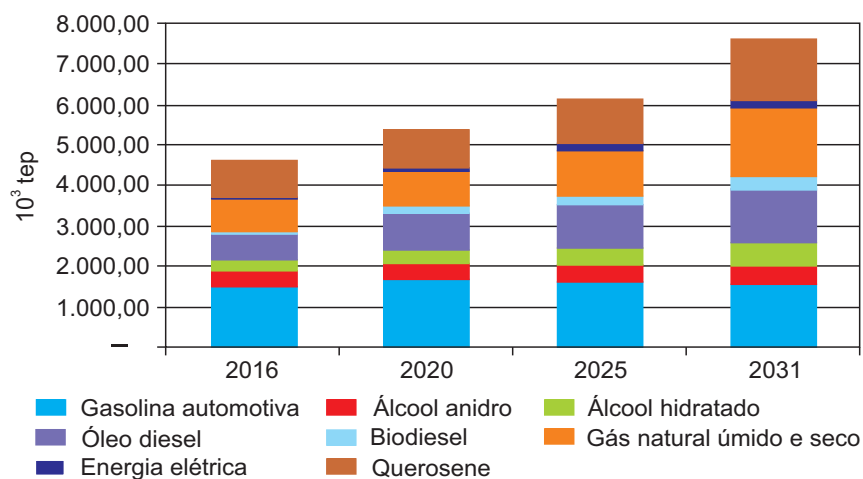


Gráfico 5.5 – Evolução do consumo do transporte de passageiros por fonte.

Fonte: Elaboração própria

No tocante ao transporte de carga, considera-se a predominância dos combustíveis de origem fóssil (derivados de petróleo) de até 87,10%, em 2031. No entanto, estima-se uma redução de sua participação, de aproximadamente 8,10%, considerando o período de 2016 a 2031. O Gráfico 5.6 apresenta a evolução do consumo do transporte de carga por fonte.

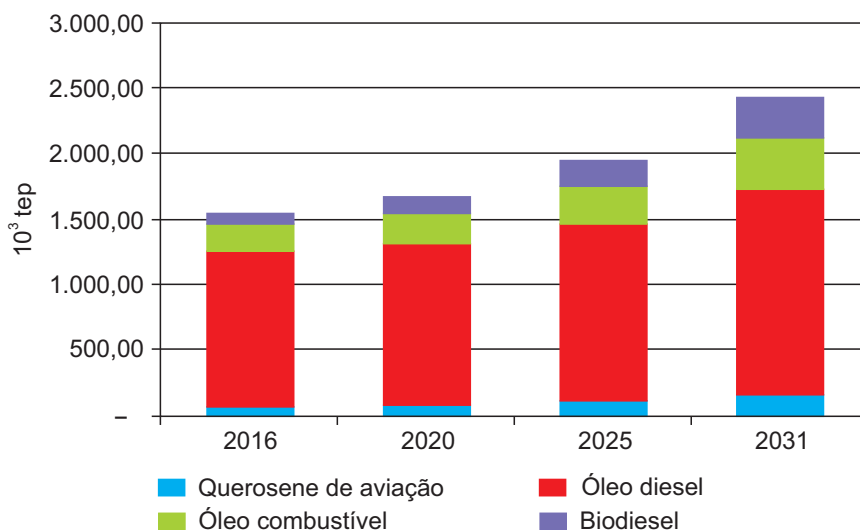


Gráfico 5.6 – Evolução do consumo do transporte de carga por fonte.

Fonte: Elaboração própria

5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS

Neste item, busca-se comparar os resultados do Cenário de Referência com o Cenário Alternativo, indicando o consumo por combustível e por modo (em 10^3 tep) para passageiros e carga.

5.4.1 Transporte de Passageiros

O Gráfico 5.7 compara a evolução do consumo, por fonte, do transporte de passageiros entre o Cenário de Referência e o Cenário Alternativo. É evidente que no ano base o consumo é igual para ambos os cenários. Em 2020, o Cenário Alternativo apresenta um consumo 4% inferior ao Cenário de Referência (5.382,05 ktep e 5.593,75 ktep respectivamente).

Para o ano de 2025, a redução do consumo de combustível é ainda maior, aproximadamente 11% e para o ano de 2031, a redução (comparando ambos os cenários) é de 20% para o Cenário Alternativo (7.611,36 contra 9.481,75 respectivamente). Essa diferença é em decorrência, so-

bretudo, de um crescimento menor do consumo de gasolina automotiva e óleo diesel no Cenário Alternativo, especialmente para o modo rodoviário, em decorrência da eletromobilidade, da divisão modal e da maior participação do transporte coletivo.

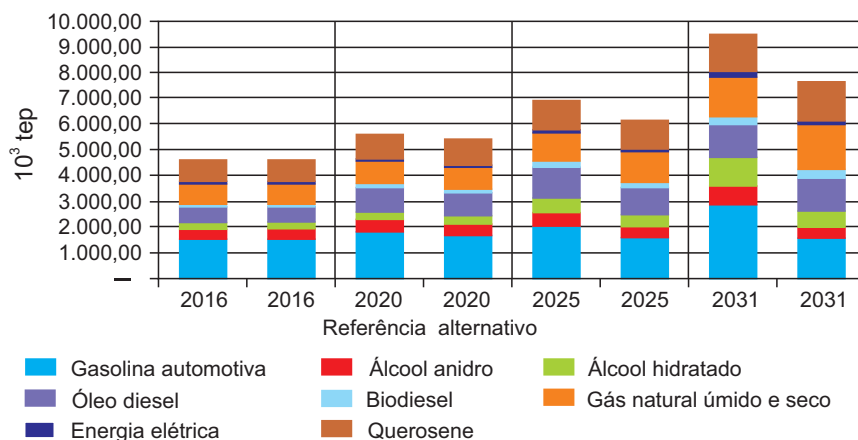


Gráfico 5.7 – Evolução do consumo do transporte de passageiros entre o Cenário de Referência e o Cenário Alternativo.

Fonte: Elaboração própria

5.4.2 Transporte de Carga

O Gráfico 5.8 compara a evolução do consumo, por fonte, do transporte de carga entre o Cenário de Referência e o Cenário Alternativo. Em 2031, o consumo no Cenário Alternativo é de 2.440,89 ktep, aproximadamente 29% inferior ao Cenário de Referência (3.418,28 ktep). O resultado reflete a substituição modal, diminuindo a participação do modo rodoviário em relação ao ferroviário, aquático e aéreo.

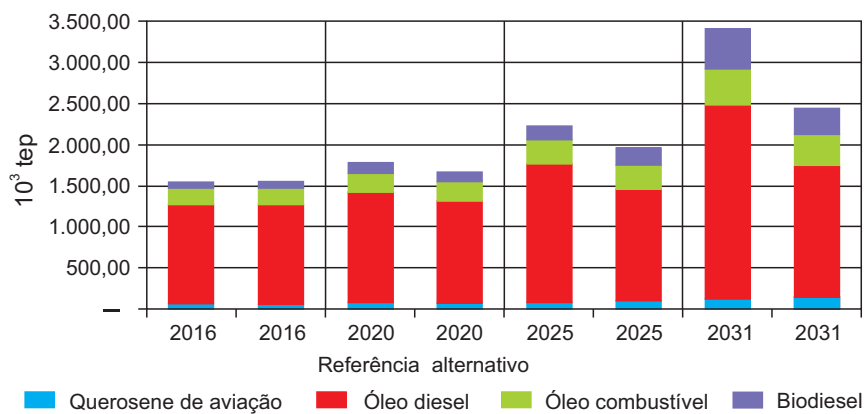


Gráfico 5.8 – Comparação do consumo para o transporte de carga.

Fonte: Elaboração própria



6

SETOR AGROPECUÁRIO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

O setor agropecuário representa apenas uma pequena porção do PIB do estado do Rio de Janeiro. De acordo com o CEPERJ, entre 2010 e 2016, o setor representou em média 0,47% do PIB estadual. Além disso, este setor é relativamente pequeno em relação ao restante do Brasil e possui uma produção heterogênea entre as diferentes regiões fluminenses. Na produção agrícola, destaca-se o Norte Fluminense com a produção canavieira. Na pecuária, destaca-se a criação bovina concentrada no Norte e Noroeste Fluminense enquanto e a criação de galináceos na região Metropolitana e Sul Fluminense.

Existe uma tendência de queda na utilização de terras por estabelecimentos agropecuários no estado do Rio de Janeiro desde 1970 para todos os usos, com exceção de pastagens, que tem cresceu consistentemente até 2006. Essa queda na destinação de terras para lavouras e no total de pastagens, correspondeu, de maneira geral, a uma queda ou estagnação da produção de produtos agropecuários em termos de quantidade produzida.

Segundo o Balanço Energético Estadual do Rio de Janeiro de 2016, o consumo energético do setor agropecuário representava apenas 0,16% do consumo total do estado. Os 31,1 ktep totais estimados de consumo, divididos em diesel (2%), eletricidade (91%) e lenha (7%).

Tabela 6.1 – Principais usos finais por subsetor Agropecuário

	Agricultura	Pecuária
Força Motriz	X	x
Aquecimento Direto	X	
Iluminação	X	X
Refrigeração		X

Fonte: Elaboração Própria

A demanda por força motriz é basicamente utilizada na irrigação e no funcionamento de máquinas e equipamentos agrícolas, e atendida basicamente por eletricidade e óleo diesel. O aquecimento direto, utilizado por exemplo na secagem de produtos, é realizado principalmente com base em eletricidade e lenha. A iluminação e a refrigeração são realizadas com base em eletricidade, a refrigeração, em especial, é utilizada em *freezers* industriais para o acondicionamento da carne e possui significância na análise do consumo energético da pecuária.

6.1.1 Agricultura e silvicultura

Segundo dados da Pesquisa Agrícola Municipal, produzido pelo IBGE, em 2016, a área destinada à produção agrícola do Rio de Janeiro correspondeu a 124 mil hectares plantados ou colhidos, principalmente de cana-de-açúcar nas regiões Norte e Noroeste e lavouras permanentes de café no Noroeste Fluminense e banana na região Metropolitana. Um *ranking* com base na área destinada à produção agrícola de dez culturas agrícolas regionais cobre 78,1% da área destinada a esta finalidade no estado, e evidencia a importância da produção de cana-de-açúcar na produção agrícola do estado, especialmente no Norte Fluminense.

Dados da Pesquisa Agrícola Municipal, apresentam também queda na área plantada fluminense desde a década de 1990, tanto em lavouras permanentes quanto em lavouras temporárias. Esta queda, entretanto, ocorre com crescimento da área irrigada, que tem aumentado a proporção de terras irrigadas no estado, e do rendimento médio das lavouras.

Dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro (Emater-Rio) corroboram com a verificação da queda da área de lavoura no estado. Segundo dados da empresa, a área plantada de lavoura no estado caiu 40% desde o ano de 2010, alcançando 134 mil hectares em 2016.

A silvicultura no estado é basicamente composta por plantações de eucalipto, que representa 97% dos 37,4 mil hectares plantados. Esta área se encontra principalmente nas regiões Centro (45,6%) e Sul (32,8%) fluminense.

6.1.2 Pecuária

Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal, realizada pelo IBGE, as criações mais significativas para o estado são as de bovinos (1,1%), galináceos (0,9%) e equinos (1,8%). A criação suína representa apenas 0,2% do total nacional. A criação de animais se encontra bastante distribuída entre as regiões, com a criação bovina e equina concentrada majoritariamente nas regiões Noroeste, Norte e Centro, e a criação de galináceos concentrada nas regiões Sul e Metropolitana.

