

Série  
**PLANO NACIONAL DE ENERGIA**

NOTA TÉCNICA DEA 05/13  
**Termo de Referência  
(TDR)**  
*para elaboração do*  
**PNE 2050**

Rio de Janeiro  
Abril de 2013



Ministério de  
**Minas e Energia**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



Governo Federal

**Ministério de Minas e Energia**

**Ministro**

Edison Lobão

**Secretário Executivo**

Márcio Pereira Zimmermann

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético**

Altino Ventura Filho



*Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.*

**Presidente**

Maurício Tiomno Tolmasquim

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**

Amílcar Guerreiro

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

José Carlos de Miranda Farias

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível**

Elson Ronaldo Nunes

**Diretor de Gestão Corporativa**

Álvaro Henrique Matias Pereira

**Coordenação Geral**

Maurício Tiomno Tolmasquim

Amílcar Guerreiro

**Coordenação Executiva**

Ricardo Gorini

**Equipe Técnica**

Sérgio Henrique Cunha

Jeferson B. Soares

Carla Achão

Luciano Basto

URL: <http://www.epe.gov.br>

**Sede**

SCN – Quadra 1 – Bloco C Nº 85 – Salas 1712/1714

Edifício Brasília Trade Center

70711-902- Brasília – DF

**Escritório Central**

Av. Rio Branco, n.º 01 – 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Rio de Janeiro

Abril de 2013

## Série PLANO NACIONAL DE ENERGIA

# Nota Técnica DEA 05/13 Termo de Referência (TDR) para elaboração do PNE 2050

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - "*double sided*")

Série  
**PLANO NACIONAL DE ENERGIA**  
NOTA TÉCNICA DEA 05/13  
**Termo de Referência (TDR)**  
*para elaboração do*  
**PNE 2050**

Este documento corresponde à versão final do Termo de Referência, consolidada a partir de uma minuta proposta pela EPE, discutida e finalizada incorporando as considerações do MME.

## SUMÁRIO

<b>SIGLÁRIO</b>	<b>6</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2 CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	<b>8</b>
2.1 MARCO LEGAL	8
2.2 AMBIÊNCIA	8
2.3 METODOLOGIA ANALÍTICA	9
<b>3 INVARIANTES E INCERTEZAS CRÍTICAS</b>	<b>12</b>
3.1 ASPECTOS CONCEITUAIS	12
3.2 FATORES INVARIANTES	14
3.3 INCERTEZAS CRÍTICAS	17
<b>4 METODOLOGIA DE TRABALHO</b>	<b>18</b>
<b>5 ESCOPO DOS TRABALHOS</b>	<b>21</b>
5.1 ESTUDOS	21
5.2 RELATÓRIOS FINAIS	25
<b>6 CRONOGRAMA</b>	<b>27</b>

## SIGLÁRIO

CCS	<i>carbon capture and storage</i>
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
GNL	Gás natural liquefeito
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	<i>International Energy Agency</i>
LED	<i>light-emitting diode</i>
MCMLP	Modelo de Consistência macroeconômica de Longo Prazo
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MEDEM	Modelo de Estimativas de Parâmetros Demográficos
MELP	Modelo de Expansão de Energia Elétrica no Longo Prazo
MESSAGE	<i>Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact</i>
MIPE	Modelo Integrado de Planejamento Energético
MME	Ministério de Minas e Energia
MSA	Modelo de Projeção de Demanda do Setor Agropecuário
MSR	Modelo de Projeção de Demanda Residencial de Energia
MSTRANS	Modelo de Projeção de Demanda do Setor de Transportes
PCH	Pequena(s) central(is) hidrelétrica(s)
PIB	Produto Interno Bruto
PLANDEPE	Modelo de Planejamento do Abastecimento de Derivados de Petróleo
PNE	Plano Nacional de Energia
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transporte
PV	<i>photovoltaic</i>
R/P	relação reserva/produção [petróleo ou gás]
RSA	Resíduos Sólidos Agropecuários
SIN	Sistema Interligado Nacional
TDR	Termo de Referência
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UHE	Usina Hidroelétrica

# 1 APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o Termo de Referência (TDR) que orientará a elaboração do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), a ser desenvolvido pela EPE, observando diretrizes estabelecidas no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME).

Os estudos de planejamento de longo prazo são a base para a formulação de políticas públicas que têm rebatimento na estratégia nacional para a expansão da oferta de energia com vistas ao atendimento da demanda, observados os objetivos básicos de segurança energética, universalização do acesso da população aos serviços energéticos, geração de emprego e renda, redução das desigualdades regionais, fortalecimento do planejamento, desenvolvimento tecnológico nacional, diversificação da matriz energética preferencialmente através de fontes renováveis, integração nacional, sustentabilidade ambiental e modicidade de preços e tarifas. Nesse contexto, o PNE é instrumento fundamental para o planejamento de longo prazo do setor energético do país, avaliando tendências na produção e no uso da energia e balizando as estratégias alternativas para expansão da oferta de energia nas próximas décadas.

Além dessa apresentação, esse TDR reúne mais seis seções, a saber:

- siglas empregadas neste TDR;
- contextualização, em que se descreve sucintamente o marco legal que suporta o desenvolvimento dos estudos, o ambiente no qual se inserem e a metodologia geral de análise que será adotada;
- invariantes e incertezas críticas, que se referem aos fatores praticamente inevitáveis e aos elementos portadores de futuro com maior potencial de modificar a evolução tendencial;
- metodologia de trabalho, em que se descreve a forma de trabalho proposta, em especial a interação com a comunidade técnica e científica e o público em geral;
- escopo dos trabalhos, no qual são definidos os objetivos específicos e apresentada a descrição (conteúdo conceitual) dos estudos; e
- cronograma, em que se fixa o prazo para a execução dos estudos e se identificam as etapas principais e os marcos fundamentais dos trabalhos.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO

### 2.1 Marco legal

O marco legal que subsidia os estudos de planejamento energético de longo prazo pela EPE, observadas as diretrizes do MME, se reporta à Lei n° 10.847, de 15/03/2004, e ao Decreto n° 7.798, de 12/09/2012.

