

CENÁRIOS PARA A MATRIZ ELÉTRICA 2050

Aportes ao debate energético nacional e ao
planejamento participativo de longo prazo



CENÁRIOS PARA A MATRIZ ELÉTRICA 2050

Aportes ao debate energético nacional e ao
planejamento participativo de longo prazo



ÍNDICE

EDIÇÃO

Redação:

Camila Ramos
Denise Teixeira
Paulo G. Rocha

Revisão:

Ligia P. Ribeiro
Bruna F. S. Caballero

Agradecimentos:

Elbia Melo
Sandro Yamamoto
Tasso Azevedo
Jerson Kelman

Diagramação:

WEMAKE CHILE

ISBN: 978-85-69028-00-0

Título: Cenários para a matriz elétrica 2050: aportes ao debate energético nacional e ao planejamento participativo de longo prazo

Tipo de Suporte: PUBLICAÇÃO DIGITALIZADA

6	INTRODUÇÃO
8	BREVE DESCRIÇÃO DO PROCESSO
10	SOBRE A METODOLOGIA
12	O DESAFIO DO PROCESSO
14	AS MATRIZES ENERGÉTICAS ATÉ 2050
21	PLANOS DE OBRA NECESSÁRIOS
39	AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS, VARIÁVEIS CONSIDERADAS
43	RESULTADOS
45	ALGUMAS CONCLUSÕES E DESAFIOS PARA UMA MATRIZ ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL ATÉ 2050
52	APRIMORAMENTOS METODOLÓGICOS E A CONTINUIDADE DA PCE BRASIL
56	ANEXO 1: MOTIVAÇÕES E EMBASAMENTO DAS DECISÕES APRESENTADAS NOS CENÁRIOS
57	CENARISTA COPPE
59	CENARISTA GREENPEACE
62	CENARISTA SATC
64	CENARISTA ITA
69	ANEXO 2: OPÇÕES TECNOLÓGICAS DA METODOLOGIA ADOTADA
70	ANEXO 3: OPINIÕES DE ESPECIALISTAS
76	CRÉDITOS



Cenários para a Matriz Elétrica 2050

INTRODUÇÃO:

APORTES AO DEBATE ENERGÉTICO NACIONAL E AO PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO DE LONGO PRAZO

Nos últimos anos, o debate energético tem ganhado importância na agenda global. Isto se deve ao aumento da demanda energética gerado por diversos motivos: o crescimento das economias emergentes, a alta dependência de combustíveis fósseis e os desafios trazidos pelas mudanças climáticas, sendo a geração e o consumo energético em qualquer de suas variantes (calor industrial, geração elétri-

ca, transporte) a principal causa das emissões de gases de efeito estufa.

O Brasil, como a maioria dos países em desenvolvimento, tem vivenciado durante os últimos anos importantes mudanças no parque gerador, impulsionadas por um crescimento consistente na demanda por energia. No caso da demanda por energia elétrica, de aproximadamente 4-5% ao ano.

Nesse contexto de mudanças na forma de produzir energia, surge a Plataforma de Cenários Energéticos (PCE) com o objetivo de converter-se em um espaço de participação ampla da sociedade, que ofereça subsídios aos tomadores de decisão do Setor Elétrico, para a construção de uma política energética, competitiva, sustentável e orientada a atender os desafios de desenvolvimento do país.

Esta iniciativa foi colocada em prática pela primeira vez no Chile, quando representantes de empresas de energia, organizações não-governamentais e membros da academia, trabalharam na construção de cenários futuros para a matriz energética, a partir de premissas comuns. Os diferentes cenários puderam ser comparados com base em uma metodologia própria que permitiu destacar vantagens e externalidades associadas às opções de planejamento apresentadas. Desse modo, o resultado da Plataforma de Cenários Energéticos foi capaz de indicar impactos ambientais, sociais e econômicos que constituem insumos fundamentais a serem

considerados pelos formuladores de políticas públicas de um país.

No Brasil, a PCE é liderada por organizações do setor empresarial e da sociedade civil e conta com o apoio técnico de instituições acadêmicas, que proporcionam a construção de diferentes cenários energéticos com horizonte até 2050. Assim, com base nos cenários criados no âmbito da PCE, é possível iniciar um diálogo aberto, sério e transparente que incentive uma visão de longo prazo sobre o futuro energético do país. O ambiente criado pela PCE também proporciona uma avaliação ampla de aspectos conjunturais do Setor Elétrico, como é o caso da escassez de oferta hídrica e dos altos preços que caracterizam o momento atual. O exercício de construção de cenários futuros é uma oportunidade para debater os rumos da política setorial e os caminhos para a constituição de uma matriz energética segura e limpa que sustente desenvolvimento sócioeconômico, conciliando conservação dos recursos naturais e o enfrentamento das mudanças climáticas.

BREVE DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Durante o ano de 2013, a Fundação Avina em parceria com a ABEEólica (Associação Brasileira de Energia Eólica), ANACE (Associação Nacional de Consumidores de Energia), UNICA (União da Indústria de Cana-de-Açúcar) e WWF Brasil, se organizaram para trazer ao Brasil a experiência da Plataforma de Cenários Energéticos aplicada com sucesso na Argentina e Chile. Como primeiro projeto, o grupo decidiu convidar distintos atores a elaborar planos de longo prazo alternativos para a matriz elétrica, retratados neste documento. Este é o primeiro passo para as discussões que serão organizadas pela PCE por meio de eventos, outras publicações e estudos. A partir de 2014, juntaram-se a esse grupo a COGEN (Associação da Indústria de Cogeração de Energia) e o Observatório do Clima, formando o **Comitê Executivo** da PCE Brasil, cujas funções vão desde pautar as premissas básicas para a elaboração dos cenários, até garantir a visibilidade do processo e das posições das diferentes matrizes apresentadas.

A partir do anúncio oficial do Ministério de Minas Energia (MME), que seria elaborado um Plano Nacional de Energia para o ano 2050, o **Comitê Executivo** definiu o mesmo horizonte para os cenários da PCE.

Um segundo grupo, o **Comitê Técnico**, foi encarregado de definir a metodologia e premissas técnicas que permitiram construir, avaliar e comparar os cenários. Este grupo é constituído por membros da Academia e por especialistas com experiência reconhecida em planejamento energético e áreas afins.

Nesta primeira rodada de cenários elétricos, 4 equipes de **Cenaristas** foram responsáveis pela elaboração das diferentes propostas de matriz. A seleção desses atores, visou contemplar olhares e interesses distintos, como forma de enriquecer os resultados a partir das múltiplas soluções de atendimento da demanda por energia elétrica. A convite do **Comitê Executivo**, foram apresentados cenários por:

- 1 **COPPE/UFRJ** Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro;
- 2 **GREENPEACE BRASIL** Greenpeace;
- 3 **SATC** Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina com o apoio da ABCM (Associação Brasileira do Carvão Mineral);
- 4 **ITA** Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

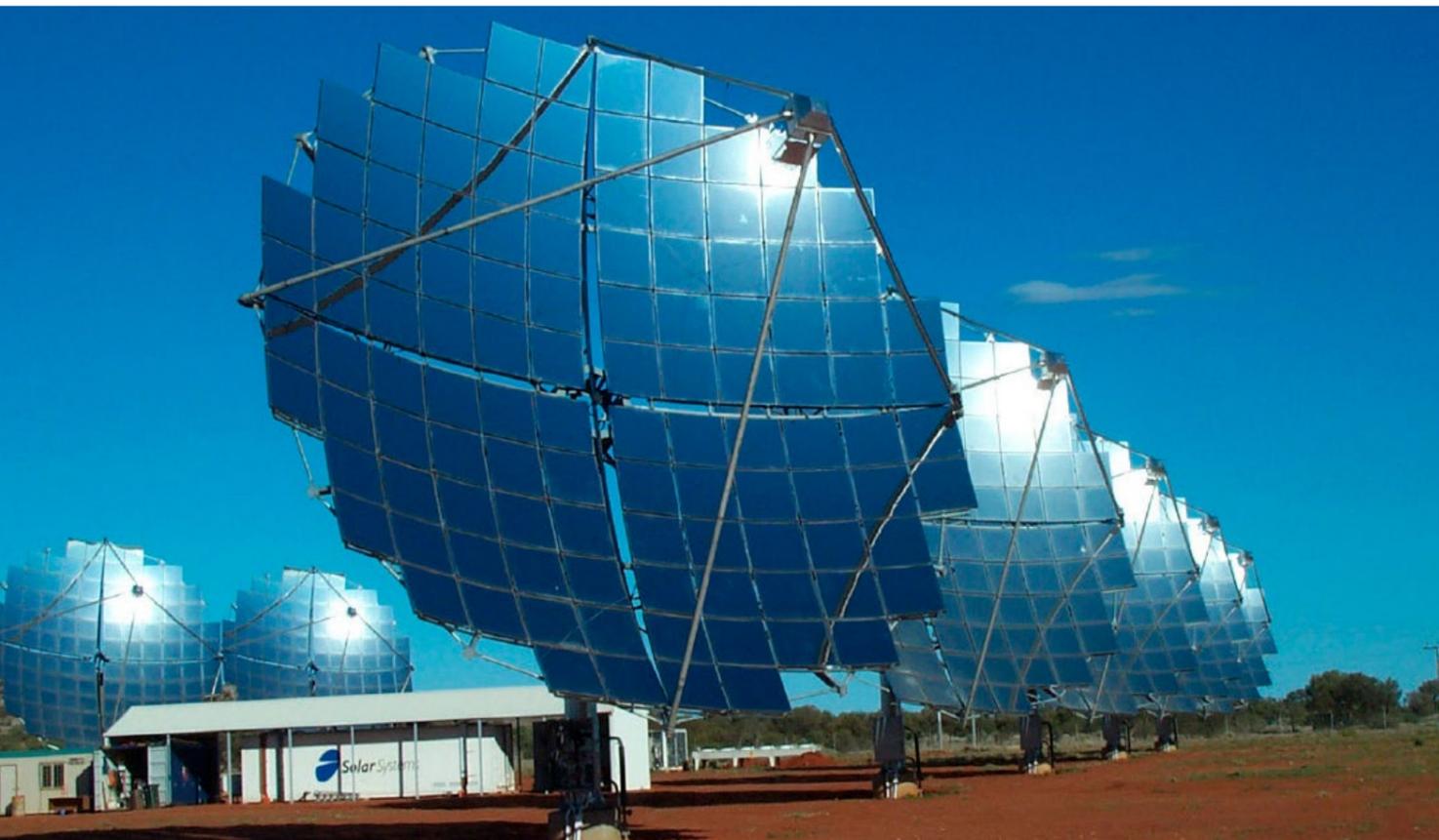


Desde fevereiro de 2013, os participantes da PCE se reuniram periodicamente para alinhar os objetivos, conceitos e formas de atuação, além de estabelecer as competências de cada grupo de colaboradores da iniciativa. Antes de chegar à formação apresentada anteriormente, ao longo do processo, a PCE contou com a participação de outras instituições, como o GESEL/UFRJ (Grupo de Estudos do Setor Elétrico da Universidade Federal do Rio de Janeiro) e com integrantes do Ministério Público Federal (MPF).

Esta dinâmica da Plataforma foi fundamental para que a primeira versão do Marco Metodológico fosse consolidada, após reunião realizada em dezembro de 2013.

Em 16 de setembro de 2014 a equipe da PCE – Comitê Executivo, Comitê Técnico e Cenaristas – se reuniu em São Paulo para a apresentação dos resultados preliminares de cada um dos cenários elaborados. Na

oportunidade, os cenaristas tiveram a chance de esclarecer as motivações e estratégias associadas às matrizes propostas, e membros do Comitê Técnico e demais participantes puderam discutir a utilização do potencial de cada uma das fontes de geração empregadas nos cenários. Tratou-se de um primeiro exercício de debate qualificado que poderá emergir das iniciativas da Plataforma. Em decorrência da troca de informações proporcionada pelo evento, os cenários e alguns aspectos da base de dados utilizada passaram por aprimoramentos, resultando nas propostas finais para as matrizes elétricas apresentadas ao longo deste relatório.



SOBRE A METODOLOGIA

O Marco Metodológico¹ para a formulação dos cenários foi elaborado por um grupo de especialistas e acordado com os participantes e equipes de cenaristas, garantindo rigor metodológico na base de dados utilizada e permitindo que as matrizes propostas e seus impactos possam ser comparáveis entre si. Dessa forma, não se buscou identificar uma matriz única, mas sim uma metodologia e um conjunto de informações e critérios comuns que permitem avaliar e comparar os diferentes cenários elaborados.

Em linhas gerais, cada cenarista deveria apresentar duas propostas de matriz, sendo uma para um cenário *Business as Usual* (BAU)² e outra para um cenário que refletisse um Fator de Eficiência Energética (FEE). As regras acordadas com as equipes podem ser resumidas nos seguintes itens:

I Seriam elaboradas propostas de matriz de geração de energia elétrica exclusivamente, e outros modais de energia não foram modelados.

II Cada opção tecnológica se caracterizou por: tecnologia, combustível, módulo de potência, fator de capacidade, rendimento na conversão do combustível, custo fixo de investimento, custo variável de operação e manutenção e uso do solo.

III A cada equipe foi dada a oportunidade de acrescentar novas opções tecnológicas à lista original, destacando que eventuais inclusões ficariam imediatamente disponíveis aos demais cenaristas.

IV A forma de despacho (acionamento) de cada tipo de opção tecnológica poderia ser selecionada dentre as seguintes: por ordem de mérito atribuída pelo cenarista; por custos variáveis; ou à plena capacidade.

V O custo unitário dos combustíveis foi padronizado, assim como o custo da eletricidade importada eventualmente necessária.

VI A demanda por energia elétrica deveria ser integralmente atendida, em todos os anos do horizonte de estudo, seja por geração associada às opções tecnológicas ou por importação de energia elétrica.

VII Tanto no cenário BAU quanto no cenário FEE, cada cenarista teria liberdade para definir suas projeções anuais de demanda, desde que elas se concentrassem dentro dos limites superior e inferior pré-estabelecidos, melhor descritos no próximo capítulo.

VIII O parque gerador atual foi representado pela capacidade instalada em 2013, incluindo a parcela referente à energia de Itaipu destinada ao Brasil.

IX Os empreendimentos já comprometidos com a expansão do parque gerador, por meio de leilões regulados, deveriam ser preservados até o término do prazo contratual.

X Os cenaristas poderiam representar o descomissionamento de unidades geradoras ao longo do horizonte de estudo, respeitando os compromissos firmados em leilões regulados.

XI As matrizes seriam modeladas utilizando o software LEAP³ – *Long-range Energy Alternatives-Planning System*.

¹ Visitar cenariosenergeticos.com.br para acessar documento completo e detalhado das premissas.

² A expressão *Business As Usual* – BAU é utilizada para indicar a forma regular de operar ou de conduzir determinada atividade. No caso particular da elaboração de cenários energéticos, o cenário BAU deverá representar um contraponto para o cenário onde se aplicariam medidas de redução de consumo sob a forma de um fator de eficiência energética.

³ Heaps, C.G., 2012. Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. [Software version 2014.0.1.18] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. www.energycommunity.org

O DESAFIO DO PROCESSO

Entre os vários desafios deste projeto, dois deles são mais relevantes: o primeiro diz respeito à forma de modelar e padronizar, para o horizonte de estudo até 2050, novas tecnologias que no presente não são viáveis em larga escala ou não estão disponíveis no Brasil. Nesse caso, tornar os cenários comparáveis ao final do trabalho impõe a necessidade de padronizar as expectativas sobre a disseminação das tecnologias mais inovadoras, assim como a evolução dos preços associados aos combustíveis fósseis.

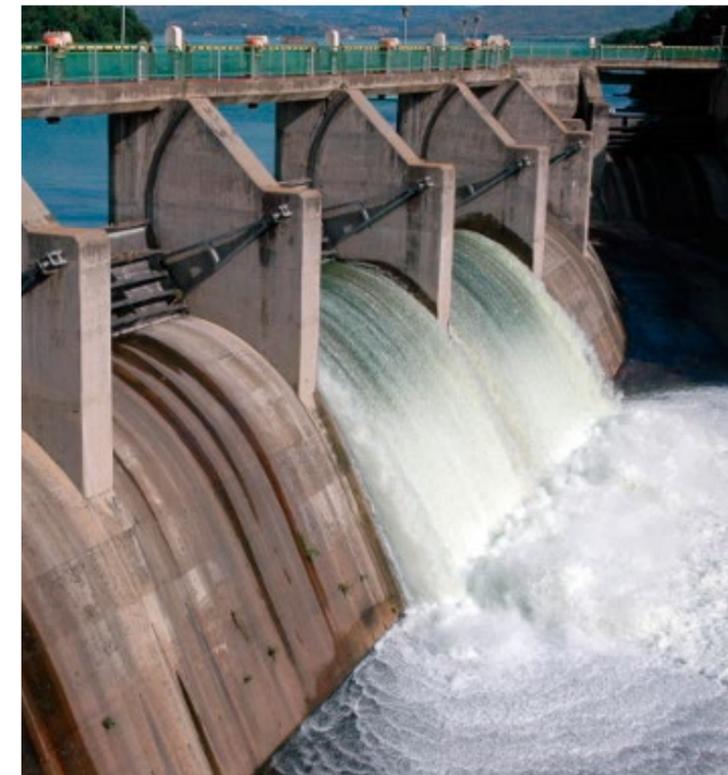
A dificuldade para obter um consenso acerca destas expectativas levou à decisão de adotar as relações atuais de preços, não modelando tendências de barateamento de custos de investimento relativos às tecnologias mais recentes, e tampouco

estimativas de aumento de preços de combustíveis não renováveis. Trata-se de uma simplificação inicial inerente a modelagem com muitas variáveis, mas entendeu-se que neste primeiro exercício ela não comprometeria o objetivo de promover um debate qualificado sobre planejamento energético e o futuro da matriz elétrica brasileira. Dessa forma, a interpretação dos resultados obtidos deverá levar em conta tais simplificações, devendo sinalizar para uma próxima etapa, onde a tendência de barateamento das tecnologias e estimativas de custos de combustíveis possam ser estudadas com mais profundidade e assim representadas nos cenários.

O segundo destaque relativo ao desafio do processo de elaboração de cenários consiste na visão de futuro sobre o comportamento da demanda. Tão complexo como o primeiro ponto destacado, a forma da sociedade se organizar nos sistemas produtivos ou em suas rotinas residenciais, assim como o aumento do poder aquisitivo e melhorias na distribuição de renda da população, são apenas os aspectos mais evidentes da possibilidade de se alterar significativamente a relação de consumo energético per capita até 2050.

No início dos trabalhos da PCE Brasil esta discussão sobre a demanda por energia nas próximas três ou quatro décadas motivou uma segunda versão do marco metodológico. Isto porque, a busca pela comparabilidade entre os cenários e a dificuldade em projetar mudanças no padrão de consumo, levou inicialmente à proposição de uma série de demanda com taxas de crescimento da ordem de 4% ao ano, calculada de forma muito semelhante ao que é feito no contexto do planejamento da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Se por um lado tal série de demanda facilitaria as comparações com o Plano Nacional de Energia para 2050 (PNE 2050) que vem sendo elaborado pelo Governo Federal, por outro lado, se revelou pouco aderente às expectativas de alguns cenaristas de elaborar um cenário com eficiência energética mais expressiva.

Para solucionar este impasse o Comitê Técnico incorporou ao trabalho uma metodologia alternativa de previsão da demanda no longo prazo⁴, formulada a partir de análises desagregadas por classes de consumo e região do país, na qual se identificam variáveis explicativas distintas daquelas utilizadas normalmente nos estudos de Planejamento. Desse modo produziu-se uma segunda série de demanda (BAU e FEE) que passou a configurar o limite inferior a ser observado pelos cenaristas ao dimensionar o volume anual de energia a ser atendido por suas matrizes, enquanto a primeira série de demanda passou a representar o limite superior desses volumes. Portanto, diferente do que foi feito nas edições Chilena e Argentina da Plataforma, a PCE Brasil inovou ao conferir maior flexibilidade aos cenaristas no que tange à demanda a ser atendida em cada um dos cenários.



Contudo, apesar do maior grau de liberdade, é interessante observar que ao final dos trabalhos, todos os estudos apresentados posicionaram suas séries de demanda nos limites inferiores fixados após as discussões sobre o tema.

Talvez o desempenho da economia mais fraco do que se esperava, ou o menor consumo industrial em 2014 tenham influenciado a decisão por projetar a matriz elétrica compatível com os limites inferiores de demanda, mas certamente o olhar para o futuro ressaltou a importância de se considerar mudanças orientadas para um padrão de consumo mais eficiente, como parte do esforço em garantir a confiabilidade e segurança no fornecimento de energia elétrica no Brasil.

⁴ Metodologia apresentada por Leontina Pinto – Engenho Pesquisa, Desenvolvimento e Consultoria Ltda.



AS MATRIZES ENERGÉTICAS ATÉ 2050

Após um período inicial de consenso da metodologia e da base de dados que seriam adotadas nos trabalhos da PCE Brasil, os cenários foram elaborados pelas 4 instituições convidadas no período de julho a outubro de 2014.

Como é característico desse tipo de exercício, os resultados tendem a representar um cenário possível de ser buscado frente às condicionantes inerentes ao trabalho e em linha com a visão de cada uma dessas instituições.

Em síntese pode-se dizer que cada cenário possui um visão distinta, conforme descreve o quadro a seguir:

TABELA 1 – VISÕES DOS CENARISTAS SOBRE SUAS PROPOSTAS DE MATRIZ ELÉTRICA

COPPE/UFRJ

Foco na ampliação de programas de eficiência energética como medida de redução das emissões de gases de efeito estufa, uma vez que estes têm potencial para evitar expansão de fontes fósseis mais poluentes.

