

PROJEÇÕES DE DEMANDA DO SETOR ENERGÉTICO NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA - VOL. 1

ESTUDOS TEMÁTICOS E SETORIAIS



**Prefeitura de
Fortaleza**
Instituto de Planejamento
de Fortaleza



FCPC
FUNDAÇÃO CEARENSE
DE PESQUISA E CULTURA



FORTALEZA2040

Fortaleza, Ceará
Julho de 2015

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA
Instituto de Planejamento de Fortaleza - IPLANFOR

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Projeções de Demanda do Setor Energético no Município de Fortaleza

Expedido José de Sá Parente Júnior

Fortaleza, Novembro de 2015

Sumário

Apresentação	3
1. Breve Diagnóstico do Setor Energético em Fortaleza.....	4
1.1. População	4
1.2. Produto Interno Bruto	4
1.3. Potencial de Recursos Energético do Município de Fortaleza	5
1.4. Produção de Energia no Município de Fortaleza	7
1.5. Consumo de Energia no Município de Fortaleza	8
1.6. Consumo per Capita de Energia e Intensidade Energética de Fortaleza.....	11
1.7. Emissões Gasosas pelo Uso Final da Energia em Fortaleza.....	12
2. Cenários.....	15
2.1. Cenários Socioeconômicos	15
2.2. Cenários Energéticos.....	17
2.3. Incertezas Críticas aos Cenários Energéticos	19
<i>Consumidores, seus hábitos e a responsabilidade socioambiental</i>	19
<i>Padrões de mobilidade nas cidades</i>	21
<i>Intermodalidade do transporte de carga</i>	23
<i>Novas tecnologias de geração e uso de energia</i>	24
<i>Padrão de consumo dos novos consumidores</i>	25
<i>Novas Edificações e a Eficiência Energética</i>	25
<i>Competitividade entre Fontes de Energia</i>	26
2.4. Definição dos Cenários Energéticos	28
3. Projeções de Demanda Energética no Município de Fortaleza	30
3.1. Projeções de População	31
3.2. Projeções do PIB de Fortaleza	34
3.3. Metodologias para Projeção de Demanda Energética de Fortaleza	35
3.4. Demanda Energética Estimada de Fortaleza, 2010-2040	36
Referências Bibliográficas	46

Apresentação

A Prefeitura Municipal de Fortaleza, através do IPLANFOR – Instituto de Planejamento de Fortaleza – lançou em 2014 o projeto FORTALEZA 2040, que trata de, entre outros, elaborar o Plano Estratégico de Longo Prazo para o município de Fortaleza, executar e controlar as diretrizes e ações com o objetivo de atrair investimentos públicos e privados para o desenvolvimento do ambiente urbano da cidade a partir do desejo de seus habitantes, para os próximos 25 anos.

O Plano é dividido em estudos temáticos e setoriais, cuja elaboração foi coordenada por consultores contratados, com reconhecida experiência em seus temas/setores correspondentes. Um dos setores enumerados pela metodologia trata do tema da Energia para o município de Fortaleza hoje e nos próximos 25 anos.

Este documento é uma versão preliminar para discussão interna das projeções de demanda do setor energético do Município de Fortaleza. Este documento foi elaborado em continuidade ao Diagnóstico do Setor Energético da RMF, também parte do escopo do Plano Energético do projeto FORTALEZA 2040.

Está dividido em 4 capítulos. O primeiro resume um diagnóstico do setor energético do município de Fortaleza segmentado a partir do Diagnóstico elaborado anteriormente pelo autor para a Região Metropolitana. Em seguida, no capítulo 2, são discutidos os cenários socioeconômicos e a elaboração dos cenários energéticos. Por fim, as estimações da demanda energética de Fortaleza são apresentadas no capítulo 3, segmentados por setores da economia e por fontes energéticas. O documento termina com as Referências Bibliográficas utilizadas.

1. Breve Diagnóstico do Setor Energético em Fortaleza

Este capítulo tem como objetivo segmentar o diagnóstico do setor energético feito pelo mesmo auto também no âmbito do Fortaleza 2040 da Região Metropolitana de Fortaleza para apenas o município de Fortaleza.

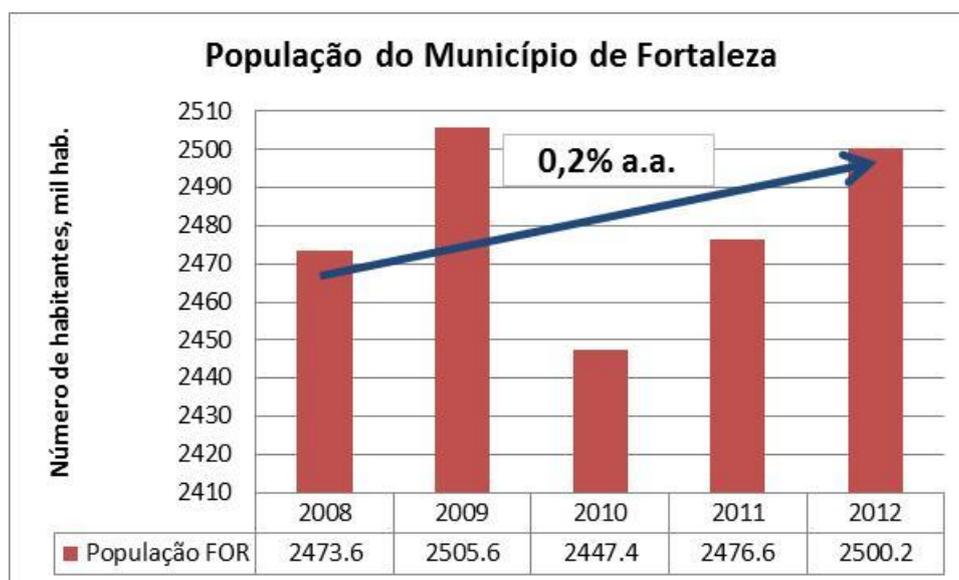
A coleta de dados energéticos primários foi um desafio neste estudo. Na consolidação dos dados por setor e por fontes de energia, a mais larga série histórica consolidada é de 2008 a 2012. Em outras palavras, nos anos anteriores a 2008 ou posteriores a 2012, não se obteve algum dado energético o que impossibilitou sua consolidação.

Por tanto, este capítulo de Diagnóstico se limita à série 2008-2012.

1.1. População

Capital do Estado do Ceará, Fortaleza é a quinta maior cidade do Brasil, por seus 2 milhões e 500 mil habitantes em 2012. Segundos dados do IBGE, a população fortalezense tem sofrido oscilações de tamanho, mas variando à pequena taxa média de 0,2% a.a. de 2008 a 2012.

Gráfico 1.1.

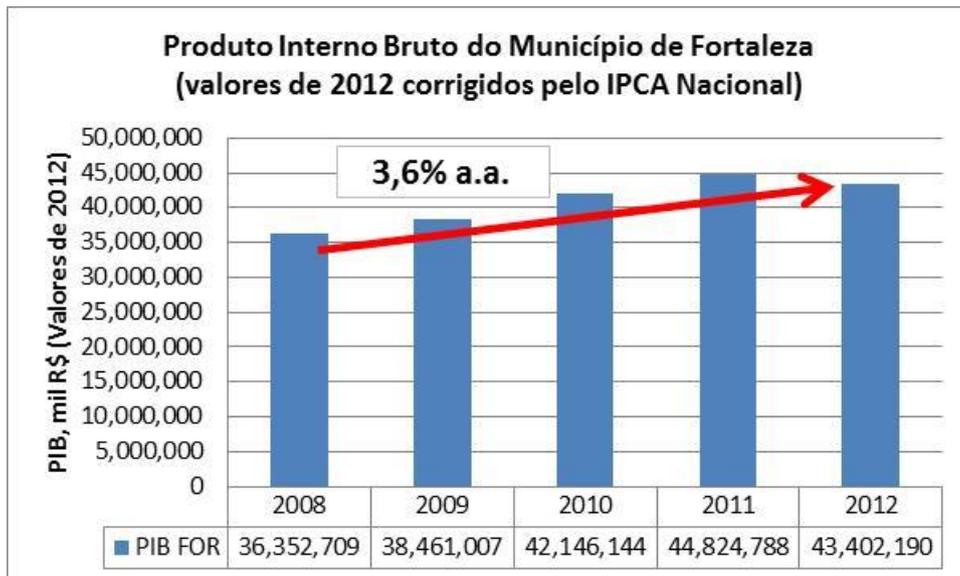


Fonte: IBGE

1.2. Produto Interno Bruto

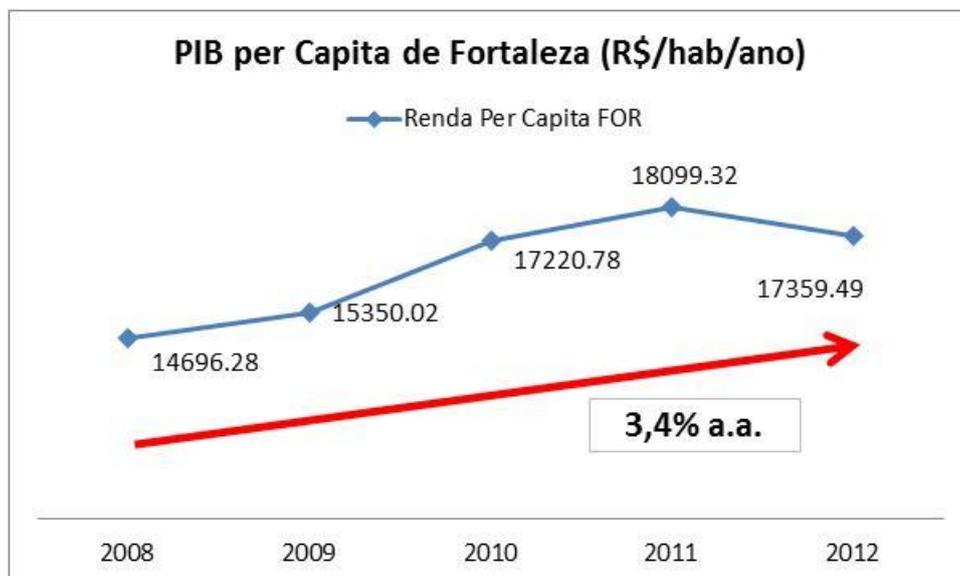
Desde 2010, Fortaleza alcançou o status de cidade de maior Produto Interno Bruto da região Nordeste e a nona maior no Brasil, com 43 bilhões de reais em 2012. Fortaleza é, porém, dentre as 20 maiores cidades do Brasil, a décima nona colocada em PIB per capita (R\$ 17.360/hab/ano), revelando a sua alta desigualdade social (IBGE).

Gráfico 1.2.



Fonte: IBGE

Gráfico 1.3.



Fonte: Elaboração própria

1.3. Potencial de Recursos Energético do Município de Fortaleza

Até esta data, não ocorreu qualquer descoberta de reservas de petróleo ou gás natural no município de Fortaleza. Todos os campos de exploração do estado estão concentrados nos municípios de Paracuru e Icapuí.

Por se tratar de um município fortemente ocupado por área urbana, Fortaleza não tem potenciais hidrelétrico ou agroenergético relevantes. Seu potencial eólico está concentrado em sua zona marítima ou limitado à futura viabilidade técnico-econômica da microgeração eólica.

Por outro lado, segundo dados do Relatório de Energia Solar para Atração de Investimentos do Estado do Ceará, elaborado pela ADECE - Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará, o potencial de geração efetiva de energia solar na região norte do estado é de entre 18 a 20 MJ/m²/dia. Convertendo, isso equivale a 2 MW médios efetivos por hectare (10.000 m²). Isso significa que uma ocupação hipotética de 0,1% da Região Metropolitana de Fortaleza com centrais geradoras de energia solar fotovoltaica tem um potencial de gerar cerca de 12 mil GWh/ano, quase o dobro do consumo de eletricidade da região em 2013. Energia solar se apresenta como uma excelente oportunidade para a geração de energia elétrica no município no horizonte deste trabalho.

Outra fonte energética potencial e de vocação do município de Fortaleza são os resíduos sólidos urbanos (RSU). Fortaleza traz os desafios de qualquer grande centro urbano com cada vez mais gente para consumir e consumindo mais. Esses dois efeitos combinados fazem com que a geração de resíduos também acompanhe um crescimento significativo nos últimos e próximos anos. Os RSU é uma mistura complexa de materiais, cuja composição depende do perfil de consumo da população que a originou. Atualmente, uma importante porção do RSU gerado no Ceará é destinada aos chamados lixões, áreas da periferia onde se acumula o lixo e se espera que a natureza cumpra seu papel biodegradando este material. Como o processo de biodegradação é lento, enquanto isso, nesses locais se acumulam vetores de propagação de doenças, contaminação de solo e lençóis freáticos, atividades sub-humanas de coleta seletiva, e emissão de gases causadores de efeito estufa. Em tese, a atividade de lixões é considerada ilegal desde 2014, tendo o município que o praticar o risco de responder por crime ambiental e perder seus repasses federais. Esta Lei Federal (12.305/10) obriga, dentre outras coisas, que o RSU, e somente aquele sem qualquer utilidade, onde se interpreta inclusive energética, seja destinado em aterros sanitários, manejados conforme melhores práticas em consonância com o Plano Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos (PNRS). De passivo ambiental, o RSU é um ativo energético. Segundo o Inventário Energético de Resíduos Sólidos Urbanos da EPE, somente no ano de 2011, o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados, em todo o planeta, ofertou 90 TWh de eletricidade, cerca de 83% do consumo residencial brasileiro naquele ano. Foram 200 milhões de toneladas processadas em cerca de 2.000 usinas. Absolutamente negligenciado pelo país, o Inventário da EPE, publicado em 2014, menciona apenas quatro empreendimentos de aproveitamento energético de RSU (2 em operação e 2 em construção), que somam menos de 60 MW de capacidade instalada. Soluções técnicas maduras estão disponíveis, visto que as primeiras termelétricas a partir de RSU surgiram na Europa ainda na década de 60, antes até da crise energética de 1973. O RSU bruto, conforme vem dos sistemas de coleta de lixo dos municípios, possui cerca de 50% de umidade e 2.000 kcal/kg de poder calorífico. Estima-se que se gere em média (sem contar com resíduo da construção civil, que não tem conteúdo energético), 1 kg de RSU por dia por habitante. Simulações realizadas no Diagnóstico Energético da Região Metropolitana de Fortaleza, elaborado por este autor, concluem que o potencial de geração de energia elétrica a partir de RSU atenderia entre 12 e 20% da demanda elétrica de Fortaleza.

Vale destacar ainda que os processos de reciclagem, além de agregar maior valor aos resíduos, também é um importante mecanismo de aproveitamento energético de forma indireta, pois alivia a pressão por demanda de matérias primas, para cuja produção energia é requerida.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a utilização da energia maremotriz poderá ser uma opção para um futuro bem próximo, porém devem ser levados em conta, neste tipo de empreendimento, os possíveis impactos ambientais associados à construção das usinas, especialmente dos modelos de represa, além da necessidade de análise econômica da viabilidade do sistema, evidentemente. Estimativas recentes indicam que a energia contida nas ondas do mar

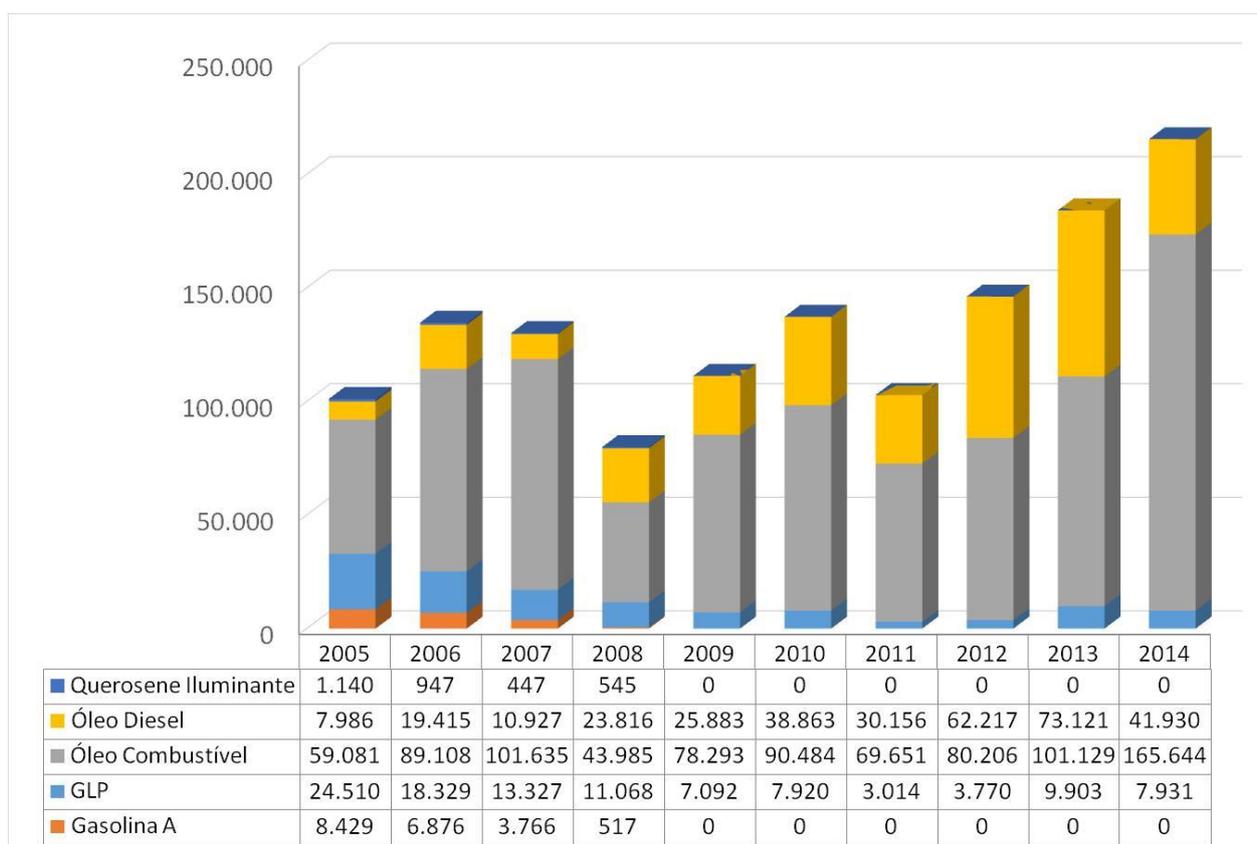
é o equivalente a todo o consumo de eletricidade do planeta (COPPE). Obviamente há restrições quanto ao uso de grandes áreas dos oceanos, devido às rotas de navegação, regiões turísticas e de lazer, assim como pelos decréscimos associados ao rendimento dos conversores. O percentual de 10% de aproveitamento do potencial energético total das ondas é considerado realístico para as próximas décadas, o que representaria acréscimo da ordem de 1.000 GW na matriz energética mundial. O aproveitamento das marés, ondas e correntes marítimas para a geração de eletricidade registra significativos avanços tecnológicos e apresenta vantagens, em termos de acessibilidade, disponibilidade e aceitabilidade. Porém ainda não existem centrais geradoras de energia maremotriz instaladas para fins comerciais. Estima-se que a consolidação da tecnologia de aproveitamento da energia das ondas se dê num prazo de 10 a 15 anos.

1.4. Produção de Energia no Município de Fortaleza

O estado do Ceará e o município de Fortaleza não desempenham protagonismo na produção de fontes energéticas.

A produção cearense de petróleo e gás natural representa apenas 0,4% e 0.004% da produção brasileira respectivamente. Apresentam taxas negativas de crescimento e estão concentradas nos municípios de Paracuru e Icapuí.