A Lei n° 10.847/2004 estabeleceu as condições para a criação da EPE, empresa pública vinculada ao MME, e definiu como sua finalidade “prestar serviços na área de estudos e pesquisas do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras” (art. 2º). Entre as competências gerais atribuídas à EPE estão a de realizar estudos e projeções da matriz energética nacional e a de identificar e quantificar os potenciais de recursos energéticos estando claro que “os estudos e pesquisas desenvolvidos pela EPE subsidiarão a formulação, o planejamento e a implementação de ações do Ministério de Minas e Energia, no âmbito da política energética nacional” (art. 4º).

No bojo da reestruturação administrativa do MME, o Decreto n° 5.267/2004, mais tarde substituído pelo Decreto n° 7.798/2012, definiu que compete à Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético - SPE, entre outras atribuições, “propor mecanismos de relacionamento com a EPE e definir diretrizes para a prestação de serviços ao Ministério e ao setor” (inciso XIV, art. 15, seção II, Cap. III, Anexo I).

Com base nesse arranjo institucional, a EPE desenvolveu, logo nos primeiros anos de seu funcionamento (a instituição iniciou efetivamente suas operações no ano de 2005), os estudos que se consolidaram no PNE 2030, publicado em 2007. O PNE 2050 constitui, portanto, uma atualização desses estudos de longo prazo, incorporando as tendências e a evolução percebidas nos últimos anos e consolidando o ciclo do planejamento energético nacional brasileiro.

### 2.2 Ambiência

Desde a edição do PNE 2030 ocorreram várias mudanças nos ambientes energéticos nacional e mundial que ensejam a necessidade de se reavaliar a evolução do setor energético nacional brasileiro em uma perspectiva de longo prazo, bem como a estratégia para a expansão da oferta interna de energia.

Com base no que ocorreu nos últimos cinco anos, e sem pretender esgotar a lista de elementos portadores de futuro, são relacionados adiante alguns desses elementos de



modo a, por meio da exemplificação, permitir uma avaliação, geral que seja, do potencial modificador que se tem com sua consideração a partir da perspectiva atual.

Com efeito, as discussões e a influência do tema “mudanças climáticas” têm justificado pesquisas e investigações em diversas áreas. Na área de transporte, por exemplo, tem-se a perspectiva de introdução do carro híbrido ou do veículo elétrico. Na área do carvão mineral, observam-se pesados investimentos com vistas ao desenvolvimento da “queima-limpa” ou da captura e armazenamento do carbono. O advento de novos materiais e novas tecnologias, como a difusão do uso de LED na iluminação, oferece alternativas robustas de uso eficiente da energia. A expansão do gerenciamento da demanda pelo consumidor e o incremento da geração distribuída poderão ser facilitados com a introdução de *smart grids*, com grande potencial modificador das redes elétricas, incorporando novidades associadas à telecomunicação, telemática, robótica, nanotecnologia, etc.

Na área de produção de energia elétrica, o acidente com a usina de Fukushima reviveu o alerta das consequências de um acidente nuclear além de causar nova elevação de custos relativos à segurança dos projetos nucleares. No caso das usinas hidráulicas, têm sido reforçadas e ampliadas as resistências à expansão do parque hidrelétrico, estratégia esta adotada há anos pelo setor elétrico brasileiro. Essas resistências estão associadas principalmente à majoração dos impactos socioambientais negativos, frente aos positivos, trazidos pelos empreendimentos. Esse quadro é potencializado pelo fato de a fronteira hidrelétrica brasileira ser a Amazônia, região de elevado interesse ambiental e distante dos principais centros de carga do País. Por outro lado, o avanço tecnológico no uso de outras fontes renováveis, como a energia eólica e a solar, tem permitido a redução continuada dos custos de produção, ampliando a perspectiva do uso mais intenso dessas fontes.

Na área de combustíveis fósseis, os avanços na exploração e produção do *shale gas* nos Estados Unidos têm potencial para alterar significativamente o quadro geopolítico mundial da energia. No Brasil, a confirmação das reservas de petróleo e gás do pré-sal alteram consideravelmente a posição e o papel do País no cenário mundial da energia.

Os estudos do PNE 2050 se inscrevem nessa ambiência de incertezas e mudanças, o que reforça a oportunidade e a conveniência de sua realização.

## 2.3 Metodologia analítica

A metodologia a ser aplicada na elaboração PNE 2050 seguirá a mesma abordagem do PNE 2030. Dessa forma, os estudos serão divididos em quatro grandes blocos, a saber:

- (a) módulo macroeconômico, que compreende a contextualização de todo o trabalho, incluindo a formulação do cenário de longo prazo para a economia mundial e nacional;
- (b) módulo da demanda, que compreende o estabelecimento de premissas setoriais, demográficas, tecnológicas e de eficiência energética, resultando na projeção do consumo final de energia por fonte;
- (c) módulo da oferta, que compreende a avaliação dos recursos energéticos considerando aspectos tecnológicos, de preço e socioambientais, resultando na definição da estratégia para a expansão da oferta de energia por fonte, bem como políticas de eficiência energética; e
- (d) módulo de consolidação, em que são integrados os estudos de demanda e oferta, implicando eventualmente a revisão das projeções iniciais *vis-à-vis* questões de natureza política, estratégica, institucional e de segurança energética.

Em cada um desses blocos, serão utilizados diferentes modelos de simulação e quantificação, desenvolvidos com a finalidade de se obter um conjunto consistente de projeções de longo prazo das variáveis de interesse. Uma visão geral da abordagem metodológica a ser adotada no PNE 2050 é esquematizada na Figura 1.