GREENPEACE

Diversificação da matriz elétrica com novas energias renováveis e quebra de paradigma de um modelo centralizado de geração para um sistema descentralizado e mais eficiente. Relevância principal dada ao cenário com fator de eficiência energética (FEE).

SATC⁵

Matriz elétrica focada na segurança e na utilização dos recursos energéticos nacionais, de maneira racional e com custos reduzidos.

ITA

Valoriza a tecnologia para alavancar a sustentabilidade: foco na eficiência energética, nos sistemas distribuídos e no aprimoramento da capacidade de gestão da demanda.

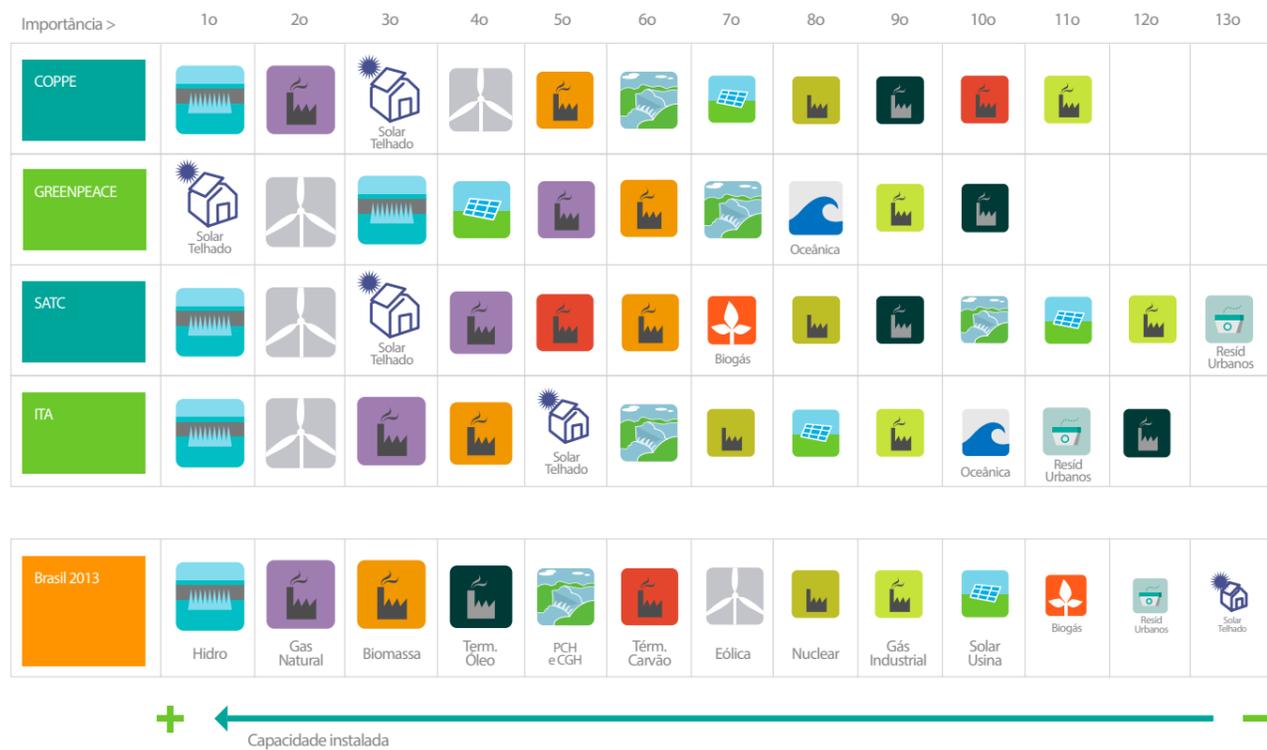
Alguns dos estudos referentes aos cenários BAU resultaram em Planos de Obras confeccionados com a finalidade de contrastar com a matriz ideal sugerida no cenário FEE (caso COPPE e Greenpeace). Outros se concentram no cenário FEE, sendo o cenário BAU tratado como uma proporção ampliada do cenário com eficiência energética (SATC e ITA).

Assim, é possível afirmar que o quadro seguinte, formado a partir da capacidade instalada projetada para 2050 no cenário FEE, é o que melhor reflete as visões acima destacadas.

⁵ Este cenário foi desenvolvido com o apoio da Associação Brasileira de Carvão Mineral.

Figura 1

DIVERSIFICAÇÃO DAS MATRIZES NOS CENÁRIOS FEE A PARTIR DA CAPACIDADE INSTALADA EM 2050^{6,7}



De modo geral, observa-se que em três dos quatro cenários a fonte hídrica continua sendo predominante em 2050, assim como ocorre atualmente. Apenas no cenário do Greenpeace a fonte solar (painéis em telhados) assume a primeira posição. Em comum, todos os cenários indicam uma priorização das fontes renováveis com destaque para hidroeletricidade, eólica e solar.

O gás natural também é considerado em todos os cenários. Mesmo na matriz do Greenpeace, onde notadamente existe a intenção de reduzir a dependência por fontes fósseis e nucleares, o Plano de Obras apresenta expansão com gás natural, espe-

cialmente por meio de usinas com as tecnologias de ciclo combinado e de geração distribuída. O cenário da COPPE prestigia mais essa fonte, seguido do ITA, que também apresenta uma proporção importante do gás natural em sua matriz. No caso da SATC, a forte expansão da tecnologia a carvão supre em parte a adição de usinas a gás natural, uma vez que ambas tecnologias assumem o papel de geração de energia de base (não intermitente).



Todos os cenários incluem, ainda que em diferentes proporções e combinações, usinas com o papel de fornecer a energia em caráter mais firme, como forma de compor a intermitência das fontes renováveis predominantes.

Geralmente, estas usinas de base são térmicas a gás natural, nucleares e carvão. O cenário do Greenpeace é uma exceção, uma vez que não adiciona ao Plano de Obras térmicas a carvão nem usinas nucleares, mantendo apenas 7% da capacidade instalada a gás natural, dos quais aproximadamente um quarto está sob a forma de geração distribuída. Assim, neste cenário, as atuais Angra 1 e Angra 2 são descomissionadas em 2025 e 2030 respectivamente, enquanto Angra 3 é desativada em 2040. No cenário FEE do ITA também são feitos descomissionamentos, mas nesse caso a estratégia adotada foi de manter as usinas nucleares e desativar as plantas movidas a carvão e a óleo a partir de 2021.

As figuras seguintes apresentam como ficaram as proporções de cada fonte nas matrizes dos cenários BAU e FEE em 2050.

A análise da composição da matriz de cada cenário, em termos de capacidade instalada (MW), pode ser conhecida no Anexo 1: Motivações e embasamento das decisões mostradas nos cenários. A seguir demonstra-se como o Plano de Obras correspondente (MW) se converte em energia produzida (GWh) para atendimento da demanda. Observando a geração de energia elétrica em 2050, as fontes com fatores de capacidade menores ou com custos variáveis menos competitivos perdem espaço frente às demais. As duas figuras seguintes apresentam um comparativo da composição das matrizes, calculadas com a ótica da capacidade instalada e a partir da energia produzida.

⁶ Matriz FEE do Greenpeace tem um plano de descomissionamento de todo o parque a óleo da matriz atual e expansão pré definida, que totalizam 7,76 GW. Contudo, este plano não foi concluído no horizonte do estudo, de forma que restou 0,3 GW de capacidade de óleo na matriz em 2050.

⁷ Gás Industrial - refere-se aos vapores e gases originados nos processos de siderúrgicas ou indústrias químicas, que permitem a autoprodução de energia elétrica. Na matriz do ano base 2013 foram considerados 1,747 GW de capacidade instalada de geração a partir de gases industriais, com expansão pré definida de 0,88 GW para 2014. Assim, em todos os cenários a geração a partir de gases industriais permaneceu com a capacidade de 1,83 GW, uma vez que esta tecnologia na matriz atual não foi incluída na lista de opções tecnológicas da Tabela 1 (pag 73).

Figura 2

Composição das Matrizes BAU em Capacidade (MW) e Produção (GWh) em 2050



Figura 3

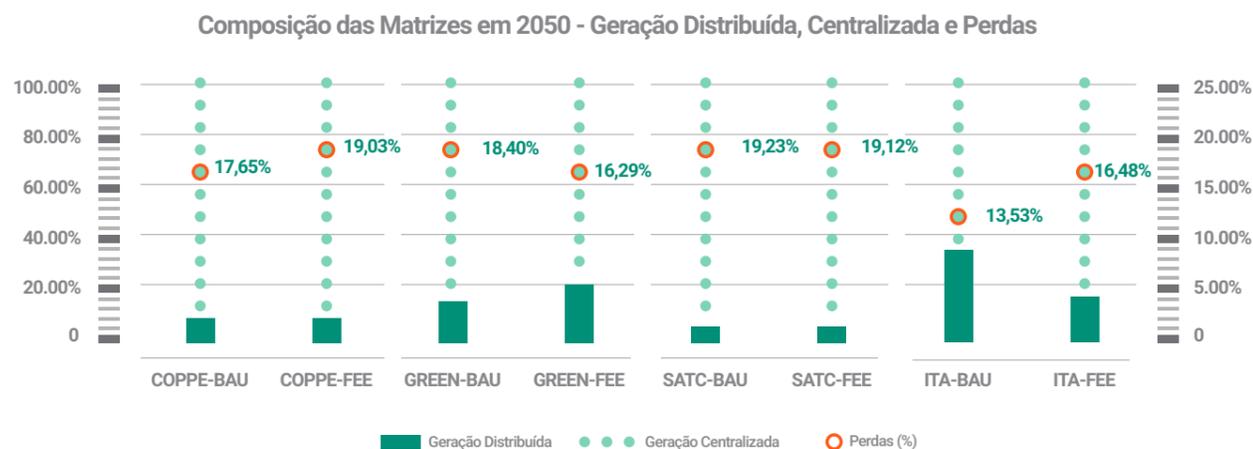
Composição das Matrizes FEE em Capacidade (MW) e Produção (GWh) em 2050



Uma observação nos cenários formulados pela SATC diz respeito a uma espécie de “concorrência” entre as tecnologias a carvão e as usinas a gás natural: no cenário BAU, a participação do carvão passa de 8,8%, quando avaliada a partir da capacidade instalada, para 15,5% na composição a partir da produção por fonte, devido ao menor custo variável do carvão. Por outro lado, a participação do gás natural se dá de maneira oposta ao que ocorre nos demais cenários, pois no estudo da SATC esta fonte perde espaço quando passa a ser medida pela produção de energia elétrica. Este deslocamento da participação do gás natural na matriz da SATC assume uma proporção extrema no cenário FEE. O comparativo demonstra ainda que na maioria dos casos há ganho de participação das hidrelétricas de maior porte, quando a matriz é avaliada em termos

de energia produzida. Opostamente, a geração a partir de painéis fotovoltaicos em telhados perde espaço significativo quando passa a ser avaliada em termos de produção de energia elétrica. Embora este resultado coloque em foco o desempenho mais fraco deste tipo de geração em relação às demais fontes, o fato dos painéis se posicionarem diretamente no local de consumo evita um volume de perdas significativo. Ou seja, os cenários que prestigiaram mais a geração distribuída, como o caso da geração solar em telhados, conseguiram atender integralmente a demanda com uma produção menor de energia elétrica. A figura a seguir apresenta graficamente a composição da matriz destacando a geração distribuída, a centralizada e as perdas globais⁸.

Figura 4



⁸ As perdas globais foram modeladas em 20,25% para todos os empreendimentos, exceto para aqueles de geração distribuída (GD). Este percentual visa representar um valor médio nacional composto por perdas técnicas nos sistemas de transporte (redes de transmissão e de distribuição) e perdas não técnicas, equivalentes a energia fornecida e não faturada em razão de fraudes nas instalações elétricas.

PLANOS DE OBRA NECESSÁRIOS

No quadro seguinte é possível observar a potência instalada resultante de cada um dos Plano de Obras elaborados.

Figura 5

BAU - Composição da Matriz em 2050



Figura 6

FEE - Composição da Matriz em 2050

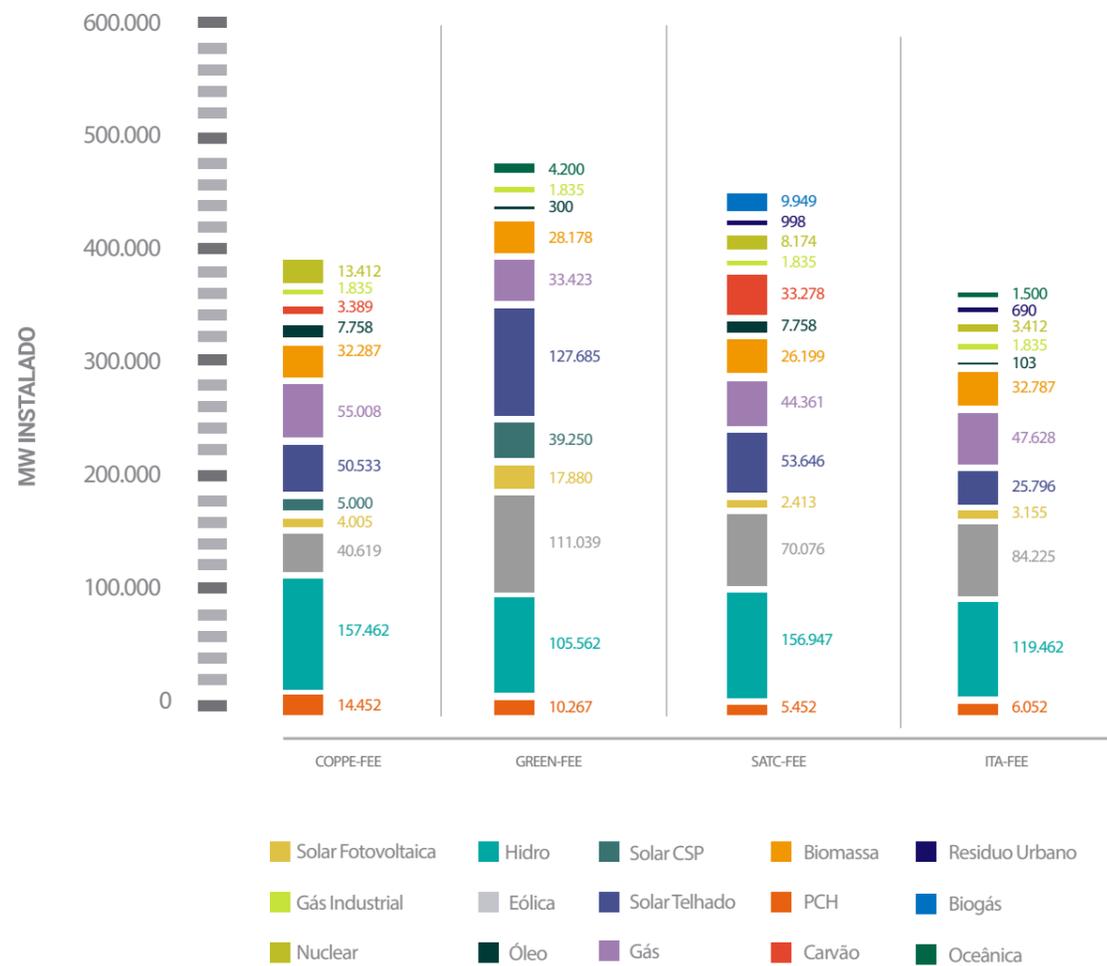
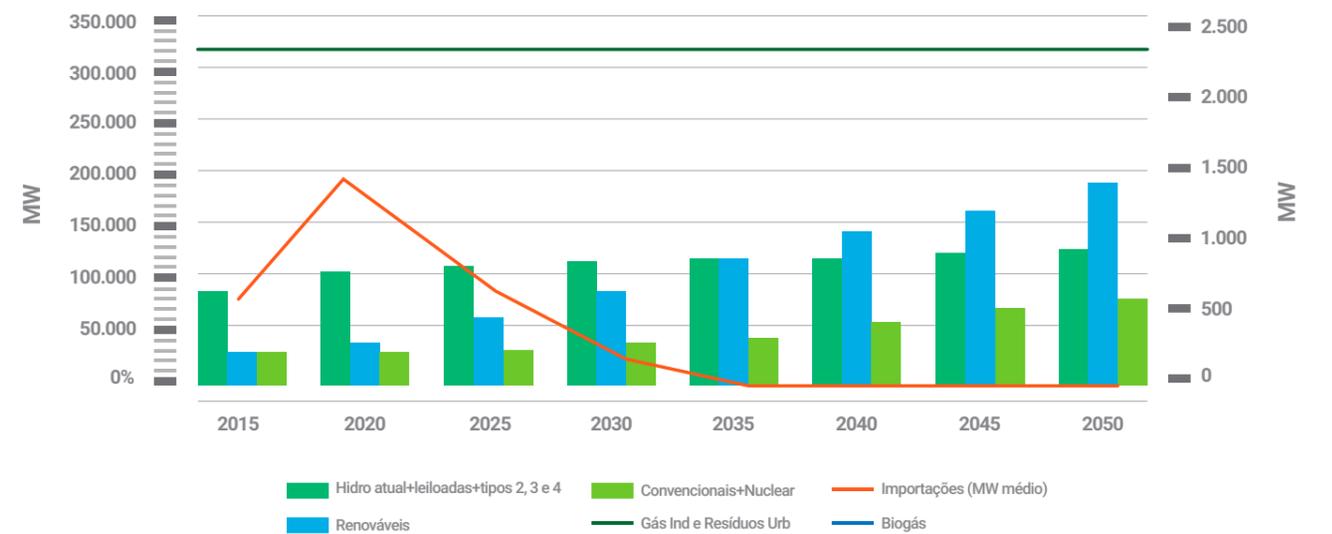


Figura 7

Agrupamento por Energias Renováveis COPPE - FEE



As matrizes representam grande variação entre os níveis de investimento e de capacidade instalada, mas todas são capazes de atender a mesma demanda por energia elétrica projetada para 2050. Esta diferença decorre essencialmente de fatores de capacidade distintos atribuídos as opções tecnológicas selecionadas para compor o Plano de Obras de cada cenário.

Também é possível identificar as matrizes pelo agrupamento das energias renováveis (separando deste grupo as hidrelétricas de grande porte com maiores impactos), das fontes convencionais e de outras fontes que não se enquadram em nenhum desses dois grupos, como é o caso de Resíduos Urbanos, Gases Industriais e Biogás. Para completar esta avaliação, deve-se incluir a energia elétrica importada, de modo que todas as formas de atendimento da demanda estejam presentes na representação dos cenários. A figura seguinte mostra graficamente a evolução proposta nos Planos de Obras a partir destes agrupamentos.