Gráfico 1.4. Produção de Derivados Energéticos de Petróleo - Refinaria Lubnor, em m3



Fonte: ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, via Portal e-SIC (www.acessoinformacao.gov.br)

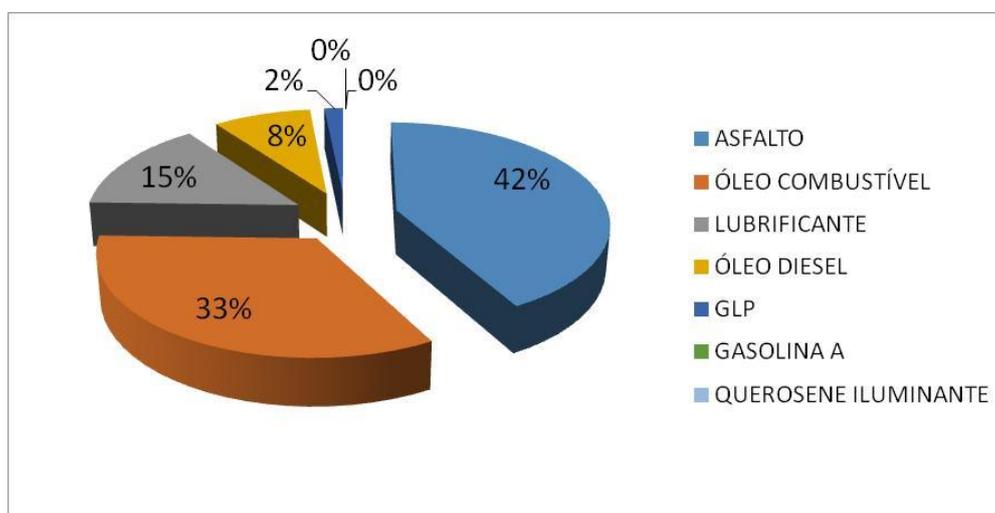
Fortaleza possui uma unidade de processamento de petróleo: a Lubnor, de propriedade da Petrobrás, maior produtor de lubrificantes naftênicos do país. Com capacidade de refino de 8,2 mil barris de petróleo por dia (até 2007 era de 6,9 mil barris por dia) e 350 mil metros cúbicos por dia

de gás natural, LUBNOR coproduziu neste mesmo ano 184,2 mil metros cúbicos de derivados energéticos e 291,3 mil metros cúbicos de derivados não energéticos, uma participação de 0,18% e 1,8% da produção nacional, respectivamente.

O Gráfico 1.4. apresenta os dados de produção de derivados energéticos de petróleo de 2005 a 2014, na LUBNOR. Este último ano apresentou um crescimento de 17,0% em relação a 2013 e uma taxa média de crescimento na produção de derivados de 5,1% ao ano, nos últimos 10 anos.

O Gráfico 1.5. mostra a composição de derivados de petróleo produzidos em Fortaleza em 2014. Observa-se que a predominância é pela produção de asfalto (42%) e óleo combustível (33%), como coprodutos necessários à produção de óleo lubrificante naftênico, produto principal da LUBNOR.

Gráfico 1.5. Composição da produção de derivados de petróleo em Fortaleza em 2014.



Fonte: ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, via Portal e-SIC (www.acaoainformacao.gov.br)

O município de Fortaleza possui uma capacidade instalada de geração de energia elétrica marginal. Apenas 16,5 MW em julho de 2015 (0,5% da capacidade de geração do estado), todas de empreendimento enquadrados como minigeração (< 5MW), normalmente para autoprodução de energia, tendo o gás natural como combustível.

Por outro lado, Fortaleza representa quase 2/3 da microgeração distribuída do Ceará, equivalendo a quase 190 kW de capacidade instalada. Quase 70% dos empreendimentos são para uso residencial. Cerca de 80% utilizam a fonte solar fotovoltaica. Capacidade ainda pequena, mas com forte potencial e expectativa de crescimento.

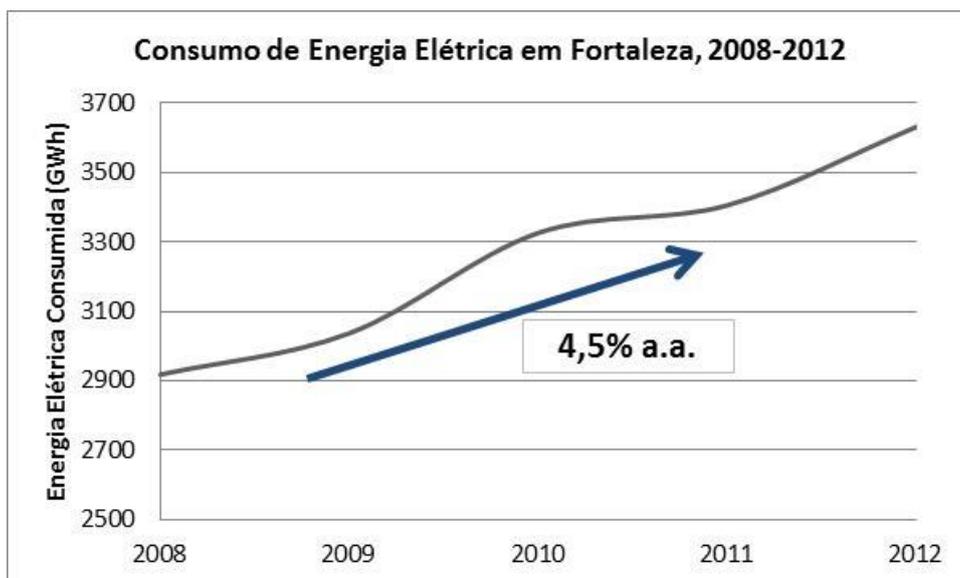
Por fim, Fortaleza não possui unidades produtoras de carvão, biocombustíveis ou quaisquer outras fontes energéticas além das mencionadas acima neste capítulo.

1.5. Consumo de Energia no Município de Fortaleza

Puxada por sua economia crescente, Fortaleza se posiciona como um importante consumidor de energia, representando cerca de 60% do consumo energético do estado.

Fortaleza consumiu 3.632 GWh em 2012, 6,6% mais que em 2011. O histórico de consumo elétrico da cidade apresentou taxa positiva de 4,5% a.a. em média entre 2008 e 2012.

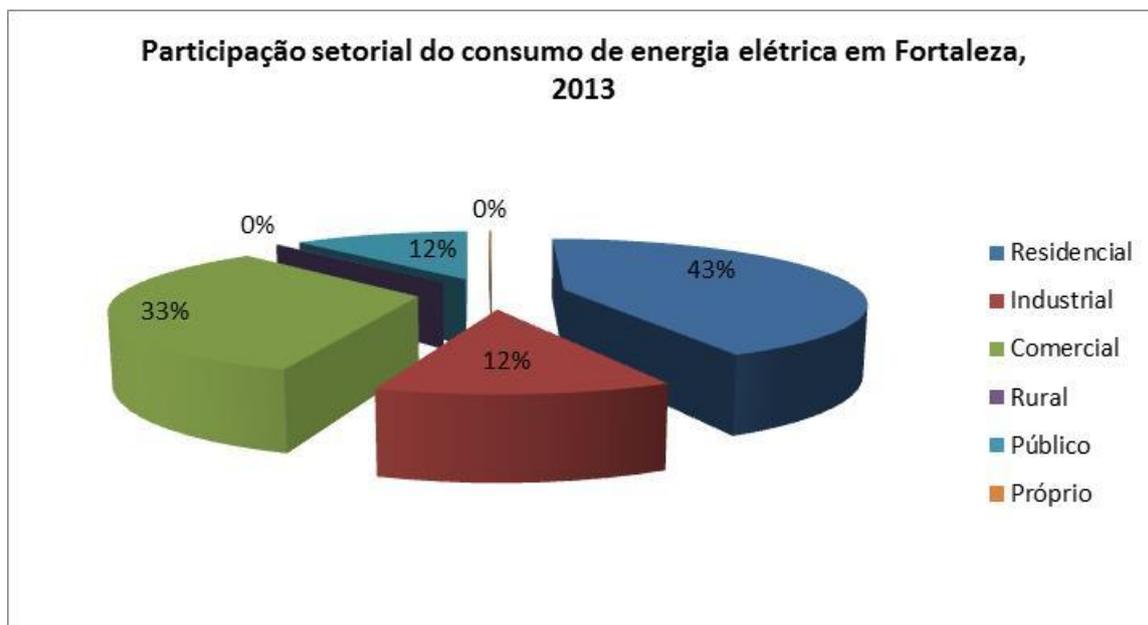
Gráfico 1.6.



Fonte: IBGE

Observe no Gráfico 1.7. que os maiores consumidores de energia elétrica em Fortaleza são os setores residenciais e comerciais (43% e 33%). Os números mostram a baixa tradição dos setores industrial e agropecuário.

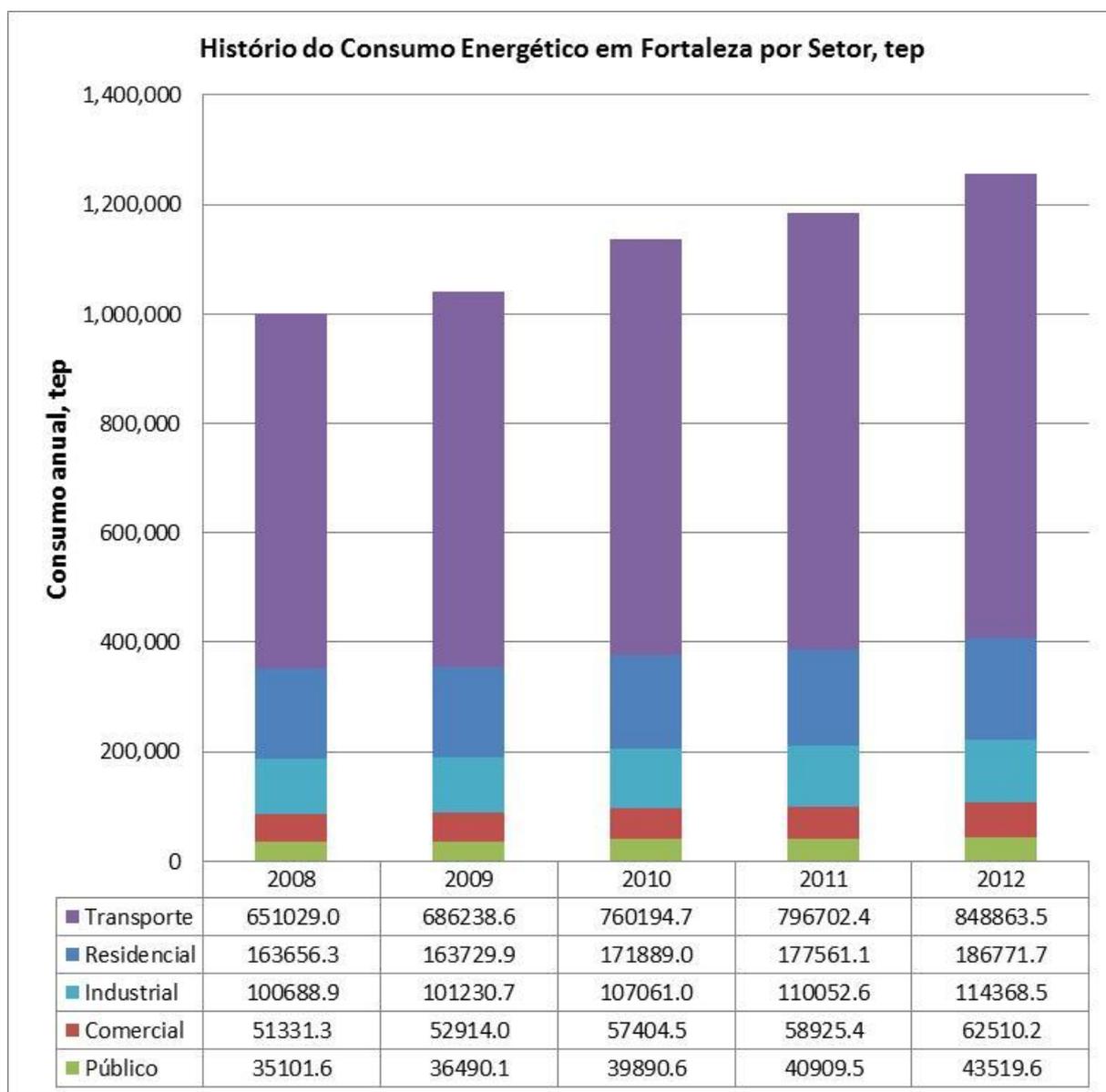
Gráfico 1.7.



Fonte: ANEEL, COELCE

O Gráfico 1.8. mostra o consumo de energia no município de Fortaleza, segmentado por setor. Observa-se que em toda série histórica a principal demanda energética ocorreu pelo setor de transportes (848 mil tep), seguido pelo setor residencial (187 mil tep) e o industrial (114 mil tep) em 2012. Os setores que mais cresceram sua demanda energética entre 2008 e 2012 em Fortaleza foram o transporte (5,5% a.a.), o setor público (4,4% a.a.) e o comercial (4,0% a.a.).

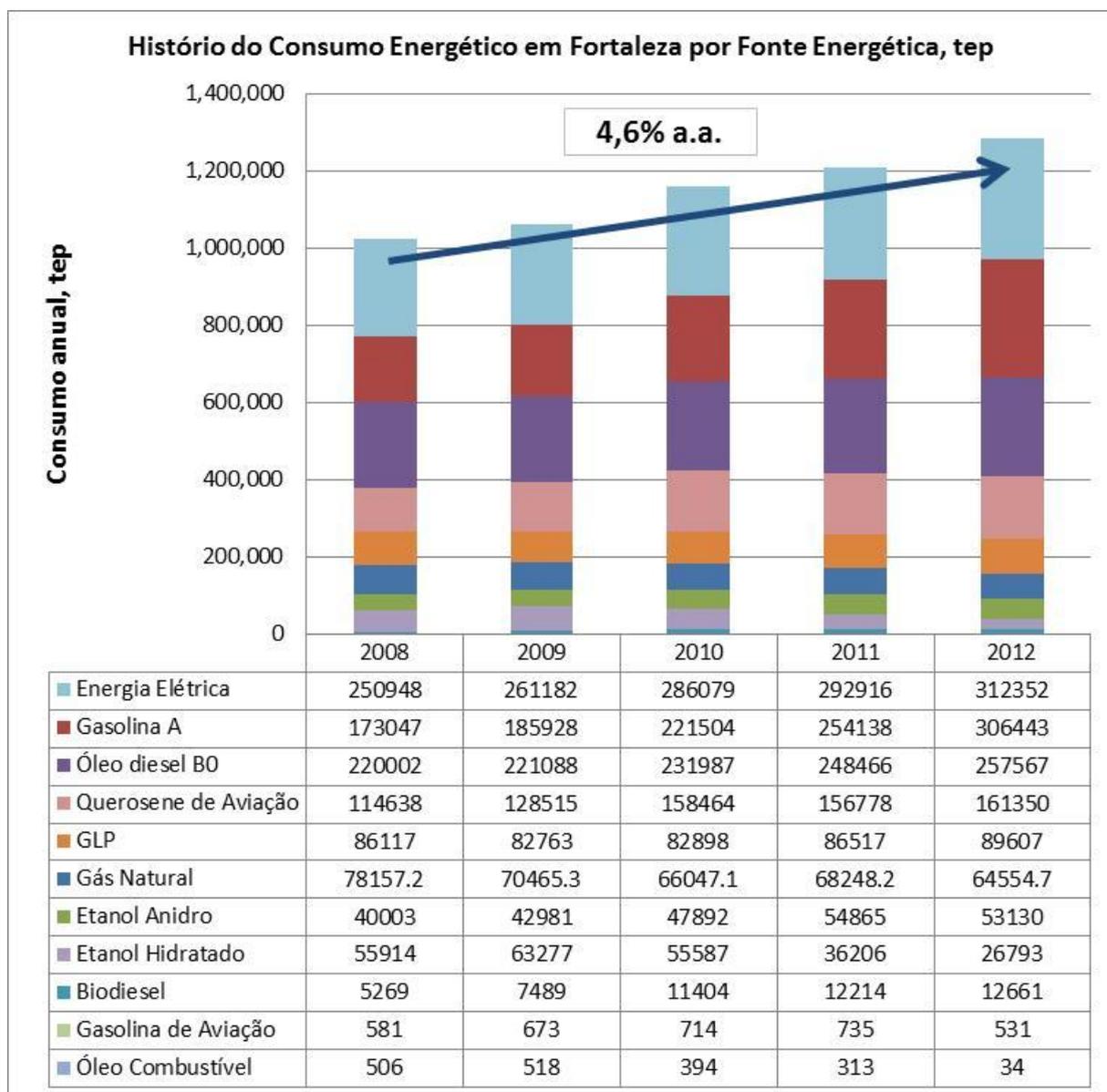
Gráfico 1.8.



Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pela ANEEL, ANP e CEGAS.

Observa-se pelo Gráfico 1.9. que a principal demanda por derivados em 2012 foi gasolina tipo A (306 mil tep) seguida pelo óleo diesel (257 mil tep) e querosene de aviação (161 mil tep) em 2012. As fontes energéticas que mais cresceu entre 2008 e 2012 em Fortaleza foram o biodiesel (19,2% a.a.), gasolina tipo A (12,1% a.a.) e querosene de aviação (7,1% a.a.). Óleo combustível, etanol hidratado e curiosamente gás natural foram as fontes com mais decréscimo no consumo: -41,7% a.a., -13,7% a.a. e -3,8% a.a. entre 2008 e 2012, respectivamente.

Gráfico 1.9.



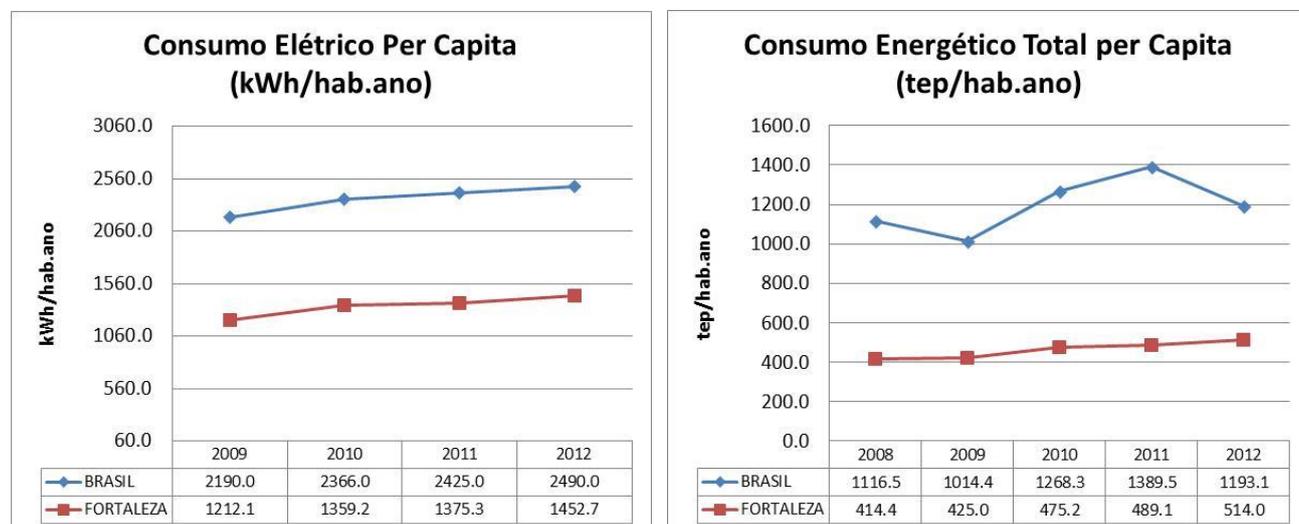
Fonte: Elaboração própria com dados fornecidos pela ANEEL, ANP e CEGAS.

1.6. Consumo per Capita de Energia e Intensidade Energética de Fortaleza

Os Gráficos 1.10. e 1.11. comparam alguns indicadores de eficiência energética do Brasil com Fortaleza, na série histórica de 2008 a 2012. Por esta perspectiva, Fortaleza se posiciona como uma cidade pouco demandante de energia por habitante e por valor adicionado ao PIB. Isso se deve ao reflexo do estágio do desenvolvimento socioeconômico da região aquém do nacional. Ainda, o perfil da economia de Fortaleza concentrada em serviços, que é pouco demandante por energia por valor adicionado ao PIB. A produção industrial, conseqüentemente o transporte de cargas, ambos fortemente demandantes por energia, tem menor relevância relativa à economia de Fortaleza se comparada com a média nacional. Isso produz uma aparente maior eficiência energética da economia fortalezense em relação à economia nacional.