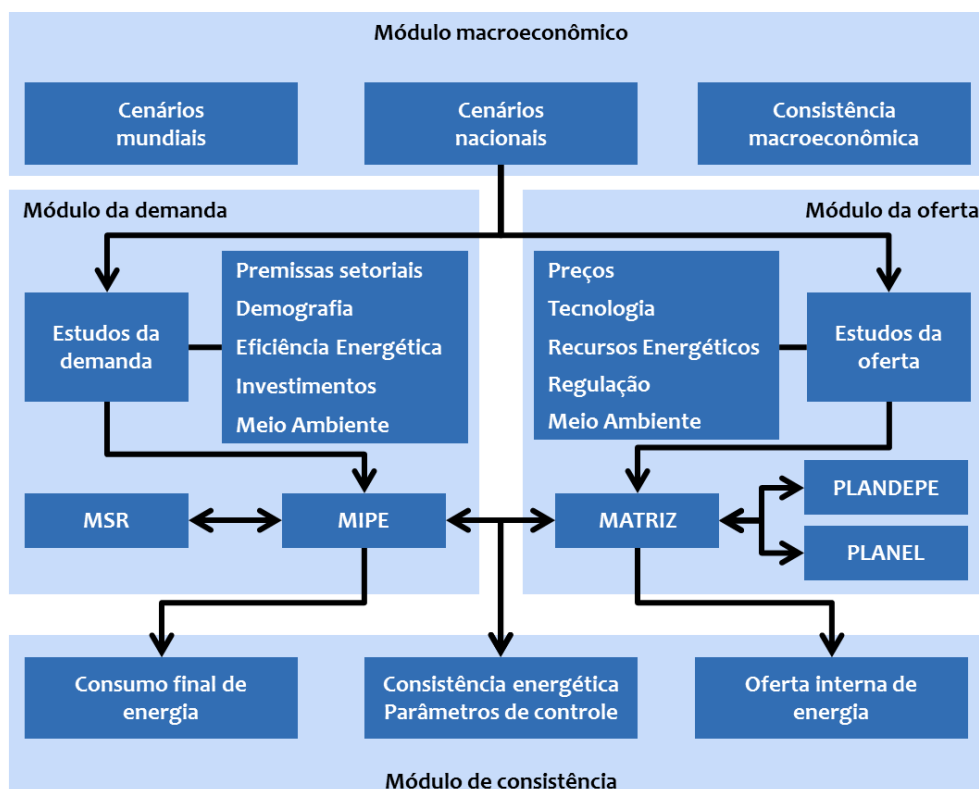


Figura 1. Visão geral da abordagem metodológica a ser utilizada no PNE 2050

Na quantificação do cenário macroeconômico nacional, a trajetória de evolução do PIB terá sua consistência verificada por meio do Modelo de Consistência Macroeconômica de Longo Prazo - MCMLP, adaptado na EPE a partir de modelagem proposta pelo Banco

Mundial. Na quantificação do cenário demográfico, será aplicado o Modelo de Estimativa de Parâmetros Demográficos - MEDEM, desenvolvido na EPE a partir de modelagem proposta pelo IBGE. Na projeção do consumo final de energético será utilizado um modelo do tipo *bottom-up*, denominado Modelo Integrado de Planejamento Energético - MIPE, desenvolvido na COPPE/UFRJ e aprimorado na EPE. Especificamente para a projeção do consumo residencial de energia elétrica aplica-se modelo também do tipo *bottom-up*, desenvolvido na COPPE/UFRJ e aprimorado na EPE, intitulado Modelo de Projeção da Demanda Residencial de Energia - MSR.

No lado da oferta, serão utilizados dois modelos específicos para avaliar a transformação da energia primária: o Modelo de Estudo do Refino de Petróleo - PLANDEPE, desenvolvido na EPE, que permite dimensionar a expansão do parque de refino de petróleo *vis-à-vis* a evolução da demanda de derivados, e o Modelo de Planejamento da Expansão do Sistema Elétrico - PLANEL, desenvolvido na EPE, que permite achar a solução de expansão da oferta de energia elétrica que minimiza o custo da expansão e da operação, considerando os custos de investimento nas usinas e nas linhas de transmissão que interligam os subsistemas, o custo dos combustíveis utilizados na geração térmica, assim como diversas restrições operativas e ambientais.

Os resultados dos estudos de oferta e da demanda serão consistidos e integrados com a aplicação do Modelo Matriz Energética Brasileira - MATRIZ, desenvolvido por Eletrobras Cepel. Como resultado final, obtém-se a evolução da composição da oferta interna de energia, permitindo cenarizar a matriz energética brasileira para os próximos 40 anos.

## 3 INVARIANTES E INCERTEZAS CRÍTICAS

### 3.1 Aspectos conceituais

O futuro é incerto, sendo o resultado de discontinuidades, rupturas e inflexões do padrão passado, altamente influenciado por novos fatores portadores de futuro e fruto de uma construção social, que reflete os interesses e estratégias dos diversos atores. Tendo em conta as mudanças socioeconômicas, políticas e institucionais que já estão em curso e mesmo aquelas que estão por vir, é lícito afirmar que a evolução futura da demanda de energia não seguirá os padrões do passado: registrará movimentos diferenciados, decorrentes das dinâmicas das variáveis que afetam o seu desempenho.

Assim, o desafio maior no desenvolvimento de uma visão de futuro está em imaginar mudanças nas tendências e nos paradigmas atuais. O objetivo não é prever o futuro e tampouco traçar um futuro provável ou desejável. O objetivo é, por meio da aplicação da técnica de cenários, permitir a extrapolação criativa para proporcionar a reflexão diante de uma ampla gama de políticas e consequências futuras, de modo a tornar possível vislumbrar no futuro os impactos das políticas e ações formuladas.