Figura 8

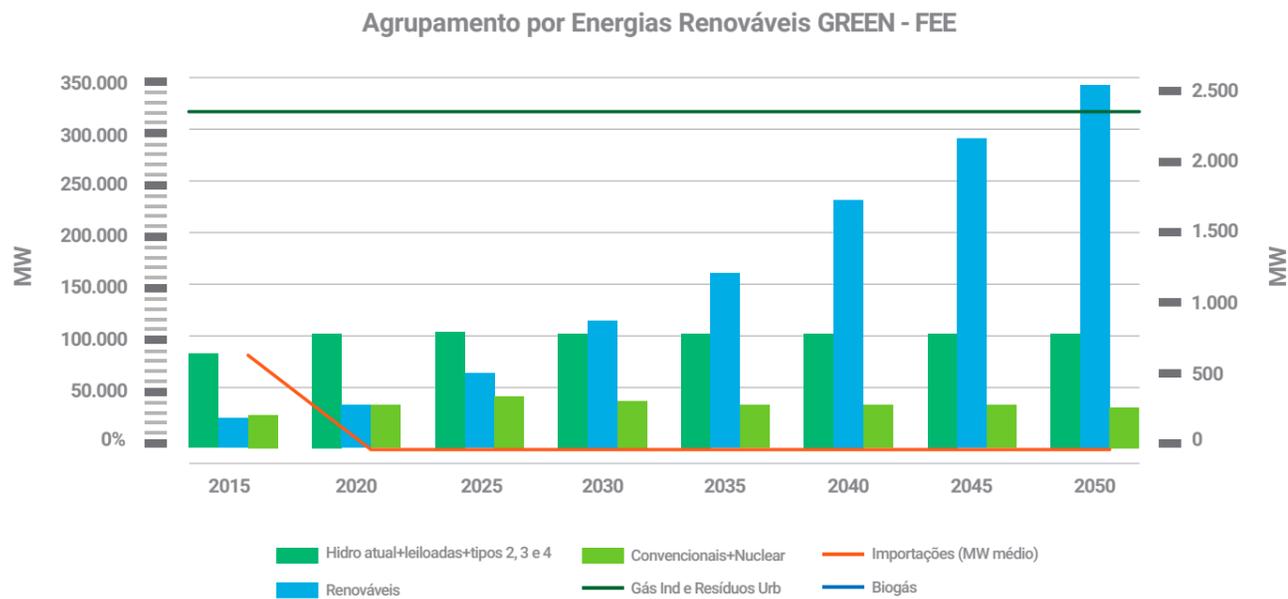


Figura 10

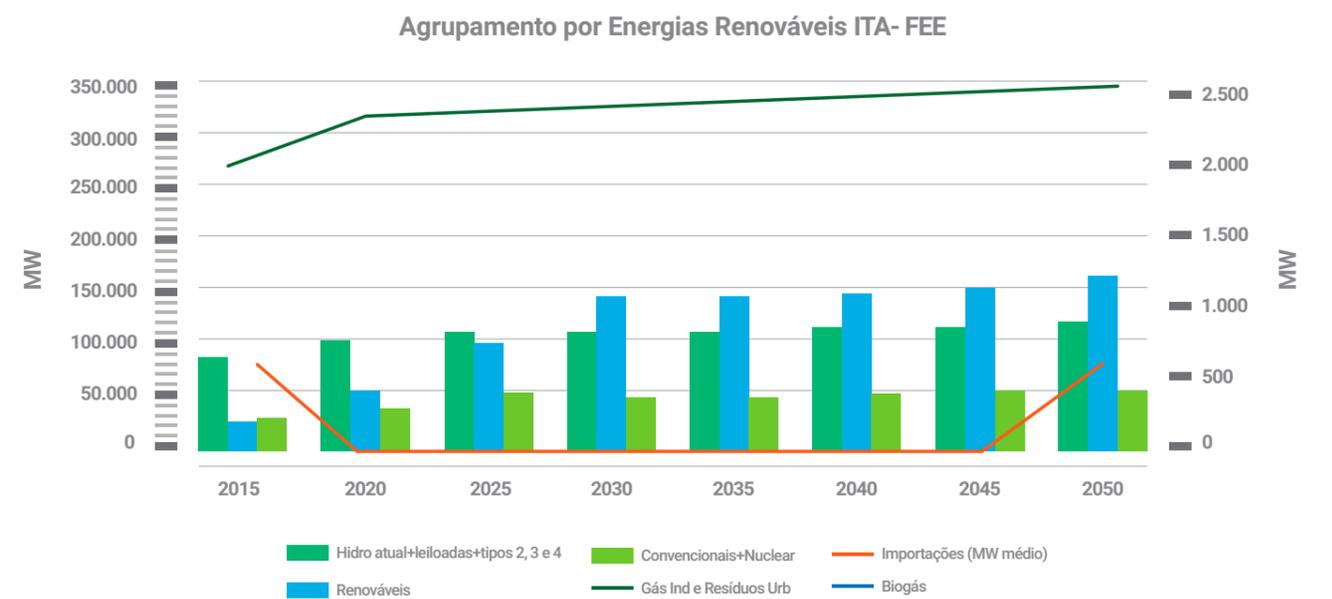
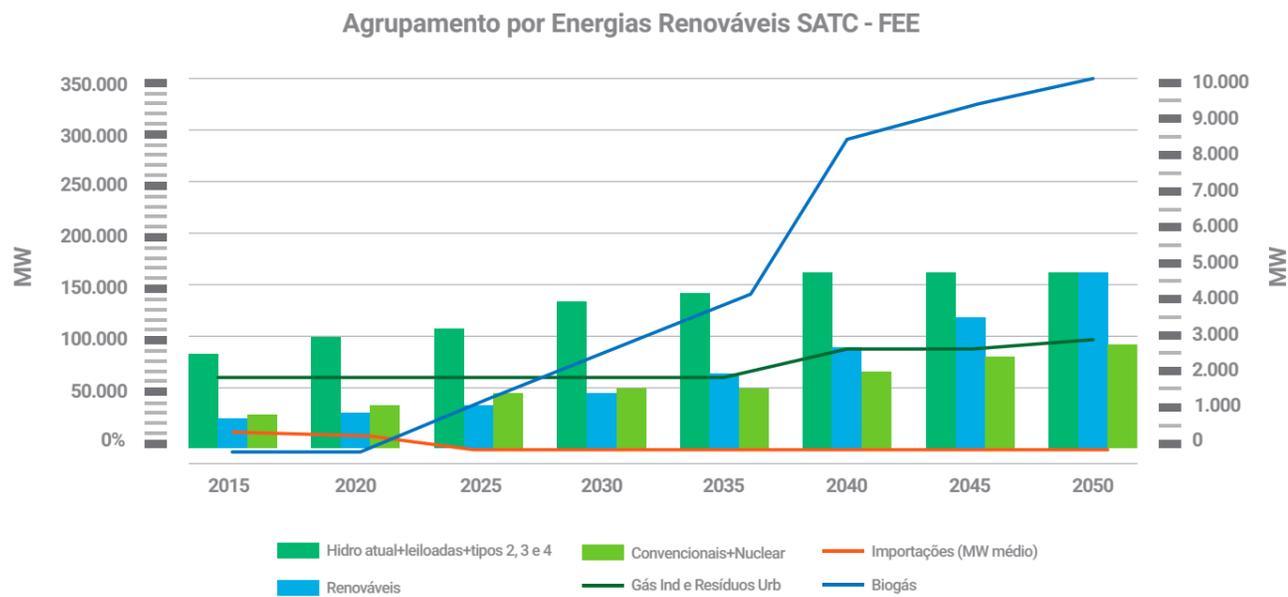


Figura 9



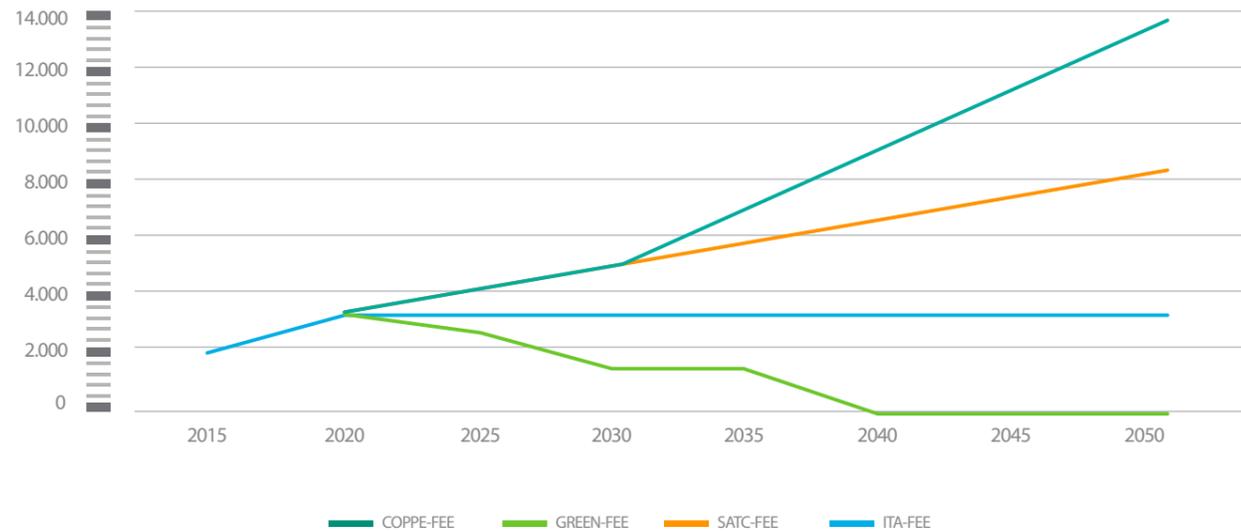
Nos cenários FEE da COPPE, da SATC e do ITA a capacidade instalada de fontes renováveis em 2050 representam aproximadamente seis (6) vezes o parque de 2015, enquanto na matriz do Greenpeace este valor supera mais de treze (13) vezes a capacidade instalada atual do agrupamento⁹. Com relação as fontes convencionais, o Plano de Obras no cenário Greenpeace apresentam uma expansão modesta, valendo-se apenas de usinas a gás natural enquanto as demais fontes fósseis são na maio-

ria descomissionadas, além das usinas nucleares como já comentado anteriormente. Esta estratégia de expansão evidencia o objetivo de minimizar o nível de emissões de gases de efeito estufa e eliminar novos riscos associados a geração nuclear. Provavelmente, esse é o aspecto que mais diferencia a matriz do Greenpeace daquelas apresentadas pelos demais cenaristas. O gráfico a seguir destaca a evolução da energia nuclear nos 4 cenários.

⁹ Cabe observar que o agrupamento de renováveis apresentado na Figura 7 exclui o parque hidrelétrico atual e a expansão contratada por meio de Leilões federais, uma vez que são majoritariamente empreendimentos com reservatórios e/ou com grandes áreas impactadas. Pela mesma razão foram retirados desse agrupamento de fonte renováveis a expansão realizada com as opções tecnológicas de hidroelétricas dos tipos 2,3 e 4, conforme Tabela 3 (pag 69).

Figura 11

Usinas Nucleares - Capacidade instalada nos cenários FEE



Outro aspecto considerado na comparação dos cenários, no contexto da PCE, é a ocupação do solo decorrente das matrizes sugeridas. Embora a metodologia não permita precisar a região geoeletrica onde as usinas são instaladas, algumas inferências são possíveis a partir das tecnologias empregadas. Assim, supõe-se que nos Planos de Obras com grandes hidrelétricas, a área impactada correspon-

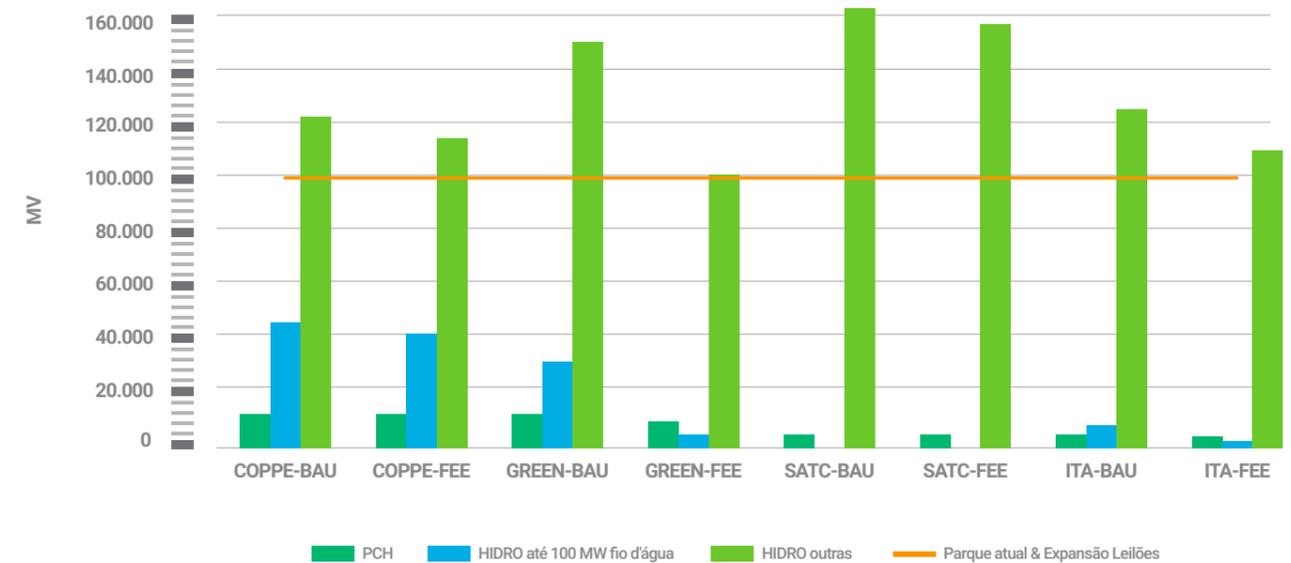
dente estará na Região Amazônica, onde ainda restaria potencial inexplorado para empreendimentos com tais características. Diante disso, seria possível interpretar que, dentre os cenários FEE, as matrizes da SATC, COPPE e ITA resultariam em impacto, em distintas proporções, na região amazônica por adicionarem novas hidrelétricas de grande porte.

Cabe mencionar que cada cenário adotou uma estratégia distinta sobre a adição de novos empreendimentos hidroelétricos: (i) COPPE não faz expansão com usinas de reservatórios, utilizando apenas as opções a fio d'água; (ii) Greenpeace, não inclui hidroelétricas de grande porte ou qualquer que

tenha reservatórios; (iii) SATC prioriza hidrelétricas de grande porte com reservatórios; e (iv) ITA utiliza todas as opções de hidrelétricas de forma equilibrada. A figura a seguir ilustra as características do parque hidrelétrico de cada cenário em 2050.

Figura 12

CARACTERÍSTICAS DO PARQUE HIDRELÉTRICO DOS CENÁRIOS EM 2050



No que diz respeito ao tamanho da matriz, observa-se grande diferença de capacidade adicionada na matriz do ITA em relação às demais, onde a demanda em 2050 é atendida com 59 GW a menos do que apresenta a matriz da COPPE (a 2ª menor), conforme Figura 6. Uma avaliação das opções tecnológicas empregadas nestes dois

cenários mostra que ambos incluem entre as cinco fontes com maior participação: hidroelétricas de grande porte, eólicas, solar em telhados, gás natural e biomassa. Enquanto as três primeiras fontes citadas apresentam um fator de carga médio muito semelhante nos dois cenários comparados, os fatores de carga para biomas-

sa e, em particular, para o gás natural mostram diferenças significativas que podem justificar a menor capacidade instalada no cenário do ITA.

Além disso, a forma de despacho adotada para cada uma das usinas representadas na matriz pôde ser diferenciada entre os cenários e nesse aspecto o ITA adotou formas distintas¹⁰ das demais equipes, influenciando também o dimensionamento da matriz necessária para atender a demanda.

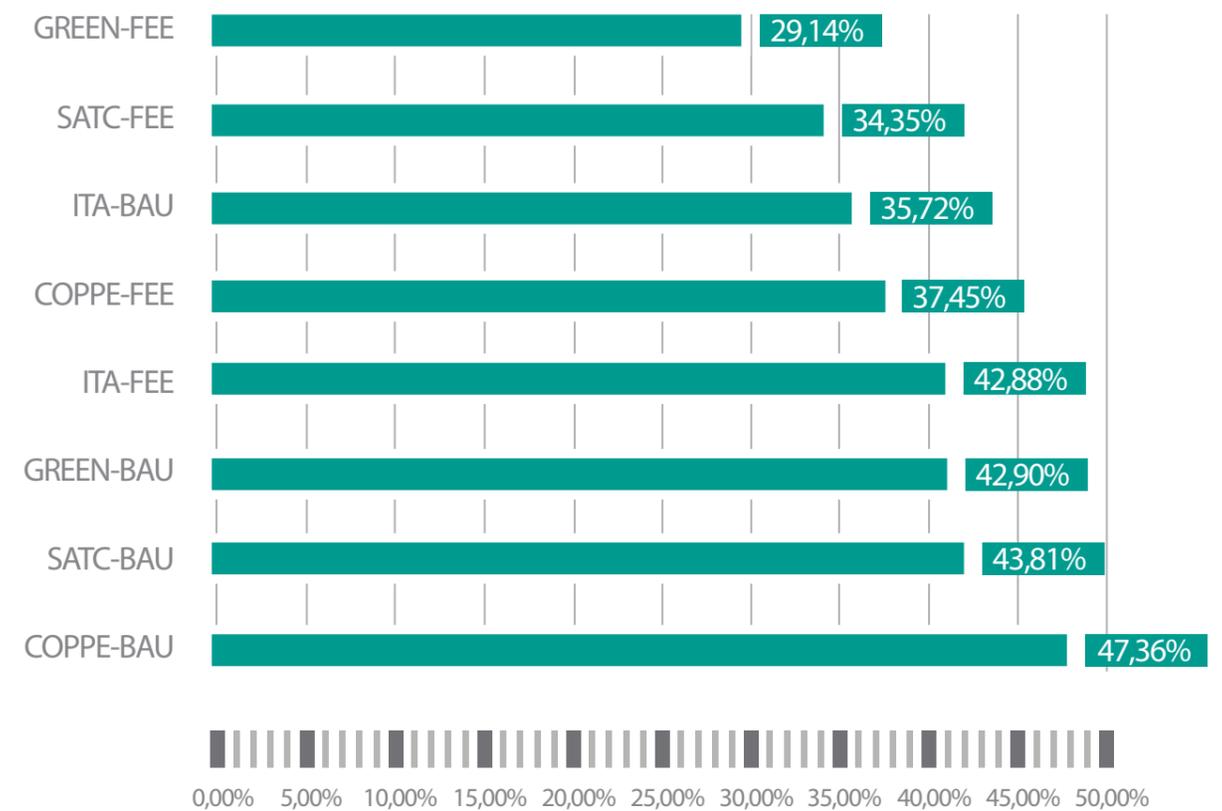
Ou seja, os números de geração e capacidade instalada por fonte permitem interpretar que no cenário do ITA, as usinas a gás natural estariam despachadas na capacidade máxima em 68% do tempo, ao passo que no cenário da COPPE o percentual seria de 21%. Esta avaliação pode ser generalizada a fim de identificar um fator de capacidade médio nos cenários,

como uma forma de perceber o aproveitamento da capacidade adicionada e dos investimentos em cada Plano de Obras apresentado.

A figura a seguir coloca em ordem crescente estes fatores de carga médios relativos a cada cenário.

Figura 13

FATOR DE CARGA MÉDIO (%)



¹⁰ Enquanto as equipes optaram por estabelecer a forma de despacho por custos variáveis para todas as opções tecnológicas, o ITA optou por fixar despacho a plena capacidade para as fontes hidroelétricas novas de pequeno porte, solar, eólicas, resíduos urbanos e geração distribuída à gás natural. As novas hidroelétricas de grande porte (tipo 2,3 e 4), assim como as hidroelétricas do parque atual, foram colocadas por ordem de mérito na 1ª posição, seguidas das usinas nucleares em 2º lugar e as termelétricas a gás do parque atual ficaram na 3ª posição da ordem de mérito. As demais fontes do cenário do ITA foram despachadas por custos variáveis.

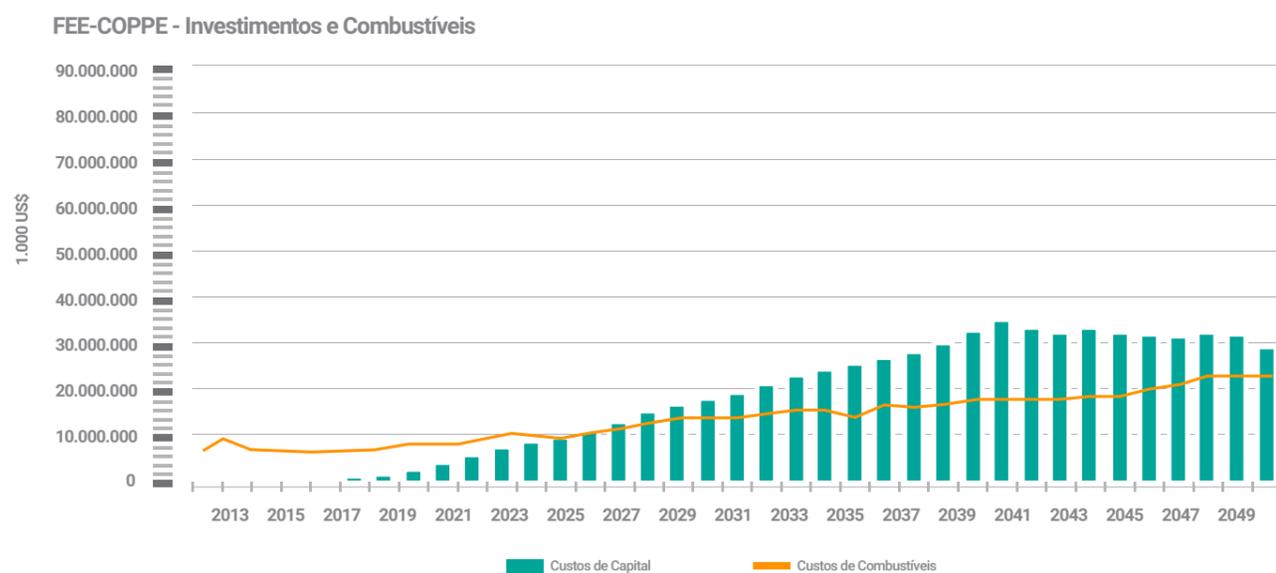
É natural esperar que nos cenários onde o fator de carga médio é menor, o investimento em expansão seja maior. Ocorre que tais cenários estão geralmente associados ao maior uso de fontes renováveis, cujos custos de combustíveis são computados com valor muito baixo ou nulo (solar, hidroelétricas e eólica) convertendo-se em um atenuante no cálculo do custo médio total destas matrizes. Da mesma forma, é importante observar que o menor nível de emissões de GEE também costuma ser um contraponto (positivo) aos maiores custos de investimento de matrizes que privilegiam as fontes renováveis com tecnologias mais recentes.

Nesse sentido, deve-se ressaltar que as projeções de custos de combustíveis não incluíram a perspectiva de precificação do carbono, atualmente em discussão nos fóruns climáticos globais, e que poderiam, dependendo da representatividade dos valores, gerar importantes mudanças nos indicadores de custos médios. No caso da energia renovável por painéis solares em

telhados, acrescenta-se ainda a vantagem de menor necessidade de investimentos em redes de distribuição e transmissão, pois a eletricidade produzida é consumida localmente¹¹.

Apesar desta observação, a metodologia utilizada neste trabalho não representa os custos associados às redes de transporte da energia, de forma que a vantagem mencionada da geração distribuída não está refletida nos custos apurados. Assim, as figuras seguintes são capazes de ilustrar comparativamente algumas das informações sobre custos e emissões associados aos Planos de Obras propostos, de acordo com as premissas e parâmetros definidos no marco metodológico da PCE. A interpretação dos resultados deverá considerar, portanto, as restrições e simplificações da metodologia, como é o caso da não precificação de carbono, inexistência de custos de transmissão associados e a não representação da tendência de barateamento de tecnologias ainda não consolidadas no Brasil.

Figura 14



¹¹ A vantagem de menor necessidade de investimentos em redes de distribuição e transmissão também se aplica às opções tecnológicas de geração distribuída à gás natural.

