

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO (SPE)
DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÕES E ESTUDOS ENERGÉTICOS (DIE)

RELATÓRIO
WORKSHOP – CENÁRIOS TECNOLÓGICOS
PNE 2050

ANEXO

I. Relatório EPE-009/2018 - 4º Workshop -
Cenários Tecnológicos

NOVEMBRO/2018

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

Evento: 4º *Workshop* de Políticas Públicas para o PNE 2050

Data: 19 de setembro de 2018

Local: Auditório Térreo do Ministério no Ministério de Minas e Energia – MME

Relatório

1. No dia 19 de setembro de 2018, o Ministério de Minas e Energia (MME) e a EPE promoveram o “4º *Workshop* para Subsidiar os Estudos do PNE 2050” na sede do MME. O evento foi organizado pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE) do MME e conduzido em conjunto com a EPE.
2. Além de representantes do MME, da EPE e do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), estiveram presentes representantes das seguintes instituições:
 - a. ABCM
 - b. Abdan
 - c. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI)
 - d. Abinee
 - e. Abiogás
 - f. Aneel
 - g. BANCO DO BRASIL (BB)
 - h. Bloomberg
 - i. CCEE
 - j. Cepel
 - k. CNA
 - l. CNPEM/CTBE
 - m. Copel D
 - n. Copelmi
 - o. Eletrobras
 - p. Eletronuclear
 - q. Embrapii
 - r. GFA
 - s. GIZ
 - t. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA)
 - u. KPMG
 - v. Marinha do Brasil
 - w. MCTIC
 - x. MEC
 - y. MMA
 - z. MPDG
 - aa. MRE
 - bb. MTPA
 - cc. NeoEnergia
 - dd. ONS
 - ee. Petrobras
 - ff. PUC - Rio
 - gg. SENAI
 - hh. UnB

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

3. O 4º *workshop* teve o objetivo discutir questões relevantes para os cenários do planejamento energético de longo prazo, envolvendo questões tecnológicas.
4. A abertura do *workshop* contou com uma breve abertura do secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE/MME), Eduardo Azevedo, seguida de uma apresentação do diretor do DIE/SPE/MME, Ubiratan Castellano, que discorreu sobre a visão estratégica do planejamento energético de longo prazo e a importância da participação dos agentes na construção do plano. Na sequência, o assessor da presidência da EPE, Emílio Matsumura, fez breve consideração sobre a importância dos estudos de longo prazo, o objetivo do *workshop* e seu funcionamento.
5. Em seguida, os representantes foram divididos em 05 (cinco) mesas:
 - a. Uso final de energia: indústria/edificações
 - b. Uso final de energia: transportes
 - c. Atendimento ao consumo de energia elétrica: geração centralizada
 - d. Atendimento ao consumo de energia elétrica: micro/mini geração
 - e. Produção de combustíveis
6. Na parte manhã, os grupos discutiram a partir de um conjunto de perguntas orientadoras, selecionadas a partir de temas previamente identificados como relevantes. Em especial, as perguntas cobriam perspectivas setoriais referentes à evolução tecnológica. Ou seja, desenvolvimentos tecnológicos, inovações e disrupções que podem alterar o modo como produzimos, transportamos e consumimos energia. As perguntas levantadas tinham direcionamento para mais de uma instituição, propiciando visões múltiplas sobre as questões. Assim, cada representante pôde apresentar suas considerações sobre os temas apresentados.
7. Na parte da tarde, as mesas distribuíram formulários aos seus participantes para que cada um pudesse sugerir uma inovação/tecnologia que não havia sido abordada na parte da manhã e que teria grande impacto no planejamento. Após consolidar todas as respostas, todos voltaram para o auditório e um representante de cada mesa apresentou as principais tecnologias/inovações que foram sugeridas em cada grupo.
8. O assunto da **Mesa 1** foi **USO FINAL DE ENERGIA: INDÚSTRIA/EDIFICAÇÕES**. Com coordenação de Arnaldo Junior, da EPE, a mesa contou com representantes das seguintes instituições: SETEC/MEC, UNB, MMA/DPMC, EMBRAPPII, ELETROBRAS, GIZ, MARINHA DO BRASIL, SENAI/CNI e DIF/SPE/MME. As perguntas seguintes constaram do escopo da discussão da manhã:
 - a. Qual o potencial e perspectivas de penetração de tecnologias como bombas de calor, vidros dinâmicos de alto desempenho e “net zero building” no Brasil? Qual a competitividade relativa dessas tecnologias e perspectivas de custo? Que condicionantes podem contribuir para acelerar?