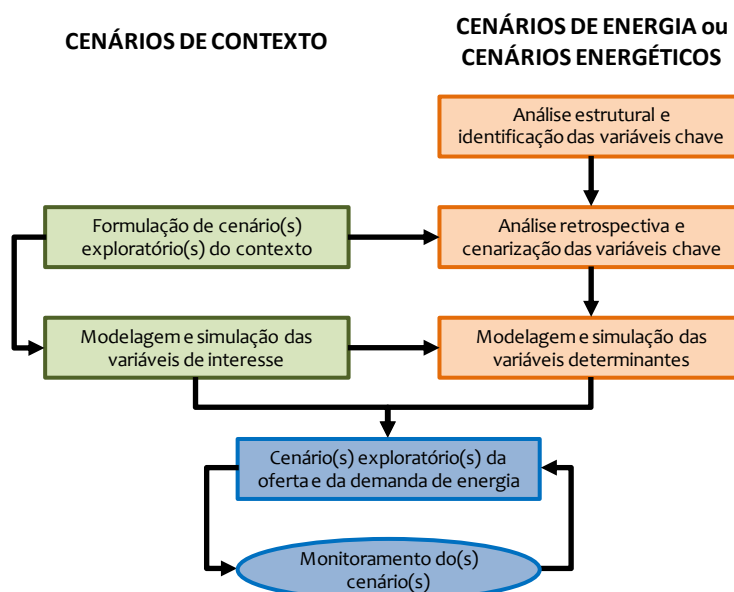
Todo cenário deve se basear em um sistema que consiste, segundo Marcial e Grumbach (2002, p. 45), em “uma totalidade organizada em elementos e fenômenos interligados e interdependentes, que podem formar sistemas menores e subsistemas daquele que está sendo considerado”. Estes sistemas podem ser segmentados por setores, por regiões geográficas, etc. No que se refere à natureza, cenários podem ser classificados como normativos, que configuram cenários desejados, e sua lógica de construção consiste em estabelecer, primeiro, o futuro desejado para, depois, traçar as trajetórias para alcançá-lo, ou exploratórios, que se caracterizam por tentar compor futuros possíveis ou prováveis do sistema considerado.

No contexto de incertezas que se insere o presente estudo, a análise de cenários é método adequado para sistematizar “alternativas de futuro” e, no caso particular deste trabalho, suas implicações para o setor energético. Com efeito, cenários prospectivos têm a finalidade de nortear decisões e de auxiliar em ações estratégicas, inclusive na identificação de oportunidades e ameaças, forças e fraquezas.

Nos estudos do PNE 2030, tal metodologia foi aplicada e, para tanto, foi desenvolvido um conjunto de cenários cujas condições de contorno permanecem válidas, pertinentes e, portanto, ainda razoavelmente adequadas para o presente estudo, embora, por certo, requeiram atualizações.

No caso presente, trata-se da expansão da oferta e do uso da energia no Brasil até 2050. Será necessário revisitar os principais fatores condicionantes que afetam as decisões e separá-los em fatores praticamente inevitáveis e tendências (invariantes) daqueles que envolvem incerteza ou são dependentes da realização de eventos futuros (incertezas críticas). Esses fatores deverão ser hierarquizados em uma escala de importância ou pela incerteza. Nessa hierarquia, os principais fatores representarão o eixo condutor que caracterizará o cenário. Assim, a “história” do cenário é desenhada a partir das premissas estabelecidas.

Neste trabalho, a revisão do(s) cenário(s) exploratório(s) para a oferta e a demanda de energia será dividida em duas grandes etapas, conforme ilustrado na Figura 2, denominadas de etapa dos cenários do contexto e etapa dos cenários de energia ou cenários energéticos. Ao longo desse processo, métodos como o estudo retrospectivo, a análise estrutural, a investigação morfológica, os modelos de quantificação e os sistemas de monitoramento serão aplicados.



**Figura 2. Metodologia para formulação de cenários exploratórios para a demanda de energia**

O reexame dos cenários de contexto compreende as seguintes etapas:

- análise retrospectiva da evolução recente do ambiente (mundial, nacional e setorial), a partir da análise de dados históricos;
- pesquisa qualitativa e coleta de percepções e expectativas sobre o futuro do objeto de cenários, feita com especialistas;
- identificação das condicionantes de futuro do contexto (invariantes, fatores inevitáveis, tendências e incertezas);
- seleção dos fatores mais críticos - variáveis centrais de futuro que envolve grande incerteza;

- formulação de hipóteses plausíveis de desempenho dos fatores críticos;
- combinação das hipóteses dos fatores selecionados (investigação morfológica) e análise de consistência das possíveis combinações;
- geração e desenvolvimento (trajetórias) do(s) cenário(s) exploratório(s);
- seleção das principais variáveis socioeconômicas
- quantificação das variáveis socioeconômicas relevantes, por meio da adoção de modelos matemáticos e estatísticos;
- detalhamento e aprofundamento da situação de partida (curto prazo: 2013-2015); e
- monitoramento do(s) cenário(s) - acompanhamento e análise do comportamento das incertezas críticas e dos resultados.

A etapa dos cenários energéticos compreende reexaminar os cenários formulados no PNE 2030, tendo como passos:

- análise estrutural de mapeamento das variáveis centrais que possam condicionar a evolução da oferta e da demanda de energia sob condições tecnológicas, ambientais, socioeconômicas e políticas (política de conteúdo local, atendimento da demanda por bens e serviços do setor petróleo e gás natural pela indústria nacional);
- hierarquização e seleção das variáveis de maior poder de determinação direta da oferta e da demanda de energia (rede de causalidade);
- análise retrospectiva do desempenho da oferta e da demanda energética como um todo e das variáveis chave;
- formulação de hipóteses plausíveis de desempenho para as variáveis chave nas condições dos cenários do contexto;
- formulação do(s) cenário(s) exploratório(s) de oferta e demanda de energia; e
- quantificação do(s) cenário(s) formulado(s).

### 3.2 Fatores invariantes

Para efeito dos estudos do PNE 2050 os seguintes fatores serão considerados invariantes, ou seja, estarão presentes em todos os cenários formulados, condicionando, portanto, as “possibilidades de futuro” que serão consideradas:

- Estados Unidos e China permanecem como polo dinâmico da economia mundial;
- países/regiões com abundância em recursos naturais e necessidade de expansão em infraestrutura concorrem com Brasil na atração de investimentos (Índia, Leste Asiático, África, Leste Europeu- países que foram incorporados recentemente à União Europeia);