Entre 1990 e 2016, o número de bovinos na região cresceu 25,3%, a de galináceos caiu 16,8% e a de equinos caiu 7,8%. Vale ressaltar que pastagens plantadas é a única categoria de utilização da terra que cresceu desde a década de 1970 no estado, em detrimento de pastagens naturais, lavouras e matas. Este aumento na área utilizada para produção de gado, entretanto, não foi suficiente para aumentar a participação fluminense no número de cabeças de gado, que permanece em torno de 1% desde 1990. Dados da Emater-Rio também indicam que o rebanho bovino tem crescido de forma sustentada no estado desde 2010, a taxas de 3,1% ao ano, totalizando um crescimento total de 20,4% entre 2010 e 2016, chegando a 2,5 milhões de cabeças em 2016.

6.2 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Para o cenário de referência, considerou-se que a produção por hectare das culturas cresce a uma taxa de 1% a.a., valores condizentes com as taxas de crescimento médio desta variável nos últimos 20 anos e com a maior disseminação do uso da irrigação. Em contrapartida, considerou-se que a área plantada de lavouras temporárias e permanentes segue constante em 124 mil hectares, reduzindo a produção total em volume, conforme pode ser observado na Tabela 4.7¹².

Com relação à mecanização da colheita da cana-de-açúcar, foi estabelecido que a Lei ordinária estadual nº 5990, de 20 de junho de 2011, que trata do fim da queima da palha da cana no estado até 2024. A lei determina que, até 2020, todas as áreas passíveis de mecanização com mais de 100 hectares não poderão utilizar este método. Como suposto, considerou-se que o principal limitante para introdução da mecanização da colheita seria o tamanho da área de lavoura¹³. Considerou-se que no ano de 2020, 100% dos estabelecimentos com área de lavoura maior que 100 hectares adotariam a colheita mecanizada e, a partir deste ano, a prática passaria a se difundir a taxas de 1% a.a. Com relação à silvicultura, considerou-se um crescimento gradual da área plantada até 300 mil hectares em 2031¹⁴.

Para a estimação da área irrigada, partiu-se de informações do crescimento da área irrigada fluminense de 1980 até 2006, contidas no Censo Agropecuário (IBGE, 2006). Considerou-se que o crescimento da área irrigada continuaria a trajetória verificada no estado entre 1995 e 2006, de 0,82% a.a. O abate cresce em média 5,6% a.a. no período. A perspectiva positiva para o setor pecuário fluminense está ligada ao fortalecimento do

¹² Estimativas de especialistas da Emater-Rio baseadas nas vendas de equipamentos de irrigação mostram que a tendência de aumento pode ter sido interrompida para o estado após 2006.

¹³ Utilizou-se como referência a distribuição das terras por tamanho área de lavoura no município de Campo dos Goytacazes contido no Censo Agropecuário (IBGE, 2006).

¹⁴ Supôs-se que dos 631 mil hectares previstos para silvicultura no Decreto nº 45.597 de 10 de março de 2016, 300 mil seriam aproveitados até 2031.

setor agropecuário fluminense motivado por políticas públicas, como o Rio Carne que visa aumentar a participação local na produção de carnes. A trajetória de crescimento destas variáveis se encontra na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Evolução da produção Agropecuária

	2016	2021	2026	2031
Área Irrigada (mil ha)	84,4	97,9	91,6	95,4
Área Plantada de Lavouras (mil ha)	124	124	124	124
Área de Silvicultura (mil ha)	101,5	127	200,75	300
Produção de Grãos (mil ton)	28,8	30,3	31,9	33,5
Abate (mil ton)	121,2	174	249,5	336,9
Colheita Mecanizada de Cana (%)	42	67	71	74

Fonte: Elaboração Própria

Outras hipóteses adotadas neste trabalho foram as de que: (i) a operação de máquinas e equipamentos agrícolas é realizada com base no óleo diesel; (ii) o aquecimento direto para secagem de grãos utiliza apenas a lenha como fonte de energia; (iii) a irrigação, a refrigeração e a operação de máquinas e equipamentos na pecuária utilizam apenas a eletricidade durante o período; (iv) a partir de 2018, a iluminação passa a ser 100% baseada em lâmpadas fluorescentes.

6.2.1 Resultados

Após a caracterização do setor, exposição da metodologia de cálculo e das hipóteses referentes à modelagem, esta seção expõe os resultados das projeções de consumo de energia para o cenário de referência. Abaixo serão apresentados o consumo energético projetado por subsetor, fonte energética e uso final. O consumo total de energia do setor agropecuário cresce 60% no período ligado principalmente à agricultura e silvicultura, muito embora a pecuária aumente sua participação nesse consumo, como pode ser observado no Gráfico 6.1.

O aumento da participação do setor pecuário se dá devido à expectativa de crescimento da atividade de abate, que é intensiva em eletricidade para a refrigeração. O consumo de diesel aumenta devido à suposição de que a tendência à maior intensidade no consumo de diesel da produção

agrícola, com a mecanização da colheita de cana, e devido ao crescimento da silvicultura no estado, fazendo com que alcance o patamar de 22%. Já o consumo de lenha aumenta, ao aumento na produção de grãos dado pelo aumento esperado na produtividade, portanto, da necessidade do uso de lenha para secagem de grãos. O consumo de energia no setor permanece fundamentalmente ligado à geração de força motriz para a irrigação e máquinas agrícolas. O consumo de energia para refrigeração e iluminação aumenta seguindo o crescimento da participação relativa da pecuária no setor. Já a necessidade de energia para secagem de grãos diminui, ligada à hipótese de queda da produção de grãos no estado.

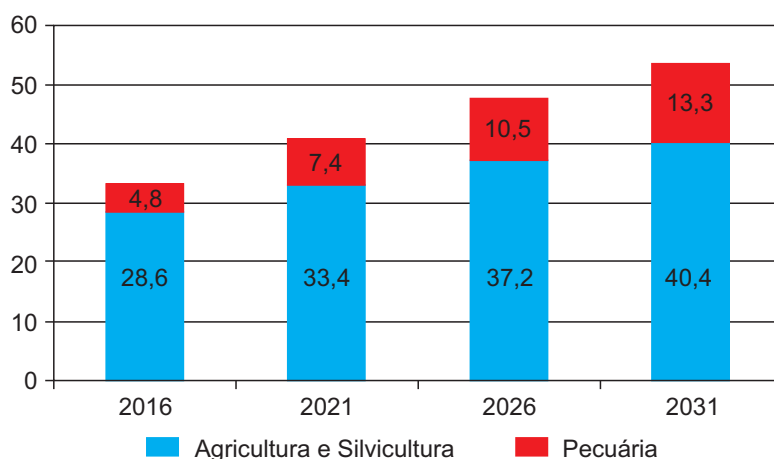


Gráfico 6.1 – Evolução do Consumo por Subsetor até 2031 – Agropecuária

Fonte: Elaboração Própria

6.3 CENÁRIO ALTERNATIVO

Após uma extensa pesquisa, as medidas de política energética consideradas para o setor agropecuário estão expostas na Tabela 6.3.

A substituição de lâmpadas fluorescentes compactas por LED nos aviários implica num consumo de eletricidade menor para a mesma produção no setor pecuário. A renovação de canaviais afeta a produtividade dos canaviais por hectare, permitindo uma mesma produção com um menor

consumo de energia e contribuindo para mitigar parte do aumento na intensidade no consumo de diesel na agricultura. A expansão dos canaviais contribui para um aumento na produção de biocombustíveis dentro do estado. Por fim, a repotencialização de motores nos frigoríficos contribui para a redução no consumo de eletricidade para a refrigeração no setor pecuário. As premissas para o Cenário Alternativo estão especificadas abaixo.

Tabela 6.3 – Subsetores em que as medidas serão aplicadas

	Agricultura	Pecuária
Lâmpadas LED em aviários		X
Renovação e expansão de canaviais	X	
Repotencialização de motores e eliminação de vazamentos		X

Fonte: Elaboração própria

6.3.1 Iluminação em aviários

As medidas para o uso final de iluminação partem do pressuposto de promover um cenário mais otimista quanto à proporção de lâmpadas do tipo LED utilizadas pela avicultura. Segundo Ribeiro (2015), a substituição de lâmpadas fluorescentes compactas por lâmpadas LED de fluxo luminoso e de temperatura de cor semelhantes pode gerar uma economia média de 43,5% no consumo de energia neste setor. Com a adoção desta medida, considerando-se as premissas desta análise e os valores de emissões da matriz de geração elétrica de 2016, poderiam ser evitadas a emissão de 5,9 tCO₂e. Foi considerado que entre 2018 e 2031, as lâmpadas do setor aviário sejam substituídas por LED, alcançando 100% de penetração no setor ao final do período.

Esta medida torna-se ainda mais vantajosa no contexto atual, onde o preço de lâmpadas LED tem apresentado fortes reduções nos últimos anos (Guarinello, 2013). Esta tecnologia de iluminação apresenta as vantagens de ser reciclável e de não contaminar o ambiente no qual é descartada, diferentemente das lâmpadas fluorescentes que possuem mercúrio em sua composição. Devido a estes benefícios sugere-se o esforço de divulgação dos benefícios da lâmpada LED no setor para acelerar a adoção desta tecnologia em todos os setores.

6.3.2 Renovação e expansão de canaviais

No Cenário Alternativo considerou-se a possibilidade do aumento de ganhos de produtividade relacionados à renovação anual de 20% dos canaviais. Considerou-se que com a implantação desta medida, associada a tendência de crescimento de produtividade dos canaviais, poderia aumentar gradualmente a produtividade média dos canaviais para 100 ton/ha até 2031. Isto poderia contribuir para amortecer a tendência de aumento de consumo de diesel por hectare, que está associado ao aumento da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, e permitir um crescimento da produção com menores impactos em termos de consumo de diesel.

Neste cenário considerou-se também um aumento da área plantada de cana-de-açúcar, de maneira que as 4 usinas em operação no estado atingissem 80% da capacidade nominal da produção de etanol em 2031¹⁵ e continuasse crescendo na mesma taxa até 2031. Considerou-se, adicionalmente que a produção de cana utilizada com este fim estabilizaria em 50% até 2031, sendo que a outra parte seria utilizada para produção de açúcar. O aumento da área associado ao crescimento da produtividade permitiria um crescimento da produção canvieira no estado, chegando à 170 mil hectares 2031. Além de aumentar a produção, a expansão da área plantada poderia contribuir para a geração de empregos. Em 2014, segundo dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED, MTE, 2016), o total de empregos formais no setor foi de 1.941, o que significa 2,1 empregos a cada cem hectares. Moraes (2007) demonstra que a mecanização de colheita está associada a redução no número de empregos formais na etapa de cultivo. Nesse contexto, a renovação das lavouras e a expansão da área plantada poderiam contribuir para amenizar a perda de empregos derivadas da mecanização da colheita que apresentam tendência a queda, apresentando um nível de empregados 80% maior em relação ao cenário de referência em 2031¹⁶.

¹⁵ Saindo de um patamar de 13,3% em 2014.

¹⁶ Um cálculo simplificado, com base em dados do MTE (2016), no qual a mecanização futura substitui inteiramente os empregados mostra que o número de empregos formais criados pela cana-de-açúcar no cenário alternativo em 2030 geraria 1211 em-

6.3.3 Refrigeração

No caso do consumo de eletricidade para refrigeração, considerou-se a possibilidade de ganhos de 9,7% ligados à repotencialização de motores e eliminação de vazamentos, com base em Frozza (2013). Considerou-se que medidas semelhantes poderiam melhorar a eficiência do consumo de eletricidade com o fim de uso na refrigeração de carnes nos frigoríficos, sob um investimento anualizado¹⁷ de R\$ 1.162,14 para cada mil toneladas produzidas. Desta forma seria possível economizar 7,1% adicionais de energia no setor até 2031. A adoção desta medida, considerando a produção e as emissões associadas à geração de eletricidade de 2014, poderia evitar a emissão de aproximadamente 2,3 tCO₂eq a cada mil toneladas de carcaça refrigeradas.