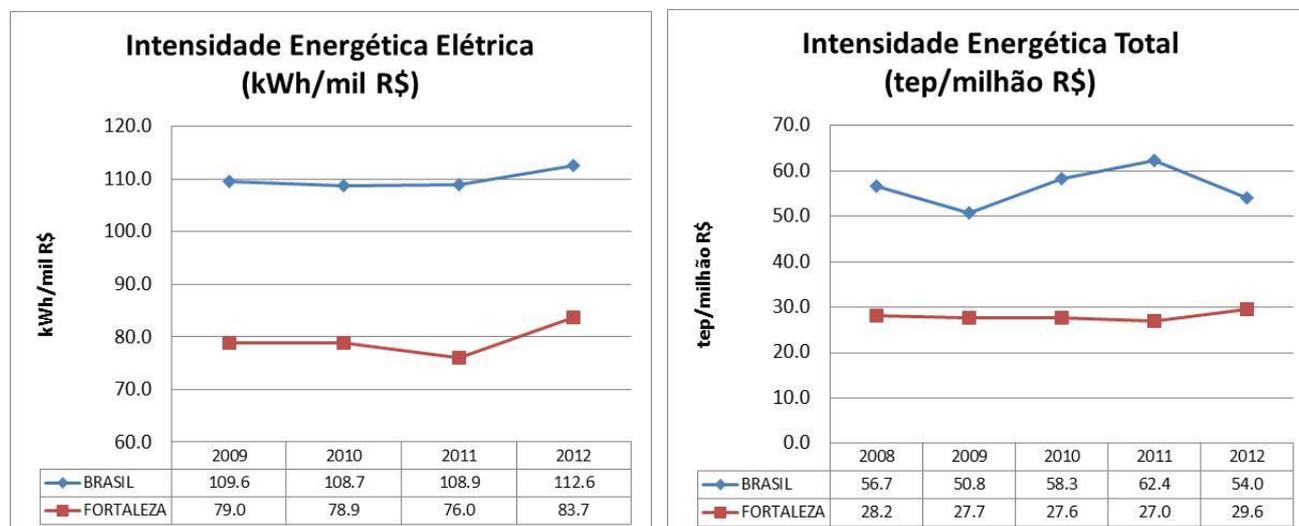
Observa-se também um aumento sistemático nos consumos per capita de Fortaleza e uma redução na sua intensidade energética (a exceção de 2012, quando o PIB teve uma retração, destoando o indicador).

Gráfico 1.10.



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ANEEL, ANP, IBGE

Gráfico 1.11.



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ANEEL, ANP, IBGE

1.7. Emissões Gasosas pelo Uso Final da Energia em Fortaleza

Na combustão, um combustível, rico em carbono e/ou hidrogênio, é atacado por oxigênio e transformado em CO₂ e água. Esta reação é fortemente exotérmica, liberando uma grande quantidade de energia, que é aproveitada para diversos fins. Porém, o combustível não é composto somente por carbono e hidrogênio. Contém diversos contaminantes em especial nitrogênio,

enxofre, que também participam da reação de combustão. Além disso, essa reação nunca é totalmente completada, mesmo com os avanços nos motores, turbinas e queimadores e na qualidade dos combustíveis. Na queima, além de CO₂, muitos outros gases são produzidos (monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos não queimados...), todos eles causadores do efeito estufa. A Tabela 1.1. apresenta as emissões médias de CO₂e por fonte energética.

Tabela 1.1. – Fator de emissão médio por fonte energética

Fonte	tC/TJ	tCO₂e/tep
Gás natural	15,3	2,54
GLP	17,1	2,83
Gasolina	18,9	3,13
Etanol anidro	14,8	2,45
Etanol hidratado	14,8	2,45
Querosene	19,6	3,24
Óleo diesel	20,2	3,35
Óleo combustível	21,1	3,50
Carvão Mineral	25,8	4,28

Fonte: IPCC, Elaboração do autor.

Quanto às emissões no setor elétrico, o fator de emissão é muito mais volátil, dependendo da matriz elétrica da região e do período em estudo. A matriz elétrica nacional é bastante diversificada em suas fontes energéticas, apesar de ainda fortemente concentrada na energia hidráulica. Discutiu-se ainda o gradativo avanço das fontes alternativas de energia, em especial a eólica, mas um forte crescimento da geração térmica nos últimos anos, com o intuito de preservar os níveis das bacias hidrográficas em momentos de seca. Esse comportamento tem, conseqüentemente, alterado de forma considerável as emissões gasosas causadas pelo parque de geração de eletricidade no Brasil. A Tabela 1.2. apresenta a evolução da geração e das emissões gasosas de 2011 a 2013, segundo o Anuário Estatístico da Energia Elétrica, ANEEL, e calcula as emissões em tonelada de carbono por GWh de energia gerada, ano a ano.

Tabela 1.2. - Geração de Energia Elétrica e as Emissões Gasosas no Brasil.

	2011	2012	2013
Geração (GWh)	531.758	552.498	570.025
Emissões SIN (MtCO₂e)	14,89	28,95	52,83
Emissões Sist. Isolado (MtCO₂e)	7,10	7,58	7,52
Emissões (tC/GWh)	11,28	18,03	28,87
Emissões (tC/TJ)	3,13	5,01	8,02
Emissões (tCO₂/tep)	0,52	0,83	1,33

Fonte: ANEEL - Anuário Estatístico da Energia Elétrica 2014, Ano-base 2013.

Observe que, ano a ano, as emissões de gases do efeito estufa da geração de eletricidade variam significativamente. O crescimento dessas emissões por quantidade de energia gerada é resultado do despacho das termelétricas em detrimento da geração hidrelétrica (não-emissora de gases causadores do efeito estufa).

A Tabela 1.3. consolida as informações acima e calcula a quantidade equivalente de CO₂ que foram emitidos pelo consumo final de fontes energéticas em Fortaleza (considerou-se que a emissão da energia elétrica, em tCO₂e, tep, de 2008 a 2010 é aproximadamente igual ao de 2011, já que ainda não se sentia os efeitos da estiagem que assolou o país a partir de 2012). Assim, a Fortaleza gerou 3,0 milhões de toneladas dióxido de carbono equivalente 2012, respectivamente, provenientes da queima de fontes de energia fósseis. Um crescimento de 11,6% em relação a 2011, e 6,3% a.a. em média desde 2008.

Se observa ainda na Tabela 1.3., uma redução nas emissões de fontes renováveis e um aumento nas emissões de fontes fósseis, em Fortaleza. Isso é resultado da forte redução do consumo de etanol hidratado na cidade.

Vale ressaltar que este inventário de emissões está delimitado tão somente ao consumo final destas fontes energéticas, não incluindo as emissões de toda a cadeia produtiva, bem como as emissões gasosas provenientes das atividades fora do setor energético (desmatamentos, biodegradação de resíduos, atividades agropecuárias, etc.).

Tabela 1.3. Consolidação das emissões de combustão de fontes energéticas em Fortaleza.

Fontes Energéticas	Fator de emissões (tCO ₂ e/tep)		Emissões (tCO ₂ e)				
	2008-2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
Fósseis							
Energia Elétrica	0.52	0.83	130296	135610	148536	152086	259298
Gás Natural	2.54		198185	178680	167477	173058	163693
GLP	2.83		244058	234553	234936	245194	253949
Gasolina A	3.13		542046	582395	693829	796051	959889
Gasolina de Aviação	3.13236		1819	2108	2237	2302	1663
Querosene de Aviação	3.24		371436	416399	513436	507973	522789
Óleo diesel	3.35		736527	740161	776649	831819	862287
Óleo Combustível	3.50		1771	1811	1379	1093	120
Total – Fósseis			2226138	2291717	2538479	2709576	3023688
Renováveis							
Etanol Anidro	2.45		98188	105497	117552	134667	130408
Etanol Hidratado	2.45		137242	155315	136439	88869	65765
Biodiesel	3.01		15874	22565	34359	36800	38148
Total - Renováveis			251305	283377	288350	260336	234321

Fonte: IPCC, Elaboração Própria.

2. Cenários

2.1. Cenários Socioeconômicos

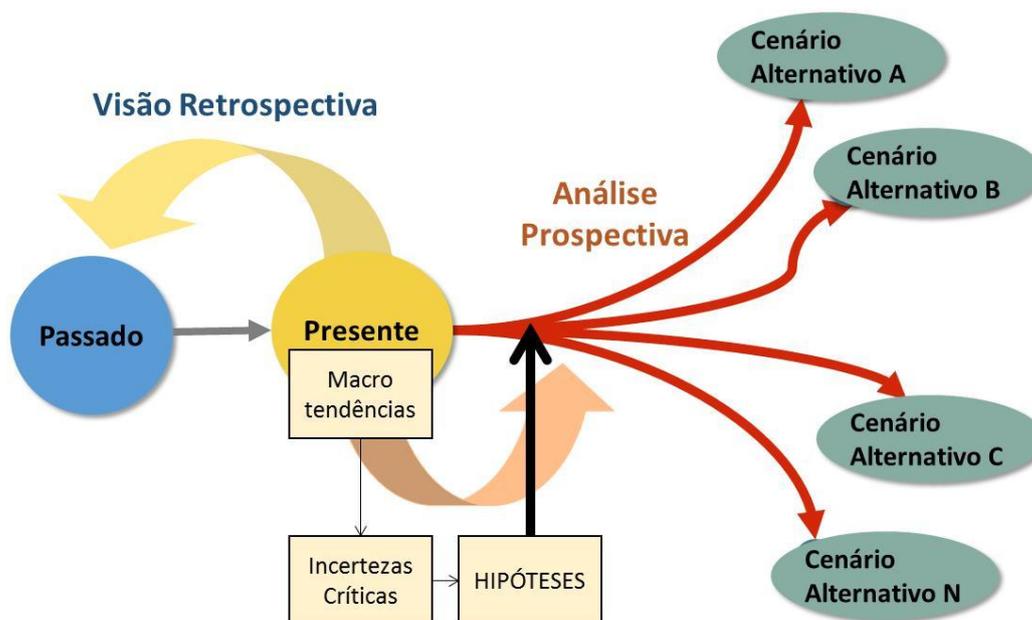
O autor convida o leitor a refletir sobre quais eram as características do cotidiano há 25 anos e suas diferenças em relação às características da vida atual. Isso sugere concluir que o mundo apresentará características possivelmente bem distintas das atuais em 2040. Além disso, quais eram as características atuais que puderam ser previstas desde 1990? Certamente poucas, em todos os setores social, econômico, energético, ambiental, ou qualquer outro. Posto isso, pode-se observar que realizar projeções de futuro em horizonte tão longo é o uma tarefa desafiadora, mas não menos importante quando se fala em planejamento socioeconômico.

A história mostra que decisões devem ser antecipadas para que as ofertas estejam disponíveis quando as demandas e seus padrões surjam ou cresçam. O horizonte de longo prazo traz incertezas inexoráveis ao trabalho de planejamento, dada a diversidade de combinações de hipóteses possíveis em 25 anos. A tendência macroeconômica pode mudar, a competitividade relativa entre fontes de energia pode se alterar, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas e serão implementadas, a infraestrutura evolui, os hábitos de consumo também podem sofrer transformações...

Como é sabido, este estudo foi desenvolvido dentro de um âmbito sistêmico de planejamento de longo prazo do município de Fortaleza, sendo o setor energético um dentre várias perspectivas do plano. Um processo de construção de cenários amplos e multi-variável foi realizado pelo Sr. Sérgio Buarque, coordenador geral da vertente socioeconômica do Plano Fortaleza 2040, detalhado em um estudo específico sobre o tema nesse Plano, e resumido mui superficialmente a seguir.

Cenários são descrições do futuro, baseadas em combinações consistentes de hipóteses plausíveis, sobre o desempenho de incertezas críticas (Buarque, S. 2015). O processo de construção dos cenários foi realizado através da proposta de combinações de hipóteses plausíveis identificadas segundo macrotendências e incertezas críticas que se observam no contexto presente a partir de uma visão retrospectiva como relevante ao horizonte futuro. A figura abaixo esquematiza esse processo de construção:

Figura 2.1. Processo de construção dos cenários



Fonte: Buarque, S., 2015

Não é objetivo deste estudo detalhar a metodologia e os resultados obtidos no processo de construção dos cenários socioeconômicos, amplos e sistêmicos onde se insere a cidade de Fortaleza e sua região metropolitana. Isso será adequadamente dissertado em outro documento do Plano Fortaleza 2040. Abaixo, são descritos diretamente os resultados da criação destes cenários socioeconômicos elaborados pelo Sr. Sérgio Buarque.

Cenário Socioeconômico 1: uma combinação consistente de hipóteses plausíveis favoráveis, aos níveis mundial, nacional e estadual:

- Mundo:
 - Crescimento baixo populacional com o envelhecimento da população mundial;
 - Acordos sociopolíticos, comerciais, ambientais globais;
 - Integração global, emergência de novos atores e desconcentração econômica;
 - Mudanças tecnológicas profundas e surgimento de inovações disruptivas;
 - Eventos ambientais críticos localizados, percebendo-se um arrefecimento no processo de mudanças climáticas globais;
 - Crescimento médio da economia global, melhoria da qualidade do meio ambiente e maior oferta relativa de água, alimentos e energia.
- Brasil:
 - População brasileira ainda contando com um bônus demográfico nos próximos 20 anos;
 - Estabilidade econômica e implementação de reformas estruturantes;
 - Aumento da capacidade de investimentos no Brasil, com intenso investimento em setores estruturantes, como educação, inovação e infraestrutura;
 - Redução do “custo Brasil”;
 - Maior distribuição dos recursos pelos Estados e Municípios, desconcentração da economia e integração nacional;
 - Aumento da competitividade e produtivos dos setores no Brasil;
 - Crescimento econômico nacional médio; redução das desigualdades sociais.
- Ceará:
 - Bônus demográfico estadual ainda mais longo que o nacional, por todo o horizonte deste estudo;
 - Continuidade da política com alta governabilidade e governança, recuperação da capacidade de investimento em projetos estruturais;
 - Crescimento do Estado do Ceará acima da média nacional;
 - Desconcentração territorial no Estado;
 - Melhoria na qualidade de vida e menor desigualdade social da população cearense;
 - Recuperação e conservação ambiental no Estado.
- Fortaleza:
 - Cidade competitiva, com educação melhorada, intensas inovações, segurança pública e infraestrutura de qualidade;
 - Cidade sustentável, com espaço urbano organizado, acessível, compacto, conectado, meio ambiente recuperado e conservado e alta qualidade de vida;
 - Equidade social, com redução significativa da pobreza e das desigualdades sociais, expansão de oportunidades, equidade de acesso aos serviços urbanos de qualidade;
 - Cidade com ampla conectividade interna e externa, exercendo liderança na organização e governança metropolitana e integração regional.

Cenário Socioeconômico 2: uma combinação consistente de hipóteses plausíveis desfavoráveis, aos níveis mundial, nacional e estadual:

- Mundo:
 - Crescimento baixo populacional com o envelhecimento da população mundial;

- Acordos sociopolíticos, comerciais, ambientais parciais e ocorrência de áreas de conflitos;
- Integração e desconcentração econômica contida e desigual, persistência de hegemonias concentradas, desagregação política e fragilidade das instituições;
- Inovações e avanços tecnológicos localizados com limitado acesso e acelerada disputa competitiva;
- Crescimento baixo e concentrado da economia;
- Frequência maior de eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar e perdas na produção agrícola dos países em desenvolvimento por aumento da temperatura média global.
- Brasil:
 - População brasileira ainda contando com um bônus demográfico nos próximos 20 anos;
 - Dificuldade nas finanças públicas nacionais, reduzindo a capacidade de investimentos no Brasil, resultando em parciais e limitadas reformas estruturais;
 - Persistência do “custo Brasil” e da instabilidade política;
 - Dispersão dos recursos em resposta a emergências e disputas por benefícios;
 - Baixa competitividade e produtividade dos setores no Brasil, mantendo uma reduzida abertura externa;
 - Crescimento econômico nacional baixo;
- Ceará:
 - Bônus demográfico estadual ainda mais longo que o nacional, por todo o horizonte deste estudo;
 - Instabilidade e limitada governabilidade e governança, e persistência da baixa capacidade de investimento do Estado;
 - Crescimento do Estado do Ceará acompanhando a média nacional;
 - Manutenção da concentração territorial no Estado;
 - Melhoria inercial na qualidade de vida e persistência na desigualdade social da população cearense;
 - Manutenção da degradação ambiental no Estado.
- Fortaleza:
 - Cidade com baixa competitividade, resultado da deficiência na educação, limitada inovação, persistência da violência e carência de infraestrutura.
 - Baixo crescimento econômico do município;
 - Desorganização do espaço urbano, dispersão territorial, persistências de áreas degradadas, precária mobilidade e moderada qualidade de vida;
 - Redução lenta da pobreza e das desigualdades sociais;
 - Desarticulação metropolitana e integração regional travada.

Observe que os cenários socioeconômicos 1 e 2 refletem uma combinação das hipóteses plausíveis todas favoráveis ou todas desfavoráveis, respectivamente. Com isso, se posicionam como os dois cenários-limites de um espectro vasto de cenários-nuances entre combinações consistentes e possíveis de hipóteses plausíveis favoráveis e desfavoráveis em todos ou alguns dos níveis (Ceará, Brasil e mundo). Isso sugere que o cenário que provavelmente venha a se concretizar esteja situado em alguma nuance entre os cenários 1 e 2.

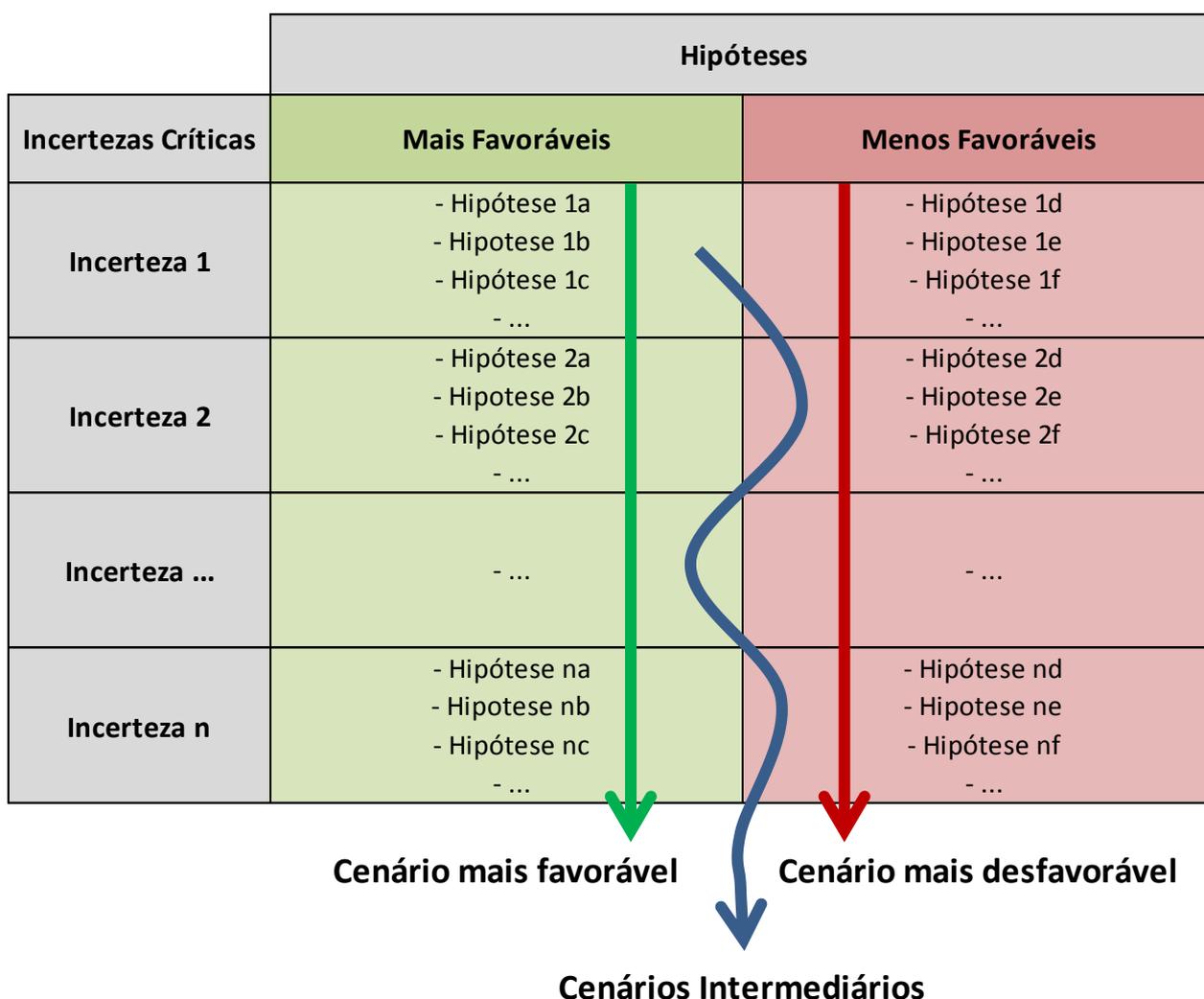
2.2. Cenários Energéticos

A matriz energética de um país é fruto de decisões e ações que foram tomadas em um planejamento energético de longo prazo fundamentado no contexto e anseios em que este país vivia. Por exemplo, atualmente a matriz energética brasileira com forte presença em fontes renováveis é resultado de uma série de decisões fundamentalmente tomadas e ações realizadas

desde meados da década de 70, quando a balança comercial brasileira era significativamente impactada pelas importações de petróleo e derivados, cada vez mais caros.