- Pressões ambientais crescentes na produção e no uso da energia:
  - instituição de mecanismos de gestão ambiental;
  - condicionamento dos investimentos em projetos do setor energético a processos mais longos e rigorosos de avaliação, licenciamento e monitoramento ambiental, com impacto nos custos e nos cronogramas de implantação dos projetos;
  - alterações climáticas e seus impactos na oferta de energia; e
  - definição de metas, limites e custos para emissões de gases de efeito estufa.
  - riscos de acidentes severos associados à energia nuclear.
- Consumo crescente de energia:
  - predomínio das fontes fósseis (petróleo, gás e carvão) apesar da redução da sua participação na matriz energética;
  - a construção de uma via de transição do petróleo para fontes de energia mais limpas;
  - continuidade e ampliação de programas de biocombustíveis e eficiência energética; e
  - participação crescente de fontes renováveis modernas (eólica, solar, etc) na produção de energia elétrica.
- Mudança do padrão da competitividade - novo paradigma industrial-tecnológico:
  - difusão de novas tecnologias relacionadas à informática, microeletrônica, biotecnologia, novos materiais, química fina e novas fontes energéticas;
  - gestão da produção baseada na visão social e da globalização do modo de produção (aproveitando a superioridade competitiva de cada região, país ou empresa);
  - incremento do comércio internacional, inclusive do comércio intraindústria e intracompanhia;
  - potencialização da dependência de informação, do conhecimento e da inovação, exigindo níveis de educação e capacitação dos recursos humanos cada vez mais altos e mais especializados;
  - aumento gradual do conteúdo tecnológico, concomitante com a redução dos volumes de insumos e de trabalho na composição dos produtos;
  - o posicionamento competitivo dos países depende da combinação de acesso facilitado a recursos naturais (restrições ambientais) e a capacitação para agregação de valor (investimentos e capacidade de pesquisa e inovação científica e tecnológica);
  - impacto da internet e novas mídias no consumo e nas formas de produção; e

- reestruturação produtiva da economia brasileira, com modernização tecnológica e ampliação da abertura comercial, transformação de setores tradicionais e surgimento de novos segmentos dinâmicos.
- Premissas macroeconômicas e demográficas brasileiras:
  - consolidação do ajuste macroeconômico da economia brasileira;
  - crescimento sustentado, com erradicação da fome e da miséria (acesso crescente de expressiva parcela da população aos serviços energéticos);
  - *investment grade*, viabilizando a atração de capitais externos;
  - bônus demográfico na primeira metade do período de estudo; e
  - expressivos investimentos em infraestrutura em curso: portos, aeroportos, estradas (PNLT), grandes hidrelétricas e pré-sal.
- Papel do Estado brasileiro:
  - reformas setoriais (previdência, tributária, educação, saúde, segurança pública, etc);
  - aperfeiçoamento e estabilidade dos marcos regulatórios;
  - respeito aos contratos firmados com e pelos agentes dos mercados regulados;
  - reforço e reorganização dos instrumentos de planejamento, regulação e fiscalização do funcionamento do mercado;
  - ampliação dos mecanismos de parceria com a iniciativa privada, especialmente nos segmentos de comunicações, energia elétrica, abastecimento de água, construção, manutenção e exploração de infraestrutura portuária, ferroviária, rodoviária e de aeroportos; e
  - reforço do papel do Estado na função de orientador, estimulador e fomentador das atividades econômicas, especialmente em segmentos onde os investimentos apresentam riscos potenciais elevados ou demandam grande volume de recursos ou, ainda, requerem longa maturação e retorno.



### 3.3 Incertezas críticas

As incertezas críticas são constituídas pelas discontinuidades e eventuais rupturas que influirão decisivamente nas “possibilidades de futuro”. Costuma-se dizer que estas constituem os fatores portadores de futuro, na medida em que envolvem grande incerteza ou são dependentes da realização de eventos futuros. Por isso mesmo são chamados de incertezas críticas.

Para os estudos do PNE 2050 esses fatores estão listados a seguir, devendo-se conferir a cada um deles a mesma posição em uma escala de importância ou de incerteza. Assim, o que for estabelecido como premissas no tratamento desses fatores constituirá o eixo condutor que caracterizará o(s) cenário(s) formulado(s) nos estudos do PNE 2050.

- Padrão de consumo de energia nas edificações.
- Matriz de transportes: participação dos diferentes modais.
- Evolução do transporte urbano de massa (mobilidade urbana) e do transporte aéreo.
- Inserção de tecnologias de baixo carbono.
- Penetração dos veículos híbridos e elétricos.
- Armazenamento da energia.
- Geração distribuída de eletricidade (redes inteligentes).
- Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia.
- Usinas para atendimento à base da demanda por energia elétrica.
- Preços internacionais do petróleo, gás natural e commodities agrícolas.
- Volume da produção nacional de petróleo e gás natural.
- Penetração do gás não convencional e do biogás.
- Mudanças climáticas e tecnologias associadas.
- Atendimento da demanda por bens e serviços do setor de petróleo e gás natural pela indústria nacional (Política de Conteúdo Local).
- Futuro das políticas globais para biocombustíveis.
- Diminuição da desigualdade econômica e ampliação da base de consumo a nível mundial e nacional.
- Evolução das energias renováveis.

## 4 METODOLOGIA DE TRABALHO

Os estudos do PNE 2050 serão conduzidos e desenvolvidos pela EPE a partir de diretrizes definidas pelo MME.

No âmbito dos estudos do PNE 2050 serão produzidas notas técnicas parciais, conforme detalhamento constante da seção subsequente deste TDR, que compreenderão a formulação de cenários de:

- (a) evolução socioeconômica brasileira;
- (b) evolução da demanda energética;
- (c) potencial dos recursos energéticos;
- (d) oferta de energia elétrica; e
- (e) oferta de combustíveis e outros energéticos.

Eventualmente, caso necessário para melhor documentar ou detalhar algum tópico em especial, poderão ser produzidas notas técnicas complementares.

Estas notas técnicas documentarão as análises e pesquisas realizadas no sentido de fornecer subsídios para a formulação da estratégia para a expansão da oferta de energia com vistas ao atendimento da evolução da demanda, segundo uma perspectiva de longo prazo, considerando o uso integrado e sustentável dos recursos disponíveis.

A EPE promoverá, em articulação e sob coordenação do MME, uma série de reuniões temáticas, objetivando principalmente a análise das incertezas críticas indicadas na seção anterior, mas podendo também conter temas de interesse do Ministério. Tomarão parte desses encontros, como convidados-chave, renomados técnicos e profissionais, todos eles de notória experiência e reconhecida competência em assuntos relacionados a cada um dos temas.