Figura 15

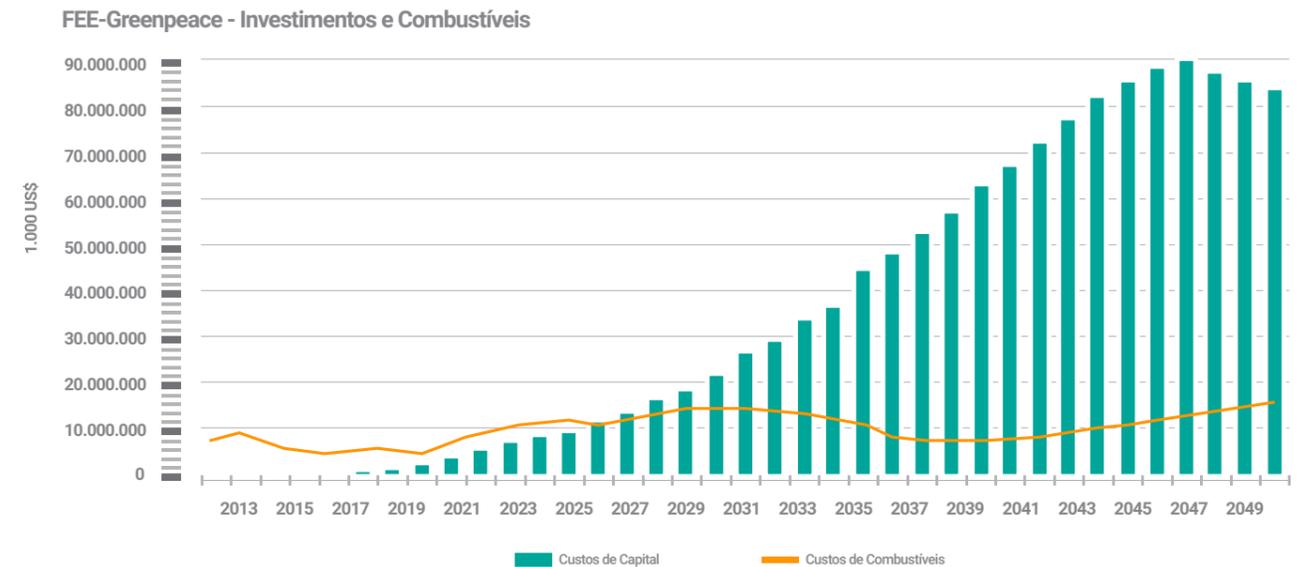


Figura 16

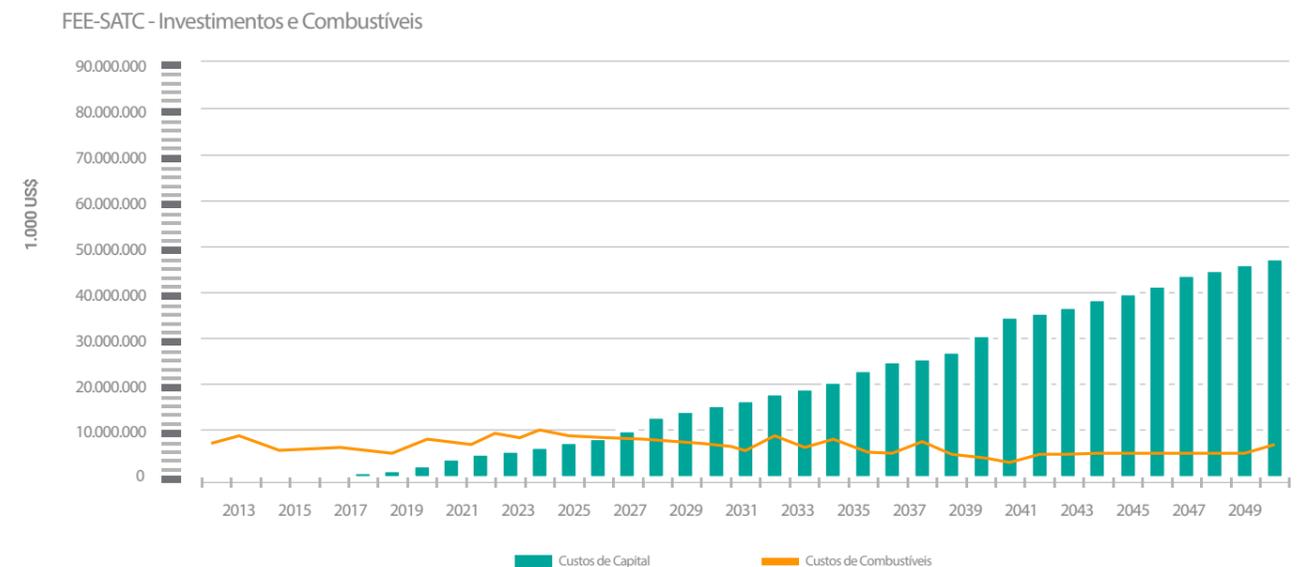
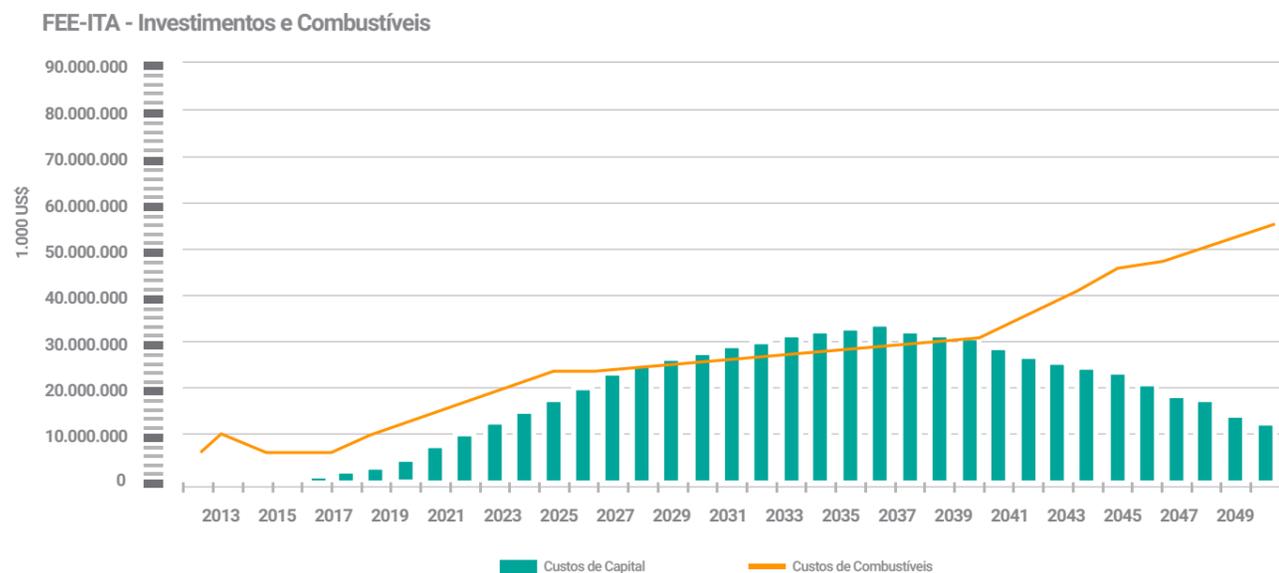


Figura 17



Os gráficos que ilustram os custos de combustível e de capital permitem visualizar as proporções entre os valores aplicados na infraestrutura e os dispêndios com combustíveis. O cenário do ITA se destaca pelo contraste entre o volume de investimentos para construção de novas plantas e os altos valores referentes a aquisição de combustível, que na sua maioria representam despesas com gás natural. Na matriz FEE do ITA, em 2050 as despesas com combustíveis representam 94% gás natural, 1% nuclear e 5% biomassa. Cabe destacar ainda que as despesas

com gás estão alocadas 61% em cogeração distribuída e 39% nas termelétricas centralizadas. De maneira oposta, o cenário do Greenpeace é mais intenso em despesas de capital, contrastando com baixos custos de combustíveis. Nesse caso, 96% das despesas com combustíveis também referem-se ao gás natural, enquanto 4% diz respeito a despesas com biomassa. Em 2050, o uso do gás natural proposto pelo cenarista se concentraria 99,8% em cogeração distribuída.

Neste cenário, em especial, onde a matriz tem a característica de ser descentralizada e predominantemente solar e eólica, as restrições metodológicas relativas à ausência de representação de custos de transmissão e falta de estimativas quanto ao barateamento das tecnologias mais recentes, é capaz de explicar a maior escala de custos de investimentos futuros, comparativamente aos demais cenários.

No cenário FEE da COPPE as despesas com combustíveis são mais diversificadas, ainda que o gás natural represente 72,5% do total dos custos. As demais despesas com combustíveis se distribuem na seguinte proporção em 2050: 13,5% biomassa, 10% nuclear, 2% carvão e 2% óleo. Quanto à forma de utilização do gás, o cenarista aloca 92% do total gasto com este combustível em usinas com ciclo combinado e 8% em cogeração de pequeno porte. Diferente das demais, a matriz FEE da SATC não apresenta geração a gás natural em 2050, embora exista capacidade adicionada para esta fonte. Isto porque, as usinas com custos unitários de combustível mais baratos deslocam o gás na ordem de prioridade do despacho simulado pelo

modelo utilizado (LEAP). Assim, os custos de combustível deste cenário se distribuem em 2050 da seguinte forma: 46,5% biomassa, 25% carvão, 25% nuclear e 3,5% óleo. Em termos absolutos, a SATC apresenta o menor volume de despesas com combustíveis. Contudo, vale ressaltar que as emissões de carbono não estão precificadas, como também não estão as externalidades negativas inerentes a cada fonte. Na ocorrência desta hipótese, os custos relativos a combustíveis apurados no exercício da PCE poderiam ser radicalmente alterados, modificando substancialmente as análises provenientes destes dados.

Figura 18

COPPE - Evolução do Custo Médio

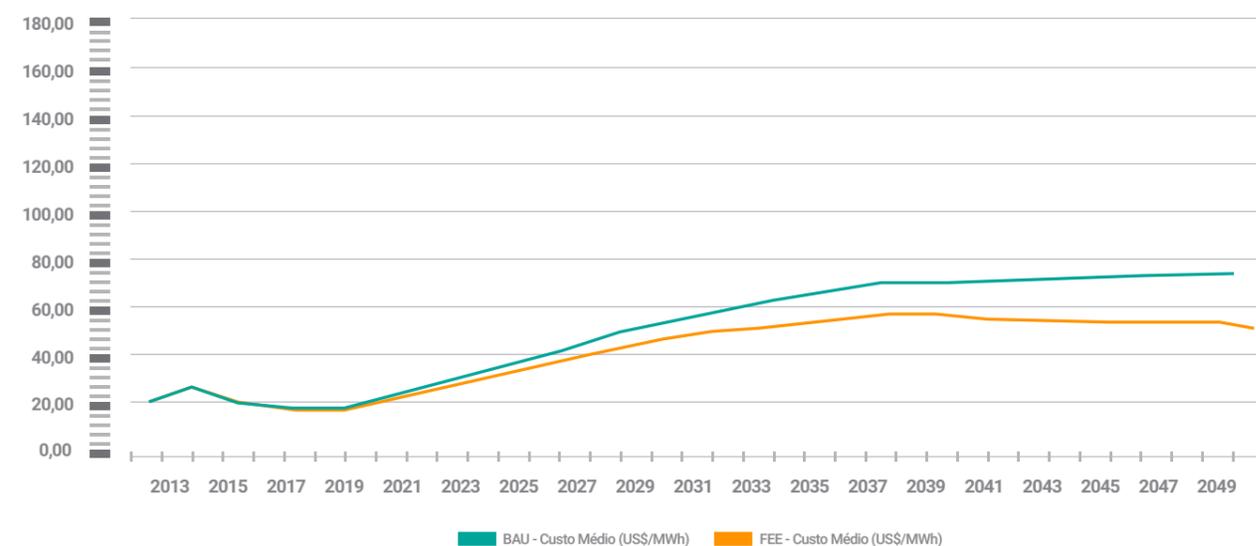


Figura 19

GREENPEACE - Evolução do Custo Médio

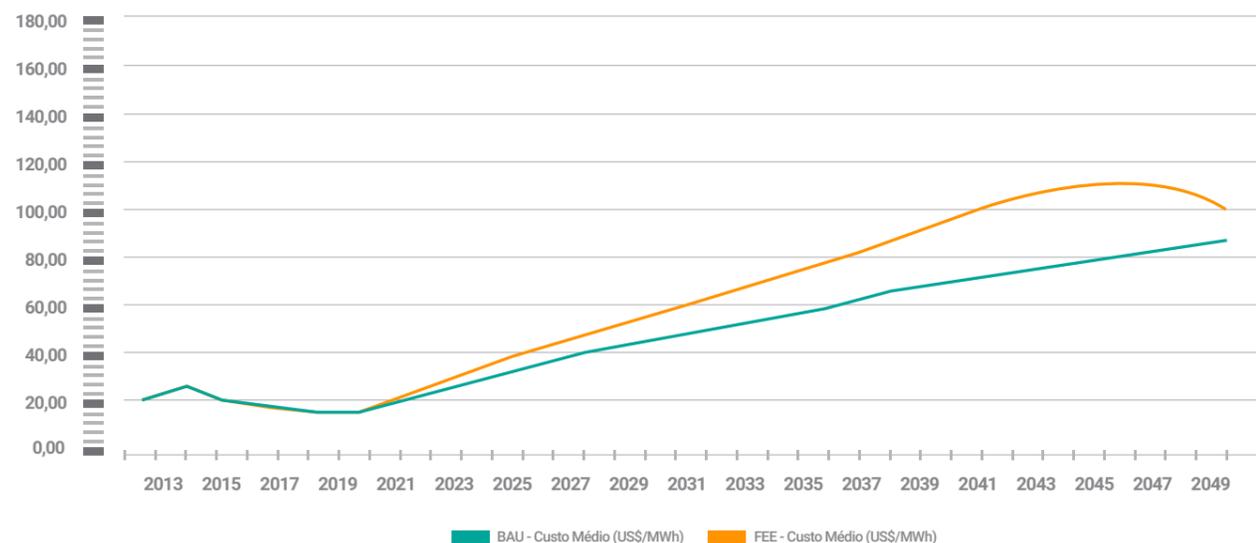


Figura 21

ITA - Evolução do Custo Médio

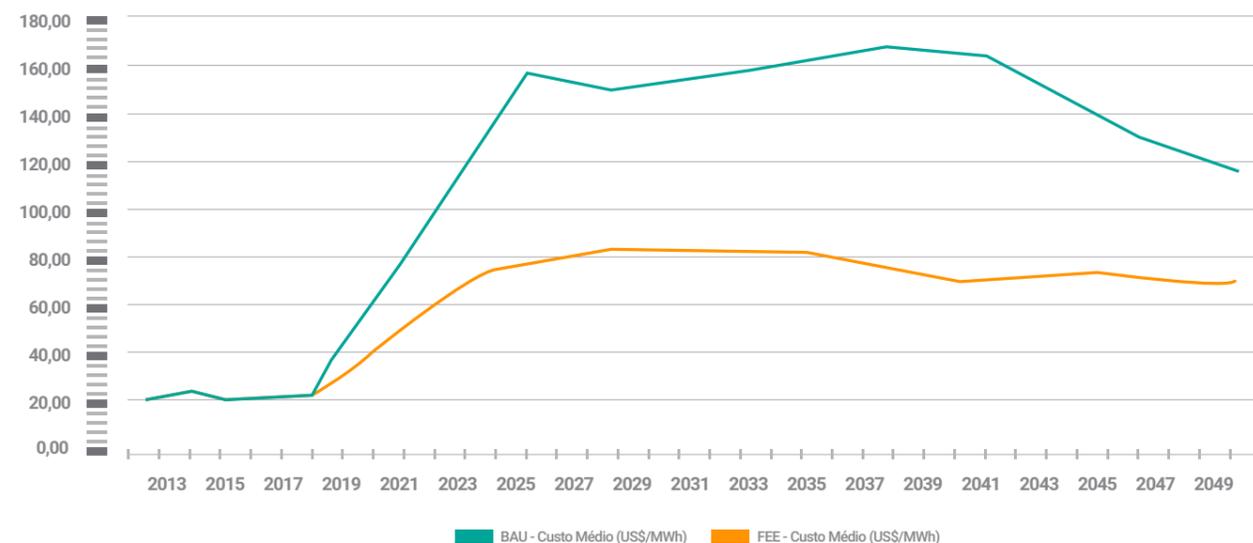
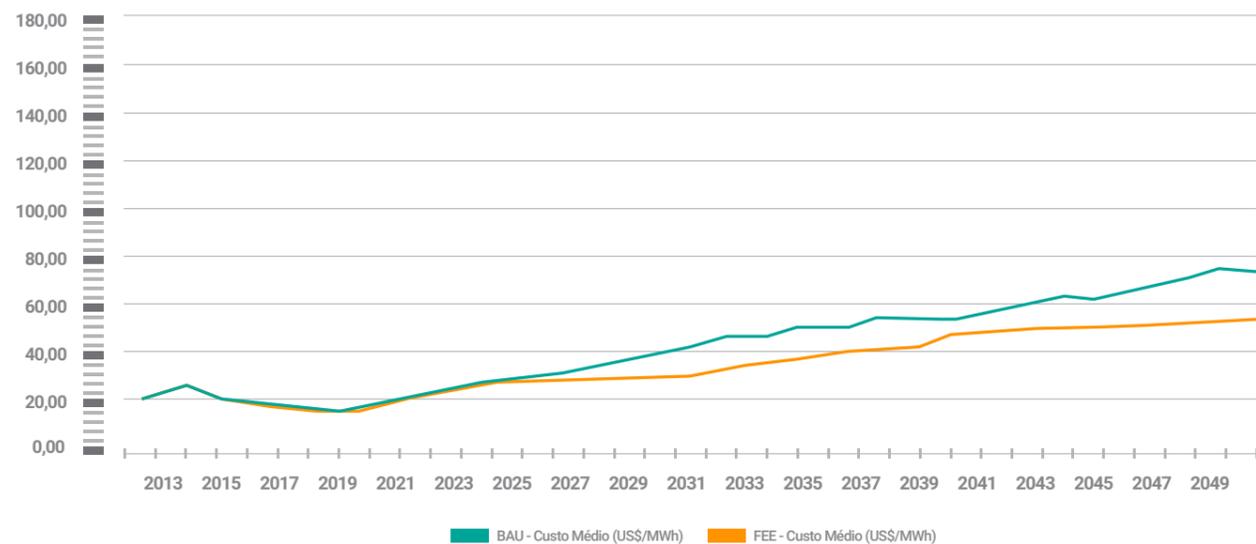


Figura 20

SATC - Evolução do Custo Médio



No que diz respeito às emissões anuais de GEE, o cálculo é feito a partir dos combustíveis utilizados na geração de energia elétrica referente a cada matriz apresentada. Portanto, caso uma usina com alto potencial de emissões não seja despachada, ela não irá afetar o quantitativo de GEE apurado. Para as hidroelétricas de grande porte, possivelmente associadas a impactos na Região Amazônica, também

não há um valor atribuído às eventuais emissões durante a supressão vegetal, alagamento e operação, pois as metodologias de cálculo dessas emissões ainda necessitam aprimoramento. Dessa forma, os gráficos seguintes quantificam as emissões decorrentes, exclusivamente, da utilização de combustíveis para produção de eletricidade.