Conforme já mencionado acima, realizar projeções de futuro em horizonte tão longo é o uma tarefa desafiadora, mas não menos importante quando se fala em planejamento energético. A história mostra que, no setor energético, decisões devem ser antecipadas para que as ofertas estejam disponíveis quando as demandas e seus padrões surjam ou cresçam. O horizonte de longo prazo traz incertezas inexoráveis ao trabalho de planejamento energético, dada a diversidade de combinações de cenários possíveis em 25 anos. A tendência macroeconômica pode mudar, a competitividade relativa entre fontes de energia pode se alterar, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas e serão implementadas, a infraestrutura evolui, os hábitos de consumo também podem sofrer transformações... Essas incertezas seguramente alteram a trajetória com que a demanda de energia vai percorrer nos próximos anos, e conseqüentemente como o setor energético vai atendê-la.

Figura 2.2. Representação esquemática da metodologia de obtenção de cenários



Fonte: elaboração própria

Vale ressaltar que o estabelecimento de cenários não objetiva acertar qual será o estado futuro da região. Consiste sim na tentativa de definir diferentes trajetórias que tais variáveis poderão percorrer, gerando diferentes estados finais, avaliar a sensibilidade comparativa entre esses diferentes estados finais, e antecipar o planejamento de soluções potencialmente necessárias, frente a oportunidades e ameaças possíveis.

Postos os cenários socioeconômicos 1 e 2 acima descritos, a tarefa agora é de pensar os cenários energéticos correspondentes aos mesmos.

É razoável considerar que em qualquer dos cenários socioeconômicos (1, 2 ou qualquer cenário intermediários) propostos acima, o setor energético nacional seguirá com forte influência da conjuntura nacional sobre a oferta e demanda de energia nos estados e municípios brasileiros. Basta refletir sobre algumas características do setor energético brasileiro: leis, portarias, resoluções nacionais, políticas nacionais de precificação de combustíveis, vasta rede nacional de distribuição de combustíveis, sistema interligado de transmissão e distribuição de energia elétrica cobrindo quase a totalidade da demanda por eletricidade no Brasil, leilões de comercialização de energia com abrangência nacional, matriz energética diversificada e relativamente descentralizada, dentre outros.

Seguindo a mesma metodologia aplicada na elaboração dos cenários sistêmicos 1 e 2, acima, foram propostas hipóteses plausíveis às condições mais favoráveis e menos favoráveis possíveis para cada incerteza. Uma combinação das hipóteses mais favoráveis de todas as incertezas seria o cenário energético correspondente ao cenário socioeconômico mais favorável (cenário energético 1), e o inverso produziria o cenário energético correspondente ao cenário socioeconômico menos favorável (cenário energético 2). Uma combinação cruzada entre hipóteses mais e menos favoráveis produziriam, em tese, cenários intermediários, de maneira que se espera abranger toda a amplitude de cenários plausíveis. A figura abaixo objetiva esquematizar o processo de reflexão sobre os cenários deste estudo.

2.3. Incertezas Críticas aos Cenários Energéticos

Quando se fala em planejamento energético, as dimensões de maior influência nas discussões atuais, a nível local, regional ou mundial são sempre as mesmas, dados os aspectos globalizados do setor energético. Quais sejam: (a) os hábitos de consumo cada vez mais favoráveis à conservação da energia e da responsabilidade socioambiental; (b) a evolução do padrão de mobilidade nas cidades; (c) aperfeiçoamento da estrutura modal dos transportes de carga e massa; (d) a inserção de novas tecnologias geração e uso de energia; (e) o atendimento a uma população crescente, mais rica e mais exigente; (f) evolução do perfil das edificações; e (g) a competitividade relativa entre fontes energéticas.

Os subcapítulos abaixo dissertam brevemente sobre cada uma das incertezas críticas aos cenários energéticos.

Consumidores, seus hábitos e a responsabilidade socioambiental

A demanda por recursos em geral tem crescido a uma taxa maior que o aumento da oferta. Esse risco de escassez crescente de recursos associado a um maior grau de instrução e conscientização da população tem alterado os hábitos dos consumidores para práticas mais sustentáveis e responsáveis. Nesse contexto, três dimensões do setor energético tem ganhado força nos últimos anos e terão preponderâncias cada vez maiores no horizonte futuro: geração distribuída de energia, eficiência energética e as energias limpas.

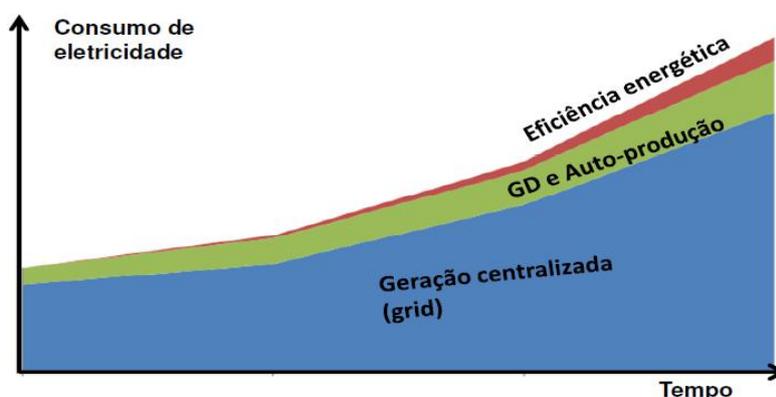
A sociedade está cada vez mais disposta a cobrar por uma oferta de produtos, processos e serviços menos demandantes de energia e mais eficientes; pelo uso de energias renováveis e mais limpas, que polua menos e cause menor impacto ao meio ambiente; e disposta a investir em empreendimentos em que passe a produzir sua própria energia.

A baixa oferta de matéria prima energética nos grandes centros urbanos e requerimentos exigentes de segurança não nos animam quanto a uma oferta de solução técnica comercialmente disponível quanto à produção descentralizada ou autoprodução de combustíveis ao nível residencial, comercial ou mesmo industrial em pequena escala neste horizonte de 25 anos. Quem sabe, num horizonte mais largo...? Entretanto, para energia elétrica, a mini e microgeração distribuída é uma realidade nascente, que certamente terá um papel e participação cada vez maior nos próximos anos. Sua penetração tende a ocorrer de forma cada vez mais acelerada à medida que mecanismos de financiamento, o desenvolvimento tecnológico e oferta comercial de soluções técnicas eficientes promovam modelos de geração distribuída cada vez mais competitivos. Segundo a EPE, ainda que a microgeração e minigeração de eletricidade venham se expandindo a taxas elevadas possibilitadas por subsídios em países desenvolvidos, no Brasil, há perspectiva, para a geração fotovoltaica, que a paridade tarifária e a viabilidade econômica já foi atingida em muitos casos, com retorno de investimento de até 5 anos.

Os governos federal, estaduais e municipais tem tido importante papel nos últimos anos no fomento à eficiência energética, produção e uso de energias renováveis e geração distribuída. Inúmeras são as iniciativas governamentais nesse sentido. Plano Nacional de Eficiência Energética, Programa Brasileiro de Etiquetagem, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Programa Nacional para o Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural, Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, Programa Nacional do Etanol, Política Nacional sobre Mudança do Clima, PAC2 Mobilidade Grandes Cidades, Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores, Resolução Normativa da ANEEL 482/2012 da geração distribuída, dentre inúmeros outros.

No que tange ao consumo de energia elétrica, a evolução do perfil de atendimento a esta demanda pode ser representada esquematicamente pelo gráfico abaixo. Uma parcela da demanda pode ser evitada pelas ações de conservação de energia e de eficiência energética, outra é atendida pela geração distribuída e o restante pelas concessionárias de eletricidade, que compram a energia elétrica das centrais geradoras. Pelas razões discutidas acima, as parcelas de eficiência energética e de geração distribuída terão participações relativas cada vez maiores em detrimento de participação do atendimento de energia pelo grid.

Gráfico 2.1. Evolução da demanda de eletricidade e suas fontes de atendimento.



Fonte: Extraído da publicação Demanda de Energia 2050, EPE 2014.

Para um horizonte de planejamento energético de longo prazo, o nível de aproveitamento das oportunidades de ações de eficiência energética e de geração distribuída produzirão trajetórias de demanda energética e suas fontes de atendimentos muito diferentes, requerendo necessidades de expansão do setor energético também bastante diferentes.

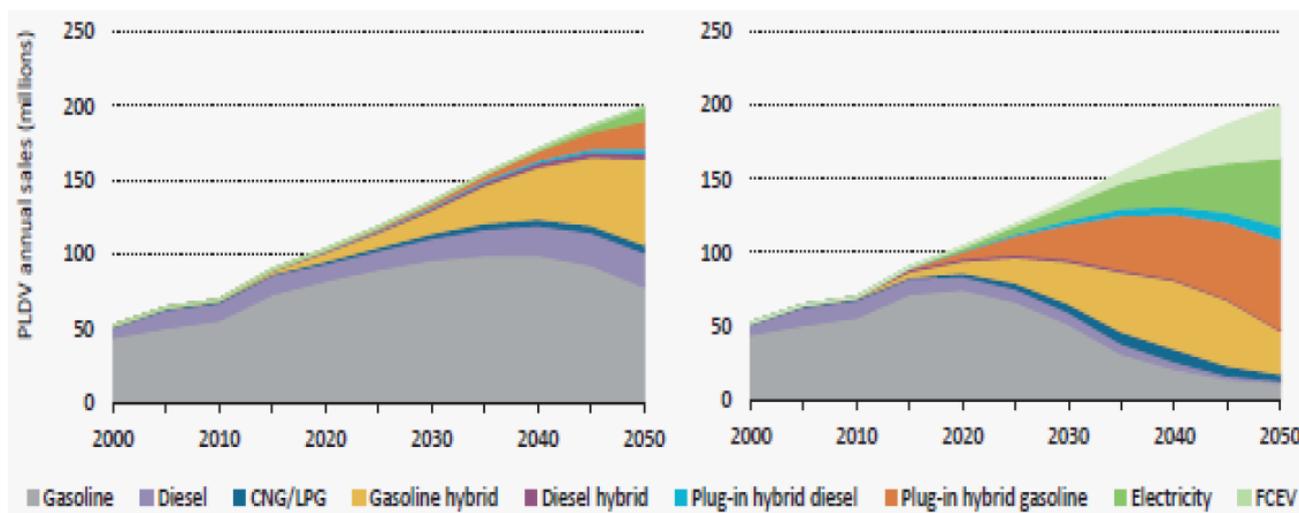
Padrões de mobilidade nas cidades

O crescimento populacional e o desenvolvimento socioeconômico da população esperados até 2040 causarão impactos profundos na mobilidade no município de Fortaleza. Serão cerca de 240 mil habitantes a mais, além de um esperado aumento no fluxo de visitantes.

Segundo a EPE, mobilidade mundial (medida em passageiro-quilômetro) em 2050 deverá ser entre 3 e 4 vezes maior que a do ano 2000, a depender das condições de infraestrutura e dos preços de energia. O crescimento a esta taxa não ocorrerá de forma uniforme em todos os países, mas especialmente maior no Brasil, Índia e China, países populosos e com grandes lacunas sociais a serem preenchidas neste período.

Nesse contexto de crescente expansão da demanda por mobilidade, é importante compreender a contribuição esperada do transporte individual motorizado, traduzido principalmente, pelos veículos leves. O estudo Demanda por Energia 2050 da EPE (2014) referencia dados da Agência Internacional de Energia, que sugerem que em qualquer dos cenários a aumento da frota mundial de veículos é pronunciada, atingindo valores de 200 milhões de unidades vendidas anualmente em 2050, 4 vezes maior que o patamar do ano 2000 (Gráfico 2.2.). Do lado esquerdo do gráfico, é representado o cenário em que se priorizam os avanços de eficiência energética para os veículos, negligenciando ações mais relevantes em políticas de redução de gases de efeito estufa. Neste caso, a penetração dos veículos híbridos elétricos tem uma penetração lenta, ganhando maior espaço nas vendas a partir de meados da década de 2030. Do lado direito do gráfico, aparece o cenário centrado em ganhos tecnológicos que reduzam emissões de gases causadores de efeito estufa, além dos mesmos ganhos de eficiência energética do cenário esquerdo. Observa-se então que os veículos elétricos começam a substituir as vendas de veículos à combustão interna a partir de meados dos anos 2020 e os veículos de célula a combustível a partir dos anos 2040.

Gráfico 2.2. Cenários das vendas anuais mundiais de veículos leves por tipo de tecnologia de motor, até 2050



Fonte: Extraído da publicação Demanda de Energia 2050, EPE 2014.

Observa-se no cenário à direita um processo gradativo de “eletrificação” do setor de transporte. Não há razão para não prever que essas diversas tecnologias de veículos leves estejam disponíveis e ofertadas na região metropolitana de Fortaleza. A trajetória com que esta evolução vai suceder em Fortaleza, se mais próxima do cenário esquerdo ou do direito, é um fator de incerteza. Dada a matriz energética brasileira com forte participação de fontes renováveis, e consequentemente menor pressão por ações de redução de gases causadores de efeito estufa, dada a maior oferta por derivados de petróleo para as próximas décadas no Brasil, dado o menor poder aquisitivo do cearense em geral e dados os preços altos de veículos leves no Brasil, é de se esperar uma penetração mais lenta de tecnologias disruptivas na RMF que em outros países, em especial os mais ricos.

O aumento significativo da frota de veículos será uma realidade também para Fortaleza, tendo em vista a previsão de aumento populacional e o aumento da renda per capita nos próximos anos. A nível Brasil, espera-se um aumento populacional da ordem de 20 milhões de habitantes entre 2012-2050 e crescimento da renda per capita para cerca de US\$ 36 mil/habitante em 2050, nível compatível com o observado em países tais como Canadá, Austrália, Alemanha e Reino Unido.

Assim, será um desafio evitar o aumento da mobilidade de passageiros demasiadamente centrada no uso do automóvel. Segundo a EPE a taxa de motorização da população brasileira era de 6,1 habitantes por veículo em 2010, valor bastante abaixo daqueles observados em países desenvolvidos. A EPE projeta no cenário brasileiro de longo prazo adotado no PNE 2050 que a taxa de motorização alcance aproximadamente 1,7 habitante/veículo em 2050, patamar equivalentes observados atualmente em países como Estados Unidos, Reino Unido e Japão.

Esta consideração é importante na medida em que a distribuição modal de transporte de passageiros apresenta impacto pronunciado no consumo energético.

É sabido que o tema da mobilidade urbana ganhará um estudo específico no âmbito do Fortaleza 2040, dada sua complexidade e importância. Simplificando a discussão para o tema energético, pode-se considerar no futuro da mobilidade urbana em Fortaleza dois aspectos importantes: a crescente inclusão de um quantitativo maior de consumidores com acesso à aquisição de veículos, mas por outro lado uma maior penetração de “novos” modais de transporte de passageiros no município. É de sentimento comum o aumento na frequência e duração dos congestionamentos em Fortaleza ao longo dos anos, responsável por perdas econômicas e sociais, bem como uma piora na qualidade do ar. Esta constatação traz indagações, inclusive, sobre os limites sustentáveis de expansão de uso da frota nas cidades, em seus aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Destaca-se a seguir alguns dos instrumentos de gestão de transporte e mobilidade urbana recomendados pelo Plano Nacional de Mobilidade Urbana: (i) restrição de acesso motorizado e estabelecimento de padrões de emissões em regiões da cidade seja ele para o transporte de passageiros quanto de carga em horários e locais pré-determinados; (ii) tributação sobre modos de transporte devido ao uso de infraestrutura urbana para desincentivar determinados padrões de mobilidade; (iii) criação de zonas de circulação exclusiva para deslocamento não motorizado; (iv) estipulação de padrões de emissão de poluentes para locais e horários determinados; (v) dedicação de espaço exclusivo nas vias públicas para os serviços de transporte público coletivo e modos de transporte não motorizados, (vi) fomento aos investimentos em modais de transportes alternativos tais como BRT's, BRS's, Veículos Leves sobre Trilhos (VLT's), Monotrilhos, Metrô e trens urbanos, que alterem a oferta de transportes de passageiros e a qualidade dos serviços prestados, resultando na migração de passageiros de outros modais, principalmente do automóvel; (vii) políticas de incentivo a viagens não motorizadas (ciclovias e viagens a pé) e trabalho à distância; (viii) implementação de ferramentas de a gestão de tráfego; entre outros.

A implantação destas políticas em nível municipal deve obviamente ser customizada às peculiaridades locais. O nível de prioridade e velocidade com as quais estas ações sejam implantadas e a eficácia de seus efeitos terão impacto decisivo no consumo de energia futuro da

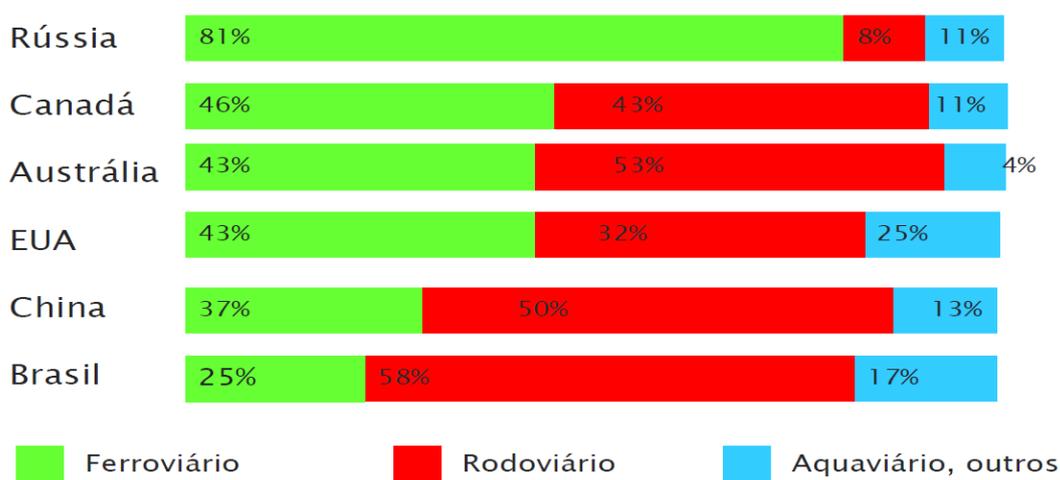
região, representando fatores de incerteza quanto a qual trajetória de evolução Fortaleza vai percorrer nos próximos 25 anos.

Intermodalidade do transporte de carga

A logística de transportes tem um papel importante para a competitividade das atividades econômicas de um país, servindo de mecanismo de escoamento da produção agrícola e industrial para os mercados interno e externo. É conhecida a carência de infraestrutura no Brasil e no Ceará e sua ineficiência energética, dadas a baixa qualidade das vias e a forte concentração do modal rodoviário (energeticamente menos eficiente).

O Gráfico abaixo compara a participação dos modais de transporte do Brasil com outros países com dimensões continentais:

Gráfico 2.3. Participação dos modais de transporte de carga em países continentais, 2012.



Fonte: Extraído da publicação Demanda de Energia 2050, EPE 2014.