Os impactos da adoção das medidas elencadas nesta seção serão apresentados na seção seguinte.

6.3.4 Resultados

Após a caracterização do setor, exposição da metodologia de cálculo e das hipóteses referentes à modelagem, esta seção expõe os resultados das projeções de consumo de energia para o Cenário Alternativo. Abaixo serão apresentados o consumo energético projetado por subsetor, fonte energética e uso final. O consumo total de energia do setor agropecuário cresce 13% no período ligado principalmente à atividade pecuária, como pode ser observado no Gráfico 6.2.

O aumento da participação do setor pecuário se dá devido à expectativa de crescimento da atividade de abate, que é intensiva em eletricidade para a refrigeração. O consumo de diesel aumenta devido à suposição de que a tendência à maior intensidade no consumo de diesel da produção agrícola, com a mecanização da colheita de cana, e devido ao crescimento da silvicultura no estado, fazendo com que a alcance o patamar de 26,5%. Já o consumo de lenha

pregos formais, enquanto o de referência apresentaria 427 empregos formais. No ano de 2014, existiam 1941 empregos formais na atividade de cultivo de cana-de-açúcar.

¹⁷ Utilizou-se para isto uma taxa de desconto de 8% e uma vida útil de 10 anos das máquinas.

aumenta, ao aumento na produção de grãos dado pelo aumento esperado na produtividade, portanto, da necessidade do uso de lenha para secagem de grãos. O consumo de energia no setor permanece fundamentalmente ligado à geração de força motriz para a irrigação e máquinas agrícolas. O consumo de energia para refrigeração e iluminação aumenta seguindo o crescimento da participação relativa da pecuária no setor.

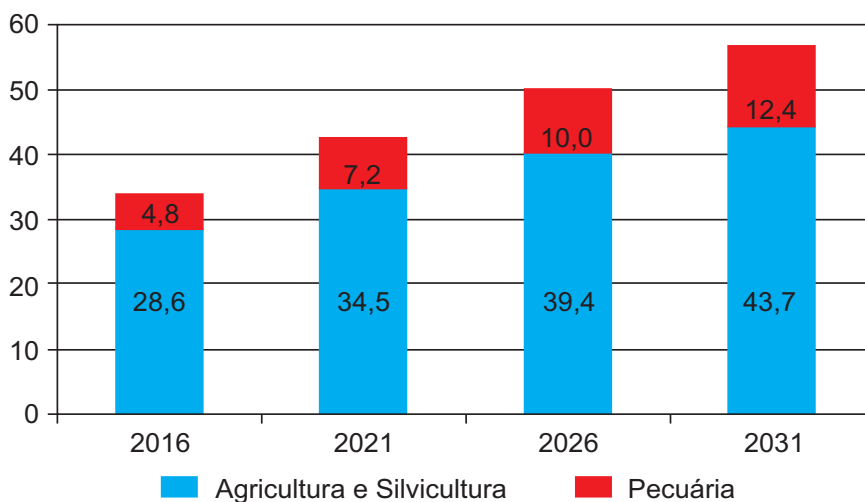


Gráfico 6.2 – Evolução do Consumo por Subsetor até 2031 – Agropecuária

Fonte: Elaboração Própria

6.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS

Como podemos ver no Gráfico 6.3, no Cenário de Referência, observa-se um consumo de energia maior que o do cenário alternativo.

Isso ocorre devido à política de expansão dos canaviais considerada no Cenário Alternativo, que busca atender a capacidade instalada das usinas de cana do estado até 2031. Sendo assim, a economia de energia de 7% no setor de pecuário é contrabalanceada por um consumo 8% maior no setor de agricultura e silvicultura.

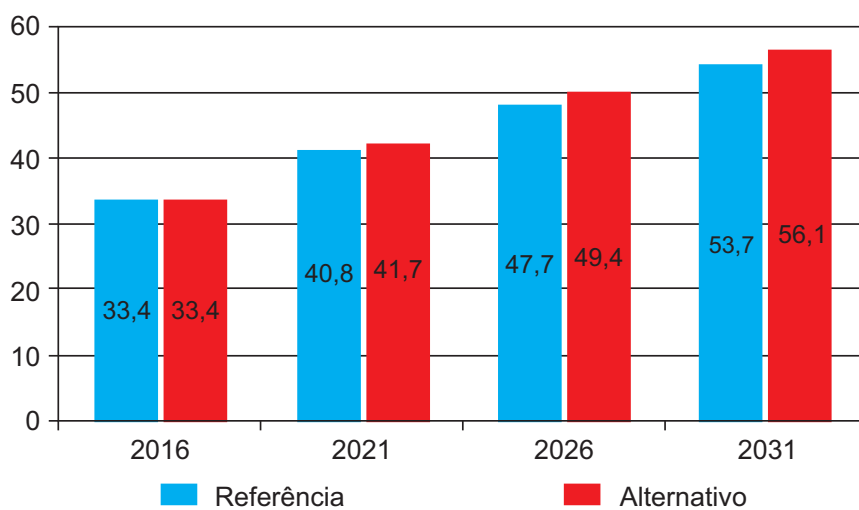


Gráfico 6.3 – Consumo de Energia por Uso Cenário até 2031 – Agropecuária



7

OFERTA DE ENERGIA

7.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

O estado do Rio de Janeiro conta com importantes recursos energéticos, os quais foram fundamentais para os níveis de desenvolvimento que atingiu, quando comparados aos demais estados da federação brasileira. Entre estes recursos, destacam-se o petróleo e o gás natural, que atualmente respondem por mais de 65 % da produção nacional de hidrocarbonetos (ANP, 2017). Este volume já foi superior a 80 % da produção nacional.

As reservas de petróleo e de gás natural estão localizadas predominantemente na Bacia de Campos e a produção está baseada em operações *offshore* de exploração e produção. O estado conta ainda com duas refinarias, uma de grande porte, a REDUC, e uma de pequeno porte, a refinaria de Manguinhos, além de dois polos de processamento de gás natural. Um deles, situado na própria REDUC e o outro, situado no Terminal de Cabiúnas, no Município de Macaé.

O Rio de Janeiro produz etanol hidratado e biodiesel, mas não é um grande produtor de biocombustíveis, devido, principalmente, à pouca expressão da atividade agrícola do estado. Atualmente, há apenas quatro usinas produtoras no estado do Rio de Janeiro, com capacidade instalada total de 1.060 m³/dia de etanol hidratado.

7.2 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

A capacidade de refino de petróleo e gás será expandida com a entrada em operação do COMPERJ, que atenderá principalmente a Região Sudeste. Devido aos atrasos que vêm ocorrendo e as dificuldades financeiras da Petrobras, o complexo petroquímico do COMPERJ foi considerado a partir de 2026, e a sua UPGN a partir de 2020, nas simulações do cenário de referência.

Segundo dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2015), apenas 46,4% do potencial hidráulico estadual foi explorado. Existem no estado do Rio de Janeiro algumas usinas hidrelétricas em construção e usinas que foram homologadas, mas que ainda não tiveram suas obras iniciadas

O 26º Leilão de Energia Nova A-6, realizado no dia 20 de dezembro de 2017, resultou na contratação de 3.841,6 MW de potência, equivalentes a 2.736,6 MW médios de Energia Contratada. Desse total de 2.736,93 MW médios contratados, 1.870,9 MW médios são provenientes de dois empreendimentos termelétricos a gás natural, situados no Rio de Janeiro: Vale Azul II (466,31 MW) e Porto do Açú III (1672,6 MW). No cenário de referência considerou-se a entrada dessas duas termelétricas no ano de 2023 e a expansão do Porto do Açú, de aproximadamente 1.000 MW, em 2026.

No Cenário de Referência a termelétrica do COMPERJ e a usina termonuclear de Angra III entrarão em operação no ano de 2026.

Apesar dos índices de irradiação solar no estado do Rio de Janeiro permitirem o uso da tecnologia fotovoltaica, não existe, atualmente, nenhuma planta de geração fotovoltaica centralizada e é pouco provável que projetos no estado do Rio de Janeiro se logrem vencedores nos leilões regulados de energia nova. Existem outras regiões do Brasil com melhor potencial de geração fotovoltaica e que podem oferecer a energia a um preço menor. Por outro lado, na geração distribuída o potencial é maior, pois a decisão de investir é individual do consumidor de energia. Essa decisão irá depender de muitos fatores, como a tarifa de energia da distribuição, custo de instalação, programas de incentivo, financiamentos, etc. Para o cenário de referência, estimou-se uma curva de penetração gradual para a energia fotovoltaica distribuída, chegando a uma capacidade total de 923 MW em 2031.

Quanto às usinas eólicas, assim como às fotovoltaicas, há outras regiões do Brasil com maior potencial. Entretanto, é possível que, havendo-se apro-

veitado os melhores sítios das regiões Nordeste e Sul do país, o estado do Rio de Janeiro se torne mais competitivo nessa área. Além disso, o Governo Federal pode decidir pela realização de leilões específicos para a região Sudeste, tendo em vista o fato de que a maior parte da carga do Sistema Interligado Nacional (SIN) está localizada nesta região. Dessa forma, nas simulações, será considerada a potência atual instalada de 28 MW e a instalação de novas usinas eólicas no Rio de Janeiro, em pequena quantidade, perfazendo um total de 118 MW e 246 MW de potência instalada, em 2026 e 2031, respectivamente.

Não foi considerada geração elétrica a partir de biomassa para o cenário de referência.

Neste cenário foi considerada a produção da Usina Gás Verde que será transferida do aterro de Gramacho para o aterro de Seropédica. O início de operação da planta está previsto para o ano de 2019. O biometano produzido no aterro de Seropédica será enviado para a rede de distribuição da CEG. Também foi considerado o aproveitamento energético do biogás na futura planta CTR Macaé para geração de energia elétrica com potência instalada inicial de 1 MWe. A previsão para o início de funcionamento é março de 2018, com previsão de expansão da capacidade instalada para 2 MWe em 2021 e para 3 MWe em 2031.

No Estado do Rio de Janeiro está localizada a USINAVERDE, que é uma planta piloto de Recuperação Energética (URE) de resíduos sólidos. No entanto, no cenário de referência não foram consideradas novas plantas de geração de eletricidade ou calor com o uso de resíduos urbanos.

7.2.1 Resultados

O Gráfico 7.1 mostra a evolução dos perfis de produção de derivados de petróleo em 2016 e em 2031, no estado do Rio de Janeiro¹⁸. Como pode ser observado, este perfil não varia de forma significativa no horizonte da projeção, notadamente há uma maior conversão de óleo combustível em óleo diesel, claramente em virtude da entrada em operação do COMPERJ, planta de elevada complexidade.

¹⁸ Querosene inclui uma parcela mínima de querosene iluminante, ainda produzido na REDUC, e querosene de aviação.