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

O representante da GIZ afirmou que o potencial é grande. Há interesse da sociedade sobre Net Zero Building. Entretanto, falta capacitação e regulamentação. Sobre outras tecnologias, é proeminente uma abordagem regionalizada. Além disso, medidas passivas devem ser priorizadas.

A representante do MMA alegou dificuldade em responder a questão devido à sua abrangência. Comentou que, com a ferramenta de DEO (desempenho energético operacional), é possível fazer uma comparação com a média de consumo nacional (online). Levantou a possibilidade de melhorar os estudos de aplicabilidade em edifícios públicos federais através do Sistema Integrado de Gestão do Patrimônio da SPU (secretaria de patrimônio da União), com informações de metragem, consumo, imagem do edifício etc. Através do Programa do Bom Uso Energético (PROBEN) da Universidade Federal de Pelotas, foi feita uma aplicação piloto - o PROBEN Esplanada, aplicado na Esplanada dos Ministérios, que verificou se a contratação estava adequada à demanda e esta ferramenta para instalação será disponibilizada gratuitamente. Alegou que existe um grande potencial de tecnologias voltadas para eficiência energética que depende das suas especificidades, não havendo uma tecnologia específica aplicável como regra geral. Há dificuldade nos estudos de potencial de implementação de eficiência energética por conta da necessidade de dados básicos (conta de energia, perfil de consumo por tipologia).

Para o representante do MEC, será necessário capacitar profissionais especializados para as diversas áreas. O MEC está comprometido e acompanhando as mudanças tecnológicas para idealizar currículos adequados às novas tecnologias e inovações.

A funcionária do PROCEL comentou que os vidros de alto desempenho serão mais aplicados em áreas comerciais. Os Zero Energy Buildings (ZEB) tendem a já ser comuns em 2050 e o investimento em geração distribuída (GD) é essencial para sua viabilidade. Quanto aos Net Zero Energy Buildings (NZEB), há chamada pública para financiar construção no PAR PROCEL 2018/19. A Pesquisa de Posses e Hábitos (PPH) incluiu perguntas sobre edificações do setor residencial e tem previsão de divulgação para o primeiro semestre de 2019. Para o setor comercial, existe uma dificuldade: o "tipo de uso da edificação" devido à sua variedade. Há convênio com Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) para obter dados de 9 tipos de estabelecimentos comerciais por tipologia. Também alegou a necessidade de obtenção dados básicos para o avanço nos estudos de implementação de eficiência energética em edificações.

Para a representante da UNB, o NZEB é um processo alcançável por meio de integrações de tecnologias, tanto em edifícios novos quanto em antigos. Há uma Dissertação de Mestrado que verificou a possibilidade de transformar os

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

edifícios em ZEB (250 edifícios - só em 30 foram possíveis conseguir a conta) por meio de algoritmo.

O representante da MARINHA DO BRASIL afirmou que a evolução do PIB tem influência direta nas perspectivas de penetração de tecnologias como bombas de calor, vidros dinâmicos de alto desempenho e “net zero building” no Brasil. Houve uma dificuldade de interpretação de gastos devido à não padronização nas faturas. O controle de consumo a distância é importante para conseguir fazer uma melhor medição e aproveitamento e isso deve ser expandido para todo o setor público. Alegou que há dificuldade em medir e em ler as faturas.

- b. Qual o potencial e perspectivas de penetração de sistemas para aquecimento/resfriamento utilizando energia solar no Brasil? Qual a competitividade relativa dessas tecnologias e perspectivas de custo? Que condicionantes podem contribuir para acelerar?

Para o representante da GIZ, deve-se aproveitar o alto nível de incentivo. Há potencial de indução de toda a cadeia por projetos federais de larga escala, como Minha Casa Minha Vida, por exemplo.