Observa-se uma predominância exagerada do modal rodoviário no transporte de cargas brasileiras, a despeito de nosso potencial hidroviário e relevo predominantemente plano e adequado para o transporte ferroviário. Essa característica da malha de transporte brasileira traz implicações tais como menor eficiência energética por tonelada transportada e maior nível de emissões de poluentes atmosféricos, além de custos de frete superiores às alternativas de transporte por meio hidroviário e ferroviário. No Ceará, não é diferente.

A distribuição modal de cargas tem profundo impacto no consumo energético do setor de transportes, vez que os diferentes modais de transporte requerem distintos consumos específicos de energia por tonelada-quilômetro transportada. Uma maior participação de modais de transportes mais eficientes (em especial o ferroviário) é desejada e deve fazer parte das políticas de planejamento logístico e energético.

Além disso, de maneira análoga ao que foi discutido ao transporte de pessoas em veículos leve, neste horizonte de 25 anos, tecnologias baseadas no uso de gás natural, motores híbridos,

eletricidade e outras fontes de energias podem impactar de forma significativa a matriz energética do setor de transportes.

Por fim, quando se analisa o transporte de carga ao nível municipal, uma perspectiva a mais se faz necessária, tal como a logística interna da distribuição de mercadorias com capilaridade a todo município. Ou seja, as mercadorias tem que atingir a todos os consumidores, espalhados por toda a cidade. Neste caso, o único modal de transporte com flexibilidade, agilidade e capilaridade para essa distribuição de mercadorias é sem dúvida o rodoviário. Em outras palavras, o planejamento de transporte de carga municipal necessariamente lida com a concentração do modal rodoviário, e suas características peculiares, em especial quanto às emissões poluentes nos grandes centros, poluição sonora e congestionamento em vias despreparadas ao trânsito de veículos grandes ou desequipadas com espaço adequado a carga e descarga de mercadoria.

Ambos os aspectos são fontes de incerteza para uma projeção de longo prazo no planejamento energético.

Novas tecnologias de geração e uso de energia

O aumento acelerado da frota de veículos leves, as preocupações com as mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global e com a saúde pública dos grandes centros urbanos, as incertezas quanto à evolução do preço do petróleo e a segurança energética são motivações que geram um campo propício para o desenvolvimento de novas tecnologias de geração e uso da energia. Intensificação do incentivo ao uso de transporte de massa de qualidade e ao uso de biocombustíveis, desenvolvimento de novos combustíveis sintéticos renováveis, de motores mais eficientes, de materiais mais leves e resistentes, da eletrificação do sistema de transporte, de sistemas de geração de energia cada vez mais eficientes, de novas fontes de energia para geração de eletricidade, entre outros, são algumas das escolas de novas tecnologias do setor energético.

A inserção de novas tecnologias energéticas muitas vezes significa o desenvolvimento de uma nova cadeia produtiva inteira, especialmente no desenvolvimento de novos combustíveis ou motores a novos combustíveis, ou ainda novos motores (como por exemplo, por elétrico). Daí as grandes barreiras para sua implementação, geralmente atreladas à existência de uma extensa cadeia petrolífera, profundamente enraizada na economia mundial. Nestes casos, essas novas tecnologias devem romper paradigmas, requerendo alterações significativas em infraestrutura, nichos de mercado, arcabouços legais e comportamentais, e que ainda variam de região a região.

Um exemplo do efeito desta incerteza crítica: nos Estados Unidos, a gasolina tem apresentado queda no consumo desde 2008, em função, especialmente das novas tecnologias de motorização que chegaram ao mercado automobilístico nos últimos anos e as restrições dos padrões de consumo exigidos para os veículos leves comercializados neste país.

No âmbito de novas tecnologias de geração de eletricidade, o Brasil ainda vive a recente inserção das fontes eólica e solar na matriz elétrica, abrindo caminho já pavimentado para fontes não convencionais para geração de eletricidade, como energia das ondas, correntezas, marés, geotérmica, resíduos sólidos urbanos, dentre outros. Neste caso, pode-se afirmar que a maior barreira é econômica, que será gradativamente solucionada com a curva de aprendizado, ganhos de eficiência e aumentos de escala, inexoráveis ao processo de desenvolvimento tecnológico e comercial.

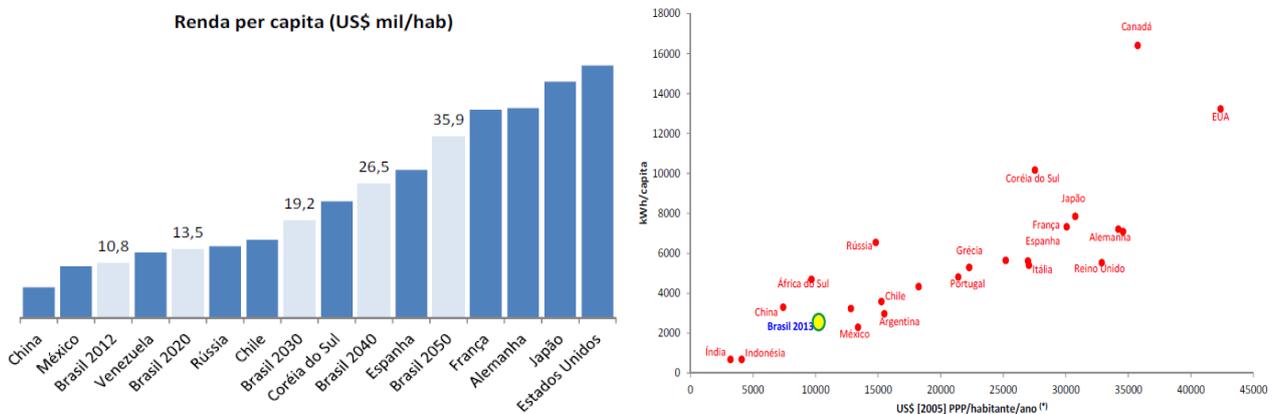
Uma vez mais, o nível de prioridade e velocidade com as quais estas ações sejam implantadas e a eficácia de seus efeitos ao nível da cidade de Fortaleza terão impacto decisivo no consumo e na oferta de energia, representando fatores de incerteza quanto a qual trajetória de evolução de novas tecnologias o município vai percorrer no horizonte dos próximos 25 anos.

Padrão de consumo dos novos consumidores

Além do crescimento populacional previsto para os próximos 25 anos no Brasil e em Fortaleza, as projeções simuladas pelo Plano Nacional Energético 2050 estimam que o aumento da renda per capita no Brasil o colocará no final deste período em nível situado do patamar atual da Espanha.

De forma análoga, o consumo per capita de eletricidade no Brasil encontra-se em patamares consideravelmente abaixo do consumo per capita atuais dos países com níveis de renda per capita similares àqueles estimados para o Brasil em 2050.

Gráfico 2.4. Renda per capita e consumo de eletricidade per capita



Fonte: Extraído da publicação Demanda de Energia 2050, EPE 2014.

E conforme já discutido, a população brasileira viverá um processo de motorização, em que a população em condições de possuir veículos leves para o transporte individual em detrimento do transporte coletivo será cada vez maior.

Em um ciclo virtuoso do consumo, a combinação desses efeitos de população crescente, renda per capita crescente e demanda reprimida de energia resultará em uma demanda fortemente aumentada de bens e serviços ao longo do horizonte. E mais desenvolvimento econômico, mais consumo...

Ao atingir níveis de renda per capita de países como a Espanha ou França, o Brasil trilhará para seus mesmos indicadores de motorização ou consumo de eletricidade per capita? E como isso evoluirá na cidade de Fortaleza? Essas perguntas também sugerem fatores de incerteza a serem considerados no planejamento energético de longo prazo.

Novas Edificações e a Eficiência Energética

No Brasil, 47% do consumo de eletricidade ocorre em edificações (comercial, residenciais e públicas), e 14% do consumo de energia total, segundo a EPE. Espera-se grandes transformações nas características do consumo deste grupo no longo prazo, incluindo mudanças no padrão construtivo das edificações e dos equipamentos que farão parte dessas edificações.

Estudos específicos mencionados pela EPE (Demanda por Energia 2050, 2014) tem apontado cenários que contemplam edificações autossuficientes energeticamente, com a utilização de novos materiais, estruturas adaptáveis aos serviços ecossistêmicos oferecidos pelo meio ambiente e às preferências do consumidor, modularidade na construção e penetração de equipamentos mais eficientes, entre outras, estimando conquistar 50% de ganhos de eficiência energética em novas construções ou 30% de edificações antigas adaptadas às novas melhores práticas.

O alcance desses ganhos de eficiência energética depende de muitos fatores como zona climática, planejamento urbano do entorno, padrões de hábitos de consumo, equipamentos pertencentes às edificações e o projeto arquitetônico, incluindo os materiais utilizados. Políticas públicas tem papel importante na promoção, fomento desses fatores em favor de eficiência energética em edificações.

Competitividade entre Fontes de Energia

No horizonte de longo prazo, maturidade de novas tecnologias, risco de escassez de reservas, descobertas de novas reservas, saturação do potencial de aproveitamento, evolução do perfil de consumo, investimentos para a oferta de energia por fonte, crises políticas ou econômicas regionais, dentre outros, influenciarão o preço da energia. A evolução deste comportamento de preço não necessariamente ocorrerá de forma igual entre todas as fontes de energia, podendo alterar a competitividade relativa entre fontes, e consequentemente alterar a competitividade de atividades demandantes por estas fontes.

A tabela abaixo representa o custo da energia por fonte energética em Fortaleza em 2015.

Observa-se com isso que a fonte energética mais cara é a energia elétrica, seguida pelo etanol hidratado e a gasolina tipo C. E as mais baratas o querosene de aviação, gás natural veicular e óleo combustível. Os números são coerentes com as características termodinâmicas de cada fonte energética, sua relação oferta e demanda na RMF e os aspectos ambientais associados. Em outras palavras, aquelas fontes que desempenham elevados rendimentos energéticos em seu consumo final permitem preços energéticos mais altos. Por outro lado, aquelas fontes que oferecem riscos ambientais e seus custos de mitigação maiores necessitam ter preços energéticos menores. E ainda, as fontes de melhor relação oferta/demanda tendem a ter preços energéticos menores.

Tabela 2.1. – Preço médio da tonelada equivalente de petróleo ao consumidor final de Fortaleza, por fonte energética, 2015.

Fonte	R\$/tep
Energia Elétrica	5.686,05
Etanol Hidratado	4.972,27
Gasolina C	4.265,07
GLP	3.197,34
Óleo Diesel	3.120,37
Querosene de Aviação	2.592,54
Gás Natural	2.271,85
Óleo Combustível	1.642,58

Fonte: Elaborado pelo autor, no Diagnóstico do Setor Energético da Região Metropolitana de Fortaleza 2015.

A fonte energética que destoa desta lógica é o gás natural, que é uma das opções energéticas mais baratas, cujo uso desempenha um bom rendimento energético comparativo, menor impacto ambiental, e apesar da relação oferta/demanda muito desfavorável. Talvez isso explique a razão da corrida pelo uso do gás natural nos últimos anos.

Contra todas as estimativas de especialistas que contavam com o preço do petróleo com comportamento crescente consistente ao longo dos anos, a realidade se mostrou diferente. A oferta crescente de energias alternativas, a penetração cada vez abundante do gás de xisto, o desenvolvimento de tecnologias automotivas com a inserção cada vez maior da eletricidade como fonte energética veicular, uma solução gradual dos conflitos no Oriente Médio, a desaceleração da economia chinesa, o desenvolvimento de novas técnicas de extração e refino, dentre outros, aliviaram a pressão sobre o aumento do preço do petróleo, alívio este que deverá prosseguir por mais alguns anos. Quantos?

Apesar do forte aumento na demanda por energia dos próximos anos, as projeções de preço do petróleo apontam por sua estabilização em patamares abaixo do que foi observado nos últimos anos. O patamar em que deve se estabilizar o preço do petróleo no horizonte deste estudo depende obviamente do comportamento e intensidade dos diversos fatores determinantes de preço como os comentados acima.

Os preços do gás natural, por sua vez, tem historicamente guardado forte correlação com os preços de petróleo, vez que a exploração de ambos está associada em a maioria dos casos.

Uma tendência de preços baixos de petróleo e gás causam obviamente impactos nos setores energéticos nacional e estadual. Os esforços por descobertas de novas reservas de petróleo e pelo desenvolvimento de energias alternativas inevitavelmente se arrefecem em conjunturas de petróleo barato, não esquecendo que é justamente a sobreoferta trazida pelas novas descobertas de reservas energéticas e pelo uso de energias alternativas que aliviam pressão sobre a demanda relativa e os preços do petróleo.

É, com isso, negligente prever maiores motivações para uso de gás natural para geração de eletricidade, maior esforço na capilaridade de distribuição de gás natural residencial e veicular em municípios hoje desabastecidos, maior competitividade na indústria e transportes, e maior atratividade aos empreendimentos petroquímicos e gasquímicos.

Por outro lado, a produção de energia por fontes renováveis vão crescer mundialmente 56% até 2030, afirma a publicação americana 2007 *International Energy Outlook*. Considerando que a hidroeletricidade representa quase 20% da oferta elétrica mundial e as demais fontes renováveis possuem participação marginais, conclui-se que a energia hidráulica continuará ser a principal fonte renovável do futuro.

O Brasil possui o terceiro maior potencial hidroelétrico do mundo, atrás da China e dos Estados Unidos, tendo um potencial hidroelétrico teórico de 3,04 mil TWh/ano. De fato, a quantidade de energia hidráulica efetivamente disponível depende de outros fatores relevantes, como a topografia, o regime de chuvas, a tecnologia e, também, o período de efetivo funcionamento da instalação, quando integrada a um sistema elétrico, que obviamente varia de país a país. No Brasil o potencial hidroelétrico tecnicamente aproveitável, segundo a publicação do *World Energy Council*, 2004, é de 1,49 mil TWh/ano, cerca de 50% do teórico. Vale destacar que as estimativas de potencial hidroelétrico refletem as condições de avaliação técnico-econômica, socioambiental da época em que foram elaboradas.

A publicação Matriz Energética 2030, elaborada pela EPE em 2007, afirma que naquele ano de publicação, o potencial hidroelétrico brasileiro estava utilizado em cerca de apenas 30%, entre as usinas em operação, em construção e concessões outorgadas. E 43% do potencial ainda não aproveitado encontra-se na Região Norte. O desenvolvimento das linhas de transmissão brasileiras

e a expansão do SIN especialmente na direção da Amazônia permitirá o maior aproveitamento das bacias hidrológicas existentes no País, em regiões mais distantes dos principais centros de consumo. Assim, é de se esperar que no horizonte dos próximos 25 anos, a energia hidrelétrica continuará dominando a matriz elétrica nacional, aliviando sobremaneira a demanda por energia térmica. As térmicas, mais caras, continuarão tendo seu papel na segurança de abastecimento especialmente nos momentos de seca, em que se decida preservar os níveis das bacias hidrográficas e economizar o uso de energia hidráulica dos reservatórios.

Outra publicação, o Plano Nacional de Energia 2030, também elaborado pela EPE, fundamenta e enumera algumas tendências gerais do setor energético nacional neste horizonte de tempo:

- Aumento da eletrificação;
- Maior penetração do gás natural, em substituição ao óleo combustível, principalmente na indústria;
- Maior penetração dos combustíveis líquidos renováveis (etanol e biodiesel) em substituição a derivados do petróleo, usados principalmente nos setores agropecuário e de transportes.

Algumas perguntas como as abaixo mostram exemplos de fatores de incerteza associados ao a projeção da competitividade relativa entre fontes de energia no longo prazo:

Qual a projeção para os preços de petróleo e gás? Os preços internacionais de petróleo projetados permitirão a penetração de alternativas energéticas? A oferta de gás natural no Brasil se dará a preços competitivos, permitindo a expansão de setores intensivamente demandantes por esta fonte? Qual o impacto da expansão de setores eletro-intensivos na demanda de eletricidade? Qual será a política de precificação da energia no Brasil nos próximos anos? Qual a velocidade dos ganhos de rendimentos energéticos e da redução dos investimentos requeridos para a geração de energia por fontes não-convencionais.

2.4. Definição dos Cenários Energéticos

Ao analisar as incertezas críticas acima discutidas no âmbito dos Cenários Socioeconômicos 1 e 2, pode-se supor os Cenários Energéticos 1 e 2, respectivamente. O Cenário Energético 1 é aquele em que a trajetória do setor energético será percorrida em um entorno socioeconômico favorável, pavimentada ao desenvolvimento sustentável, onde os efeitos do aperfeiçoamento do setor energético serão acelerados e maximizados. No Cenário Energético 2, a prioridade das ações de aperfeiçoamento do setor energético será diluída por urgências imediatas trazidas por um ambiente socioeconômico em dificuldades.

Cenário Energético 1:

- Ganhos esperados quanto à mitigação do aquecimento global, fruto de uma preocupação e ações constantes de redução da pegada de carbono.
- Acúmulo de reservas provadas de petróleo e gás natural, fruto da maior eficácia nas descobertas de novas jazidas e dos ganhos com a conservação da energia e com o uso de energias alternativas. Investimentos no parque de refino de maneira a equilibrar a oferta-demanda por derivados fósseis e aliviar a pressão sobre seus preços.
- Maior inserção da geração de energia solar e eólica, evitando significativamente a geração termelétrica, e abrindo caminho já pavimentado para geração de eletricidade por fontes não convencionais como energia das ondas, correntezas, marés, resíduos sólidos urbanos, dentre outros.
- Melhoria generalizada da qualidade de vida de Fortaleza, bônus demográfico persistente pelo horizonte do estudo, fluxo migratório do interior para a capital ou ainda de outras capitais, bem como maior atração por visitantes (turismo de lazer e de negócios).

- Educação da população fortalezense melhorada. Educação ambiental fortemente inserida. Nível de conscientização sobre o desenvolvimento sustentável maximizado.
- Hábitos de consumo da população fortalezense cada vez mais exigentes por produtos e serviços sustentáveis e mais eficientes energeticamente.
- Maior poder de investimento da população. Incentivos fiscais e financeiros para investimentos em microgeração distribuída e em medidas de eficiência energética. Arcabouço legal e de incentivos que maximize o aproveitamento do potencial de geração distribuída e de conservação de energia pela população. Grande oferta de fornecedores de tecnologias, produtos e serviços de qualidade para atender esta demanda da população.
- Governos federal, estaduais e municipais, indústria, comércio e população alinhados no fomento de ações de conservação de energia e aproveitamento do potencial energético sustentável.
- Maior mobilidade urbana na cidade de Fortaleza, atendida por um cardápio diverso de opções de modais de transporte de massa, resultado do processo de motorização da população com renda per capita crescente, mas amortecido por fortes investimentos em transporte coletivo de qualidade, confortável, mais eficiente, acessível e bem distribuído pela cidade.
- Poluição do ar da cidade freada pelo aproveitamento dos serviços ecossistêmicos e adoção de práticas de menor emissão de gases de combustão poluentes (maior eficiência nos motores a combustão, rápida penetração dos motores híbridos e elétricos, maior popularização do transporte coletivo, maior inserção dos biocombustíveis...), resultando em redução significativa de problemas cardiorrespiratórios na população fortalezense.
- Forte penetração de edificações autossuficientes energeticamente, com a utilização de novos materiais, estruturas adaptáveis aos serviços ecossistêmicos e às preferências do consumidor, modularidade na construção e penetração de equipamentos mais eficientes...
- Políticas e padrões de transporte, mobilidade, emissões, eficiência energética em linha com as melhores práticas e recomendações internacionais assegurados.

Cenário Energético 2:

- Processo de aquecimento global descontrolado, fruto da carência de articulações globais quanto à pegada de carbono e da ineficácia de ações isoladas.
- Menor crescimento econômico mundial, nacional, estadual e municipal.
- Apesar do menor crescimento econômico, preço da energia pressionado pelo aumento da demanda relativa de petróleo e gás, comparado com a exaustão de reservas provadas e carência no investimento do parque de refino
- Inserção da geração de energia solar e eólica freada pela menor capacidade de investimento do setor privado e má gestão pública de incentivo, exigindo o despacho pleno da geração termelétrica, encarecendo o preço da energia elétrica no Brasil e a demanda por derivados.
- Melhoria inercial da qualidade de vida de Fortaleza, bônus demográfico persistente pelo horizonte do estudo, fluxo migratório do interior para a capital ou ainda de outras capitais arrefecidos.
- Problemas históricos da educação da população fortalezense persistentes. Educação ambiental timidamente inserida. Baixo nível de conscientização sobre o desenvolvimento sustentável.
- Produtos e serviços sustentáveis e mais eficientes energeticamente atendendo nichos de mercado e de perfis de consumidores.
- População fortalezense superando dificuldades financeiras trazidas pelo baixo crescimento socioeconômico da região. Baixa capacidade de investimento do setor privado e baixa capacidade de incentivos fiscais e financeiros governamentais. Lenta inserção da microgeração distribuída e de medidas de eficiência energética.
- Baixo aproveitamento do potencial energético sustentável.