Serão realizadas, pelo menos, as seguintes reuniões temáticas:

- I. Estudos socioeconômicos.
- II. Estudos da demanda:
  - a. Setor industrial (principalmente indústrias energointensivas);
  - b. Setor de transportes;
  - c. Setor residencial; e
  - d. Setores comercial e agropecuário.
- III. Estudos da oferta:
  - a. Geração hidrelétrica;
  - b. Fontes renováveis e geração distribuída;

- c. Geração térmica convencional (carvão mineral e nuclear);
- d. Petróleo, derivados e biocombustíveis; e
- e. Gás natural.

A conjugação dessas informações com outras levantadas em literatura específica de energia, inclusive a consulta a publicações como teses e periódicos, além de “websites” de instituições relevantes no tema, subsidiará o desenvolvimento dos trabalhos e a elaboração das notas técnicas acima referidas.

As premissas e metodologias utilizadas na produção das notas técnicas - NTs deverão ser definidas em reuniões conjuntas entre a EPE e o MME. Cada uma dessas NTs deverá ser aprovada pelo MME e conter informações completas (planilhas excel, parâmetros utilizados, material de referência utilizado, metodologias e modelos).

Além dessas reuniões temáticas, e no sentido de oferecer ao debate público os estudos do PNE 2050, a EPE, em articulação com o MME, promoverá seminários específicos, que terão por objetivo apresentar e discutir questões relacionadas com a oferta e a demanda de energia. Propõe-se que sejam realizados seis seminários, sendo um sobre os estudos da demanda e cinco sobre os estudos da oferta, a saber:

**A. Estudos da demanda:**

A1 Cenário macroeconômico e Demanda de energia

**B. Estudos da oferta:**

B1 Geração hidrelétrica

B2 Fontes renováveis e geração distribuída

B3 Geração térmica convencional (carvão mineral e nuclear)

B4 Petróleo, derivados e biocombustíveis líquidos

B5 Gás natural e biogás.

Importa destacar que os aspectos socioambientais, embora não sejam objeto de seminário específico, deverão ser necessariamente abordados em todos os eventos, com a multidisciplinaridade e transversalidade que o assunto requer.

Deve-se observar que uma parte relevante do que for apresentado e discutido nesses eventos estará consolidada nas notas técnicas referidas anteriormente. As contribuições recebidas nesses seminários, e ainda aquelas encaminhadas ao MME e à EPE como resultado da consulta pública das apresentações realizadas (as apresentações estarão disponíveis no site do MME e da EPE, abrindo-se a possibilidade de encaminhamento de questionamentos, contribuições e sugestões), poderão ser incorporadas, quando aplicáveis, aos estudos, nos relatórios finais (detalhados no item 5.2).

Da mesma forma, os relatórios finais serão também apresentados em seminários públicos organizados pela EPE e pelo MME e ainda serão oferecidos à consulta pública. A edição final desses relatórios se fará somente após vencida essa fase de consulta.

Nessas condições, pretende-se que os estudos do PNE 2050 sejam conduzidos incorporando-se a necessária participação de importantes elementos da sociedade, com ampla divulgação pública e ampla cobertura dos principais meios de comunicação.

## 5 ESCOPO DOS TRABALHOS

### 5.1 Estudos

A seguir apresentam-se objetivos e detalhamento dos estudos a serem desenvolvidos.

#### Cenários de evolução da economia brasileira

**Objetivo** - Apresentar cenário de evolução da economia brasileira até 2050, considerando o contexto internacional. O cenário econômico deve conter as condicionantes centrais que impactam a definição de estratégia de expansão energética para o País no horizonte até 2050.

**Detalhamento** - Caracterização da evolução do cenário econômico nacional de interesse, considerando sua inserção em cenário econômico internacional de longo prazo. Este estudo deve também analisar o impacto da evolução demográfica no período, bem como os aspectos tecnológico e ambiental para a economia nacional. A metodologia de cenarização deve seguir aquela utilizada nos estudos do PNE 2030.

Nestes estudos deverá ser discutido o seguinte conjunto de questões centrais:

- mudança climática, novas tecnologias e eficiência energética: influência na economia devido a novas tecnologias, evolução das discussões sobre mudanças climáticas e seu impacto na economia;
- inserção internacional da economia nacional: evolução do preço de energia (em especial do petróleo), evolução da participação dos emergentes na economia mundial (impacto no comércio mundial e no preço de “commodities”, tais como petróleo, agrícolas, minerais), integração com outros países ou blocos econômicos (mobilidade de recursos humanos, integração de infraestrutura regional e fronteiras);
- demografia e impacto econômico, análise global e nacional: evolução da população no horizonte, perfil da pirâmide etária e expectativa de vida;
- evolução setorial da indústria: competitividade setorial (indústria), atendimento da demanda de bens e serviços para a indústria petrolífera pela indústria nacional, aproveitamento das vantagens comparativas nacionais (recursos naturais) no contexto mundial (grau de sucesso da inserção da economia nacional);
- evolução regional da economia: evolução da renda per capita e impacto sobre o padrão de consumo, crescimento regional (redução das assimetrias regionais); e
- infraestrutura e mobilidade urbana: gargalos de infraestrutura, educação, recursos humanos e financeiros (impactos sobre a evolução do crescimento econômico).

## Evolução da demanda de energia

**Objetivo** - Apresentar cenários de evolução da demanda de energia até 2050, incluindo eletricidade, gás natural, petróleo e seus derivados, biocombustíveis e demais, considerando as hipóteses demográficas, econômicas, tecnológica, padrões de consumo de bens e energia, com seu consequente impacto no uso eficiente de energia.

**Detalhamento** - Caracterização da evolução da demanda por fonte e por setor da economia (industrial, agropecuária, transportes, residencial, comercial/público e setor energético).

Serão utilizados nesta projeção, modelos dedicados de estimativa de energia tais como: (i) MIPE (indústria, setor energético, comercial/serviços); (ii) MSR (setor residencial); (iii) MSA (setor agropecuário); (iv) MSTRANS (transportes).