Figura 22

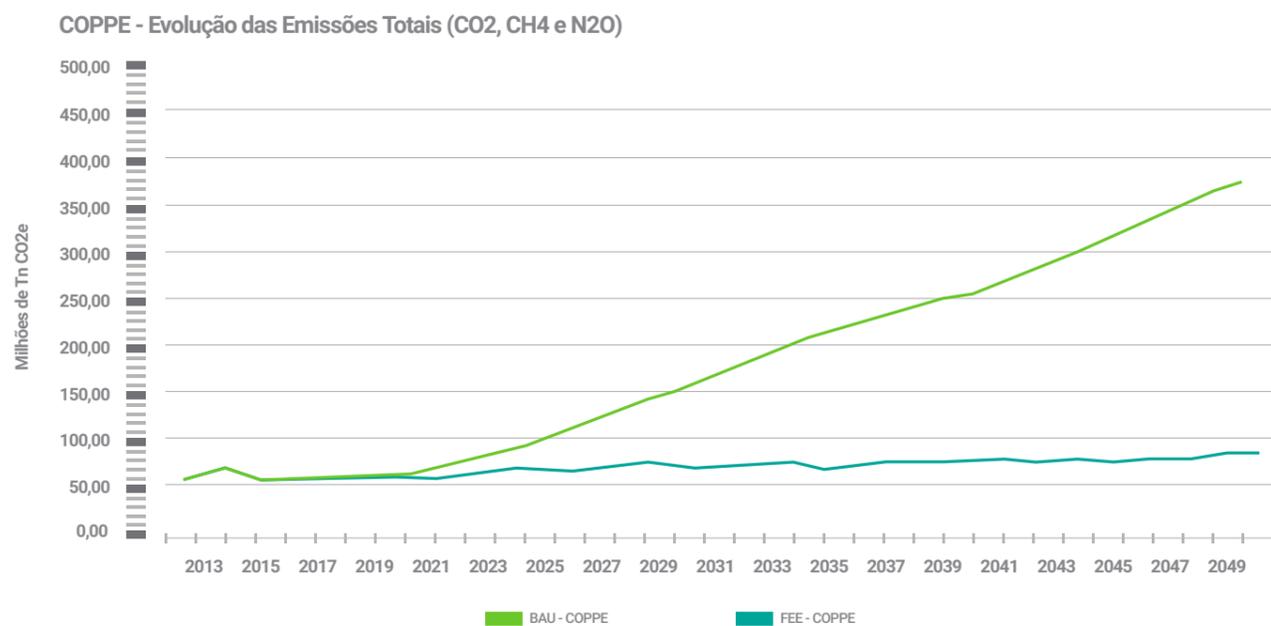


Figura 24

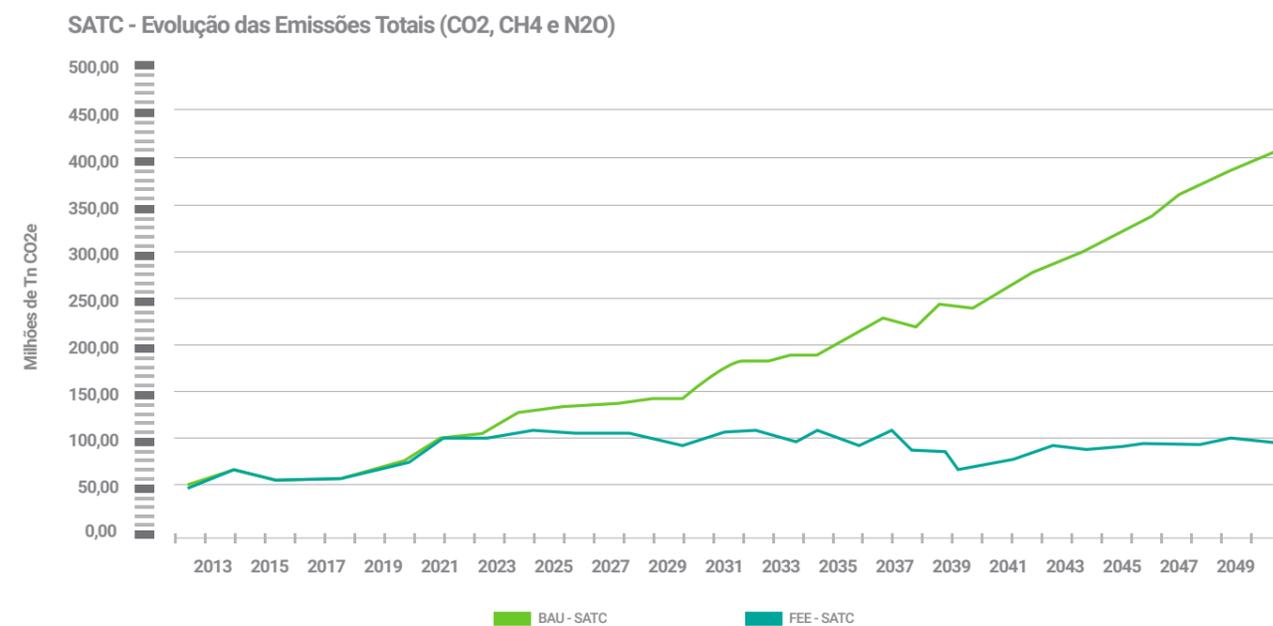


Figura 23

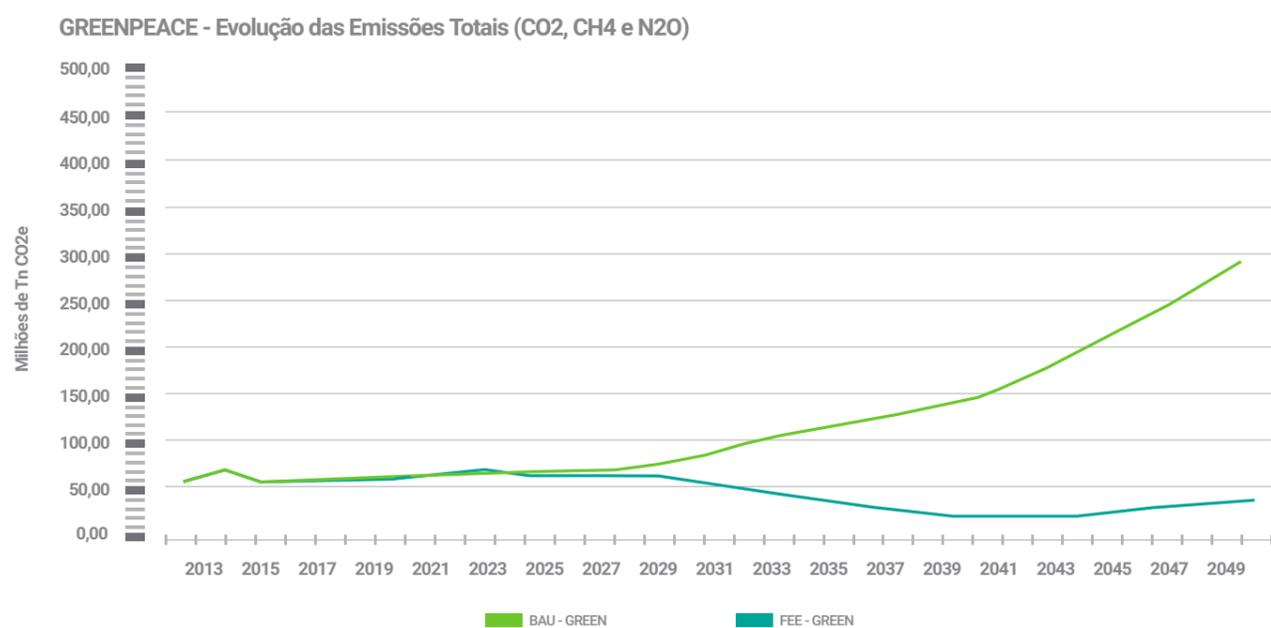
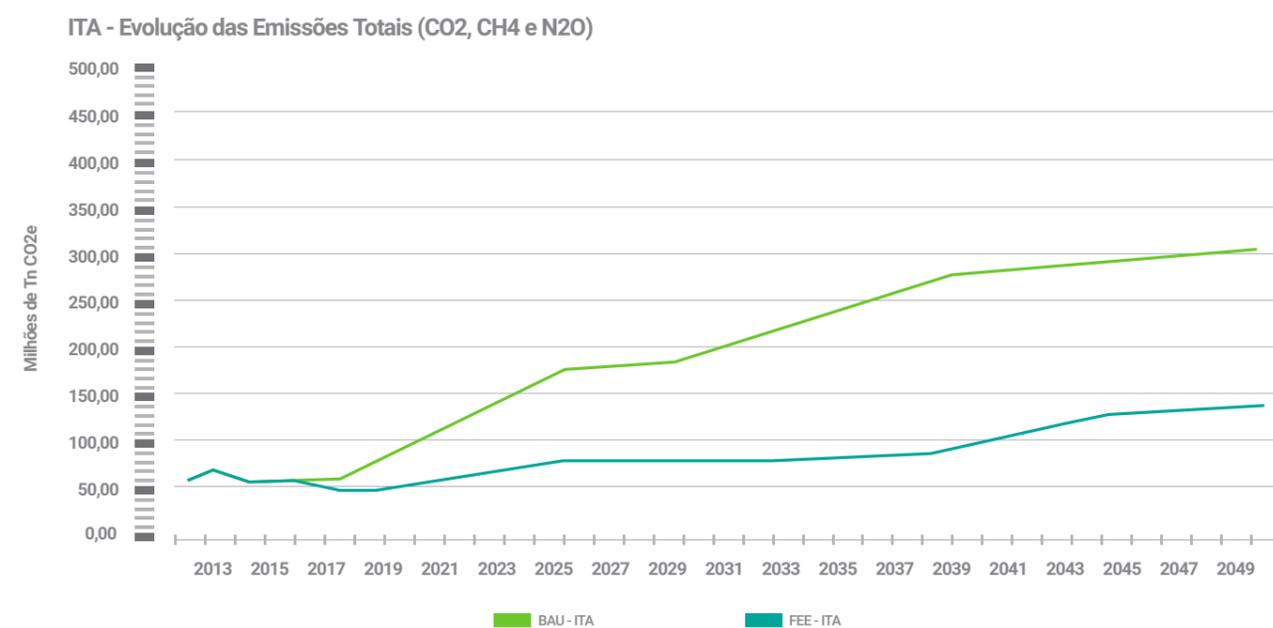


Figura 25



Segundo dados do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG)¹², as emissões de GEE diretas do setor elétrico brasileiro em 2013 representaram 4,45% das emissões totais do país – 69 milhões de TnCO₂e. De acordo com as estimativas do Observatório do Clima, para o Brasil fazer sua parte no esforço global de redução das emissões, a fim de evitar o aumento da temperatura do planeta acima dos 2°C, o país deveria manter as emissões totais abaixo de 100 milhões TnCO₂e em 2030 e 50 milhões de TnCO₂e em 2050. A partir destas referências, e mantendo-se a atual participação do Setor Elétrico

nas emissões nacionais, o Setor não deveria superar o limite de 44,5 milhões TnCO₂e de emissões em 2030 e 22,25 milhões TnCO₂e em 2050.

Em outra análise, considera-se que boa parte do transporte rodoviário de passageiros migrará para tração elétrica até 2050 e emissões decorrentes de Mudanças no Uso da Terra (MUT)¹³ seriam nulas ou negativas, de forma que a tolerância de emissões para o Setor seria um pouco maior; de 63 milhões TnCO₂e em 2030 e 37 milhões TnCO₂e em 2050.



Diante dessas referências, o crescimento acentuado das emissões do Setor Elétrico, demonstrado em cada um dos cenários, é motivo de alerta, uma vez que todos os cenários BAU elaborados elevariam as emissões da matriz elétrica dos pouco mais de 4% atuais para um patamar próximo ao das metas totais brasileiras sugeridas para 2050. Da mesma forma, dentre os cenários FEE nenhum se aproxima da meta proposta pelo Observatório do Clima. Entretanto, quando se considera o limite ampliado de 63 milhões TnCO₂e em 2030 e 37 milhões TnCO₂e

em 2050, o cenário Greenpeace apresenta emissões abaixo do teto. Este, a partir de 2030, alcança redução das emissões absolutas em relação à 2013, configurando o único cenário capaz de inverter a tendência de crescimento. Os demais cenários FEE necessitariam ser complementados com forte redução das emissões de GEE decorrentes de outros setores da economia e do desmatamento, a fim de se viabilizarem as metas nacionais de emissões propostas nesse contexto.

AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS, VARIÁVEIS CONSIDERADAS

O conjunto de informações estabelecidas no marco metodológico e o atendimento às regras mencionadas permitem que os cenários sejam comparados em termos de custos, diversidade energética (DE), emissões de gases de efeito estufa (GEE) e uso do solo (US).

Outras abordagens de comparação também são interessantes, de modo que se adotou uma série de projeção do Produto Interno Bruto (PIB), com a finalidade de obter referências de intensidade energética (IE) associadas a cada cenário. Assim, sem prejuízo das diversas análises que podem ser desenvolvidas a partir dos dados resultantes dos cenários elaborados com a metodologia da PCE, os indicadores a seguir foram selecionados como os de maior relevância para apresentar a comparação entre as matrizes.

¹² <http://seeg.eco.br/>

¹³ MUT – Mudanças no Uso da Terra, em teoria terá que ser zero em 2050, isso aumentaria a margem para emitir no Setor de Energia

Comparação entre as matrizes

1 Diversidade Energética (DE)

A diversificação das tecnologias empregadas na formação de uma matriz foi considerada desejável e relacionada à maior confiabilidade no atendimento à demanda. Embora essa premissa possa ser criticada - alegando-se que uma matriz formada essencialmente por usinas nucleares e térmicas a gás seria pouco diversificada porém capaz de atender o consumo - este argumento não se sobrepõe ao fato de que a dependência predominante das fontes hídricas

na matriz brasileira deixou de ser uma vantagem sob o ponto de vista da segurança energética. Nesse sentido, as opções tecnológicas à disposição dos cenaristas se consolidam em 15 fontes, que representam a maior diversidade possível a ser adotada no exercício de elaboração de cenários e sob a perspectiva de quanto maior a diversidade do uso de fontes melhor o resultado do indicador.

2 Emissões Totais de Gases de Efeito Estufa (GEE) – CO₂, N₂O e CH₄

A geração de energia elétrica referente à cada matriz proposta pelos cenaristas possui um volume de emissões associado. O indicador correspondente a GEE é calculado a partir da razão entre a emissões totais para todo o período (TnCO₂e) de estudo e a geração de energia elétrica (GWh).

3 Custos Médios (CM)

O custo médio busca identificar o valor da energia produzida em cada cenário, considerando custos de investimento, custos variáveis de operação e manutenção, dispêndios com combustíveis e com importação de energia elétrica, além de impostos e taxas incidentes sobre tais valores.

4 Uso do Solo (US)

Este indicador tem a finalidade de fornecer um referencial sobre os impactos ambientais decorrentes da utilização de opções tecnológicas que requerem grandes áreas para a produção de energia, como é o caso de hidroelétricas de grande porte com reservatórios.

5 Intensidade Energética (IE)

Trata-se de medida da eficiência energética associada à economia de um determinado país, sendo calculada, no escopo da PCE, pelo valor global da energia consumida em cada cenário dividido pelo PIB projetado para o período do estudo. Nesse contexto, as economias menos intensivas no consumo de energia elétrica são mais desejáveis.



Assim, a metodologia da PCE inclui uma etapa posterior à elaboração dos cenários, com a finalidade de apurar, sob a forma de indicadores, os cinco aspectos mencionados: DE, GEE, CM, US e IE. As grandezas obtidas passaram por um processo de normalização, que atribui nota 5 para o valor mais desejado dentre os calculados em todos os cenários BAU e FEE, e atribui zero para o valor menos desejado (TABELA 2).

TABELA 2 – INDICADORES PARA COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS

Diversidade Energética	Adimensional	maior variedade	5
		menor variedade	0
Emissões GEE	Total TnCO2e/GWh	maior emissão	0
		menor emissão	5
Custo Médio	US\$/MWh	maior custo	0
		menor custo	5
Uso do Solo	Km ² /MW Instalado	maior área	0
		menor área	5
Intesidade Energética	kWh/US\$	economia mais intensiva	0
		economia menos intensiva	5

Resultados

Por meio dos seguintes gráficos são apresentados os resultados de cada cenário, com base nos indicadores definidos na metodologia da PCE Brasil. Os valores obtidos foram normalizados entre 0 e 5, sendo 5 atribuído ao melhor desempenho comparado.

Figura 26 COPPE

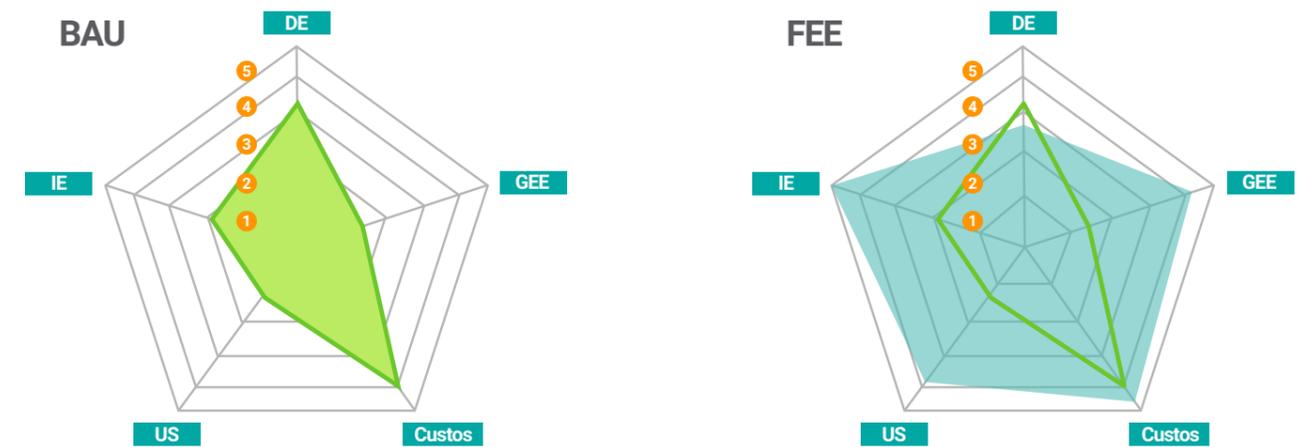


Figura 27 GREENPEACE



Figura 28 SATC

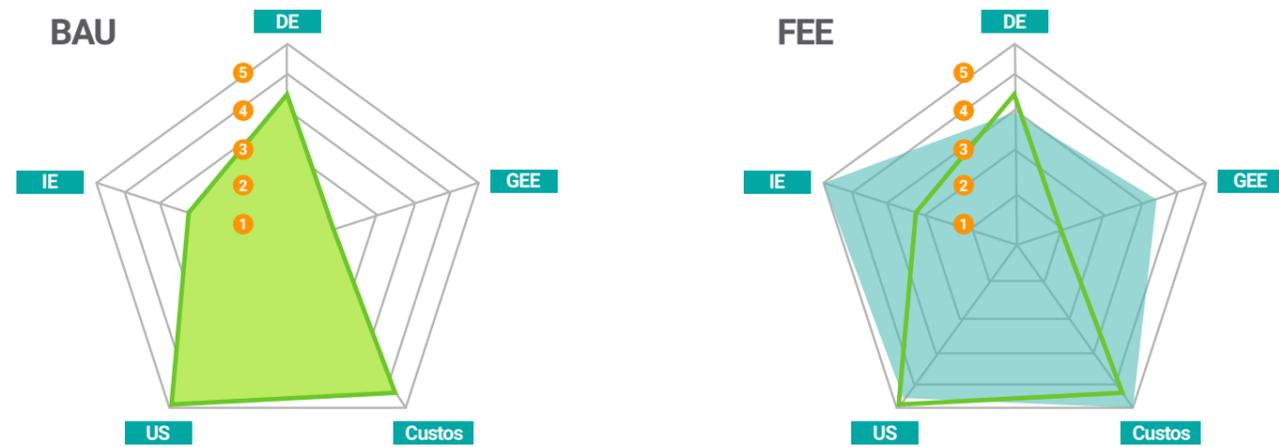
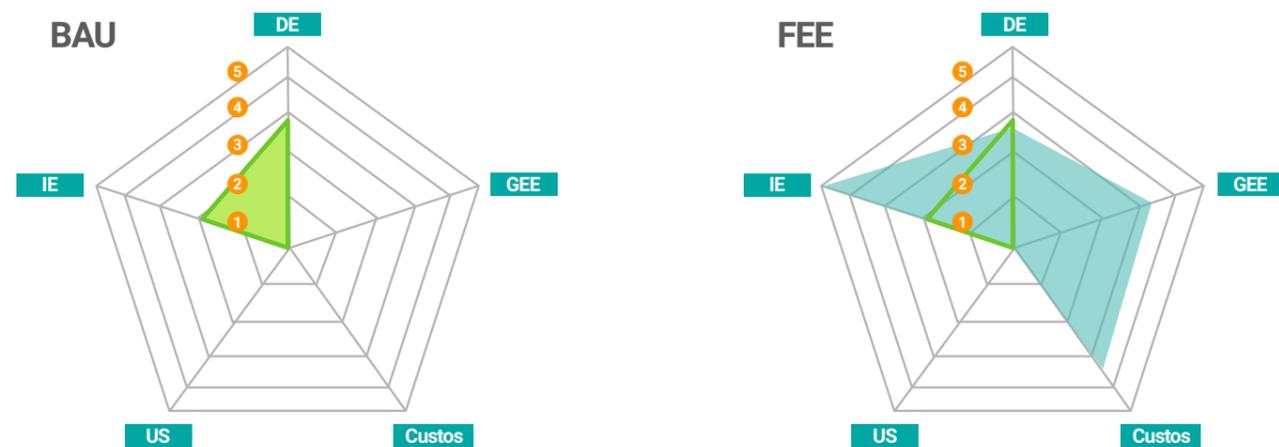


Figura 29 ITA



ALGUMAS CONCLUSÕES E DESAFIOS PARA UMA MATRIZ ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL ATÉ 2050

A partir das diversas visões apresentadas, os seguintes temas se mostram como desafios a serem enfrentados pela sociedade e pelos formuladores de políticas públicas relacionadas às questões ambiental e energética, e também ao desenvolvimento sócio-econômico do país:

1 Os benefícios de uma visão de longo prazo, o papel do Estado e a necessidade de diálogo

Todos os cenários propostos apresentam mudanças significativas na matriz elétrica vigente, tanto em termos de diversificação como na incorporação de novas tecnologias que permitem vislumbrar a redução relativa de nível emissões em 2050, ou até mesmo a possibilidade de alcançar, em termos absolutos, um patamar de GEE inferior ao atual. Portanto, esse olhar para benefícios possíveis de serem alcançados no futuro é capaz de clarear os objetivos a serem estabelecidos no momento presente, na medida em que metas ambiciosas surgem como resultados de estudos e Planos de Obras factíveis no horizonte considerado. Ao mes-

mo tempo, o exercício da PCE, no que tange à formação de cenários para 2050, demonstra que não existe um caminho único para alcançar os objetivos e benefícios desejados. Para o Brasil há múltiplas opções; cada uma reflete consequências distintas para a sociedade e impactos variados no meio ambiente e na economia do País. Estes devem ser debatidos em profundidade, como forma de viabilizar um projeto orientado para os benefícios que se pretende alcançar, mas que permita minimizar efeitos indesejados inerentes ao processo.

Nesse sentido, a visão de longo prazo proporcionada pela PCE vem acompanhada de informações comparáveis e sugestões quanto aos múltiplos caminhos que permitem formar a matriz elétrica do futuro.