- Processo de motorização da população de Fortaleza desenfreado pelo aumento atenuado da renda per capita acompanhado da baixa oferta de modais de transporte coletivo de qualidade, confortável, mais eficiente, acessível e bem distribuído pela cidade.
- Poluição do ar da cidade crescente devido à degradação dos serviços ecossistêmicos e baixa inserção das práticas de menor emissão de gases de combustão poluentes, resultando em aumento de problemas cardiorrespiratórios na população fortalezense.
- Fraca penetração de edificações autossuficientes energeticamente, com a utilização de novos materiais, estruturas adaptáveis aos serviços ecossistêmicos e às preferências do consumidor, modularidade na construção e penetração de equipamentos mais eficientes...
- Carência de políticas e padrões de transporte, mobilidade, emissões e eficiência energética.

Mais uma vez, entende-se que o Cenário Energético 1 é fruto de uma combinação consistente de uma análise favorável ao setor energético com o Cenário Socioeconômico 1. Idem para o 2. Assim estes dois Cenários Energéticos propõem hipóteses plausíveis em condições mais favoráveis e menos favoráveis possíveis. Uma combinação cruzada entre hipóteses mais e menos favoráveis com os Cenários Socioeconômicos 1 e 2 produzirão, em tese, cenários energéticos intermediários, de maneira que se espera abranger com os Cenários Energéticos 1 e 2 toda a amplitude de cenários energéticos plausíveis.

3. Projeções de Demanda Energética no Município de Fortaleza

A cadeia produtiva energética é fortemente puxada por sua demanda. Diferentemente de outras cadeias, em que a oferta crescente de produtos e serviços visam e resultam na criação de demandas, que em alguns casos cada vez mais frequentes sequer antes existiam; a oferta de energia existe para atender uma demanda. Não o contrário. Isso continuará sendo verdade enquanto as reservas e os recursos energéticos ainda tenha um elevado potencial de aproveitamento. Talvez um dia, essa característica do setor energético se altere quando as reservas e suas descobertas, bem como o potencial de recursos energéticos se aproximem da saturação. Porém, não há nenhuma evidência que isso ocorra no horizonte deste estudo.

Em outras palavras, pensar o futuro da energia é em última instância um trabalho de estimativa de projeção de demanda para os próximos anos e como essa demanda se distribui entre setores e fontes energéticas, respeitando os cenários socioeconômicos e energéticos, e a disponibilidade de recursos energéticos.

Uma ressalva aqui deve ser feita. Uma situação pode fragilizar a afirmação acima. Uma demanda por energia pode ser temporariamente reduzida pela baixa oferta de energia, mesmo em um ambiente com alto potencial de suas reservas e recursos, quando há uma saturação da infraestrutura de geração/produção, transformação/refino, transporte/transmissão/distribuição de energia. É a chamada crise energética. Isso acontece quando a capacidade de investimento em infraestrutura energética não acompanha o crescimento da demanda por energia. A crise energética tende a frear a produção de bens e serviços, e conseqüentemente frear o crescimento econômico. Uma desaceleração econômica tende, por sua vez, a reduzir a demanda por energéticos, o que alivia a crise energética, produzindo um efeito de autorregulação do mercado. Em um território com farta diversidade e potencial energéticos, estes eventos de crise só se explica pela falta de planejamento energético. Uma vez que o que se está fazendo aqui é justamente um planejamento energético, ratifica-se portanto a afirmação acima: pensar cenários energéticos futuros é em última instância um trabalho de estimativa de projeção de demanda e reservas para os próximos anos. Ou seja, a oferta energética será tão apenas um fator dependente da demanda energética e dos investimentos em aproveitamento das reservas e recursos energéticos para o atendimento desta demanda.

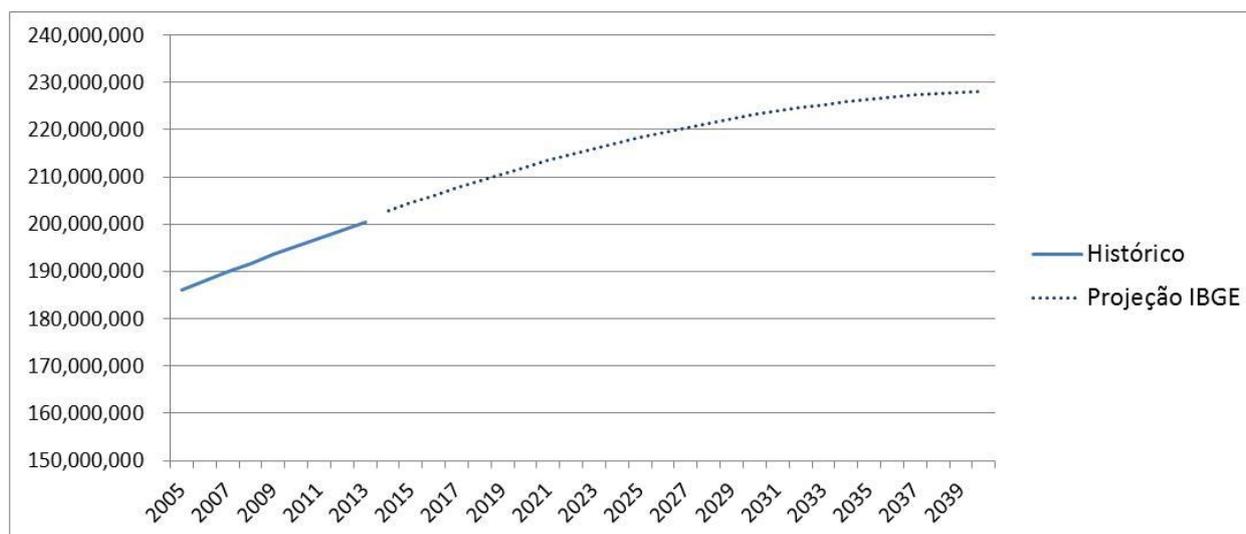
Para a quantificação das projeções de demanda energética, 4 metodologias foram testadas e parametrizadas: (1) Metodologia 1: projeção de demanda energética como função da evolução do PIB e da intensidade energética de Fortaleza; (2) Metodologia 2: projeção de demanda energética como função da evolução da população total e do consumo per capita; (3) Metodologia 3: projeção da demanda energética como função da evolução dos setores da economia; e (4) Metodologia 4: projeção da demanda energética como resultado da evolução dos consumos por fonte energética.

As premissas de taxa de crescimento (ou decréscimo) do PIB, população, intensidade energética, consumo per capita, dos consumos por setor e dos consumos por fontes foram estimadas com base em estudo aprofundado de tendências locais, nacionais e mundiais extraídos a partir de estudos de instituições renomadas como EPE, AIE, DOE, OPEP, dentre outros, e ajustados aos Cenários Energéticos e Socioeconômicos 1 e 2 conforme detalhado adiante.

3.1. Projeções de População

O gráfico 3.1. projeta a população brasileira estimada pelo IBGE até 2040, quando atingiremos mais de 228 milhões de habitantes.

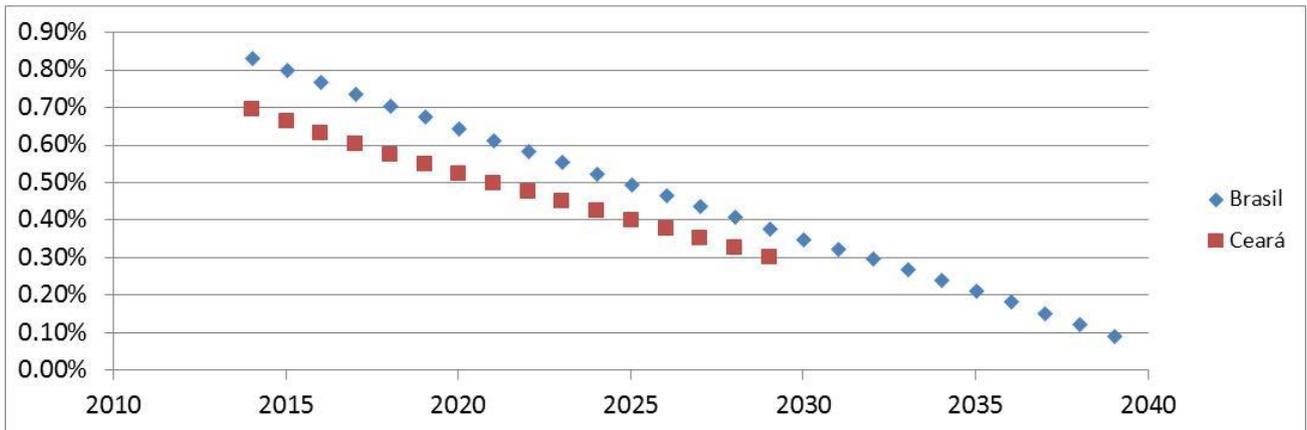
Gráfico 3.1. Projeção da População Brasileira



Fonte: IBGE/Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica.

No entanto, a mesma fonte do IBGE só projeta a população do Ceará até 2030. Veja no gráfico 3.2., abaixo, que a taxa de crescimento populacional brasileira utilizadas nas projeções do IBGE até 2040 e cearense até 2030 tem um comportamento linearmente decrescente. Com isso, é razoável supor que este comportamento persiste no período de 2030 a 2040 para população do Ceará, seguindo a mesma inclinação de 2015 a 2030.

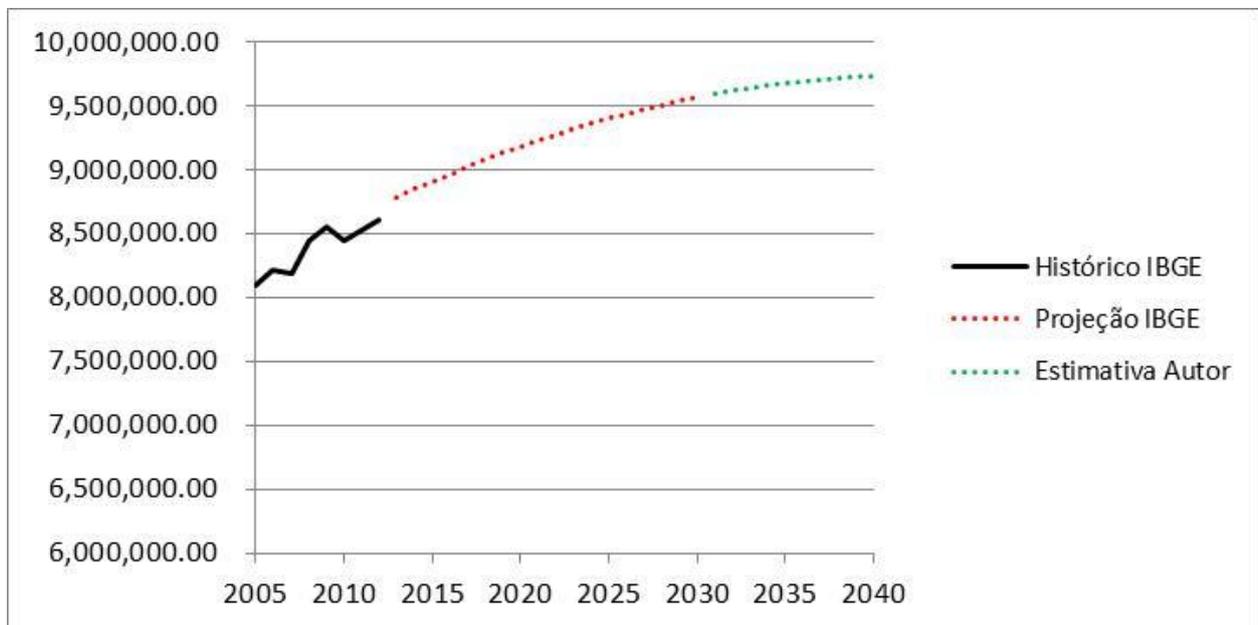
Gráfico 3.2. Evolução da taxa anual de crescimento populacional no Brasil e no estado do Ceará, 2015-2040



Fon te: IBGE/Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica.

Com esta premissa, foi calculada a estimativa da população cearense de 2030 a 2040, representada no gráfico abaixo:

Gráfico 3.3. Projeção da População do Estado do Ceará até 2040



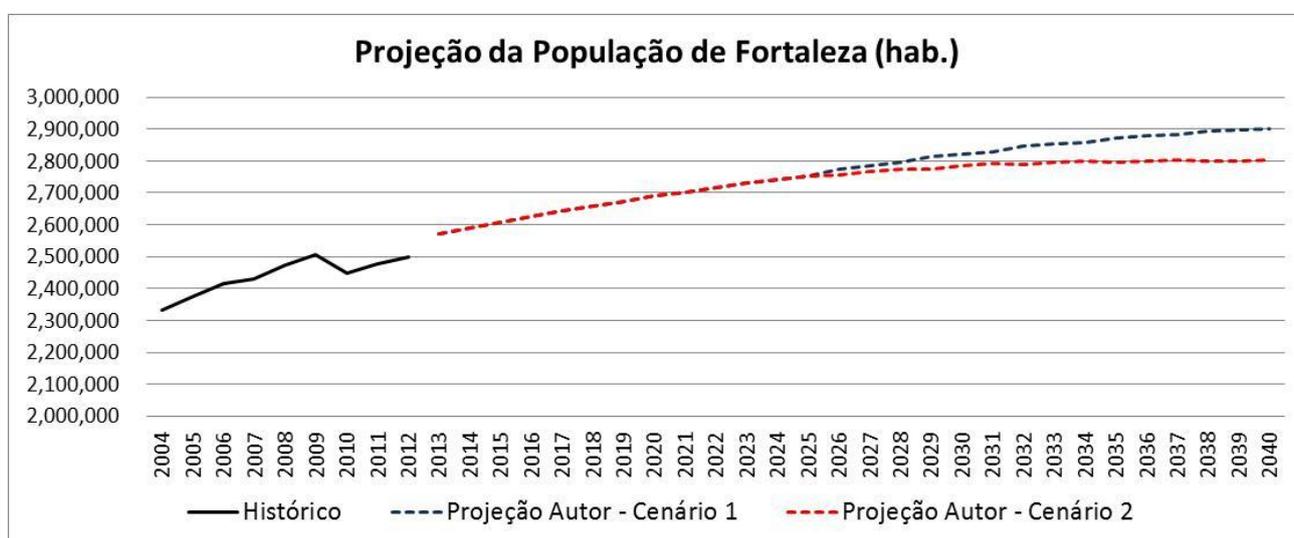
Fonte: IBGE/Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica, e elaboração própria.

Por essas premissas, a população do estado do Ceará atingirá 9,74 milhões de pessoas em 2040.

A estimativa da população de Fortaleza foi realizada a partir da observação de que nos últimos anos vem ocorrendo um processo de estagnação da concentração da população de Fortaleza em relação à estadual. Entre 2004 e 2013, a participação do município na população estadual oscilou 0.1 ponto percentual a mais ou a menos em torno da média 29,3%. Com isso, é razoável propor que nos próximos 10-15 anos, continuará ocorrer este comportamento equivalente entre a população cearense e de Fortaleza. No Cenário Energético 1, supõe-se um processo migratório para a capital de uma população em busca de aproveitar-se das oportunidades e qualidade de vida conquistada nos últimos 10 anos do horizonte de estudo. Para o Cenário Energético 2, supõe-se um arrefecimento no crescimento da população fortalezense. Com isso, entre 2025 e 2040, assume-se a premissa de que a participação da população fortalezense na do estado cresce no Cenário 1 e decresce no Cenário 2 na razão de um décimo de ponto percentual a cada 3 anos.

Com isso, construiu-se o gráfico abaixo. Por este método, estima-se uma população de Fortaleza em 2040 de 2,9 milhões de habitantes no Cenário 1 e 2,8 milhões de habitantes no Cenário 2.

Gráfico 3.4.



Fonte: IBGE/Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica, e elaboração própria.

Tabela 3.1. População de Fortaleza e crescimento populacional por decênio e por cenário.

População	Cenário 1	Cenário 2
2010	2,447,400.00	2,447,400
2020	2,689,260.36	2,689,260
2030	2,821,988.59	2,783,724
2040	2,901,253.23	2,803,896
Taxa 2010-2020 (a.a.)	0.9%	0.9%
Taxa 2021-2030 (a.a.)	0.4%	0.3%
Taxa 2031-2040 (a.a.)	0.3%	0.1%

Fonte: Elaboração Própria

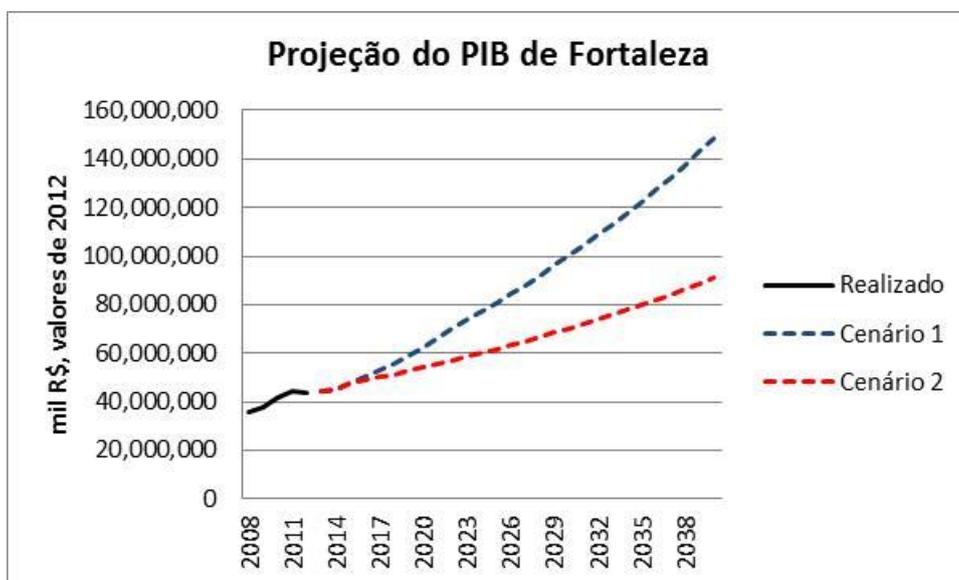
A Tabela 3.1. extrai os dados do Gráfico 3.4. e resume a população e crescimento populacional de Fortaleza por decênio e por cenário no horizonte do estudo.

3.2. Projeções do PIB de Fortaleza

Este estudo não dispõe de modelos matemáticos empregados para a quantificação de cenários. Para minimizar esta restrição, o estabelecimento de cenários para a RMF tomou como base as projeções de cenários macroeconômicos para o Brasil realizados pela Empresa de Pesquisa Energética¹, que dispunha de modelos matemáticos de quantificação (Modelo de Consistência Macroeconômica de Longo Prazo – MCMLP, adaptado internamente pela EPE a partir de modelagem proposta pelo Banco Mundial).

Com isso, a metodologia utilizada para projeção do PIB de Fortaleza neste estudo consistiu, em síntese, analisar a tendência estatística (por regressão linear) do comportamento da participação do PIB da cidade dentro do PIB Nacional e extrapolar a mesma tendência pelos anos do mesmo horizonte de tempo dos estudos da EPE (2024, no último plano decenal, publicado em 2014). Com base no PIB Nacional estimado para os anos até 2024 e nesta tendência de participação do PIB de Fortaleza, estimou-se o PIB da cidade por esse período. Denominou-se essa trajetória de crescimento econômico de Linha de Base do PIB dos Cenários.

Gráfico 3.5.