Nestes estudos serão discutidas as seguintes questões centrais:

- os padrões de mobilidade urbana no futuro e o papel de novas tecnologias neste contexto (p.ex.: políticas de mobilidade urbana, transporte coletivo, eletrificação dos meios de transporte, entre outros);
- o impacto da inserção de novas tecnologias (LED's, processos industriais), e de políticas de eficiência energética, inclusive produção de veículos mais eficientes que consomem menos combustíveis e de redução de emissões sobre o consumo futuro de energia;
- o impacto dos futuros padrões de consumo em construções residenciais e comerciais (habitações e prédios “inteligentes”), incluindo efeitos derivados de inclusão social no Brasil (política de acesso ao financiamento) sobre todos os setores (consumidores e ofertantes de serviço); e
- o papel desempenhado pelo consumidor no setor de energia com a penetração de tecnologias como as redes inteligentes, a microgeração (energia solar, microeólicas etc.) e o aproveitamento de resíduos para abatimento da demanda.

Outras questões a serem tratadas incluem, ainda:

- o impacto sobre o consumo de energia derivado da distribuição futura de modais no transporte de cargas e o papel da intermodalidade de carga e passageiros;
- o papel dos biocombustíveis na matriz de consumo de setores como transporte e indústria;
- a evolução dos motores a combustão e inserção dos veículos híbridos e elétricos na matriz de transporte nacional nos próximos 40 anos;
- a configuração da matriz energética futura da indústria brasileira vis-à-vis a sua competitividade no cenário internacional, considerando preços de energia e política industrial, por exemplo;
- a dimensão da contribuição do gás natural no atendimento das demandas futuras de energia no Brasil; e

- os equipamentos e padrões de uso que serão preponderantes nas residências brasileiras e como estes afetarão o consumo, levando em consideração a possibilidade de o comércio eletrônico afetar a demanda de energia no setor de comércio e serviços.

### Potencial dos Recursos Energéticos

**Objetivo** - Analisar sob os pontos de vista técnico-econômico e socioambiental a disponibilidade de fontes energéticas no País até 2050. Este estudo define as fronteiras máximas de produção nacional de cada fonte até 2050.

**Detalhamento** - Levantamento dos recursos energéticos e avaliação do potencial de produção máxima das seguintes fontes: biocombustíveis, hidrelétrica, petróleo, gás natural, carvão mineral, urânio, biomassa, energias solar e eólica. Para a hidrelétrica define-se o portfólio de aproveitamentos escalonados no tempo. Para petróleo, gás natural (incluindo os recursos não convencionais), biocombustíveis, carvão, urânio e biomassa define-se a curva de produção máxima escalonada no tempo. Para eólica e solar, define-se o potencial viável por região.

As seguintes questões centrais deverão ser discutidas nestes estudos:

- definição do potencial hidrelétrico aproveitável da Amazônia (critérios ambientais, custos totais dos empreendimentos);
- ritmo desejável de exploração das reservas de petróleo (conteúdo local como instrumento de desenvolvimento considerando o fornecimento de bens e serviços pela indústria nacional, volume de exportação, trajetória R/P);
- ritmo desejável de exploração das reservas de gás natural (participação do gás natural convencional e não convencional);
- estimativa do potencial nacional de produção de gás não-convencional;
- importação de gás natural *vis-a-vis* o incremento das atividades de exploração e produção nacional de gás não convencional e a perspectiva de produção na Bolívia; e
- ritmo desejável da expansão agrícola para fins energéticos (biocombustíveis e biomassa), observados a sustentabilidade dos sistemas produtivos e a harmonia com a produção de alimentos.

### Cenários de Oferta de Energia Elétrica

**Objetivo** - Simular cenários de evolução da oferta de energia elétrica até 2050, considerando a competitividade relativa das fontes e suas condicionantes técnico-econômicas e socioambientais.

**Detalhamento** - Caracterização da evolução da oferta por fonte de geração (hidrelétrica, gás natural, carvão mineral, urânio, energias eólica e solar, biomassa e resíduos, óleos combustíveis, etc.). São aspectos a serem considerados nas simulações: custos totais de investimento e operação de acréscimos de capacidade de geração e transmissão de energia elétrica, produção, refino, processamento, transporte e distribuição de petróleo e gás natural, custos de déficit, balanços de energia em condições hidrológicas média, crítica e de ponta, sazonalidade da capacidade de geração das fontes renováveis, sistema tronco de

transmissão inter-regional, restrições de emissões de GEE para o setor elétrico e restrições regionais de oferta de combustíveis para a geração termelétrica.

As seguintes questões centrais deverão ser discutidas nestes estudos:

- o aproveitamento hidrelétrico na Amazônia (critérios socioambientais, novas tecnologias, e custos de investimento e operação),
- potencial e papel do gás natural para a geração termelétrica (disponibilidade anual, flexibilidade operativa, preços, ponto de entrega, recursos não convencionais, GNL, exportação e importação);
- papel da energia nuclear na estratégia nacional (percepção de riscos e elevação dos custos pós-Fukushima, domínio do ciclo completo de produção do elemento combustível e a possibilidade de sua exportação - escala de produção e competitividade);
- armazenamento de energia elétrica (impactos da redução da capacidade de armazenamento do parque hidrelétrico, análise da confiabilidade do suprimento de potência e do atendimento à demanda de ponta do SIN a longo prazo); e
- participação das energias renováveis no horizonte de longo prazo (disponibilidade de biomassa, evolução da eólica: disponibilidade, tecnologia e competitividade, participação de usinas térmicas na base), vislumbrando qual seria a cota máxima de segurança para a participação das fontes renováveis eólica, biomassa, solar e PCH na matriz elétrica.

Outras questões a serem tratadas incluem ainda:

- papel do carvão mineral na estratégia nacional (possibilidade importação de carvão, custo do CCS, custo de compensação/mitigação de emissões (MDL), coqueima com biomassa e/ou gás natural);
- usinas a biomassa: elevação do período de disponibilização de combustível (bagaço, ponta-palha, RSA) para a geração termelétrica, custos, competitividade do uso da ponta-palha, competição com a produção de etanol;
- energia eólica on shore e off shore;
- energia solar centralizada: (estimativa de potencial regional, competitividade das tecnologias termossolar vs. fotovoltaica, escala dos parques, tecnologias de armazenamento local e usinas híbridas);
- capacidade industrial: limites máximos e mínimos de acréscimo anual de potência (UHE, eólica, biomassa, carvão, gás natural);
- transmissão à longa distância (tecnologias, custos e perdas);
- evolução da geração distribuída (estimativa da parcela de demanda atendida por autoprodução, cogeração, sistemas PV e aproveitamento de resíduos; papel dos óleos combustíveis nos sistemas isolados);
- cenários de integração energética com outros países; e
- outras fontes de energia.