Cabe aos formuladores de políticas agregar iniciativas como esta aos fóruns de decisão responsáveis pelo estabelecimento das metas promotoras de uma matriz elétrica mais sustentável e segura. Naturalmente, os objetivos definidos devem estar associados a programas de governo que proporcionem aos setores público e privado o ambiente institucional e regulatório adequado aos investimentos fundamentais para tornar real os planos desenhados para o futuro.

2 A importância da Eficiência Energética

As diferenças entre os resultados dos cenários BAU e FEE são capazes de evidenciar os diversos aspectos indesejados das matrizes elaboradas para se atender uma demanda maior, ou que projeta o padrão de consumo dos tempos atuais para as próximas décadas. Os indicado-

res apurados para Uso do Solo, emissões de GEE e Custos nos cenários BAU indicam externalidades de grande proporção, associadas ao consumo não sujeito a medidas de racionalização ou eficiência energética. Portanto, não basta traçar planos destinados ao atendimento

de uma demanda projetada com base em premissas que provavelmente não se realizarão; a energia elétrica a ser ofertada não poderá ser originada com a mesma combinação de fontes, disponibilidade de recursos e condições de preço atuais.



Diante disso, os cenários BAU, de um modo geral, representam a direção indesejada. Eles indicam que sem a mudança no padrão de consumo, em 2050 a capacidade instalada deverá ser ao menos 4 vezes maior do que existe hoje, impondo custos muito superiores aos que vem sendo praticados. Os cenários FEE demonstram que o volume de investimentos e impactos podem ser menores, poupando recursos equivalentes à matriz elétrica existente em 2013. Resta claro que os consumidores têm um novo papel nos cenários energéticos, uma vez que sua capacidade de responder aos estímulos para redução de consumo será determinante para a garantia do atendimento e para otimizar plano de investimentos necessários a expansão do parque gerador.

Nesse sentido, os sinais de preço ao consumidor deverão ser reformulados, assim como medidas voltadas à redução de perdas elétricas e de furtos de energia deverão ser colocadas em primeiro plano. Cabe observar que o volume de energia perdida via alterações de medidores ou ligações clandestinas pode chegar a 40% em algumas concessionárias de distribuição, e está vinculado à complexi-

dade socioeconômica da população, representada por índices como: violência (óbitos por agressão); desigualdade; informalidade em habitação (domicílios subnormais); saneamento (acesso à água encanada e esgoto); acesso a coleta de lixo, e comprometimento da renda (taxa de inadimplência de operações de crédito).

Dessa forma, a complexidade socioeconômica de determinadas regiões deve entrar no conjunto de temas a serem tratados, assim como a conscientização sobre o uso racional dos recursos energéticos. Complementarmente, a mudança nos atuais padrões de consumo poderá demandar o enfrentamento de questões como: (i) eficiência

nos processos produtivos com foco nos segmentos eletro-intensivos, além da própria revisão do interesse público de políticas industriais de escalamento destes setores; (ii) mapeamento e combate a desincentivos para o uso racional das redes e dos recursos energéticos; (iii) avanços tecnológicos para geração distribuída, redes inteligentes e gestão

do consumo; (iv) atualização do marco regulatório e mecanismos de mercado compatíveis com a capacidade de resposta da demanda e com a aceleração do processo de queda dos custos das novas tecnologias; e (v) o investimento contínuo, estruturado e de grande vulto em inovação.

3 O papel das energias renováveis e fontes não convencionais

A predominância das energias renováveis é consenso em todos os cenários. Embora em 2050 a hidreletricidade perca participação, confirmando uma tendência observada nos últimos dez anos, outras fontes como a eólica e solar (em telhados e usinas fotovoltaicas) passam a figurar entre as mais importantes em termos de capacidade instalada. Adicionalmente, outras fontes não convencionais foram apresentadas com boas perspectivas de serem introduzidas na matriz, como é o caso da oceânica e da geração de eletricidade a partir do biogás.

A mudança em relação ao cenário atual apresenta como vantagens a redução das emissões relativas de GEE, a menor dependência de combustíveis fósseis sobretudo comparando-se os cenários FEE e BAU, além da redução de riscos associados a períodos hidrológicos desfavoráveis a geração hidrelétrica. Em contrapartida, serão necessários esforços para a disseminação das novas tecnologias renováveis e não convencionais, estabelecendo mecanismos para atrair a instalação destas indústrias no Brasil, como forma de reduzir custos e de melhorar a competitividade destas fontes.

4 As diferentes formas da geração hidráulica

A expansão das hidroelétricas de grande porte apresenta um ritmo modesto na maioria dos cenários, justificado por limitações quanto à localização deste tipo de empreendimentos, uma vez que a maior parte do potencial ainda não explorado se localiza na Região Amazônica. Portanto, embora estes impactos não tenham sido quantificados, a maioria dos cenários sinaliza que os benefícios decorrentes de

grandes hidrelétricas não superam as externalidades associadas a este tipo de empreendimento. Além disso, os Planos de Obras indicam que é possível atender a demanda por meio de hidrelétricas menores, cujos impactos tendem a ser reduzidos.

No que diz respeito às PCHs, os cenários elaborados não permitem captar uma mensagem de consenso, pois os Planos de Obras adicionam estas usinas nas mais diferentes proporções. Contudo, uma observação é comum a todas as matrizes: em 2050 o parque de PCHs sugerido, até mesmo no cenário em que esta tecnologia é mais prestigiada, está muito aquém do potencial inexplorado. Este fato pode sinalizar a necessidade de reavaliar os benefícios

da inclusão de pequenas hidrelétricas na matriz, e de identificar os aspectos necessários à melhoria de competitividade destas usinas. Nesse sentido, é fundamental que sejam realizados estudos amplos e confiáveis, no qual sejam tratadas as particularidades de cada usina, e apontados os impactos cumulativos destas em toda a bacia hidrográfica.

5 A importância do gás natural e o papel das fontes intermitentes



Embora a intenção em formar matrizes com predominância de fontes renováveis seja consenso, a intermitência destes recursos deve demandar uma solução que inclua ao menos algumas usinas capazes de produzir energia elétrica em caráter mais firme. Nos cenários apresentados, as diferentes visões se refletem em arranjos distintos para a participação destas fontes na matriz, mas quase todas elas colocam o gás natural em posição de destaque.

Atualmente, a dificuldade para se obter o gás natural em quantidades suficientes para acionar o parque gerador existente é conhecida. Há alguns anos Argentina e Bolívia foram fornecedores importantes desse combustível, mas uma sequência de fatores levou a redução e até mesmo ao cancelamento de alguns contratos de importação. Como resultado, o país conta com uma demanda reprimida por gás natural e ao mesmo tempo vi-

vencia um período de dúvidas nos investimentos em geração a partir desta fonte, haja vista o alto nível de incertezas relativo à oferta imediata do combustível. Por outro lado, a expectativa de oferta nacional de gás natural a partir do pré-sal tem potencial para mudar esta realidade no futuro, em razão do grande volume de reservas *offshore*. Nesse contexto, limitações importantes devem ser eliminadas a fim de viabilizar este potencial, tais

como: custos da tecnologia de exploração, elevadas perdas e queimas na produção associada ao petróleo; e infraestrutura de escoamento insuficiente. Outra fonte que deve ser considerada é a chamada biomassa florestal, ainda pouco explorada, que também representa uma alternativa a ser fomentada para geração na base.

Nos exercícios da PCE, optou-se por não modelar a cadeia de acesso ao gás natural (origem importada ou nacional), de forma que o combustível foi considerado como disponível no médio e longo prazos, quando os cenaristas presumem que os problemas identificados no momento presente estarão equacionados. Contudo, o destaque do gás natural em todas as matrizes sugeridas deixa claro que um diálogo sobre matriz elétrica no Brasil deverá passar necessariamente por soluções que permitam viabilizar sua disponibilidade a preços competitivos.



APRIMORAMENTOS METODOLÓGICOS E A CONTINUIDADE DA PCE BRASIL

Durante 2014 os trabalhos voltados para construir a base técnica deste documento de Cenários para a Matriz Elétrica no Brasil se originaram nas adaptações da metodologia empregada anteriormente no Chile e na Argentina. Neste processo, as características próprias do Brasil começaram a tomar forma ao se definir a lista de opções tecnológicas que poderiam ser utilizadas, assim como os indicadores que seriam considerados na comparação dos cenários.

Ainda que tenha existido o esforço para adaptar o processo ao caso brasileiro, ao longo dos trabalhos de confecção dos cenários e depois as análises correspondentes permitiram sugerir alguns aprimoramentos metodológicos capazes de enriquecer a proposta da PCE e o desdobramento dos debates que poderão surgir a partir desta primeira iniciativa.

- a** O primeiro ponto que merece uma reconsideração é o indicador de intensidade energética (IE), que acabou por utilizar a mesma referência de PIB e Demanda para todos os cenários, igualando as matrizes nesse aspecto.
- b** Por outro lado, durante as análises, a presença de geração distribuída nos cenários, é capaz de representar diferentes fatores de perdas ou até mesmo menores impactos decorrentes de novas redes de transporte. As medidas destas grandezas poderiam eventualmente ser incorporadas e transformadas em novos indicadores em substituição à intensidade energética, por exemplo.
- c** Conforme destacado nas análises anteriores, seria desejável que os custos de transmissão e/ou distribuição associados a cada opção tecnológica fossem incorporados aos indicadores de custos, como forma de melhorar a avaliação e comparabilidade entre os cenários. Trata-se de uma tarefa desafiadora, pois mesmo em estudos pontuais para usinas específicas os custos com instalações de transmissão são difíceis de serem previstos com precisão. Contudo, um estudo que permita padronizar e diferenciar a representação dos custos de transmissão vinculados à geração distribuída ou a grandes empreendimentos em áreas distantes dos centros de consumo, certamente contribuiriam para aprimorar o exercício de cenários e enriquecer o debate dele decorrente.
- d** Também seria possível avançar nas premissas relativas ao custo de capital de tecnologias ainda consideradas caras, como as opções de geração solar. Nos próximos 10 ou 15 anos espera-se que ocorra um barateamento relacionado à instalação destas fontes e, portanto, seria possível padronizar esta expectativa por meio de uma série anual de custos de capital decrescentes.

e De modo oposto, seria importante estudar as tendências de evolução dos preços de fontes fósseis, uma vez que as restrições no acesso a estes recursos, ou mesmo a internalização de custos ambientais e sociais associados poderia pressionar os preços para patamares superiores àqueles considerados no momento presente.

g Para se avançar nesta definição deverá ser considerada a sinergia e o fator de complementariedade entre as fontes renováveis, em termos de distribuição territorial e sazonalidade, de modo que a necessidade destes *back-ups* possa ser relativizada. Assim, seria importante aprimorar o indicador de diversidade energética, ou substituí-lo por outro que representasse, por exemplo, uma medida da combinação mínima necessária entre geração intermitente e fontes firmes, ou mais facilmente despacháveis e seguras em termos de disponibilidade imediata para produzir.

h Com relação ao indicador de uso do solo, observa-se que caberia uma reavaliação nas referências de área impactada por usinas à biomassa, uma vez que os dados utilizados neste primeiro exercício da PCE incluem além da área da usina, também toda área plantada para obtenção da cana-de-açúcar.

f Outro ponto de grande importância a ser aprimorado diz respeito à medida de segurança no fornecimento de eletricidade das matrizes propostas. Neste primeiro exercício da PCE, o indicador de diversidade energética (DE) foi considerado como uma representação aproximada para garantia de atendimento; ou seja, presume-se que quanto maior a variedade de fontes utilizadas, menor a probabilidade de interrupções ou restrições na oferta. No entanto, existe uma certa fragilidade na premissa, uma vez que é possível construir matrizes relativamente seguras sob o ponto de vista do abastecimento, com uma combinação de poucas fontes de geração de base. Adicionalmente, a predominância de fontes renováveis intermitentes pode suscitar questionamentos quanto a necessidade e quanto ao tamanho do back-up necessário para as matrizes com esta característica.

Ou seja, na avaliação dos cenários, esta área está associada à geração de eletricidade, mas na realidade, as extensões cultivadas e até mesmo o espaço da usina servem a outros produtos como açúcar e etanol. Nesse caso, caberia, um aprimoramento no sentido de calibrar a área impactada por fontes a biomassa, de modo a representar outros usos da usina e da área plantada e permitir uma comparação mais adequada da biomassa com outras fontes de geração.

i As análises comparativas da dimensão de cada uma das matrizes indicam que a forma de despacho adotada pelos cenaristas é capaz de interferir no total de capacidade instalada necessária para atender a demanda, ainda que todas as matrizes fossem formadas pelas mesmas usinas. Portanto, seria recomendável padronizar as regras de despacho (acionamento) de cada uma das opções tecnológicas, de modo que os resultados de cada cenário possam ser atribuídos especificamente às fontes de geração selecionadas e não às diferentes formas de operação e acionamento do parque gerador.

k Finalmente, o avanço mais importante seria a parametrização de medidas para quantificar e representar as externalidades sociais, culturais e ambientais associadas a cada opção tecnológica. Uma das características da PCE é permitir a análise de aspectos variados associados às escolhas consideradas na formação das matrizes.

j Dentre às regras acordadas para a elaboração dos cenários optou-se por representar exclusivamente o modal energia elétrica, de modo que o suprimento de gás natural foi considerado como um problema solucionado no médio e longo prazos. Contudo, a relevância do combustível nas decisões sobre a formação da matriz sugere desdobramentos no sentido de aprimorar os resultados da PCE, como seria o caso de um exercício limitando a disponibilidade do gás natural aos volumes atuais, ou modelar a cadeia de fornecimento do combustível simulando os cenários prováveis de obtenção desse recurso.

Ou seja, além do fator custos, também são consideradas medidas para uso do solo, segurança de suprimento e emissões de GEE, por exemplo. O aprimoramento proposto poderia eventualmente precificar outras externalidades e incluí-las no indicador de custos, ou alternativamente essas medidas poderiam formar novos indicadores a serem considerados na comparação dos cenários.



ANEXO 1: MOTIVAÇÕES E EMBASAMENTO DAS DECISÕES APRESENTADAS NOS CENÁRIOS¹⁴

Com o objetivo de compreender e analisar o enfoque utilizado pelas equipes de cenaristas ao levantar as soluções de matriz, foi solicitado a elas que elaborassem um breve descritivo das motivações e estratégias que embasaram os cenários propostos. A seguir apresenta-se uma síntese dos textos desenvolvidos pelas equipes.

¹⁴ A Plataforma de Cenários Energéticos é um espaço de debate. As afirmações e opiniões desse anexo são de responsabilidade de seus autores

CENARISTA COPPE

1 Visão dos Cenários e principais premissas adotadas

Para a construção dos cenários, foram utilizados dados técnicos e econômicos de diferentes tecnologias que representam o estado-da-arte, além de dados de crescimento econômico e de crescimento populacional. Para a demanda de energia, assumiu-se que na medida em que um país se desenvolve é normal a intensidade energética diminuir em consequência de progressos tecnológicos. Portanto, adotou-se um crescimento da demanda menor, denominada BAU Inferior. A introdução de programas de eficiência energética pode proporcionar economias de energia ainda maiores e, desta maneira, pode-se chegar a um cenário FEE.

2 Hipóteses adotadas sobre a introdução de novas opções tecnológicas

A relevância dos programas de eficiência energética vem associada à introdução da fonte distribuída solar. Neste caso, a demanda menor a ser atendida viabiliza a expansão por meio de tecnologias de baixas emissões. Em contraste a esta situação, o cenário BAU impõem uma expansão mais acentuada, para a qual o carvão mineral se apresenta como combustível disponível e a preços competitivos.

3 Detalhes e particularidades dos cenários propostos

A principal fonte de energia elétrica no Brasil é a geração hidráulica. Contudo, de todo potencial, apenas 30% é explorado. Portanto, nota-se nos dois cenários uma predominância da geração hidrelétrica, com a complementação de outras fontes renováveis como eólica, solar, biomassa, além da geração nuclear. No cenário BAU, entretanto, há uma forte expansão da geração a gás natural e a carvão mineral, o que significa um crescimento muito significativo das emissões de gases de efeito estufa.

Considerou-se o aumento do uso de carvão na matriz brasileira devido a disponibilidade de reservas de carvão no país conjugada com o desenvolvimento de tecnologias menos poluentes (*clean coal technologies*). Também considerou-se que a recente descoberta de jazidas de gás natural *offshore* na camada do pré-sal indica que haverá grande disponibilidade deste recurso. Portanto, há perspectivas favoráveis à expansão da geração a partir desta fonte.

Esta situação caracterizada por aumento do volume de emissões pode ser revertida por meio de forte programa de eficiência energética, com inclusão de geração distribuída (especialmente por fotovoltaica) e a manutenção dos incentivos às fontes renováveis. Portanto, no cenário FEE, a

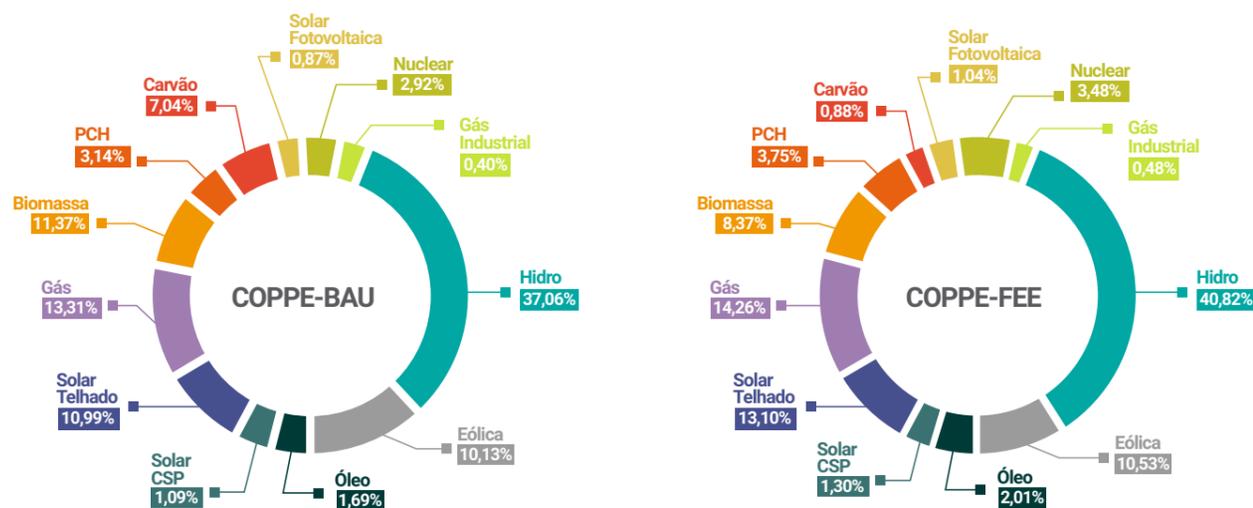
expansão da demanda de energia é significativamente menor do que no cenário BAU. Nos dois cenários, no entanto, é considerada capacidade instalada de geração fotovoltaica nas residências, indústrias e setor de serviços, além de expansão da cogeração a gás natural.

4 Sugestões e Observações

Neste estudo mostrou-se que, em um horizonte de longo prazo, as fontes renováveis devem ter uma expansão significativa, principalmente em razão da disponibilidade de recursos. A geração nuclear também terá um papel de destaque nos dois cenários elaborados, BAU e FEE.

Entretanto, se a expansão das renováveis não for acompanhada de um forte programa de eficiência energética, haverá também um crescimento significativo da geração a carvão mineral e a gás natural, o que pode fazer as emissões de gases de efeito estufa chegarem a um patamar bastante elevado.

Figura 30 Composição da matriz em 2050 - COPPE



CENARISTA GREENPEACE

1 Visão dos Cenários e principais premissas adotadas

O cenário FEE incorpora o estímulo intenso de fontes energéticas limpas e sustentáveis, precognizando o fomento à inserção dessas fontes na matriz elétrica brasileira e a diminuição das fontes mais poluentes e não renováveis, como carvão, derivados de petróleo e energia nuclear. São também consideradas hipóteses mais agressivas de eficiência energética em comparação

com o cenário referencial. O cenário admite que, com os devidos estímulos políticos, a matriz elétrica pode ser paulatinamente modificada nas próximas décadas. O cenário do Greenpeace também tem como premissa a adoção de medidas para reduzir emissões de CO₂, mantendo segurança da oferta e crescimento econômico mundial estável.

2 Hipóteses adotadas sobre a introdução de novas opções tecnológicas

A inserção de fontes renováveis se divide em um primeiro momento em eólicas *onshore* e biomassa, passando a intensificar energia solar, eólica *offshore* e energia oceânica após 2030. Ainda que o custo de novas tecnologias seja superior às fontes predominantes na matriz atual, a curva de aprendizado e o custo dos combustíveis fósseis resultam em uma matriz mais econômica do que a proposta no cenário *business as usual*.

A geração distribuída se concentra na fonte solar; dos 100 GW projetados, metade deve vir de sistemas de microgeração, para os quais a paridade tarifária deverá ser alcançada até o final da década.

3 Detalhes e particularidades dos cenários propostos

O Greenpeace adotou para ambos os cenários, BAU e FEE, as curvas mínimas de demanda definidas de acordo com a metodologia da PCE. Essa opção se baseou nas análises

conduzidas pelo Greenpeace no seu estudo R[E]volução Energética, concluído em 2013, as quais apontavam para uma evolução da demanda mais comedida, tanto para um cenário

BAU quanto para um cenário alternativo. Em relação às fontes que apresentam impactos sociais e ambientais, a restrição de seu uso é fundamentada da seguinte forma:

Nuclear Em virtude dos riscos associados à energia nuclear, aos elevados custos de geração de eletricidade e à sua insustentabilidade, nenhuma nova usina nuclear é construída no cenário. As usinas de Angra I, Angra II e Angra III são desativadas em 2025, 2030 e 2040 respectivamente.