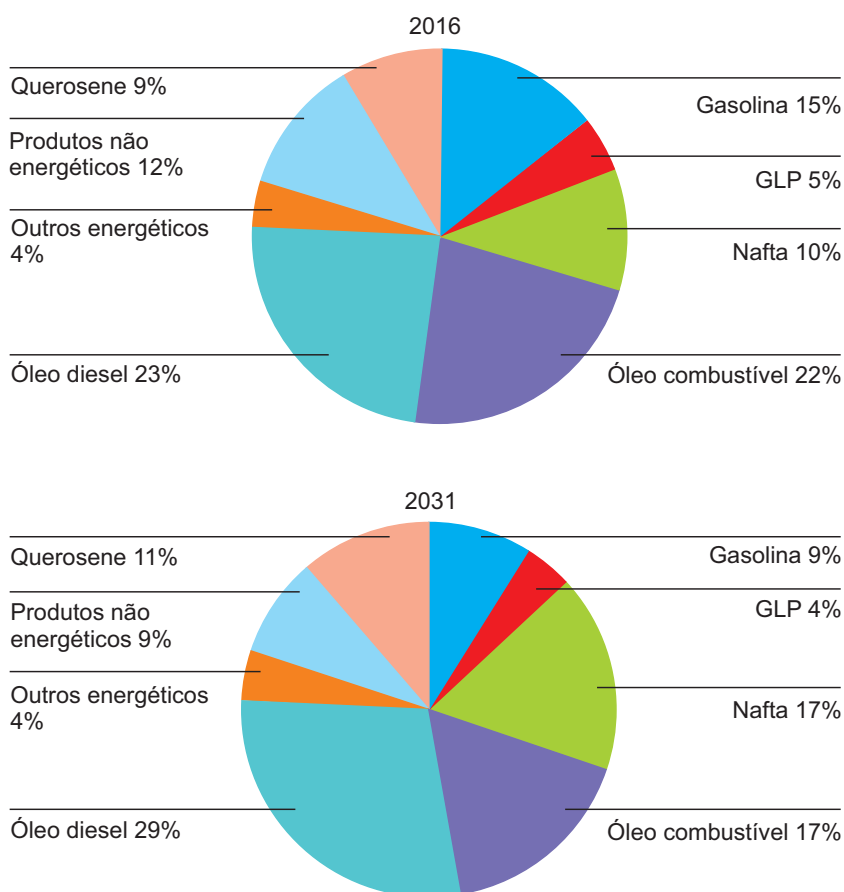


Gráfico 7.1 – Perfil de Produção de Derivados de Petróleo em 2016 e 2031

O Gráfico 7.2 e o Gráfico 7.3 mostram a Oferta Interna de Energia (OIE) nos anos de 2026 e 2031, de acordo com os resultados das simulações. No cenário de referência a oferta interna de energia continuará predominantemente fóssil. Apesar do aumento da utilização de derivados da cana de açúcar e de outras fontes renováveis, com destaque para a solar fotovoltaica distribuída, a participação das fontes fósseis sofrerá uma redução pequena em termos percentuais, de 76,7% para 73,9%, entre os anos de 2026 e 2031. A participação das renováveis continuará equivalente a 11,8% do total da oferta interna de energia para o mesmo período.

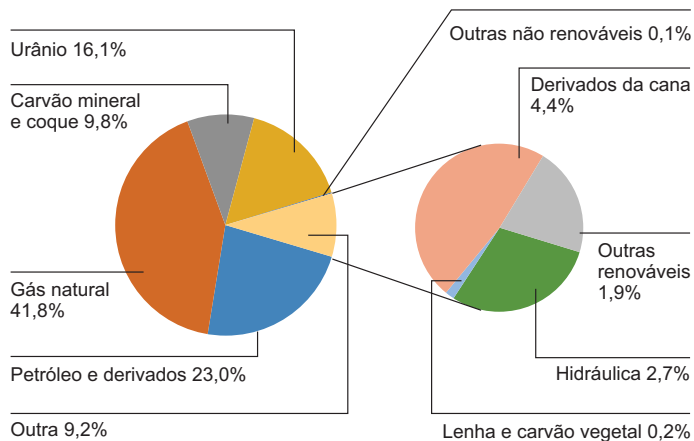


Gráfico 7.2 – Matriz Energética 2026

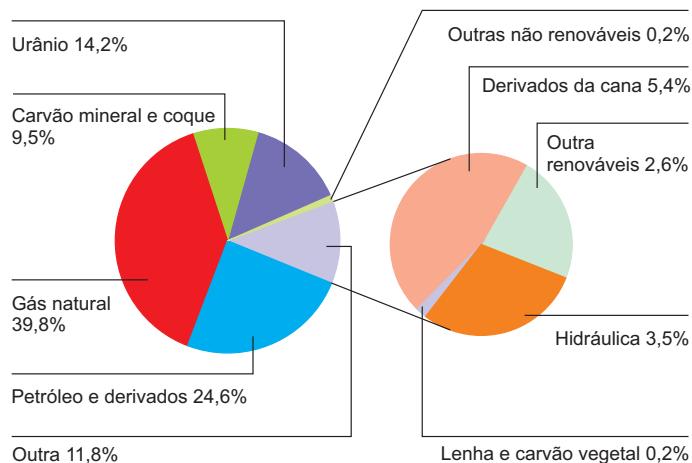


Gráfico 7.3 – Matriz Energética 2031

A capacidade instalada de energia elétrica passará de 8.459 MW, em 2016, para 14.528 MW, em 2031. A maior parte dessa expansão ocorre com o uso de gás natural devido a entrada das termoeletricas Vale Azul II (466,31 MW) e Porto do Açú III (1672,6 MW), em 2023, além da expansão de 1.000 MW da capacidade instalada do Porto do Açú prevista para 2026. Também ocorre um aumento da fonte nuclear devido a entrada de Angra 3,

em 2026. A geração fotovoltaica merece destaque a partir de 2026 com uma participação de 437 MW. Em 2031, a solar fotovoltaica atinge a capacidade de 923 MW, como mostra o Gráfico 7.4.

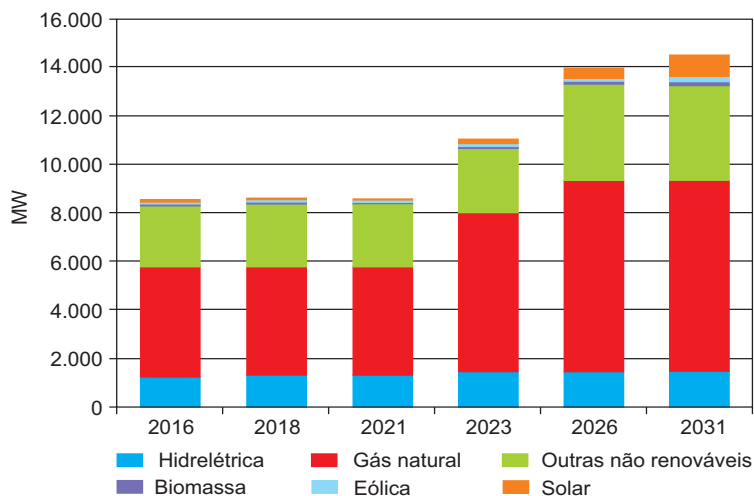


Gráfico 7.4 – Expansão da capacidade instalada

O perfil de geração de eletricidade por fonte é mostrado no Gráfico 7.5.

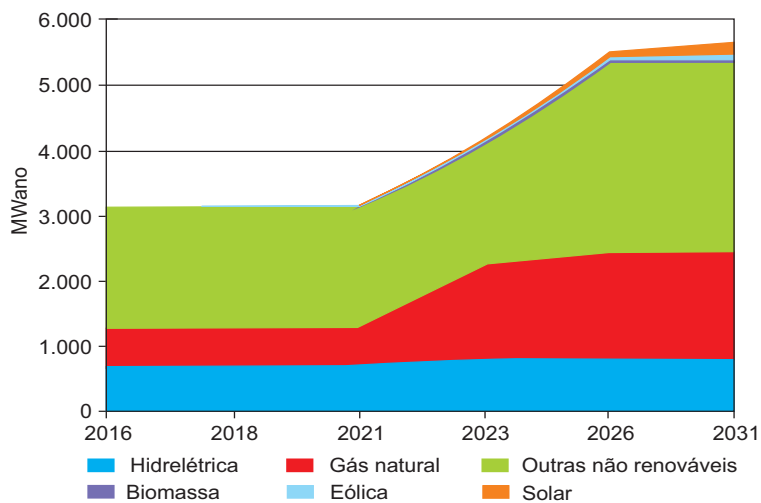


Gráfico 7.5 – Geração de Energia Elétrica por Fonte

7.3 CENÁRIO ALTERNATIVO

7.3.1 Premissas

Neste cenário foram consideradas as termelétricas Vale Azul II (466,31 MW) e Porto do Açú III em 2023 (1.672,6 MW), no entanto, não foi considerada a expansão de 1.000 MW do porto do Açú, em 2026.

O Cenário Alternativo não contempla a instalação de plantas fotovoltaicas centralizadas em relação ao cenário de referência. Por outro lado, na geração fotovoltaica distribuída houve um aumento significativo da potência instalada, atingindo um total de 746 MW e 2.085 MW instalados em 2021 e 2031, respectivamente.

Nas simulações foram consideradas a potência instalada de 28 MW atualmente e a instalação de novas usinas eólicas no Rio de Janeiro, em pequena quantidade, perfazendo um total de 78 MW e 178 MW de potência instalada, em 2026 e 2031, respectivamente.

Há um grande potencial no Estado do Rio de Janeiro para geração de eletricidade por cavaco de eucalipto. No cenário alternativo considerou-se uma potência instalada de 100 MW para o ano de 2031.

No Cenário Alternativo foi considerado um aumento na produtividade das usinas e um aumento na área plantada, de modo a aumentar a oferta de etanol produzido no estado e também de energia elétrica a partir da queima do bagaço, totalizando 110 MW e 150 MW de capacidade instalada, em 2026 e 2031, respectivamente.

A estimativa de geração de energia elétrica com o tratamento de resíduos para o Estado do Rio de Janeiro foi a instalação de uma planta de 20 MW, em 2026.

7.3.2 Resultados

A oferta interna de energia dos anos 2026 e 2031 são mostradas no Gráfico 7.6 e no Gráfico 7.7. O mesmo comportamento do cenário de referência pode ser observado no cenário alternativo. A oferta interna de energia continuará predominantemente fóssil e sofrerá uma redução pequena em termos percentuais, de 76,1% para 73,1%, entre os anos de 2026 e 2031. Apesar de ter sido utilizada uma projeção significativamente maior da geração fotovoltaica distribuída no cenário alternativo, as capacidades

instaladas de geração elétrica e de combustíveis com base renovável são menores que as capacidades instaladas para os empreendimentos baseados em combustíveis fósseis. Essa característica resulta em uma pequena redução do percentual de renováveis durante o período de 2026 a 2031.

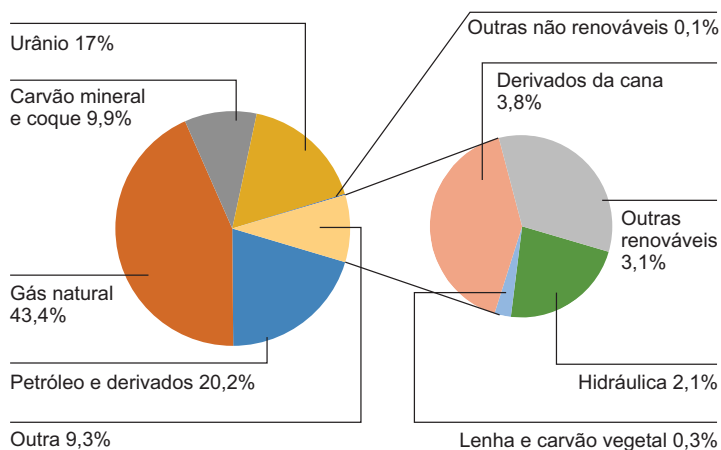


Gráfico 7.6 – Matriz Energética 2026

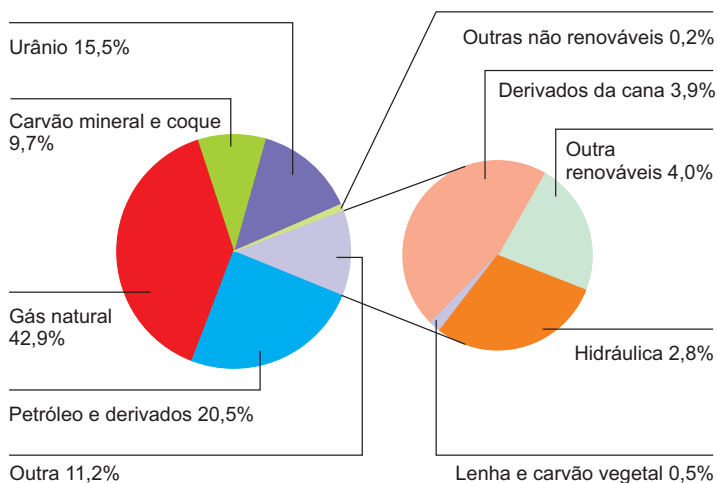


Gráfico 7.7 – Matriz Energética 2031

No setor de energia elétrica, a capacidade instalada total ficou ligeiramente maior que a capacidade instalada do cenário de referência conforme Gráfico 7.8. Apesar de não ter sido considerada a expansão de Porto do Açu para o ano de 2026, premissa utilizada no cenário de referência, houve um aumento significativo na capacidade instalada da energia fotovoltaica, que atinge 2.085 MW, em 2031. Também é possível observar um aumento da participação de outras fontes renováveis, especialmente biomassa e eólica, a partir de 2026.