Fonte: Elaboração Própria

Para o Cenário 1, convencionou-se 1 ponto percentual a mais de crescimento do PIB ao ano, até 2024, em comparação com a Linha de Base. Esse “prêmio” ao crescimento no PIB se justifica pelo

¹ O estudo da EPE foi publicado no final de 2014. Apesar da data bastante recente de publicação, ele não contempla as alterações de cenário macroeconômico observadas no país nos últimos meses até a data de publicação deste documento, em que se prevê recessão em 2015 e 2016 e uma retomada lenta do crescimento nos anos seguintes.

entendimento que o Cenário 1 traz uma situação de clara melhora em relação ao status quo da cidade. Para os períodos 2025-2030 e 2031-2040, considerou-se um crescimento arrefecido em relação ao período 2015-2024, justificado pelo processo natural de desaceleração, comum em cenários de crescimento virtuoso.

Para o Cenário 2, castigou-se a Linha de Base em 3 pontos percentuais para o crescimento anual período até 2024 e atribui-se esta taxa anual como constante até o final do horizonte deste estudo.

A Tabela 3.2. sintetiza os dados extraídos do gráfico de evolução do PIB de Fortaleza. Por esta simulação, o PIB da cidade atingiria o valor de R\$ 149 bilhões em 2040 numa trajetória facilitada pelo Cenário 1, ou R\$ 91 bilhões numa trajetória prejudicada pelo Cenário 2.

Tabela 3.2.

PIB FOR (mil R\$, 2012)	Cenário 1	Cenário 2
2010	41,822,131	41,822,131
2020	62,452,209	54,071,948
2030	100,512,477	70,252,877
2040	148,783,020	90,899,778
Taxa Crescimento 2010-2020	3.7%	2.4%
Taxa Crescimento 2021-2030	4.4%	2.4%
Taxa Crescimento 2031-2040	3.6%	2.4%

Fonte: Elaboração Própria

3.3. Metodologias para Projeção de Demanda Energética de Fortaleza

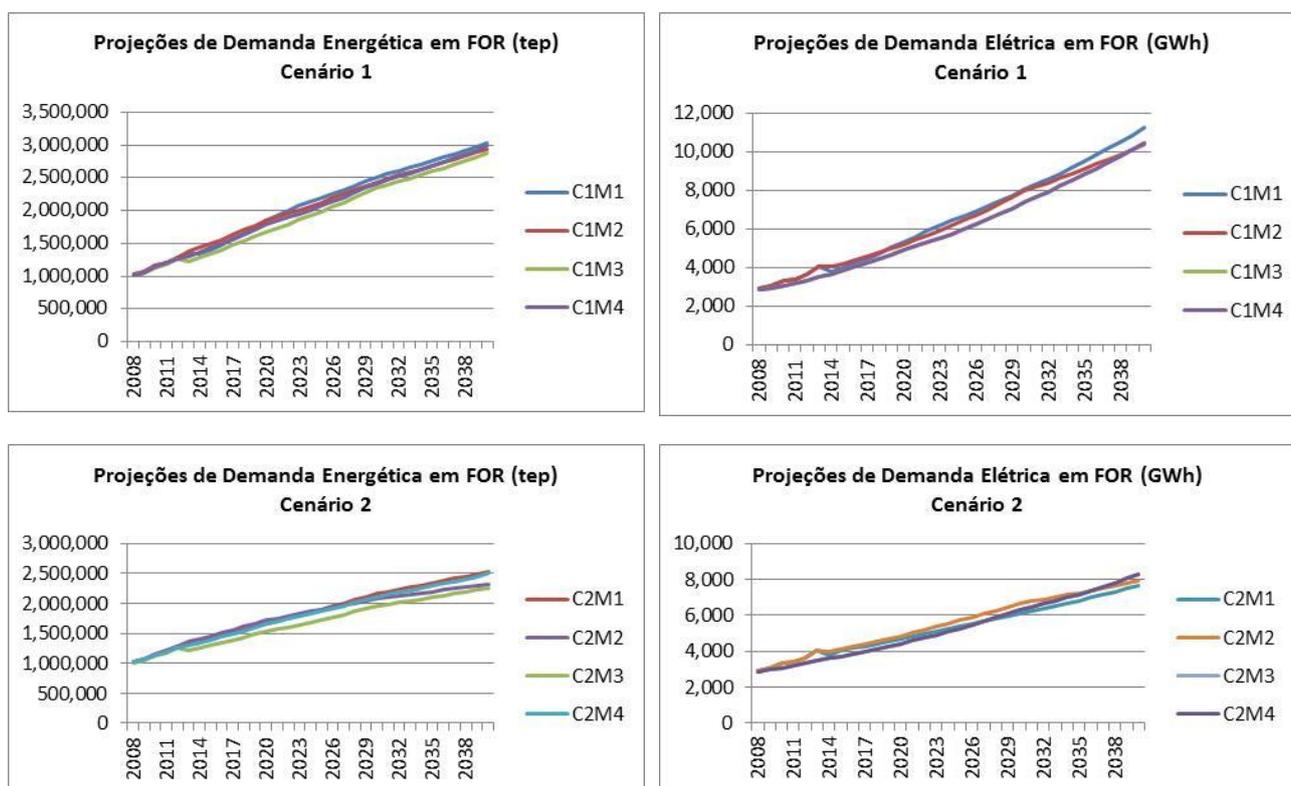
Conforme já mencionado, este estudo não dispõe de ferramentas complexas de simulação de cenários macroeconômicos e setoriais, restando-nos utilizar de ferramentas estatísticas e matemáticas simples, ajustadas a uma análise qualitativa-relativa entre setores econômicos e fontes energéticas, fundamentadas por estudos energéticos reconhecidos.

Para a quantificação das projeções de demanda energética, 4 metodologias foram testadas e parametrizadas: (1) Metodologia 1: projeção de demanda energética como função da evolução do PIB e da intensidade energética de Fortaleza; (2) Metodologia 2: projeção de demanda energética como função da evolução da população total e do consumo per capita; (3) Metodologia 3: projeção da demanda energética como função da evolução dos setores da economia; e (4) Metodologia 4: projeção da demanda energética como resultado da evolução dos consumos por fonte energética.

As premissas de taxa de crescimento (ou decréscimo) do PIB, população, intensidade energética, consumo per capita, dos consumos por setor e dos consumos por fontes foram estimadas com base em estudo aprofundado de tendências locais, nacionais e mundiais extraídos a partir de estudos de instituições renomadas como EPE, AIE, DOE, OPEP, dentre outros, e ajustados aos Cenários Energéticos e Socioeconômicos 1 e 2, de maneira que as curvas de projeções de demanda energética das quatro metodologias se convergissem.

O gráfico 3.6 representam as curvas convergidas da demanda energética total em tep e da demanda elétrica em GWh para os 2 cenários pelas 4 metodologias.

Gráfico 3.6.



Fonte: Elaboração própria

C1M1 é a projeção no Cenário 1 estimada pela Metodologia 1. C1M2 é a projeção do Cenário 1 estimada pela Metodologia 2, e assim adiante.

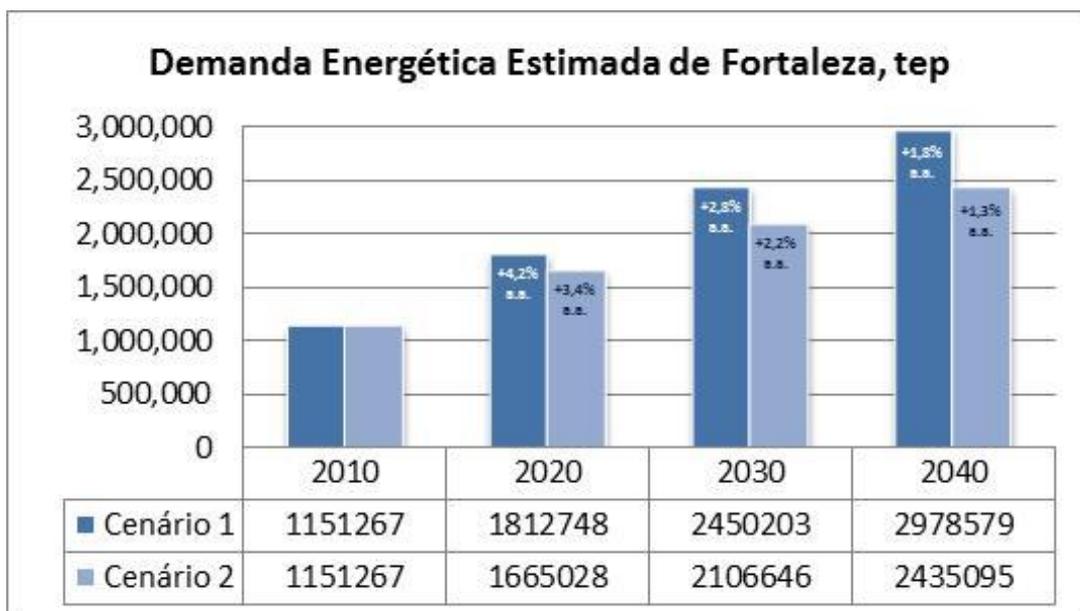
Dada a convergência satisfatória entre as metodologias, com o objetivo de “despoluir” a matriz de dados, calculou-se uma média aritmética simples dos valores de demanda estimados ano a ano entre as quatro metodologias, para cada cenário.

3.4. Demanda Energética Estimada de Fortaleza, 2010-2040

O gráfico 3.7. representa a projeção de demanda energética total para o município de Fortaleza até 2040, pelas trajetórias dos cenários 1 e 2.

Observa-se que Fortaleza consumirá quase até três vezes mais energia em 2040 do que se consumiu em 2010, atingindo o montante de quase 3 milhões de tep no Cenário 1 ou 2,4 milhões de tep no Cenário 2. Os resultados da estimacão calcularam um crescimento médio de 4,1% a.a. no primeiro decênio, e 2,8% a.a. e 1,8% a.a. nos decênios seguintes, para o Cenário 1. No Cenário 2, estima-se um crescimento médio mais arrefecido que no cenário 1: 3,3% a.a. entre 2010 e 2020; 2,1% a.a. entre 2021 e 2030 e 1,3% a.a. entre 2031 e 2040. Nos 2 cenários, observa-se um desaceleramento no crescimento da demanda energética ao longo dos anos.

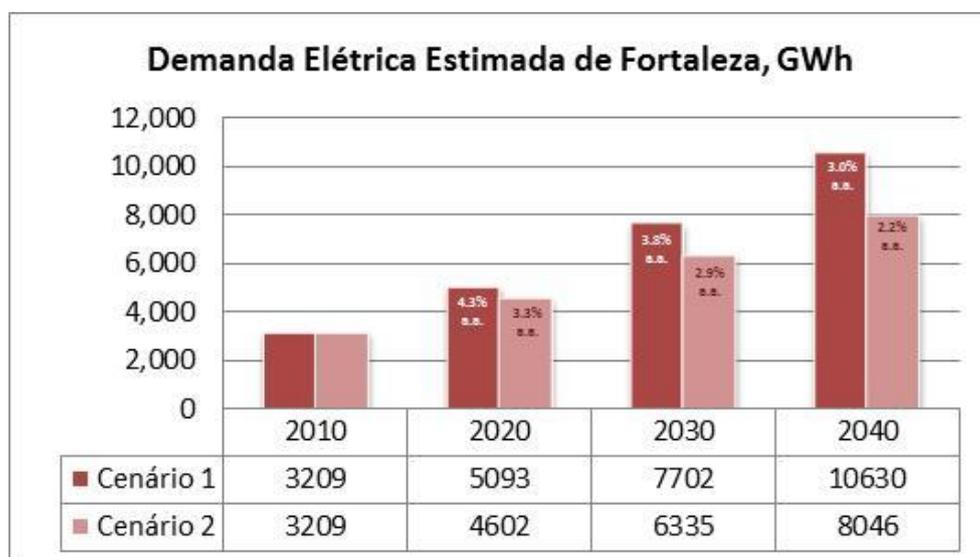
Gráfico 3.7.



Fonte: Elaboração própria

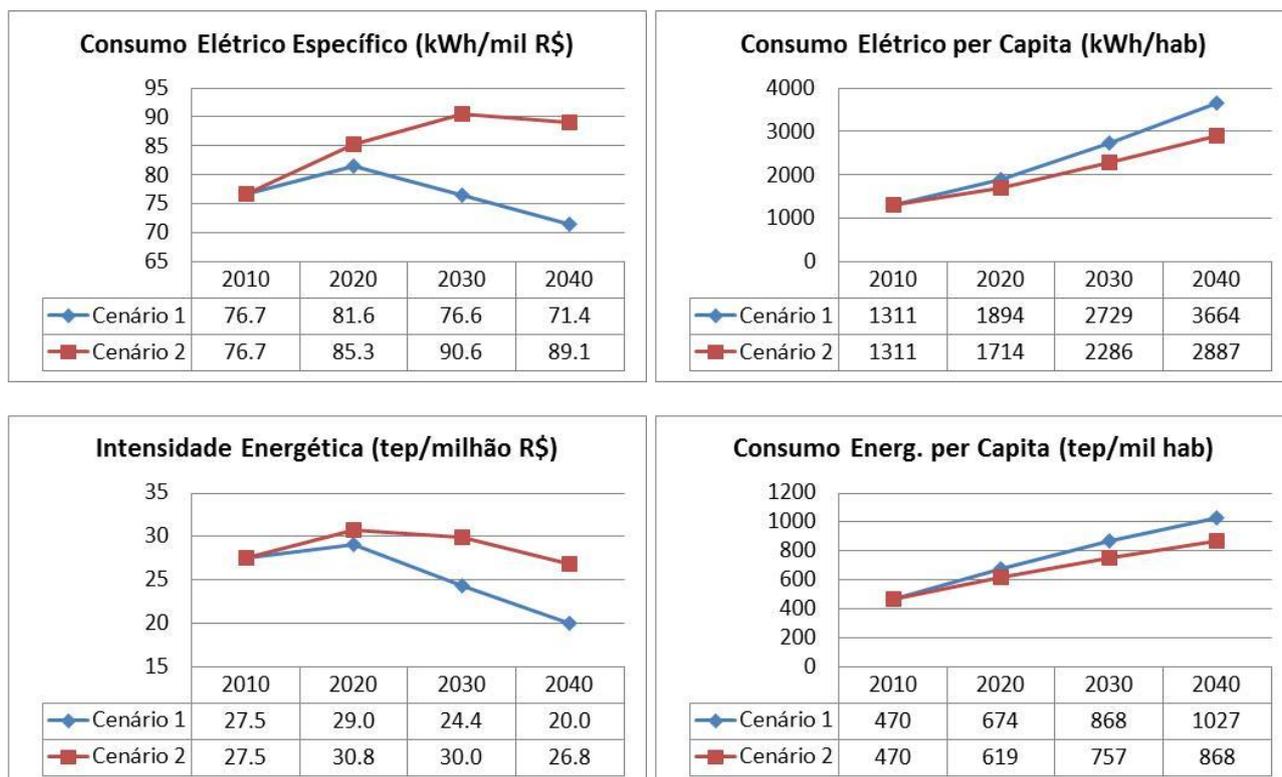
O Gráfico 3.8. é o resultado da estimacão de consumo elétrico no município de Fortaleza no horizonte de estudo, nos dois cenários. O consumo anual de Fortaleza dará um salto expressivo de 3,2 mil GWh em 2010 para 10,6 mil GWh em 2040, no Cenário 1; ou 8,0 mil GWh no Cenário 2. O setor elétrico, com isso, crescer no período em taxas maiores que o de combustíveis (4,3%, 3,8% e 3,0% a.a. nos três decnios subsequentes do período 2010-2040, pelo Cenário 1; e 3,3%, 2,9% e 2,2% a.a. pelo Cenário 2). E também seguir o comportamento de desaceleramento do crescimento do consumo energético observado pelo gráfico anterior em ambos os cenários.

Gráfico 3.8.



Fonte: Elaboração própria

Gráfico 3.9.



Fonte: Elaboração própria

No até o ano de 2040, se observará uma tendência de redução do consumo elétrico específico em no Cenário 1 a partir de 2020, quando os resultados das medidas de eficiência energética deverão surtir maior efeito. No Cenário 2, a redução no consumo elétrico específico só se observará após 2030, isto é, um atraso em 10 anos na eficácia real das ações de eficiência energética.

O consumo elétrico e o consumo energético total per capita terão comportamentos crescentes em ambos os cenários e por todo o período de estudo. Isso se deve especialmente à grande demanda reprimida por energia devido ao baixo estágio de desenvolvimento socioeconômico atual da população de Fortaleza e o aumento consistente da renda per capita no período. Ainda, se observará evidentemente um crescimento mais acentuado destes indicadores no Cenário 1 que no 2.

A intensidade energética de Fortaleza, apesar de já baixa comparada com a média nacional ou com os valores internacionais, terá um pico perto de 2020 e depois apresentará tendência de queda (mais acentuada no cenário 1) até o ano de 2040, em ambos os cenários.

Outro aspecto importante no planejamento energético é a compreensão sobre as projeções possíveis da estrutura setorial do consumo energético da região. Observa-se no gráfico 3.10. que não há alterações significativas na estrutura setorial do consumo energético comparativamente entre os dois cenários. Porém, a distribuição do consumo de energético entre setores se modifica entre 2010 e 2040.

Gráfico 3.10.



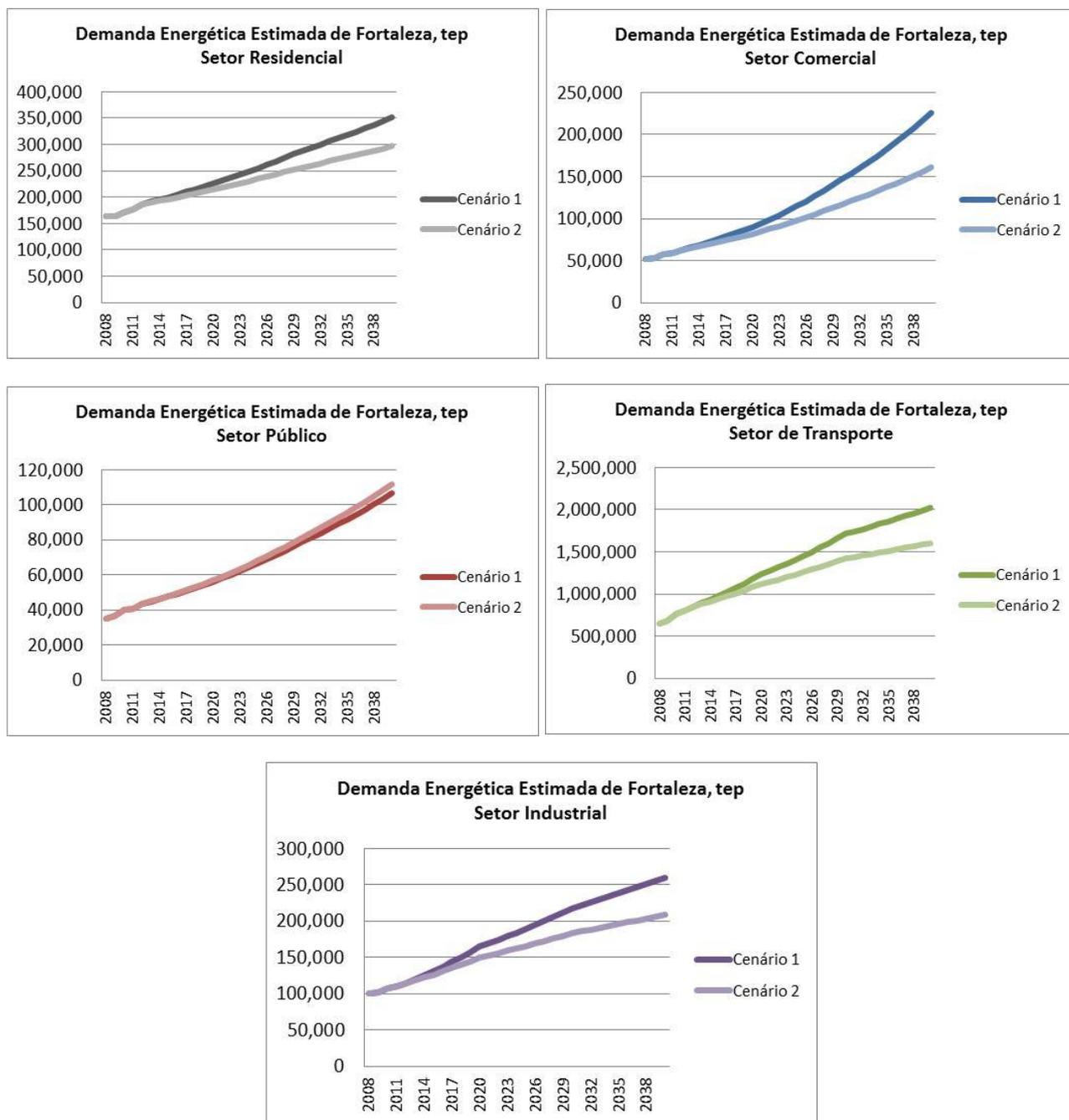
Fonte: Elaboração própria.