Gás Natural Dentro de uma estratégia de expansão da matriz baseada em fontes renováveis alternativas, o gás natural é amplamente usado para garantir o fornecimento de eletricidade até 2030, enquanto as fontes renováveis ganham escala, notadamente a energia solar fotovoltaica e a CSP. Após 2030, sua expansão é desacelerada e parte das usinas é desativada, voltando em 2050 ao patamar que apresentavam em 2025.

Carvão Como fonte fóssil e altamente poluente, não há expansão do parque gerador a carvão; as plantas existentes são desativadas gradativamente entre 2024 e 2040.

Óleo combustível Como fonte fóssil, a geração a óleo combustível não observa expansão, tendo suas unidades desativadas entre 2020 e 2047.

Hidráulica A despeito do potencial remanescente, os impactos ambientais proporcionados pela instalação das usinas, pela formação dos reservatórios e pelas longas linhas de trans-

missão associadas recomendam que a expansão da geração hidrelétrica seja concentrada na implantação de micros e pequenas centrais hidrelétricas fora da região amazônica.

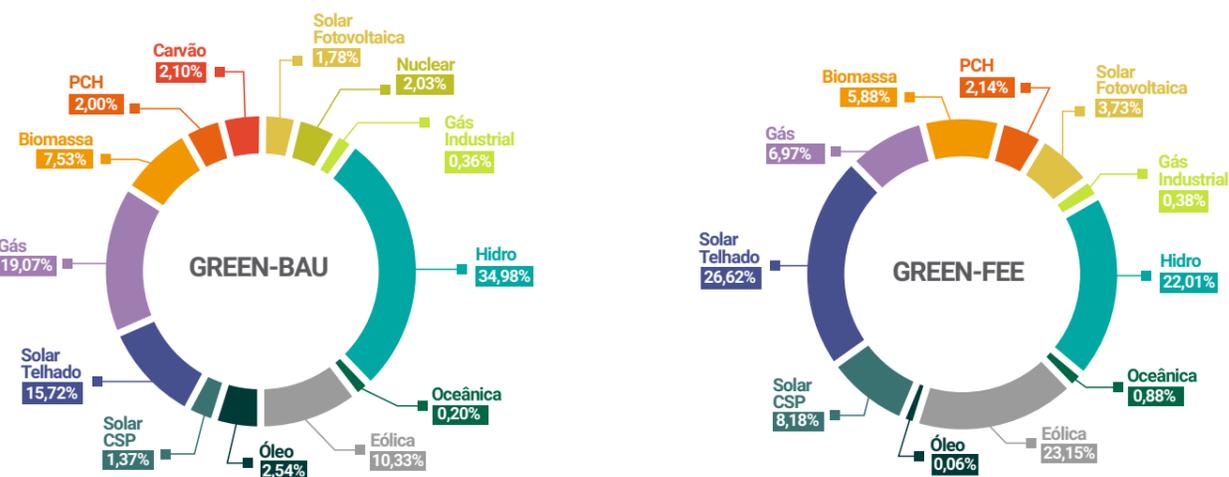
4 Sugestões e Observações

Adicionalmente ao cenário, se propõe incentivos ou condições econômicas e financeiras equivalentes a fontes renováveis e fósseis. Também sugere estipular rigorosos padrões de eficiência para todos os equipamentos elétricos, edifícios e veículos, além de implementar rotulagem e informação ambiental sobre esses produtos.

Adicionalmente, indica que se estabeleça uma política ou marco regulatório para o desenvolvimento de novas formas de energia renovável, priorizando estas usinas e os sistemas necessários ao acesso e à integração à rede elétrica. Além disso, sugere que se garanta o retorno estável para investidores, por tarifas especiais para energias renováveis (tarifas *feed in* ou preços mínimos justos em leilões de energia).

Finalmente, orienta para o financiamento de fundos de pesquisa e de desenvolvimento para fontes de energia renováveis e eficiência energética.

Figura 31 Composição da matriz em 2050 - GREENPEACE



CENARISTA SATC

1 Visão dos Cenários e principais premissas adotadas

Os cenários foram formulados com a intenção de ampliar a diversidade de fontes consideradas para a matriz, no horizonte até 2050, e reforçar o papel da geração a partir do carvão nacional. A forte expansão a partir deste combustível é compensada no cenário pela introdução de tecnologias de baixa emissão de gases de efeito estufa. Ao mesmo tempo o plano de obras proposto busca manter um percentual mínimo de aproximadamente trinta por cento de energia firme, como estratégia para garantir a operação confiável do Sistema Elétrico Nacional. Em ambos os cenários, BAU e FEE, esta visão é predominante, sendo eles diferenciados pelas proporções da demanda a ser atendida em cada um.

3 Detalhes e particularidades dos cenários propostos

A grande vantagem da geração de energia por termelétrica a carvão, é a confiabilidade que o Sistema Interligado Nacional ganha através da inserção desta fonte na matriz energética. O Brasil tem em seu território aproximadamente 32 bilhões de toneladas de carvão, representando a maior reserva conhecida de combustíveis fóssil do país. A desvantagem é a forte emissão de gases de efeito estufa.

2 Hipóteses adotadas sobre a introdução de novas opções tecnológicas

Apesar do Brasil apresentar uma diversidade nas formas de geração de energia elétrica, nos cenários propostos, a hidroeletricidade continuará sendo a principal fonte de energia até 2050. Seguida da geração hidráulica, a geração eólica é considerada amplamente nos cenários devido ao alto potencial inexplorado, aos custos em trajetória de redução e emissões nulas. Com relação a energia solar, entende-se que através de subsídios governamentais, será possível viabilizar a instalação de placas fotovoltaicas em 1/3 das residências do país até 2050. Parques de geração fotovoltaica, neste caso, terão uma menor participação.

Contudo, essas quantidades de poluentes podem ser reduzidas bruscamente com o desenvolvimento de novas tecnologias para impedir que os mesmos sejam expelidos à atmosfera. Assim, a expectativa do cenário é que em 2050 as usinas a carvão superem 35 GW de capacidade instalada e com emissões controladas.

A energia nuclear é apresentada como necessária ao atendimento da demanda, apresentando vantagens como alto potencial energético e pequeno impacto geográfico. Assim, a cada cinco anos o Plano de Obra inclui uma usina nuclear, chegando a 2050 com 9,4 GW instalados no cenário BAU e 8,2 GW no cenário FEE.

4 Sugestões e Observações

Os recursos naturais deverão ser aproveitados de maneira ótima e buscando a diversificação das fontes empregadas. O Brasil deverá ter um período de expansão mais acentuado até 2040, levando ao aumento de custos até este ano. A partir de então espera-se que os investimentos sejam amortizados.

Mesmo com a inclusão de um maior número de térmicas, independente do tipo de combustível, o impacto no meio ambiente não deve ser significativo, devido à compensação por meio de outras fontes renováveis e através de avanços nas tecnologias de redução de emissões, tais como:

- (i) captura e armazenamento de CO₂ em novas plantas a carvão;
- (ii) gaseificadores para IGCC¹⁵;
- (iii) Co-firing¹⁶;
- (iv) aproveitamento de co-produtos da combustão¹⁷.

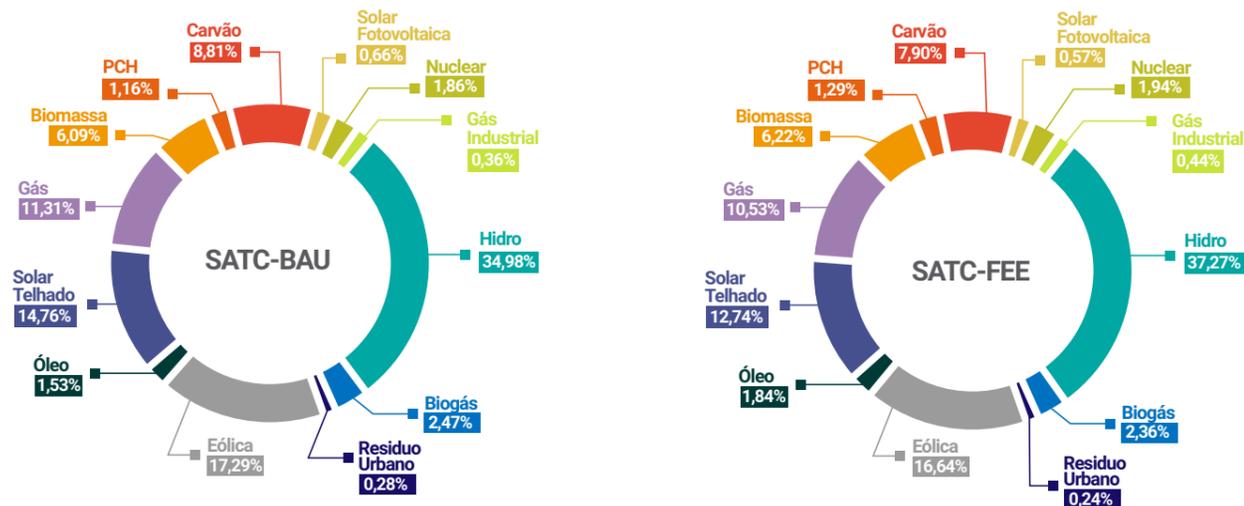
Espera-se que investimentos em novas tecnologias focadas no aproveitamento eficiente do uso do carvão nacional, cujo teor de cinzas e enxofre é elevado, posicione o Brasil como país desenvolvedor e exportador de conhecimento nestas áreas.

¹⁵ A Gaseificação Integrada ao Ciclo Combinado (IGCC) é uma associação de processos que permite gerar vapor d'água, eletricidade e hidrogênio. O calor produzido no processo de gaseificação do carvão (pode ser também da biomassa ou de outra fonte primária) é aproveitado para aquecer caldeiras e movimentar turbinas que geram eletricidade. No processo de gaseificação do combustível, o produto obtido – gás combustível – deve ser limpo, retendo materiais particulados, derivados de enxofre e outras impurezas. Do ponto de vista energético, o conjunto do ciclo gás mais o ciclo vapor apresentam alto rendimento. Fontes: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/8080/dspace/handle/1884/27610> e ABCM

¹⁶ Co-firing é a queima conjugada de combustíveis fósseis (especialmente o carvão) com biomassa. Adiciona-se biomassa na proporção de 2-25% ao carvão, permitindo aproveitar os sistemas instalados. Os testes demonstraram que, sem modificações de monta, é possível obter até 15% da energia total a partir da biomassa. fonte: <http://www.cnpf.embrapa.br/agroenergia/pages/dynamicpages.php?pagina=3&geralId=39>

¹⁷ O alto teor de cinzas do carvão nacional impõe dificuldades técnicas adicionais para utilização na geração termelétrica. No entanto, a cinza pode atuar como catalisador das reações de gaseificação, além de ser insumo para produção de cimento, sílica, metais, fertilizantes e zeólitas, entre outros (Fungaro, 2009).

Figura 32 Composição da matriz em 2050 - SATC



CENARISTA ITA

1 Visão dos Cenários e principais premissas adotadas

O cenário FEE-ITA compreende uma mudança de paradigmas no sentido da inversão do foco do investimento em energia elétrica no Brasil: da gestão da oferta para a gestão da demanda. Para isso, lança mão de aportes significativos do modal que mais tem a contribuir para um aprimoramento da gestão da demanda e da eficiência energética, a energia solar fotovoltaica distribuída. Além disso, projeta-se o crescimento expressivo de fontes de menor impacto, como a energia eólica, ou que agreguem valor a cadeias produtivas consolidadas, como a geração por biomassa.

O cenário adota como premissas:

- i) o aumento da eficiência na distribuição e no consumo de eletricidade, conjunto à adoção de mecanismos, estruturais e econômicos, de redução do consumo na ponta;
- ii) a ampliação da oferta por meio de energia eólica, solar e de biomassa;

- iii) investimento em tecnologia, para a completa incorporação dos ciclos produtivos de modais estratégicos, como o solar e o eólico de baixa potência;
- iv) a otimização de fontes hídricas, que se mantém como o mais importante modal de geração elétrica;

- v) incorporação de externalidades socioambientais na avaliação de viabilidade de projetos de expansão da oferta de energia elétrica. Este último item, uma vez adotado, contribuiria para uma distribuição mais justa dos custos e benefícios da expansão da oferta e reduziria o custo relativo da implantação de novas fontes renováveis e de menor impacto socioambiental.

2 Hipóteses adotadas sobre a introdução de novas opções tecnológicas

O cenário explora a redução de custos de geração de energia eólica, num primeiro momento, e o ganho de escala da energia solar fotovoltaica distribuída, num segundo momento. Simultaneamente dirige o foco para a gestão da demanda, de forma a reduzir a pressão por novas fontes no curto prazo e permitir o planejamento da inserção da energia solar distribuída e dos sistemas de *smart meter/grid*, a qual altera significativamente a operação do setor elétrico, trazendo ganhos de escala e redução de perdas no sistema, além de possibilitar um aprimoramento da gestão da demanda de eletricidade.

Considera ainda a valorização da energia de biomassa como um elemento de agregação de valor à cadeias produtivas de extrema importância para a redução das emissões de carbono, com

as quais o Brasil está comprometido. Na primeira metade do período em projeção, seriam dirigidos esforços para interiorização e domínio tecnológico de fontes como eólica, *offshore* e *small winds*, solar fotovoltaica (células/painéis e integração de sistemas) e aprimoramento da geração térmica por fontes de biomassa.

Para a viabilização de novas opções tecnológicas, adota-se como hipótese que as análises de custo/benefício se estendam para o custo/efetividade e incorporem os custos e benefícios socioambientais de novas inserções, privilegiando fontes renováveis em detrimento de outras. Isso permitiria a retirada paulatina de fontes com base em óleo diesel e carvão da matriz elétrica brasileira no médio prazo.

3 Detalhes e particularidades dos cenários propostos

O cenário FEE/ITA, a partir das premissas adotadas, considera uma expansão do consumo no limiar mínimo apontado pela PCE, o qual mantém relação com projeções da equipe que simularam uma defasagem entre taxas de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e o consumo de energia elétrica, ou seja, consideram uma mudança na elasticidade

renda da demanda em relação ao crescimento da economia. O cenário incorre em redução gradativa de fontes não renováveis na matriz, a partir do descomissionamento de usinas a óleo e carvão. O cenário não contempla o uso de gás não convencional, por considerar que esta modalidade traz impactos ambientais significativos em seus mecanismos ex-

ploratórios, os quais não justificariam seu uso. Considera-se que a exploração de novas fontes (e novas tecnologias) fósseis pode atrasar a adoção de fontes mais limpas e mais eficientes, do ponto de vista ecológico, em escala global e, com isso, ampliar a entropia energética da sociedade, inviabilizando a sustentabilidade.

A fonte nuclear é considerada de risco, tanto com relação aos resíduos gerados, quanto pela possibilidade de acidentes de graves proporções. Assim, o cenário FEE/ITA propõe a manutenção da geração em patamares mínimos, de forma a que a capacidade instalada atue como uma forma de energia de reserva. Neste cenário não se prevê o aumento da capacidade nuclear além do atualmente contratado.

O gás natural é considerado um elemento de segurança na transição para uma matriz elétrica mais sustentável. Assim, com base na produção projetada do pré-sal e no aproveitamento de parte do gás para geração elétrica, projeta-se uma utilização plena da capacidade instalada e da inserção de novas usinas de ciclo combinado no curto prazo, amparando a transição e inserção da energia solar distribuída. O investimento em novas plantas de gás diminui gradativamente no médio prazo e dá lugar às novas fontes renováveis até o final do período. A fonte hidrelétrica

se mantém como principal elemento da matriz elétrica 2050 no cenário FEE/ITA. Embora se preveja um acréscimo pequeno em relação a outras fontes, a geração hidrelétrica se consolida no médio prazo com a ampliação seletiva em projetos na Amazônia, privilegiando os de menor impacto e aqueles que passarem por ampla negociação local. Uma modalidade a explorar, para esta inserção, é a de turbinas hidrocinéticas¹⁸ de altíssimo rendimento, as quais poderiam ser objeto de P&D para aprimoramento do parque gerador brasileiro.

¹⁸ O termo Turbinas Hidrocinéticas é dedicado às máquinas hidráulicas que convertem a energia cinética de rios ou correntes de maré em eletricidade. Há desenvolvimento tecnológico recente de modelos de turbinas hidrocinéticas destinados a conversão de energia em comunidades isoladas, configurando fonte sustentável de geração de energia elétrica.

4 Sugestões e Observações

O cenário partiu de alguns fatores pré-determinados, como é o caso da demanda de energia elétrica, de maneira a uniformizar a base de comparações da Plataforma. No entanto, há que se considerar a possibilidade de um ambiente mais avançado no que concerne à demanda, em que se projete uma mudança no perfil de consumo, de uma economia

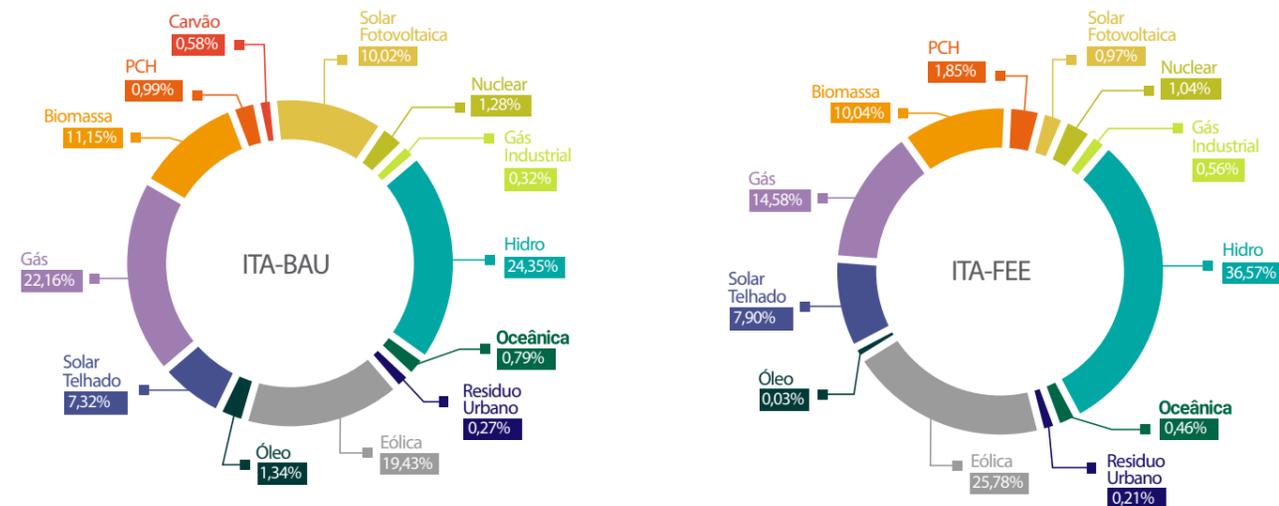
primário-exportadora e energo-intensiva, para uma economia com maior participação na geração de valor agregado e consumo interno. Além disso, instrumentos de políticas públicas poderiam contribuir para uma projeção de demanda num patamar ainda inferior ao limite mínimo adotado. Por outro lado, uma vez que o cenário utilizou premissas

avanzadas, que envolvem mudanças de paradigmas, seria interessante que se estudassem os mecanismos cuja adoção daria lastro para tais mudanças. Muitas destas medidas podem não ter adoção facilitada, o que exigiria um grande esforço de convencimento nos campos político e econômico.

De modo geral, o cenário apresentado exigiria atuações em diversos níveis, dentre eles: alterações de padrão e metas tarifárias, incluindo a tarifação por faixa horária e progressiva (a modicidade tarifária se manteria como meta apenas para as faixas inferiores de consumo de energia elétrica). Também exigiria o aprimoramento de regras de despacho, a partir do aumento da participação da geração distribuída, visando aproveitamento ótimo de fontes de

maior intermitência e da complementaridade entre elas; Exigiria a consolidação do agente microgerador independente de energia elétrica, valorizando a geração distribuída e inclusive ampliando o alcance da Resolução ANEEL 482/2012 e investimento em P&D no setor de energia elétrica, visando o domínio do ciclo tecnológico pelo Brasil no médio prazo, em setores estratégicos.