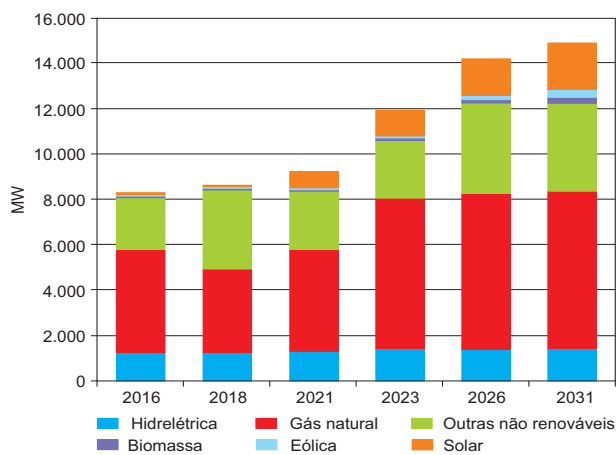


Gráfico 7.8 – Capacidade instalada por ano

A geração de energia por fonte é mostrada no Gráfico 7.9.

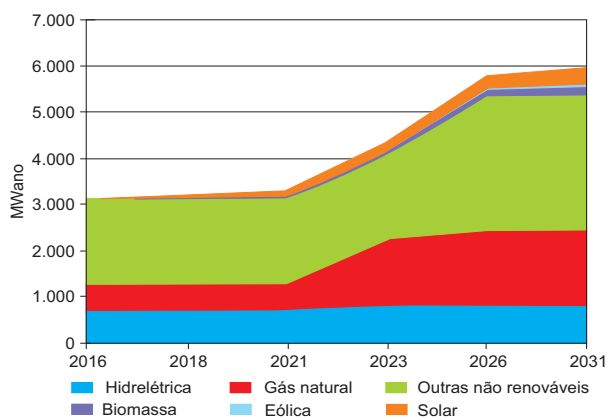


Gráfico 7.9 – Geração de energia elétrica por fonte no cenário alternativo

7.4 COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS

No cenário de referência, destaca-se que a capacidade instalada de geração de energia elétrica passa de 8.459 MW, em 2016, para 14.528 MW, em 2031. A maior parte dessa expansão, como foi visto ocorre com o uso de gás natural devido a entrada das termoeletricas Vale Azul II (466,31 MW) e Porto do Açú III (1672,6 MW), em 2023, além da expansão de 1.000 MW da capacidade instalada do Porto do Açú, prevista para 2026. Também ocorre um aumento da fonte nuclear com a entrada de Angra 3, em 2026. A geração fotovoltaica merece destaque a partir de 2026 com uma participação de 437 MW. Em 2031, a solar fotovoltaica atinge a capacidade de 923 MW.

No setor de energia elétrica, a capacidade instalada total ficou ligeiramente maior que a capacidade instalada do cenário de referência. Apesar de não ter sido considerada a expansão de Porto do Açú para o ano de 2026, premissa utilizada no Cenário de Referência, houve um aumento significativo na capacidade instalada da energia fotovoltaica, que atinge 2.085 MW, em 2031. Também é possível observar um aumento da participação de outras fontes renováveis, especialmente biomassa e eólica, a partir de 2026.

Em relação à oferta interna de energia, ou seja, a matriz energética do estado, pode-se notar que no cenário de referência ela continuará predominantemente fóssil. Apesar do aumento da utilização de derivados da cana de açúcar e de outras fontes renováveis, com destaque para a solar fotovoltaica distribuída, a participação das fontes fósseis sofrerá uma redução pequena em termos percentuais, de 76,7% para 73,9%, entre os anos de 2026 e 2031. A participação das renováveis continuará equivalente a 11,8% do total da oferta interna de energia para o mesmo período.

O mesmo comportamento pode ser observado no cenário alternativo. A oferta interna de energia continuará predominantemente fóssil e sofrerá uma redução pequena em termos percentuais, de 76,1% para 73,1%, entre os anos de 2026 e 2031. Apesar de ter sido utilizada uma projeção significativamente maior da geração fotovoltaica distribuída no Cenário Alternativo, as capacidades instaladas de geração elétrica e de combustíveis com base renovável são menores que as capacidades instaladas para

os empreendimentos baseados em combustíveis fósseis. Essa característica resulta em uma pequena redução do percentual de renováveis durante o período de 2026 e 2031.

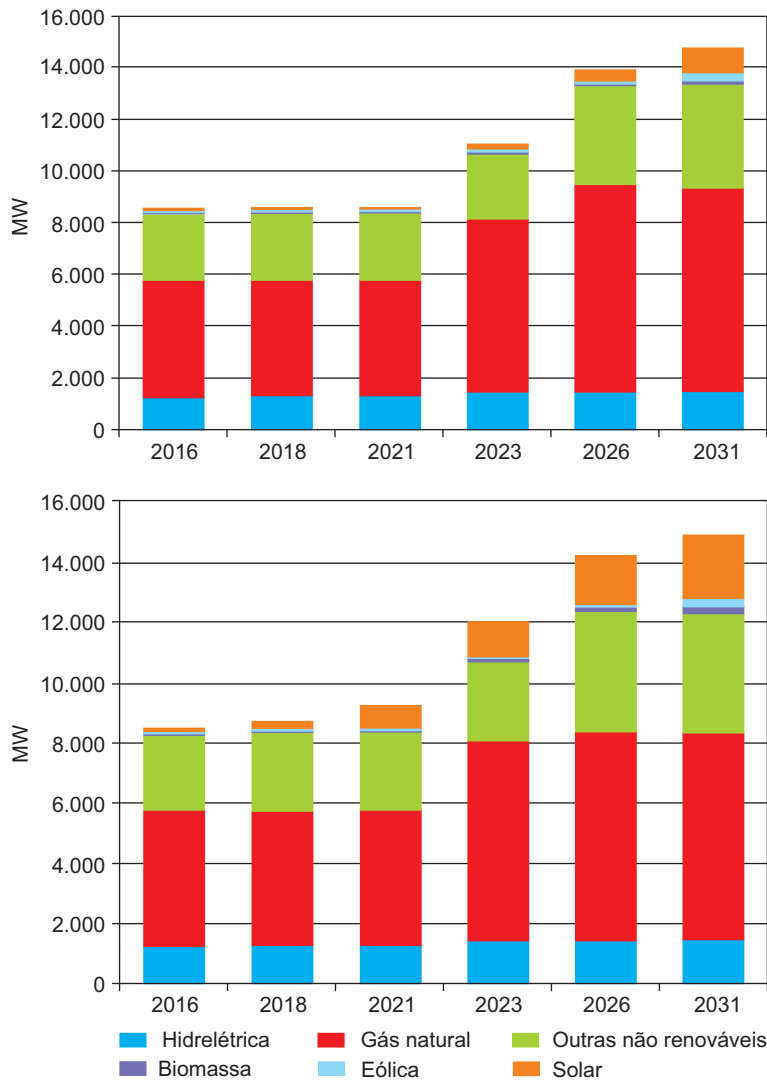


Gráfico 7.10 A – Expansão da Capacidade de Geração nos Cenários

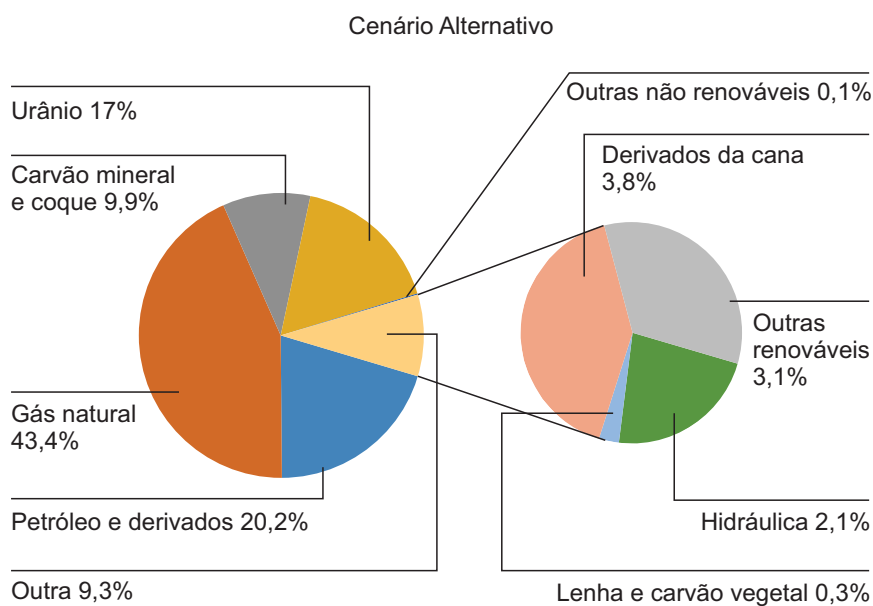
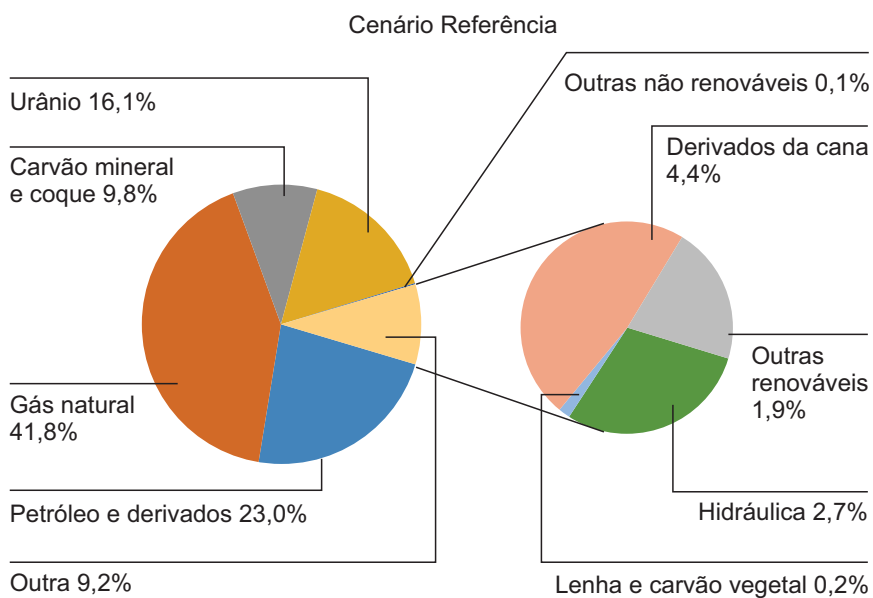