Pode-se perceber em ambos os cenários o aumento da participação dos setores de transporte em 2020 no consumo de energia total, o atingimento de um pico de participação entre 2020 e 2030 e uma gradativa redução de sua participação até 2040; um aumento consistente na participação comercial contraposto por uma redução por todo período da participação do setor residencial. Os setores industrial e público mantêm suas participações na estrutura setorial do consumo energético total constantes ao longo do período.

Quanto à estrutura setorial do consumo elétrico, as maiores alterações no período são a redução acentuada da participação do setor industrial; o forte crescimento da participação do setor comercial, a penetração do transporte elétrico (especialmente após 2030), e a diluição da participação dos demais setores. Esse comportamento é mais acentuado no Cenário 1 e amortecido ou postergado no Cenário 2.

É conhecido que Fortaleza ocupa basicamente área urbana, possui uma atividade econômica com pouca vocação agrícola. Por isso, não foi segmentado o setor agrícola, cujo consumo está considerado entre os setores de transporte e comercial.

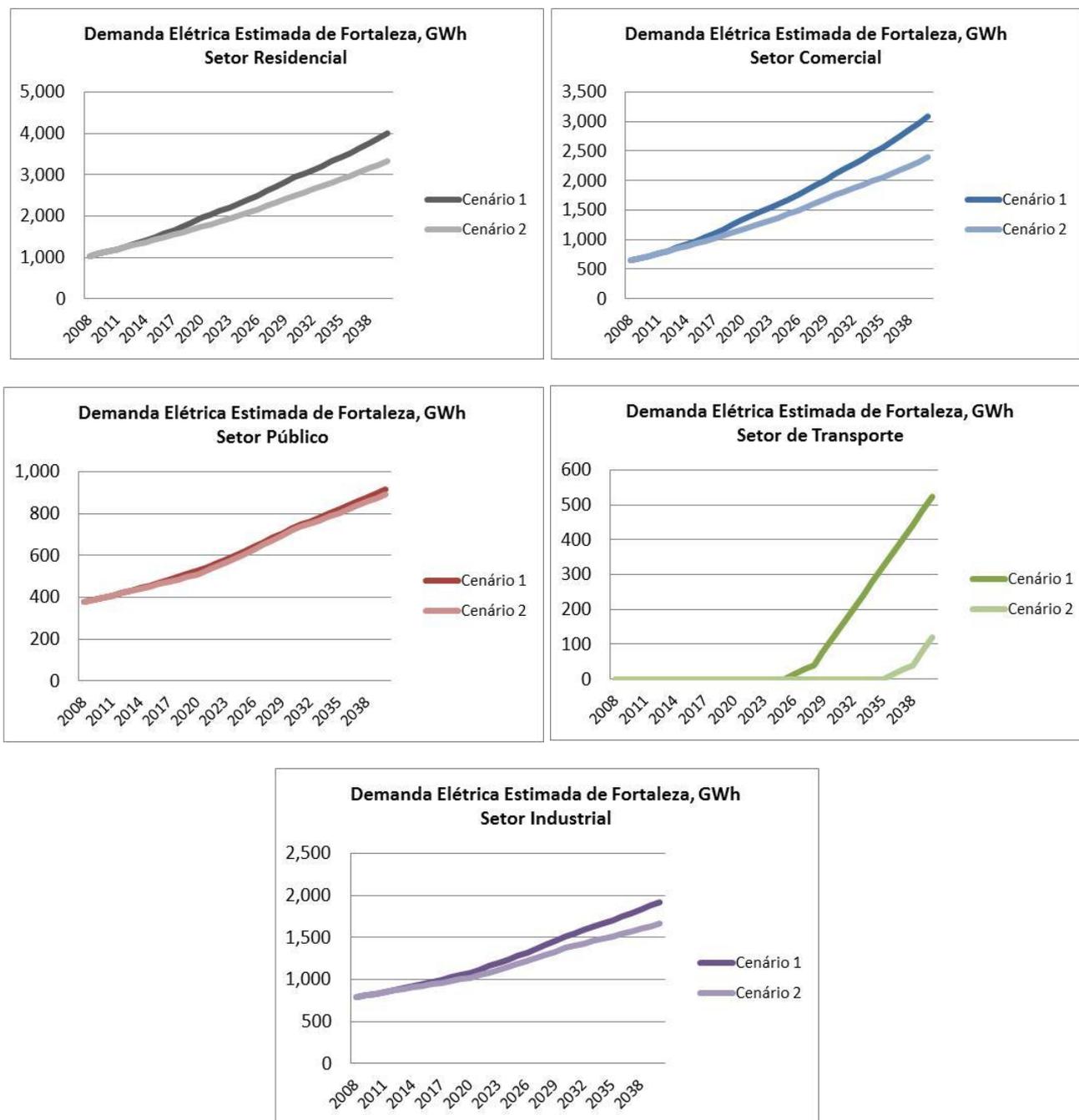
Gráfico 3.11.



Fonte: Elaboração Própria

Os gráficos 3.11. e 3.12. mostram a evolução da demanda energética total e da demanda elétrica de cada setor no horizonte de estudo, nos dois cenários. E as tabelas 3.3. e 3.4. reúne as taxas médias de crescimento em cada decênio.

Gráfico 3.12.



Fonte: Elaboração Própria

Tabela 3.3. Taxas médias de crescimento do consumo energético total por decênio e por setor.

Taxas de Crescimento Média (a.a.)	Residencial	Comercial	Público	Transporte	Industrial
Cenário 1					
Taxa 2008-2012 (Realizado)	2.7%	4.0%	4.4%	5.5%	2.6%
Taxa 2013-2020 (Estimado)	2.4%	4.7%	3.2%	4.7%	4.7%
Taxa 2021-2030 (Estimado)	2.5%	5.0%	3.5%	3.4%	2.8%
Taxa 2031-2040 (Estimado)	2.0%	4.4%	3.1%	1.7%	1.8%
Cenário 2					
Taxa 2008-2012 (Realizado)	2.7%	4.0%	4.4%	5.5%	2.6%
Taxa 2013-2020 (Estimado)	1.7%	3.4%	3.4%	3.5%	3.4%
Taxa 2021-2030 (Estimado)	1.8%	3.7%	3.7%	2.5%	2.1%
Taxa 2031-2040 (Estimado)	1.5%	3.2%	3.2%	1.2%	1.3%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3.4. Taxas médias de crescimento do consumo elétrico por decênio e por setor.

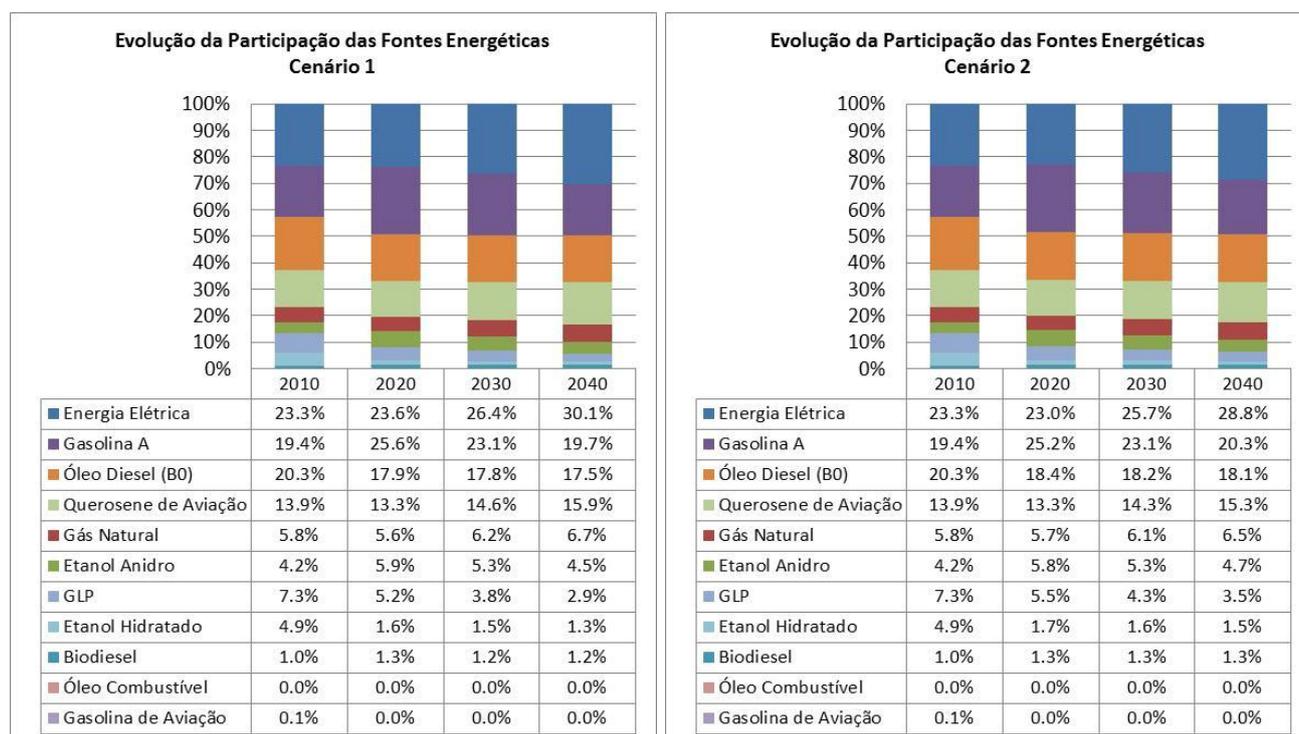
Taxas de Crescimento Média (a.a.)	Residencial	Comercial	Público	Transporte	Industrial
Cenário 1					
Taxa 2008-2012 (Realizado)	5.1%	5.9%	2.6%	NE	2.5%
Taxa 2013-2020 (Estimado)	5.6%	6.5%	2.9%	NE	2.8%
Taxa 2021-2030 (Estimado)	4.1%	4.7%	3.3%	NE	3.4%
Taxa 2031-2040 (Estimado)	3.1%	3.9%	2.3%	12.5%	2.4%
Cenário 2					
Taxa 2008-2012 (Realizado)	5.1%	5.9%	2.6%	NE	2.5%
Taxa 2013-2020 (Estimado)	4.1%	4.7%	2.5%	NE	2.0%
Taxa 2021-2030 (Estimado)	3.7%	4.2%	3.5%	NE	3.0%
Taxa 2031-2040 (Estimado)	2.9%	3.1%	2.2%	NE	1.9%

Fonte: Elaboração Própria

Outra perspectiva do planejamento energético ocorre na análise da evolução da participação das fontes energéticas na matriz de consumo da região. Observa-se no gráfico 3.13 que não há algumas alterações significativas na matriz energética de Fortaleza entre os cenários 1 e 2, entretanto a participação de cada fonte energética sofre alterações relevantes entre 2010 e 2040.

Percebe-se um expressivo crescimento da participação da energia elétrica, do gás natural e do querosene de aviação entre 2010 e 2040. Por outro lado, uma acentuada queda na contribuição do GLP, etanol hidratado e óleo diesel/biodiesel. A gasolina A e o etanol anidro apresentam um forte crescimento na participação nos primeiros anos do horizonte do estudo, atingem um pico máximo de importância entre os anos 2020 e 2030, quando iniciam então uma tendência de queda nas suas participações até atingirem em 2040 os mesmos patamares de 2010 na matriz energética.

Gráfico 3.13.



Fonte: Elaboração própria

O gráfico 3.14. reúne a evolução da demanda por fonte energética pelo município de Fortaleza. Nota-se que a todas as fontes apresentam uma evolução crescente da demanda, a exceção do GLP e óleo combustível, cujos consumos tendem para um decréscimo, em função da penetração gradativa da distribuição do gás natural, substituindo-os ao longo dos anos.

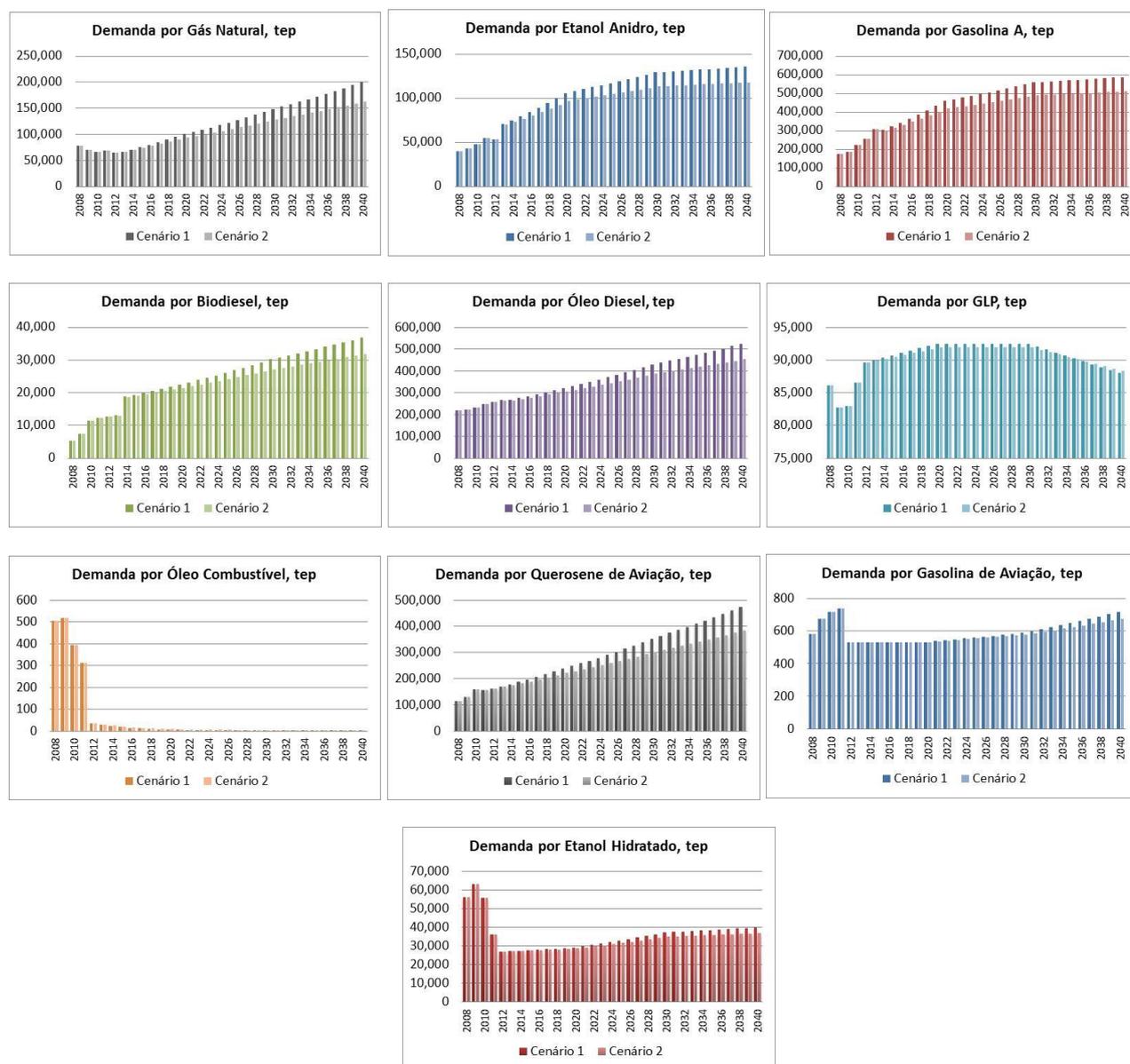
A gasolina tipo A e o etanol anidro tendem a um comportamento de crescimento da demanda, porém significativamente desacelerado ao longo dos anos, resultado dos ganhos com eficiência energética no setor de transporte e a inserção dos veículos a GNV, híbridos e elétricos. Aqui considerou-se que a composição do etanol anidro na gasolina permanece constante a 25% v/v.

Para o etanol hidratado, se supõe que, apesar do histórico de queda abrupta na demanda por este combustível em Fortaleza nos últimos anos, seu consumo se recuperará lentamente, em função de políticas de melhoria na qualidade do ar da cidade e a curva de aprendizagem do etanol de segunda geração, especialmente após 2020.

Para o biodiesel, não se considerou incrementos de mistura obrigatória para além dos 7% atuais. Ou seja, seu crescimento está atrelado ao crescimento do consumo de óleo diesel. Neste período, não se prevê o comportamento de desaceleração da gasolina na mesma intensidade para o óleo diesel porque a penetração do gás natural e dos motores híbridos/elétricos nos veículos pesados deverá ocorrer numa razão muito mais lenta que nos veículos leves.

A Tabela 3.5. mostra as taxas de crescimento de cada fonte, divididas por decênio e por cenário.

Gráfico 3.14.



Fonte: Elaboração Própria

Tabela 3.5. – Taxas médias de crescimento do consumo por fonte energética, por decênio (a.a.).

Taxas Média (a.a.)	GN	Etanol Anidro	Gasolina A	Biodiesel	Óleo Diesel	GLP	Óleo Comb.	QAV	GAV	Etanol Hidratado
Cenário 1										
2008-2012	-3.8%	5.8%	12.1%	19.2%	3.2%	0.8%	-41.7%	7.1%	-1.8%	-13.7%
2013-2020	6.0%	5.2%	5.2%	7.0%	2.3%	0.4%	-20.0%	5.0%	0.0%	1.0%
2021-2030	4.0%	1.8%	1.8%	2.7%	2.7%	0.0%	-10.0%	4.0%	1.0%	2.5%
2031-2040	3.0%	0.4%	0.4%	1.8%	1.8%	-0.5%	-10.0%	3.0%	2.0%	0.7%
Cenário 2										

2008-2012	-3.8%	5.8%	12.1%	19.2%	3.2%	0.8%	-41.7%	7.1%	-1.8%	-13.7%
2013-2020	4.8%	4.2%	4.2%	6.5%	1.8%	0.3%	-16.0%	4.0%	0.0%	0.8%
2021-2030	3.2%	1.4%	1.4%	2.2%	2.2%	0.0%	-8.0%	3.2%	0.8%	2.0%
2031-2040	2.4%	0.4%	0.4%	1.4%	1.4%	-0.4%	-8.0%	2.4%	1.6%	0.6%

Fonte: Elaboração Própria

Referências Bibliográficas

- ADECE, Relatório de Energia Solar para Atração de Investimentos do Estado do Ceará, 2010.
- Amarante, O. A. C.; Brower, M.; Sá, A. L. - Atlas do Potencial Eólico do Brasil, MME, 2001.
- ANEEL
- ANP - Anuário Estatístico 2014: Ano base 2013.
- ANP – Eficiência Energética no Setor de Transportes da União Européia, 2013.
- ANP – Papel da Eficiência Energética no Futuro Mundial da Energia, 2013.
- ANP – Penetração de Novas Tecnologias Automotivas nos Estados Unidos, 2013.
- ANP – Tendências de Longo Prazo no Cenário Energético Mundial: Agência Internacional de Energia – WEO 2013, 2014.
- ANP – Tendências de Longo Prazo no Cenário Energético Mundial: WOO2012, Análise Comparativa com WEO2012, 2013.
- Buarque, S. – Cenários Socioeconômicos para Fortaleza nos Próximos 25 Anos, 2015.
- EIA, International Energy Outlook, 2007.
- EPE - Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013.
- EPE - Cenário Macroeconômico, 2014.
- EPE – Demanda por Energia 2050, 2014.
- EPE – Demanda de Energia Elétrica 2024, 2014.
- EPE - Inventário Energético de Resíduos Sólidos Urbanos, 2014.
- EPE - Matriz Energética Nacional 2030, 2007.
- EPE – Plano Nacional de Energia 2030, 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.