Figura 33 Composição da matriz em 2050 - ITA



ANEXO 2: OPÇÕES TECNOLÓGICAS DA METODOLOGIA ADOTADA

TABELA 3 - OPÇÕES TECNOLÓGICAS PARA CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE MATRIZ ELÉTRICA

TÉCNOLOGIA	Potência por módulo (MW)	Rendimento (%)	Fator de Capacidade (%)
Biomassa Combustão Tipo 1	35,0	25,0	60,00
Biomassa Combustão Tipo 2	100,0	35,0	75,00
Biomassa Gaseificação Tipo 1	1,0	30,0	40,00
Biomassa Gaseificação Tipo 2	10,0	40,0	80,00
Biomassa Incineração Tipo 1 (Resíduos Urbanos)	30,0	25,0	60,00
Biomassa Incineração Tipo 2 (Resíduos Urbanos)	100,0	30,0	70,00
Biomassa Digestão Tipo 1 (Biogás)	1,0	25,0	50,00
Biomassa Digestão Tipo 2 (Biogás)	20,0	30,0	80,00
Biomassa Digestão Tipo 3 (Biogás)	2,0	25,0	50,00
Biomassa Digestão Tipo 4 (Biogás)	20,0	30,0	60,00
Hidroelétrica (UHE) Tipo 1 - fio d'agua	100,0	100,0	40,00
Hidroelétrica (UHE) Tipo 2 - fio d'agua	1.000,0	100,0	50,00
Hidroelétrica (UHE) Tipo 3 - reservatório	100,0	100,0	40,00
Hidroelétrica (UHE) Tipo 4 - reservatório	1.000,0	100,0	50,00
Hidroelétrica (PCH e CGH) Tipo 1	1,0	100,0	40,00
Hidroelétrica (PCH e CGH) Tipo 2	30,0	100,0	50,00
Oceânica Tipo 1	5,0	100,0	23,00
Oceânica Tipo 2	150,0	100,0	29,00
Solar PV Usinas - Tipo 1	5,0	100,0	16,00
Solar PV Usinas - Tipo 2	50,0	100,0	17,00
Solar PV Usinas - Tipo 3	200,0	100,0	18,00
Solar CSP	50,0	100,0	40,00
Solar CSP	200,0	100,0	65,00
Eólica Onshore Tipo 1	1,5	100,0	25,00
Eólica Onshore Tipo 2	3,5	100,0	30,00
Eólica Offshore Tipo 1	3,5	100,0	35,00
Eólica Offshore Tipo 2	7,5	100,0	40,00
Eólica Onshore pequena escala Tipo 1	0,1	100,0	25,00
Eólica Onshore pequena escala Tipo 2	0,1	100,0	30,00
Térmica Carvão - Convencional	350,0	35,0	80,00
Térmica Carvão - IGCC	350,0	45,0	80,00
Térmica Nuclear	1.000,0	33,0	85,00
Térmica Gás - Ciclo Combinado	500,0	55,0	85,00
Térmica Gás - Ciclo Aberto	200,0	35,0	60,00
Térmica Óleo- Ciclo Aberto	150,0	35,0	60,00
Térmica Diesel	50,0	40,0	60,00

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD) SEM INCIDÊNCIA DE PERDAS DE TRANSPORTE	Potência por módulo (MW)	Rendimento (%)	Fator de Capacidade (%)
Solar PV Telhados - Residencial	0,005	100,0	15,00
Solar PV Telhados - Comercial	0,100	100,0	15,00
Solar PV Telhados - Industrial	0,500	100,0	16,00
Cogeração a gás natural Tipo 1	1,0	40,0	85,0
Cogeração a gás natural Tipo 2	4,0	44,0	85,0
Cogeração a gás natural Tipo 3	12,0	40,0	90,0

ANEXO 3: OPINIÕES DE ESPECIALISTAS - A SUSTENTABILIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA EXIGE MAIS PLANEJAMENTO E MENOS PREVISÃO ¹⁹

O exercício de cenários para 2050 produzido pela Plataforma de Cenários Energéticos do Brasil (PCE - Brasil) representa um salto importante do olhar sobre o planejamento energético no Brasil e incentiva um debate fundamental para a sustentabilidade do setor.

A partir 2004, com a promulgação das Leis # 10.847 e 10.848 resultaram na criação da Empresa de Planejamento Energético (EPE) e de um novo arcabouço das regras de comercialização de energia elétrica, deu-se início a uma nova dinâmica de planejamento energético do Brasil sob os cuidados da EPE. Esta nova fase é materializada no Plano Nacional de Energia (PNE) publicado em 2007 com horizonte de longo prazo (2030) e os Planos Decenais de Energia, publicados anualmente a partir de 2006 com horizonte de 10 anos.

Apesar de serem apresentados como retomada do planejamento energético, há nos planos muito de previsão e pouco de planejamento, ou seja, eles descrevem o que deve acontecer de acordo com diferentes escolhas ao invés de apontar um objetivo claro de matriz energética e o plano para alcançá-lo. Nos planos sobram “perspectivas”, “expectativas”, “previsões”, “projeções” e “indicativos” e são quase inexistentes objetivos, metas e índices de progresso.

Na ausência de objetivos e metas, a única referência de direção desejada se resume aos chamados fundamentos básicos do arranjo institucional implementado em 2004 e expresso no PNE: a segurança do

suprimento de energia elétrica, para dar sustentação ao desenvolvimento do país; a modicidade tarifária, para favorecer a competitividade da economia e a inserção social de toda a população no atendimento desse serviço público; e a estabilidade do marco regulatório, com vistas a atrair investimentos para a expansão do setor.

De fato, na metodologia dos Planos Decenais de Energia a função objetivo para composição da matriz energética tem como critério soberano a modicidade tarifária, ou, em outras palavras minimizar o custo projetado dado um conjunto de restrições técnicas, sociais, econômicas e ambientais (ex. linhas de transmissão, limite máximo de emissões, etc).

Como não tem objetivo e metas nem para os preços, não tem como monitorar a implementação do planejamento a não ser comparar as previsões com os resultados como o custo da energia, que apesar disso tem sido consistentemente mais alto que o previsto nos PDEs.

Esta abordagem também distancia nossa matriz energética de um modelo sustentável em especial nos aspectos socioambientais. Ao se deparar com uma fonte desejável, mas que ainda possui custos comparativos altos como no caso da Energia Solar, ela é descartada ou tratada como marginal ao invés de se identificar os obstáculos ao seu desenvolvimento e as medidas necessárias para impulsioná-la

Uma tese de mestrado²⁰ defendida por Marcos Conde Ribeiro (engenheiro da EPE) na COPPE/UFRJ em 2013 mostrou que, incluindo variáveis ambientais na função objetivo e dando flexibilidade de até 10% em relação ao menor custo, é possível, por exemplo, gerar cenários com 70% menos emissões de CO2 com aumento de custo menor que 4% em relação aos cenários de menor custo. O estudo mostra que utilizando o instrumental hoje disponível é possível, com decisão política de fazê-lo, propor diferentes alternativas para prover energia com segurança, a um preço justo e com menor impacto ambiental.

Uma boa amostra da falta que fazem objetivos e metas claros no PDE e PNE é a evolução da proporção de energia renovável na matriz energética. Em 1970 superava os 58% de energia renovável, nos anos 90 até 2005 rodou na casa de 45%. Em 2009 no Plano Nacional de Mudanças Climáticas foi apresentado o objetivo de manter e ampliar a proporção de energia renovável na matriz²¹ em 2020 em relação aos 45,8% registrado em 2007. O PNE 2030 projetava uma proporção de 44% e em 2010 o PNE2019 projetava 48% para 2019.

Nem um nem outro parecem estar se concretizando. Em vez de se manter ou subir, a participação das energias renováveis na matriz energética vem caindo desde 2010 e chegou a 41% em 2013 com perspectivas de nova queda em 2014. O ideal no modelo de planejamento energético seria ter a definição dos objetivos e metas para o setor definidas de forma participativa com os diversos setores envolvidos em especial com a participação qualificada de um Conselho Nacional de

Política Energética (CNPE) ampliado (hoje conta com apenas dois representantes não governamentais num total de 14 membros sendo que um deles – da sociedade civil - nunca foi nomeado).

O CNPE se reúne duas vezes ao ano e a maior parte de suas resoluções é publicada *ad-referendum* pelo Presidente do Conselho. Apesar de cenários de estudo do PCE Brasil tratarem apenas do setor elétrico, que representa cerca de um quinto da matriz energética nacional, apresentam abordagem inovadora e essencial para o real planejamento ao colocar luz sobre diferentes possibilidade de composição da matriz energética brasileira para atender com segurança e efetividade a demanda nacional. Ela possibilita o debate sobre a matriz energética que queremos para o Brasil. Esta é a base para planejarmos os passos a serem dados em pesquisa e desenvolvimento, regulação, incentivos e investimentos para efetivamente alcançarmos esta matriz desejada.

Os quatro grupos envolvidos apresentaram propostas de cenários bastante diferentes em relação aos custos de produção, emissões de gases de efeito estufa e diversidade energética, o que mostra uma gama de possibilidades bastante ampla mesmo com tanto parâmetros de oferta e demanda pré-fixados.

A não incorporação dos custos de transmissão (o que diferenciaria geração distribuída) ou do valor do carbono (que certamente existirá no horizonte de 2050) certamente dificulta uma comparação mais acurada dos custos, mas não reduz a relevância das propostas.

¹⁹ A Plataforma de Cenários Energéticos é um espaço de debate. As afirmações e opiniões desse anexo são de responsabilidade de seus autores

²⁰ CONDE, Marcos Ribeiro - INCORPORAÇÃO DA DIMENSÃO AMBIENTAL NO PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE TÉCNICAS MULTICRITÉRIO DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO (2013), Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/conde.pdf>

²¹ “1.2. Aumento da Participação das Fontes Renováveis e Energias Limpas” – Plano Nacional de Mudanças Climáticas (pg. 30) - http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf acessado em 19.01.2015.

No caso das emissões de gases de efeito estufa os cenários de emissões do setor elétrico nos diferentes cenários variam de 40 a 140 milhões de tCO₂e em 2050. Apenas para comparação, o PNE projeta cerca de 100 milhões tCO₂ em 2030 só no setor elétrico e em trajetória ascendente. Considerando que as emissões brasileiras totais não devam ultrapassar cerca de 500 milhões de tCO₂e em 2050²² com participação de 30% do setor energético e 5% do setor elétrico o nível de emissão acima de 100 milhões de tCO₂e só seria compatível se combinado com forte redução de emissões no restante do setor energético (ex. transportes e indústria) e nos setores de mudança de uso da terra e agropecuária.

Algumas perspectivas de longo prazo, tanto nas premissas como na composição dos cenários parecem ainda demasiadamente conservadoras em especial a penetração e evolução de custos decrescentes de novas tecnologias e merecem uma abordagem renovada num segundo exercício.

Alguns exemplos:

- Até 2050 deve haver uma profunda eletrificação da matriz energética, em especial no setor de transportes de passageiros e em processos industriais. Esta migração, especialmente no transporte onde a competitividade de carros elétricos será muito superior aos carros a combustão, deverá gerar um aumento de demanda de energia elétrica mas em contrapartida será uma enorme alavanca de sistemas de geração e armazenamento distribuído.

- A evolução da Geração Distribuída deve reduzir a demanda geral do SIN, como mostra o exemplo das projeções na Alemanha para 2020. Parte expressiva da energia gerada de forma distribuída é consumida sem entrar na rede e em geral em momentos de pico de demanda como as tardes quentes de verão. A comparação de custos se dá ao valor de energia paga na ponta, aumentando a competitividade da geração distribuída.

- A penetração da Energia Solar é bem conservadora mesmo no cenário mais otimista (Greenpeace) pois é limitada por restrições para fornecimento de energia na base dos sistemas. Com os custos declinantes de forma acelerada e ainda longe do ponto de estabilização, as restrições seriam basicamente de disponibilidade de sol e armazenamento. Porém no horizonte de 2050 estes serão problemas ultrapassados. A energia poderá ser gerada de forma contínua nas diversas regiões áridas do planeta e transmitidas a longas distâncias com baixa perda, através de supercondutores (os pilotos já existem e devem se tornar comerciais em menos de uma década) que funcionam como o equivalente a revolução da fibra-ótica no setor de comunicação. O armazenamento se dará na rede da mesma forma como hoje armazenamos dados na nuvem. Sistema de armazenamento de energia (reservatórios de água, baterias, ar comprimido e outros) será operado em rede interligada em escala regional.

Num segundo exercício será importante entre as opções de fonte energética as termoelétricas baseadas em biomassa florestal que além de renováveis, podem gerar energia de forma firme e contínua durante todo o ano, com alta flexibilidade e ainda promovem remoção de carbono na atmosfera (pelo aumento de estoque de carbono no solo). É uma alternativa real e concreta ao uso de combustíveis fósseis e pode aproveitar da necessidade de se reflorestar mais de 16 milhões de hectares nos próximos anos para atender a regularização ambiental das propriedades rurais.

Estas são todas possibilidades que serão viabilizadas com maior ou menor velocidade de acordo com objetivos e metas para a composição e funcionamento de nossa matriz energética no longo prazo.

Tasso Azevedo

Engenheiro florestal, consultor e empreendedor social em sustentabilidade, floresta e clima. Coordenador do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG), colunista de O Globo e curador do Blog do Clima. Foi Diretor Geral do Serviço Florestal Brasileiro e Diretor Executivo do Imaflora.

²² Proposta do Observatório do Clima de teto de emissões brasileiras em 2050 que seja compatível com emissão per capita necessária para se limitar globalmente o aumento da temperatura global em até 2oC.

POLÍTICA ENERGÉTICA DEVE SER DISCUTIDA AMPLAMENTE NO BRASIL

O principal mérito da Plataforma de Cenários Energéticos – PCE 2050 não é o conjunto de matrizes elétricas propostas pelas quatro instituições que aceitaram o convite de participar dessa iniciativa pioneira. Mais importante é a demonstração de que é possível comparar diferentes propostas de como o Setor Elétrico deve ser expandido. Trata-se de importante salto conceitual, que desloca a discussão da Torre de Babel, onde cada grupo ou tendência só consegue falar o seu próprio dialeto, incompreensível para os demais, para um espaço onde o diálogo é mais do que possível: é imprescindível.

O grupo A quer fazer a expansão com base numa combinação de energia solar, eólica e biomassa?

OK, não há dificuldade tecnológica; porém, terá que ser considerado o impacto econômico e ambiental do sistema de baterias e/ou outras formas de armazenamento de energia (inclusive barragens para armazenamento de energia na forma de estoque de água) que serão necessários para contrabalançar a intermitência da produção. Se o custo desse sistema for excessivamente elevado a ponto de suplantar a capacidade de pagamento dos consumidores e comprometer a competitividade dos produtos nacionais, isso vai aparecer claramente nas contas. Não é preciso recorrer a achismos.

O grupo B quer fazer a expansão com base numa combinação de hidroeletricidade e usinas nucleares? OK, também não há dificuldade metodológica; porém, a sociedade terá que referendar uma alternativa que causa impactos locais (os reservatórios das hidroelétricas) e que pode implicar, ainda

que com probabilidade infinitesimal, acidentes radioativos de consequências catastróficas.

O grupo C propõe que não se use usinas nucleares e sim usinas a carvão porque se trata de um combustível com preços decedentes graças à exploração de gás de xisto nos EUA? OK, sem problema. E o grupo D não quer carvão e sim a gás natural, que emite menos CO₂? Também sem problema. Mas em ambos os casos será preciso contabilizar o efeito nefasto da emissão de gases que causam o efeito estufa e viabilizar a implantação da solução contratual e logística que assegure a disponibilidade do combustível.

Ainda mais importante do que dispor de uma métrica que permita a comparação entre alternativas tão diferentes é fazer com que o “não podismo” se torne uma posição politicamente inaceitável. Como costuma afirmar a ex-ministra Marina Silva, não basta dizer “não pode”. É preciso dizer o que pode e como pode. A metodologia da PCE 2050 pode e deve ser aperfeiçoada para servir de base a uma madura discussão política sobre a matriz energética que o país precisa. Como exatamente ocorrerá essa discussão, se no Congresso Nacional ou no Conselho Nacional de Política Energética – CNPE; é ainda cedo para estabelecer. Mas o fundamental é reconhecer que assunto dessa magnitude não pode ser resolvido apenas por meio de uma abordagem tecnocrática.

Quando os leilões de energia foram concebidos, em 2003-04, surgiu o desafio de comparar usinas que produzem energia por diferentes rotas tecnológicas e com variadas externalidades, positivas e negativas. Como comparar usinas localizadas em diferentes lugares, com diferentes facilidades operacionais, causando diferentes impactos, tanto ambientais quanto sociais? A solução então adotada foi resumir as múltiplas características de cada usina numa única medida, o índice de custo-benefício (ICB), calculado na ótica do consumidor. Em teoria, essa abordagem deveria resultar em uma matriz elétrica de mínimo custo para consumidor. Mas, como o diabo mora nos detalhes, o custo de transporte de energia não tem sido adequadamente considerado no cálculo do ICB e tem sido difícil estimar os futuros custos e benefícios, inclusive os ambientais e sociais, ao longo de um horizonte de décadas. Consequentemente, nossa matriz elétrica tem evoluído de uma forma criticável, com muitas usinas térmicas a óleo, que custam pouco para construir, mas uma fortuna para operar. Para não falar dos impactos ambientais, tanto o local quanto o global (efeito estufa). Levando em consideração a experiência acumulada em dez anos, seria recomendável encontrar outra maneira de organizar os leilões. O Governo Federal deveria periodicamente preparar um “cardápio” contendo pelo menos três alternativas para a matriz de energia elétrica (a% de hidroelétricas, b% de eólicas, c% de solar, d% de biomassa, e% de gás natural, f% de nuclear, g% de carvão...), considerando a discussão política em torno dos cenários propostos e a necessidade de oferta firme do país num horizon-

te temporal de longo prazo. Cada alternativa conteria uma caracterização das usinas consideradas, acompanhada de clara descrição e se possível quantificação, das correspondentes consequências econômicas, sociais ambientais e energéticas, segundo proposição metodológica iniciada com a PCE 2050 e que certamente necessita ainda ser aperfeiçoada para incluir, por exemplo, alguma medida da despachabilidade da matriz proposta. A escolha da melhor opção seria feita pelo CNPE ou pelo Congresso Nacional, na forma de uma lei.

Uma vez escolhida a matriz, seria necessário preparar uma lista de empreendimentos capaz de satisfazê-la. Idealmente essa responsabilidade deveria ser compartilhada pelo MME, MMA, MPO, EPE, ANEEL, ANA, IBAMA, FUNAI, ICMBIO e IPHAN. Essas instituições teriam a missão conjunta de encontrar uma solução que certamente não seria a ideal na ótica exclusivamente econômica, social, ambiental, cultural ou energética. Mas que seria a solução de compromisso possível entre as diferentes visões.

Naturalmente, esse procedimento estaria sujeito a todo tipo de lobby e barganha, como ocorre atualmente com a discussão da Lei Orçamentária. Todavia, teria o mérito de eliminar a insegurança jurídica que hoje cerca a construção de usinas. Insegurança fortemente alimentada pelos conflitos entre entidades da administração federal que, devido a um leque exageradamente amplo de alianças políticas, internalizam no Governo as contradições da própria sociedade.

Jerson Kelman,

Rio de Janeiro, novembro de 2014

Jerson Kelman, é professor e pesquisador especialista em água e energia. Doutor em Hidrologia e Recursos Hídricos pela Colorado State University, nos EUA. Comandou a Agência Nacional de Águas – ANA (2001 a 2004) e a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2005 a 2008). Foi presidente do Grupo Light (2010-2012) e interventor na Enersul (2012 a 2014).

CRÉDITOS

Comitê Executivo

Fundação Avina
Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica)
World Wildlife Foundation – Brasil (WWF - Brasil)
União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA)
Associação da Indústria de Cogeração de Energia (COGEN)
Observatório do Clima
Associação Nacional dos Consumidores de Energia (ANACE)

Comitê Técnico

Prof. Dr. Osvaldo Soliano - Centro Brasileiro de Energia e Mudanças Climáticas (CBEM)
Prof. Dr. José Antônio Perrella - Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Equipe Liderada por: Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Prof. Dra. Leontina Pinto – Engenho Consultoria
Camila Ramos - Clean Energy Latin America (CELA)
Sebastian Sanchez e Anibal Fernandez Folatti - modelagem das regras e opções tecnológicas no LEAP

Cenaristas

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE-UFRJ)
Cenário Liderado por: Prof. Dr. Amaro Olímpio Pereira Júnior

Greenpeace Brasil
Cenário Liderado por: Prof. Dr. Ricardo Baitelo

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
Cenário Liderado por: Prof. Dr. Wilson Cabral e Prof. Dr. Marcio Pimentel

SATC – Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina
Cenário Liderado por: Prof. André Abelardo Tavares
Coordenação do Engenheiro Fernando Luiz Zancan

Secretária Executiva

Denise Teixeira - VOLGA Consultoria
Apoio técnico e pesquisa para padronização das opções tecnológicas:
Carlos Caminada - Diretor de Risco e Inteligência de Mercado - ECOM-Energia



“Que a PCE Brasil seja o estímulo para a abertura de um debate profundo sobre a matriz energética que queremos para o Brasil no longo prazo com clareza de objetivos e metas para segurança e eficiência energética, utilização de energias renováveis, emissões de GEE, resiliência às mudanças climáticas entre outros aspectos.

O debate do PNE 2050 atualmente em gestão na EPE pode e deve ser influenciado por esta iniciativa e seus desdobramentos. O Brasil e o setor energético só têm a ganhar com isso”.

Tasso Azevedo

“Ainda mais importante do que dispor de uma métrica que permita a comparação entre alternativas tão diferentes é fazer com que o “não podismo” se torne uma posição politicamente inaceitável. Como costuma afirmar a ex-ministra Marina Silva, não basta dizer “não pode”. É preciso dizer o que pode e como pode”.

Jerson Kelman

A Plataforma de Cenários Energéticos é liderada por organizações do setor empresarial e da sociedade civil e conta com o apoio técnico de instituições acadêmicas, que proporcionam a construção de diferentes cenários energéticos com horizonte até 2050. Assim, com base nestes é possível iniciar um diálogo aberto, sério e transparente que incentive uma visão de longo prazo sobre o futuro energético do país.

A formação de cenários elétricos para 2050, conteúdo apresentado nesta publicação, demonstra que não existe um caminho único para a expansão do setor elétrico brasileiro. Há múltiplas opções; cada uma reflete consequências distintas para a sociedade e impactos variados no meio ambiente e na economia do país. Estes devem ser debatidos em profundidade com a sociedade brasileira, como forma de viabilizar um projeto orientado para os benefícios que se pretende alcançar, mas que permita minimizar efeitos indesejados inerentes ao processo.