Gráfico 7.11 – Comparação Oferta Interna de Energia – 2026

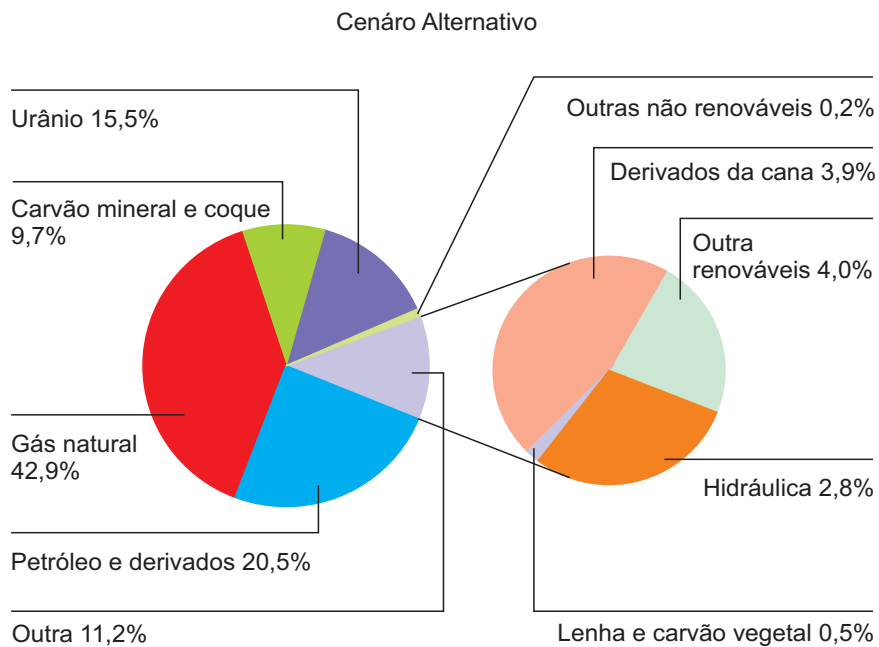
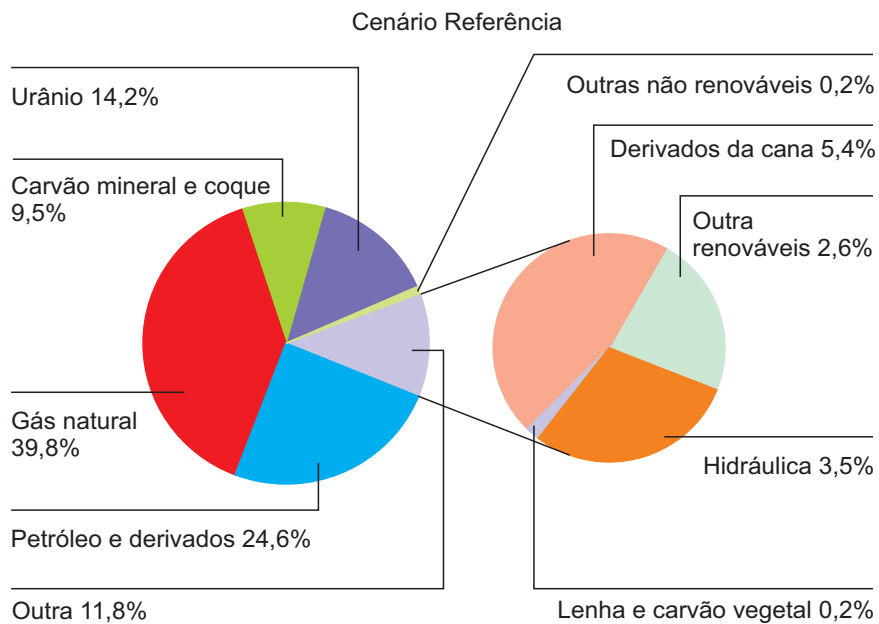


Gráfico 7.12 – Comparação Oferta Interna de Energia – 2031



8

ANÁLISE, CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

8.1 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Da análise dos resultados, pode-se perceber que a matriz energética do estado do Rio de Janeiro é fortemente dependente de combustíveis fósseis. Isso se deve ao fato de o estado ser o principal produtor de petróleo e gás natural do Brasil. Por outro lado, o estado é um grande exportador de energia, como se pode notar no Gráfico 8.1, que mostra a destinação da oferta total de energia do estado. Essa ainda é a tendência que deve permanecer no horizonte de tempo do estudo.

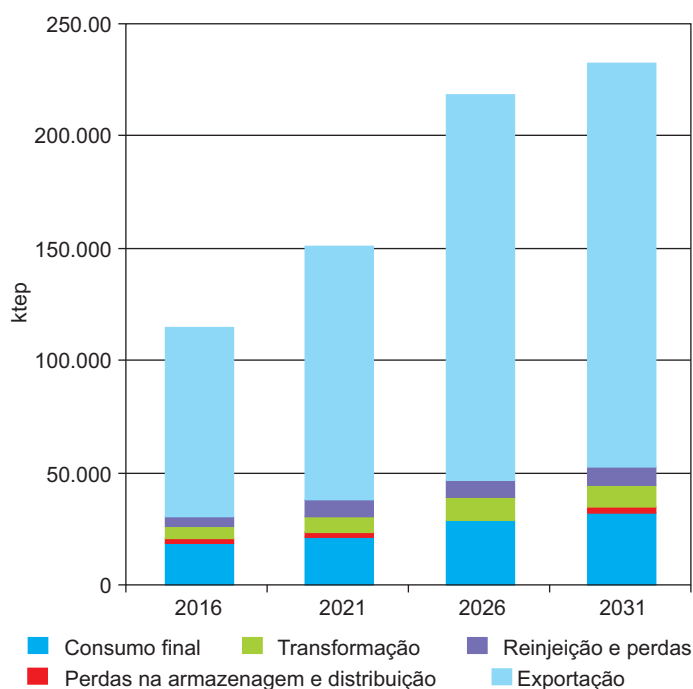


Gráfico 8.1 – Destino da Oferta Total de Energia do Estado

Fonte: Elaboração própria

O estado é também caracterizado pelo uso de fontes modernas de energia, tais como eletricidade, gás natural, GLP, entre outras. O consumo de lenha é pequeno e isto se reflete no baixo de consumo médio de energia final da população, quando comparado com a média nacional que foi de 1,24 tep/*per capita* em 2016. Por outro lado, o consumo de energia elétrica da população é maior que a média nacional (2,52 MWh/cap). A Tabela 8.1 apresenta tais indicadores para os anos 2016, 2021, 2026 e 2031.

Tabela 8.1 – Indicadores de Uso de Energia

Uso de Energia	2016	2021	2026	2031
Consumo Final de Energia <i>per Capita</i> (tep/cap)	1,13	1,31	1,63	1,89
Consumo Final de Eletricidade <i>per Capita</i> (MWh/cap)	3,04	3,29	3,81	4,19

Fonte: Elaboração própria

A produtividade da geração de energia, por outro lado, é inferior à média nacional. Isto pode ser observado a partir dos indicadores da oferta de energia e da oferta de eletricidade que na média nacional são respectivamente 46 tep/milhão R\$ e 92 MWh/milhão R\$. A Tabela 8.2 apresenta os indicadores de produtividade da matriz energética do estado para o horizonte de tempo do estudo.

Tabela 8.2 – Indicadores de Produtividade

Indicadores	2016	2021	2026	2031
Oferta Interna de Energia por PIB (tep/106 R\$ 2016)	38,96	42,28	46,35	44,22
Oferta Eletricidade per PIB (MWh/106 R\$ 2016)	82,46	82,53	83,23	77,77

Fonte: Elaboração própria

Outros indicadores também são importantes de serem apresentados para mostrar o nível de sustentabilidade energética do estado do Rio de Janeiro. Dentre eles, pode-se citar as intensidades energéticas de vários setores, definidas como a razão entre o consumo final de energia de um setor e o seu valor adicionado. No caso do setor residencial, o consumo final foi dividido pelo número de domicílios. No setor de transportes, o consumo final foi dividido pelo PIB do estado do Rio de Janeiro. A intensidade energética total foi calculada dividindo-se a oferta interna de energia pelo PIB, como mostra a Tabela 8.3.

Tabela 8.3 – Intensidade Energética Total e por Setor

Indicadores	2016	2021	2026	2031
Intensidade Total (tep/106 R\$)	28,74	31,10	33,72	33,34
Indústria (tep/106 R\$)	22,56	21,56	20,58	19,26
Agropecuária (tep/106 R\$)	10,97	12,15	12,17	11,55
Serviços (tep/106 R\$)	3,10	2,96	2,76	2,60
Residência (tep/ mil domicílios)	294,42	295,51	299,00	313,79
Transporte (tep/106 R\$)	9,45	10,72	11,65	12,96

Fonte: Elaboração própria

Pode-se notar que os setores produtivos, de um modo geral, têm ficado menos intensivos no consumo de energia. Isto pode ser explicado pelo aumento das tarifas de energia elétrica e dos combustíveis. No setor residencial, por outro lado, há um aumento da intensidade energética, que pode ser explicado pelo aumento da renda da população, que se reflete no aumento do consumo de energia. O setor de transporte, da mesma maneira, fica mais intensivo em energia, mostrando a necessidade de investimentos em melhorias na mobilidade urbana.

Outra característica da matriz energética do estado que difere bastante da nacional é a forte dependência de fontes não renováveis. Enquanto no Brasil 43% da oferta interna de energia vem de fontes renováveis, no estado Rio de Janeiro este percentual não deve ultrapassar 10% ao longo do horizonte da projeção. No caso da geração de energia elétrica, o perfil é similar, como mostra a Tabela 8.4.

Tabela 8.4 – Diversificação das Fontes

	2016	2021	2026	2031
Energia não renovável	88%	87%	92%	90%
Petróleo e derivados	26%	28%	24%	26%
Gás natural	34%	34%	42%	40%
Carvão mineral e derivados	13%	12%	10%	9%
Urânio (U3O8) e derivados	15%	13%	16%	14%
Outras não renováveis	0%	0%	0%	0%
Energia renovável	12%	13%	8%	10%
Hidráulica e eletricidade	8%	8%	3%	4%
Lenha e carvão vegetal	0%	0%	0%	0%
Derivados da cana-de-açúcar	3%	4%	4%	5%
Outras renováveis	0%	0%	0%	1%
Geração de eletricidade	-	-	-	-
Hidrelétrica	22%	22%	14%	14%
Gás natural	19%	18%	30%	29%
Outras não renováveis	59%	58%	53%	52%
Biomassa	0%	1%	0%	0%
Eólica	0%	0%	1%	1%
Solar	0%	0%	1%	3%

Fonte: Elaboração própria

Obviamente, o elevado percentual de participação das fontes fósseis de energia se reflete nas emissões de gases de efeito estufa, cuja média também é superior à média nacional, que foi de 2,16 tCO₂/hab e 0,07 tCO₂/mil US\$ em 2016. A Tabela 8.5 mostra os indicadores de emissão no estado.

Tabela 8.5 – Emissão de Gases de Efeito Estufa

	2016	2021	2026	2031
Emissões (MtCO ₂)	67,11	85,21	100,89	112,89
Emissões <i>per capita</i> (t CO ₂ /hab)	4,03	5,00	5,82	6,44
Emissões/PIB (t CO ₂ /103 US\$)	0,10	0,12	0,12	0,11

Fonte: Elaboração própria

Pelos indicadores apresentados, verifica-se que a quase totalidade da população fluminense tem acesso a fontes modernas de energia (tais como, eletricidade, gás natural e GLP). Apesar disso, muito ainda pode ser feito para aumentar o grau de renovabilidade, diversidade e segurança da matriz energética do estado do Rio de Janeiro.

8.2 CENÁRIO ALTERNATIVO

Mesmo com as medidas propostas no Cenário Alternativo, a matriz energética do estado do Rio de Janeiro ainda permanece dependente de combustíveis fósseis, principalmente pelo fato de o estado ser o principal produtor de petróleo e gás natural do Brasil. E, da mesma maneira que se verifica no cenário de referência, o estado se apresenta como grande exportador de energia, como se pode notar no Gráfico 8.2.