## Cenários de Oferta de Combustíveis

**Objetivo** - Simular cenários de evolução da oferta de combustíveis até 2050, considerando a competitividade relativa das fontes e seus condicionantes técnico-econômicos e socioambientais.

**Detalhamento** - Caracterização da evolução da oferta de gás natural, derivados, biocombustíveis (etanol, biodiesel, bioquerosene, biogás, biomassa sólida) e novas alternativas.

As seguintes questões centrais deverão ser discutidas nestes estudos:

- exportação de excedentes de petróleo e derivados;
- estratégia de expansão do parque de refino;
- melhoria da infraestrutura de transporte e distribuição de petróleo e derivados;
- melhoria da qualidade dos combustíveis;
- ritmo de produção de gás natural (convencional e não convencional);
- produção de biocombustíveis no longo prazo (etanol, biodiesel, bioquerosene, biogás, biomassa), de primeira, segunda e terceira geração; e
- potencial de introdução de novas alternativas de combustíveis líquidos/sólidos/gasosos, inclusive a partir do aproveitamento de resíduos.

Outras questões a serem tratadas incluem ainda:

- custos de investimento para exploração e produção de petróleo e gás natural;
- expansão do parque de refino de petróleo (incluindo petroquímica verde) e das unidades de processamento de gás natural;
- evolução da malha de transporte e distribuição de gás natural;
- evolução da produtividade e dos custos de produção de biocombustíveis de primeira, segunda e terceira geração;
- impactos de políticas globais na ampliação da produção interna de biocombustíveis; e
- penetração de biorrefinarias.

## 5.2 Relatórios finais

### Consolidação da Matriz Energética Nacional 2050

**Objetivo** - Consolidar a matriz energética no horizonte 2050 seguindo a metodologia do Balanço Energético Nacional, de maneira simplificada, e apresentar relatório consolidando os principais indicadores e informações energéticas.

**Detalhamento** - Apresentação sintetizada da evolução da oferta e do consumo de energia no Brasil até 2050, em intervalos de dez anos, por meio da consolidação de indicadores tais como: produção de energia primária e secundária, oferta interna de energia, consumo final energético e não energético, emissões de CO<sub>2</sub>, grau de dependência externa, intensidade

energética, eficiência energética global, participação das energias renováveis (energia total e eletricidade).

### **Perspectiva Energética 2050**

**Objetivo** - Apresentar relatório descrevendo os cenários econômico-energéticos, a partir dos subsídios e das conclusões advindas das análises dos estudos anteriores.

**Detalhamento** - Documento com, no máximo, 250 páginas, incluindo gráficos, tabelas e figuras. O escopo do texto contemplará os seguintes temas: visão de longo prazo do setor energético mundial e brasileiro no âmbito dos cenários econômico-energéticos para 2050, incluindo os aspectos econômico, tecnológico, ambiental e energético.

### **Relatório Executivo PNE 2050**

**Objetivo** - Identificar diretrizes para o plano de ação, que contribuam para formulação da estratégia de expansão do setor energético brasileiro até 2050.

**Detalhamento** - Documento com, no máximo, 50 páginas, incluindo gráficos, tabelas e figuras. Síntese da perspectiva energética 2050 e dos indicadores das matrizes energéticas consolidadas, e apresentação de diretrizes e conclusões essenciais do estudo de longo prazo. O produto Relatório Executivo PNE 2050 inclui também uma apresentação em *power point*<sup>®</sup> e um vídeo de divulgação.

## 6 CRONOGRAMA

Discriminação	ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO				AGOSTO				SETEMBRO				OUTUBRO				NOVEMBRO				DEZEMBRO				JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
<b>TDR</b>																																																
Elaboração	■	■	■																																													
Validação				■																																												
<b>Estudos (relatórios parciais)</b>																																																
Evolução da economia brasileira					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																		
Evolução da demanda de energia					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																
Potencial de recursos energéticos					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																												
Evolução da oferta de energia elétrica					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								
Evolução da oferta de combustíveis									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								
<b>Reuniões temáticas (RT)</b>																																																
Estudos socioeconômicos (RT1)					■																																											
Edificações (RT2)									■																																							
Transporte (RT3)										■																																						
Geração distribuída e biogás e biocombustíveis líquidos (RT4)											■																																					
Geração hidrelétrica e outras renováveis (RT5)												■																																				
Geração térmica convencional (carvão, nuclear e gás natural) (RT6)													■																																			
Petróleo e gás natural (RT7)														■																																		
<b>Workshops</b>																																																
A1 Cenário econômico e Demanda de energia														■																																		
B1 Geração hidrelétrica															■																																	
B2 Fontes renováveis e geração distribuída																■																																
B3 Geração térmica convencional																	■																															
B4 Petróleo e derivados e biocombustíveis																		■																														
B5 Gás natural e biogás																																																
<b>Relatórios Finais</b>																																																
Consolidação da matriz energética nacional 2050																									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Perspectiva energética 2050																									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Relatório Executivo 2050																									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
<b>Consulta Pública</b>																																																
Reuniões EPE - MME				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■								

Notas (1) Dentre outros, as reuniões temáticas (RT) discutirão os seguintes temas: evolução do bônus demográfico (RT1), evolução da produtividade e competitividade da indústria (RT1), evolução do perfil da indústria (RT1); Padrão de consumo de energia nas edificações (RT2), Matriz de transportes: participação dos diferentes modais (RT3), Evolução do transporte urbano de massa (mobilidade urbana) (RT3), Penetração dos veículos híbridos e elétricos (RT3), Geração distribuída de eletricidade (RT4), Armazenamento da energia (RT5), Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia (RT5), Usinas para atendimento à base da demanda por energia elétrica (RT6), Preços internacionais do petróleo (RT7), Volume da produção nacional de petróleo (RT7), Penetração do gás não convencional (RT7).