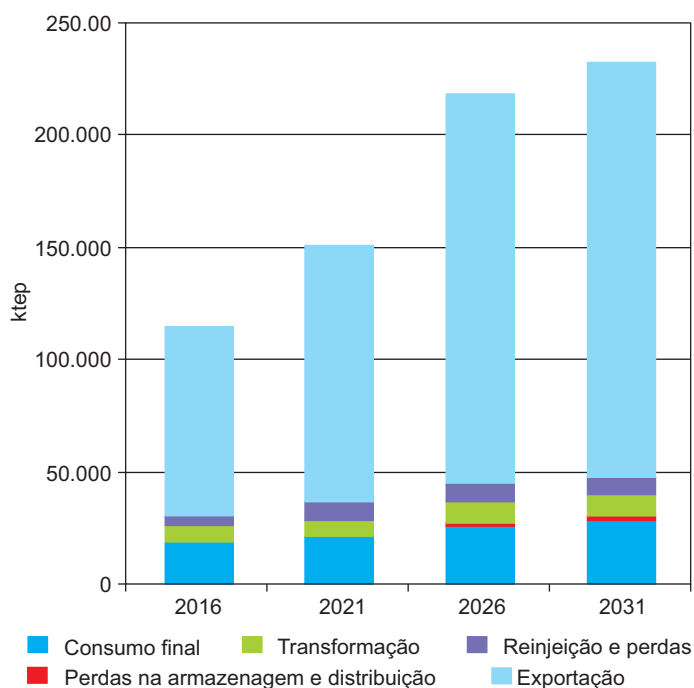


Gráfico 8.2 – Destino da oferta total de energia – cenário alternativo

Fonte: Elaboração própria

As medidas de eficiência energética propostas para os setores econômicos resultaram em um menor consumo de energia e em substituição de fontes. Com isso, tanto o consumo de energia final *per capita*, quanto o consumo de energia elétrica ficaram menores comparado ao cenário de referência, como mostra a Tabela 8.6.

Tabela 8.6 – Indicadores de Uso de Energia

Indicador de energia	2016	2021	2026	2031
Uso de Energia				
Consumo Final de Energia <i>per Capita</i> (tep/cap)	1,13	1,27	1,52	1,69
Consumo Final de Eletricidade <i>per Capita</i> (MWh/cap)	3,04	3,28	3,77	4,11

Fonte: Elaboração própria

A produtividade da geração de energia praticamente não se alterou, como mostra a Tabela 8.7, o que também é explicado pelo fato de o estado ser exportador líquido de energia.

Tabela 8.7 – Indicadores de Produtividade

Indicadores	2016	2021	2026	2031
Oferta Interna de Energia por PIB (tep/106 R\$ 2016)	38,98	40,21	43,03	39,69
Oferta Eletricidade per PIB (MWh/106 R\$ 2016)	82,46	82,06	82,12	76,21

Fonte: Elaboração própria

Pelo lado da demanda, nota-se uma menor intensidade energética no cenário alternativo em todos os setores, devido à introdução de medidas de eficiência energética e a medidas de melhoria na mobilidade urbana, como mostra a Tabela 8.8.

Tabela 8.8 – Intensidade Energética Total e por Setor

Indicadores	2016	2021	2026	2031
Intensidade Total (tep/106 R\$)	28,75	30,17	31,51	29,71
Indústria (tep/106 R\$)	22,61	21,15	19,69	17,95
Agropecuária (tep/106 R\$)	10,97	12,10	12,05	11,37
Serviços (tep/106 R\$)	3,10	2,96	2,71	2,50
Residencial (tep/ mil domicílios)	294,42	293,40	293,56	304,29
Transportes (tep/106 R\$)	9,45	10,03	10,01	10,10

Fonte: Elaboração própria

Em relação à diversificação das fontes, mesmo com a introdução da geração solar fotovoltaica, do aumento da geração a biomassa e da redução da geração a gás natural o Rio de Janeiro ainda deve continuar com forte presença de fontes não renováveis, como mostra a Tabela 8.9.

Tabela 8.9 – Diversificação das Fontes

TIPO DE ENERGIA	2016	2021	2026	2031
Energia não renovável	88%	87%	92%	91%
Petróleo e derivados	26%	27%	21%	22%
Gás natural	34%	35%	44%	44%
Carvão mineral e derivados	13%	12%	10%	10%
Urânio (U3O8) e derivados	15%	13%	17%	15%

Tabela 8.9 – Diversificação das Fontes (*continuação*)

TIPO DE ENERGIA	2016	2021	2026	2031
Outras não renováveis	0%	0%	0%	0%
Energia renovável	12%	13%	8%	9%
Hidráulica e eletricidade	8%	8%	2%	3%
Lenha e carvão vegetal	0%	0%	0%	0%
Derivados da cana-de-açúcar	3%	4%	4%	4%
Outras renováveis	0%	1%	1%	2%
Geração de eletricidade	-	-	-	-
Hidrelétrica	22%	22%	14%	13%
Gás natural	19%	18%	29%	28%
Outras não renováveis	59%	56%	50%	49%
Biomassa	0%	1%	2%	3%
Eólica	0%	0%	0%	1%
Solar	0%	4%	5%	6%

Fonte: Elaboração própria

De qualquer forma, as emissões de gases de efeito estufa no cenário alternativo são 11% menores que as do cenário de referência em 2031, como mostra a Tabela 8.10.

Tabela 8.10 – Emissões de Gases de Efeito Estufa

INDICADOR	2016	2021	2026	2031
Emissões (MtCO ₂)	67,16	80,35	92,49	100,57
Emissões <i>per capita</i> (t CO ₂ /hab)	4,04	4,72	5,33	5,74
Emissões/PIB (t CO ₂ /103 US\$)	0,10	0,11	0,11	0,10

Fonte: Elaboração própria

8.3 CONCLUSÕES

Apesar das medidas de eficiência energética e de promoção de fontes renováveis propostas no cenário alternativo, nota-se que a participação de fontes fósseis ainda continuará significativa, pelo fato de ser um grande produtor de petróleo e gás natural. Dessa maneira, é importante que a receita deste setor (incluindo os *royalties*) sejam revertidas para adoção das medidas propostas neste estudo que podem se refletir em melhoria da mobilidade urbana e da competitividade da indústria.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABEGAS. ABEGÁS – Prumo quer começar construção da UTE Novo Tempo no início de 2018. 2017. Disponível em: <<http://www.abegas.org.br/Site/?p=63576>> Acesso em: 19 de agosto de 2017.

ABILUX. Associação Brasileira de Indústria de Iluminação. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/>>. Acesso em: 01 de julho de 2016.

ABRACICLO, Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas. ABRACICLO, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares, 2016.

ABRAS – Associação Brasileira de Supermercados. Supermercados mantém a capacidade de investir em meio à adversidade. Disponível em: <<http://www.abras.com.br/economia-e-pesquisa/ranking-abras/analises-especiais/>>. Acesso em: 28 de abril de 2016.

ABRASCE – Associação brasileira de shopping centers. Números do setor. Disponível em: <<http://www.portaldoshopping.com.br/monitoramento/numeros-dos-estados>>. Acesso em: 21 de abril de 2016.

ABRASCE – Associação Brasileira de Shopping Centers. Guia de shoppings center. Disponível em: <<http://www.portaldoshopping.com.br/monitoramento/numeros-dos-estados>>. Acesso em: 01 de agosto de 2017.

ABRASCE – Associação Brasileira de Shopping Centers. Saga Malls planeja shopping center no centro do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.abrasce.com.br/noticia/3277>>. Acesso em: 10 de agosto de 2017.

ABRAVA – Associação brasileira de refrigeração, ar condicionado, ventilação e aquecimento. Setor de hotéis no Brasil. Disponível em: <<http://www.abrava.com.br/arquivos/3/b9129f53a61c0a600e4a2d5614f80ef2.pdf>>. Acesso em: 25 de abril de 2016.

ACHÃO, C. C. L. Análise da estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro. 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético/COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

AGUIAR, A. C. J.; SZKLO, A. S.; SCHAEFFER, R.; COHEN, C. Projeção do consumo energético brasileiro no setor residencial: 2005-2035. In: Congresso Brasileiro de Energia, 12, 2008, Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro: CBE/COPPE/UFRJ, 2008.

AHERJ – Associação brasileira dos hospitais do Rio de Janeiro. Hospitais filiados. Disponível em: <<http://www.aherj.com.br/quem-somos/hospitais-filiados/>>. Acesso em: 14 de abril de 2016.

Amaral, F. A. “Informações sobre taxa de vendas de veículos do tipo ônibus (híbrido e elétrico)”, Comunicação pessoal, diretor do Grupo Volvo Buses Latin America, Rio de Janeiro, 2015.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração distribuída – Unidades consumidoras com geração distribuída. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Distribuidora.asp>. Acesso em: 10 de agosto de 2017a.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL, 24 de maio de 2017b.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. 2016. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 10 de novembro de 2015.

ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf>, 2016.

ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017>>, 2017.

BACEN,. Focus - Relatório de Mercado. Banco Central do Brasil. Rio de Janeiro, 2017.

BACEN-Banco Central do Brasil. 2017. “Boletim Regional – Região Sudeste”, Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/boletimregional/direita.asp?idioma=P&ano=2017&acaoAno=ABRIR&mes=04&acaoMes=ABRIR>>. Acesso em: agosto de 2017.

BANCO MUNDIAL. “Banco Mundial Aumenta a Previsão de Preço do Petróleo para 2017”. 2017. Comunicado à Imprensa. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/pt/news/press-release/2016/10/20/world-bank-raises-2017-oil-price-forecast>>. Acesso em: agosto de 2017.

BRASIL. Lei nº 13.280 de 3 de maio de 2016. Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Portaria interministerial nº 1.007 de 2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/904396/Portaria_interministerial+1007+de+31-12-2010+Publicado+no+DOU+de+06-01-2011>. Acesso em: 06 de junho de 2016.

BYD,. Installation Manual and User Manual for BYD Double Glass Photovoltaic Modules, 2017.

C40 e IDB. Low Carbon Technologies can transform Latin America’s Bus Fleets. C40 Cities Climate Leader Group (C40) e Inter-American Development Bank (IDB), 2013.

CEG. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2010. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297131796450/142%5C827%5CrelatoCre-CEG2010,2.pdf>>. Acesso em: 11 de agosto de 2016a.

CEG. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297131796397/572%5C104%5CrelatoCrelat2011,0.pdf>>. Acesso em: 11 de agosto de 2016b.

CEG. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2012. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297143857145/relatorio2012_miolo_cce_fz.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016c.

CEG. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2013. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297142474605/GNF_RelatorioAnual2201_2014.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016d.

CEG. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2014. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297147500929/Rel.AnualCEG_2014_20032015_CAs.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016e.

CEG. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2015. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297151841807/05_CEG_informe_anuan_2016_web,0.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016f.

CEG RIO. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2010. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297131796542/524%5C799%5CrelatoCre-CEGRIO2010.pdf>>. Acesso em: 11 de agosto de 2016a.

CEG RIO. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297131796432/64%5C492%5CrelatorCrelator2011.pdf>>. Acesso em: 11 de agosto de 2016b.

CEG RIO. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2012. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297135210388/relatorio2012_miolo_ccegri_fz.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016c.

CEG RIO. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2013. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297142469731/CEGRIO_miolo_relarela13_14.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016d.

CEG RIO. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2014. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297147689178/Informe_CegRio_2014.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016e.

CEG RIO. GÁS NATURAL FENOSA. Informe Anual 2015. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gasnaturalfenosa.com.br/servlet/ficheros/1297151861784/CEGRIO_informe_ananu_completo_2016_web.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2016f.

CEPAL. Monitorando la eficiencia energética em América Latina. Santiago. Setembro de 2016.

CEPERJ. Centro de Estatísticas Estudos e Pesquisa, CEPP. Fundação CEPERJ. Rio de Janeiro, 2017.

COHEN, C; MARTINS, V; WEISS, M. Introdução da Geração Distribuída no Programa de Eficiência Energética da Light: Uma Simulação de Microgeração Solar na Comunidade da Mangueira. In: XVI Congresso Brasileiro de Energia, 2015, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2015. v. C. p. 1-20.

CONPET. Consulta de Aquecedores de Água a Gás – Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <<http://consultaaquecedores.petrobras.com.br/Forms/TabelaConsumo.aspx>>. Acessado em: 20 de junho de 2016a.

CNI, 2017. Perfil da Indústria nos Estados. Disponível em: <<http://perfilestados.portal-daindustria.com.br/>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2017.

COMPET. Consulta de Fogões e Fornos a Gás – Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <<http://consultafogoes.petrobras.com.br/Forms/TabelaConsumo.aspx>>. Acesso em: 20 de junho de 2016b.

D'AGOSTO, M. A. et al. Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro. COPPETEC, 2011.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Sistema Nacional de Viação – SNV, atualizado até 30/05/2015. Rio de Janeiro, 2015.

DNPM. Sumário Mineral Brasileiro – 2015, Brasília, 2016.

ENDESA BRASIL. Relatório Anual de Sustentabilidade 2010. Niterói. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/quemsomos/relatorios-anuais/2010/sustentabilidade_2010.pdf>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017a.

ENDESA BRASIL. Relatório Anual de Sustentabilidade 2011. Niterói. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/quemsomos/relatorios-anuais/2011/sustentabilidade_2011.pdf>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017b.

ENDESA BRASIL. Relatório Anual de Sustentabilidade 2012. Niterói. Disponível em: <<https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/quemsomos/relatorios-anuais/2012/2012.pdf>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017c.

ENDESA BRASIL. Relatório Anual de Sustentabilidade 2013. Niterói. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/quemsomos/relatorios-anuais/2013/sustentabilidade_2013.pdf>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017d.

ENEL. Relatório Anual de Sustentabilidade 2014. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/quemsomos/relatorios-anuais/2014/2014.pdf>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017a.

ENEL. Relatório Anual de Sustentabilidade 2015. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/quemsomos/relatorios-anuais/2015/ENEL-BRASIL_SUSTENTABILIDADE_2015.pdf>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017b.

EPE. Eficiência energética e Geração distribuída para os próximos 10 anos. 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2026%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20e%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20para%20os%20pr%C3%B3ximos%2010%20anos.pdf>>. Acesso em: setembro de 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Nota Técnica DEA 13/14: Demanda de Energia 2050. Série Estudos da Demanda de Energia. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2016.

EPE. Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. Rio de Janeiro, Brasil: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2017.

EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2017

FAÇANHA, C.; BLUMBERG, K.; MILLER, J. Global Transportation Energy and Climate. The International Council on Clean Transportation (ICCT), 2012.

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Sistema de geração de energia solar fotovoltaica será incorporado ao Programa Minha Casa, Minha Vida. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/sistema-de-geracao-de-energia-solar-fotovoltaica-sera-incorporado-ao-programa-minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 29 de novembro de 2017.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. 2017. “Boletim Econômico Rio”. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/boletim-economico-rio.htm#pubAlign>>. Acesso em: agosto de 2017.

FMI. World Economic Outlook. International Monetary Fund. Washington, 2016.

FREITAS, W. R. S.; JABBOUR, C. J. C. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. *Estudo&Debate, Lajeado*, v. 18, n. 2, p 7-22, 2011.

FROZZA, J. F. Eficiência energética em indústria frigorífica: desafios de implantação. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pato Branco. 2013.

Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOUVELLO, C et al. Estudo de baixo carbono para o Brasil. Banco Mundial. Washington: 2010. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166127677_8791019/Relatorio_Principal_integra_Portugues.pdf>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

Governo do Estado do RJ. (2015). Subsecretaria de Comunicação Social – Usina de Biogás fluminense é apresentada na Espanha – Usina de Biogás fluminense é apresentada na Espanha. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/imprensa/exibeconteudo?article-id=2424046>>. Acesso em: 12 de setembro de 2017,

GUARINELLO, T. Q. Tecnologia de estado sólido: impactos ambientais e econômicos. 99 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. IBRE-FGV, 2017. Monitor do PIB, Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=8A7C82C5593FD36B015D5C57E75715CA>>. Acesso em: agosto de 2017.

HENRIQUES, M. F.; DANTAS, F.; SCHAEFFER, R. Potential for reduction of CO2 emissions and a low-carbon scenario for the Brazilian industrial sector. , 38, p.1946-1961, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, IBGE, 2011.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Estados. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 29 de junho de 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios 2015. Acesso em: 26 de setembro de 2017a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 26 de setembro de 2017b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas Nacionais Trimestrais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm>>. Acesso em: 01 de agosto de 2017c.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Serviços de Hospedagem. Disponível: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/psh/tabelas>. Acesso em: 03 de novembro de 2017d.

IBGE. Censo Agropecuário 2006. Brasília: IBGE, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

IBGE. Pesquisa trimestral de abate de animais. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>.

IBGE. Pesquisa pecuária municipal. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

IBGE. Produção agrícola municipal. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

Produção da extração vegetal e da silvicultura. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

IES-Brasil. 2017. Disponível em: <www.mapsprogramme.org/projects/brazil-projects/brazil-project/>. Acesso em: agosto de 2017.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Tabelas de consumo/eficiência energética. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em: 11 de julho de 2016.

INMETRO. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Lâmpada LED. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acessado em: 18 de dezembro de 2016.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Ipeadata. Dados sociais regionais. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 26 de abril de 2016.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2017. “Carta de Conjuntura”. Número 35, Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/>>. Acesso em: agosto de 2017.

JANUZZI, G.; SWISHER, J. Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: meio ambiente, Conservação de energia e fontes renováveis. Campinas: Autores Associados. 1997.

KIRK, J.; MILLER, M. L. Reability and validity in qualitative research. Beverly Hills; Sage, 1986.

LIGHT. Relatório de Sustentabilidade 2010. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://ri.light.com.br/ptb/relatos>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.

- LIGHT. Relatório de Sustentabilidade 2011. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://ri.light.com.br/ptb/relatos>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.
- LIGHT. Relatório de Sustentabilidade 2012. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://ri.light.com.br/ptb/relatos>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.
- LIGHT. Relatório de Sustentabilidade 2013. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://ri.light.com.br/ptb/relatos>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.
- LIGHT. Relatório de Sustentabilidade 2014. Rio de Janeiro. Disponível: <<http://ri.light.com.br/ptb/relatos>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.
- LIGHT. Manual do Trabalho Educativo – Projeto Comunidade Eficiente da Light. 4 ed. Rio de Janeiro: Light, 2014.
- LIQUIGAS. Perguntas Frequentes – Questionamentos Técnicos. Disponível em: <[http://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIwN_Cy9TAyM_L6_AAPNAI39zE_2CbEdFAPmfWrg!/>. Acesso em: 29 de junho de 2016.](http://www.liquigas.com.br/wps/portal!/ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hvPwMjIwN_Cy9TAyM_L6_AAPNAI39zE_2CbEdFAPmfWrg!/)
- LPA – Lima-Paris Action Agenda, 2015. Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action, Paris.
- MARANGONI, F., et al. Comparativo econômico entre condicionadores de ar com tecnologias convencional e inverter. 35º Encontro nacional de engenharia de produção. Fortaleza: 2015.
- MMA. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2013.
- MULTIPLAN. Comunicado ao mercado: VillageMall lança sua primeira expansão com 34 novas operações, elevando sua ABL em 11%. Disponível em: <http://ri.multiplan.com.br/ptb/1930/170526%20-%20Expanso%20VLG_por.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2017.
- MDS – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E AGRÁRIO. Relatório de Programas e Ações do MDSA – Estado: Rio de Janeiro – Ano: 2016. Disponível em: <<http://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/ri/relatorios/mds/index.php>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2017.
- MORAES, M. A. F. D. de. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. Estudos Econômicos, São Paulo, v. 37, n. 4, out.-dez. 2007.
- NISSAN. Leaf – Owner Manual, 2017.
- MTE (Ministério do Trabalho e Emprego). Programa de Disseminação de Estatística do Trabalho. Disponível em: <www.mte.gov.br>. Acesso em: setembro de 2016.
- ODONNE, D. C. Cogeração: uma alternativa para a produção de eletricidade. Dissertação de mestrado – São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.
- PEDREIRA, N. M. S. Cenários de consumo de energia domiciliar no estado do Rio de Janeiro: a contribuição da eficientização para uma reflexão sobre a pobreza energética. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético/COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Tabela de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético. Disponível em: <<http://diariodoverde.com/wp-content/uploads/2013/01/Tabela-Consumo-Equipamentos-Procel-Eletronbras.pdf>>. Acesso em: 25 de abril de 2016.

RIO DE JANEIRO. GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Decreto-Lei nº 247 de 21 de julho de 1975. Disponível em: <http://www.cbmerj.rj.gov.br/documentos/coscip/Codigo_de_Seguranca_Contra_Incendio_e_Panico.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2016.

PROCEL – Programa nacional de conservação de energia elétrica. Avaliação do mercado de eficiência energética do Brasil – pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – ano base 2005 – relatório setorial: hotéis/motéis. Disponível em: <<http://www.proce-linfo.com.br/main.asp?View=%7B4A5E324F-A3B0-482A-B1CD-F75A2A150480%7D>>. Acesso em: 20 de abril de 2016.

SCHIPPER, L.; MARIE-LILLIU, C.; GORHAM, R. Flexing the Link Between Transport and Greenhouse Gas Emissions: A Path for the World Bank. International Energy, Agency, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES DO RIO DE JANEIRO – SETRANS. Notícias do Estado do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/setrans/listaconteudo?search-type=noticias&secretaria=/setrans>>.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES DO RIO DE JANEIRO – SETRANS. PELC-RJ 2040 – Plano Estratégico de Logística e Cargas do Estado do Rio de Janeiro. Relatório 1 – Mapeamento do Sistema Logístico de Cargas do Estado do Rio de Janeiro e de Sistemas Logísticos Concorrentes/complementares, com modelagem e definição de demanda. 2013.

SEDEIS – Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços. Balanço energético do estado do Rio de Janeiro – ano-base 2013. Disponível em: <<http://www.riocapitaldaenergia.rj.gov.br/site/conteudo/Parceiro28Noticia.aspx?C=W1U42xXe8MU%3D>>. Acesso em: 12 de julho de 2016.

SEFAZ-RJ – Secretaria de Estado de Fazenda e Planejamento do Rio de Janeiro. 2017. “Informe Econômico SEFAZ-RJ”, Disponível em: <http://www.fazenda.rj.gov.br/sefaz/content/conn/UCMServer/uuid/dDocName%3aWCC321047>, Acesso em: agosto de 2017.

SIMS, R. et al. Transport. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [EDENHOFER, O. et al. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

VANEK, F. et al. Sustainable Transportation Systems Engineering: Evaluation & Implementation. Mac Graw Hill Education, 2014.

VAZ, L. F. H.; BARROS, D. C.; CASTRO, B. H. R. C. Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. Automotivo. BNDES Setorial, v.41, p.295-344, 2015.

VYAS, A. D.; PATEL, D. M.; BERTRAM, K. M. Potential for Energy Efficiency Improvement Beyond the Light-Duty-Vehicle Sector. Transportation Energy Futures Series. Prepared for the U.S. Department of Energy by Argonne National Laboratory, Argonne, IL. DOE/GO-102013-3706. 82 p. 2013.