A funcionária do MMA afirmou que a tecnologia aquecimento de água já está disponível e é relativamente difundida no setor residencial. O problema está em tecnologias antigas, boilers elétricos: seu alto consumo de energia criou barreira à adoção pelo consumidor.

De acordo com o representante do MEC, a dificuldade está na adaptação dos edifícios existentes, em razão da interferência na edificação. Há competição entre o uso solar para a geração de energia elétrica ou resfriamento/aquecimento.

A funcionária do PROCEL relatou que há problema em manter a temperatura do Boiler, gastando mais energia. O ar condicionado por energia solar tem enorme importância.

Para a representante da UNB, há de se pensar na arquitetura do edifício. Apenas instalar painéis não representa solução.

O funcionário da MARINHA DO BRASIL mencionou que o custo da tecnologia impede a difusão da tecnologia. O Software BIM é modelo para útil o desenvolvimento de projetos prediais.

- c. Quais tecnologias mais eficientes têm maior potencial de penetração na indústria brasileira, considerando: tecnologias atualmente disponíveis e tecnologias em estágio piloto?

De acordo com o representante do MEC, parceria com o SENAI identificou a necessidade da formação de novos profissionais, com destaque para as áreas

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

de biogás, biometano e biocombustíveis, bem como para o setor fotovoltaico, eólico e da eficiência energética.

Para o representante da MARINHA DO BRASIL, dentre as tecnologias de maior potencial estão a solar e o desenvolvimento de gerador de ímã permanente para geração de energia elétrica.

- d. Quais as perspectivas de longo prazo para uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira? Quais perspectivas de competitividade desta tecnologia? Quais condicionantes presentes?

A representante da EMBRAPII alegou que a lógica da indústria é custo e o carvão vegetal tem desvantagem neste segmento. Logo o incentivo do governo deve nortear investimentos. A Votorantim tem buscado a eficiência energética, mas ainda é muito marginal e o impacto, pequeno. A discussão sobre tecnologias nos circuitos que a participante está inserida tem sido muito pequena.

- e. Quais as perspectivas de produção de polímeros a partir de insumos como nafta, gás natural e renováveis e quais condicionantes estão presentes nesse sentido? Que cenários são plausíveis?

Sem contribuições registradas.

- f. Quais as perspectivas de produção de biofertilizantes, adubação orgânica e outras alternativas ao consumo de fertilizantes tradicionais? Qual horizonte de penetração e condicionantes presentes?

Para o representante do MEC, com o desenvolvimento da indústria de biogás, biometano, tende a haver um grande desenvolvimento da produção de biofertilizantes no País. A demanda por este produto crescerá bastante, em função da expansão da agricultura.

9. Adicionalmente, é importante destacar a existência de um conjunto de perguntas extras que poderiam eventualmente compor o debate na parte da manhã, mas que tiveram sua inclusão prejudicada em virtude da insuficiência de tempo na parte da manhã ou pela ausência de atores-chave no debate (a despeito de terem sido formalmente convidados pelo MME). Assim, desse conjunto de perguntas, apenas uma teve, de fato, contribuição registrada.

- a. Quais as possibilidades do uso de resíduos como fontes de calor/cogeração?

Sem contribuições registradas.

- b. Quais as perspectivas e a velocidade de penetração da indústria 4.0 e seus impactos?

A funcionária da EMBRAPII informou que o MCTIC tem estudo sobre indústria 4.0. É um estudo muito novo e muitas indústrias ainda não estão antenadas no

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

assunto. As empresas de software, integração e de máquinas e equipamentos são as que terão um impacto maior. Essas empresas que irão ofertar para as médias empresas. Mencionou que o MCTIC tem em desenvolvimento o Plano Nacional de IoT (internet das coisas).

O representante do MEC mencionou o PITAQ I.4.0 - parceria com a Alemanha para a formação de profissionais para a indústria 4.0 (MEC, MDIC, MCTIC e CNI). Esta ação tem como fase necessária a capacitação de professores.

10. Por fim, no que tange ao tema Mercado Livre, o funcionário da MARINHA DO BRASIL fez questão de ressaltar que órgãos federais não podem entrar no mercado livre, e isso deveria ser possível. É um gargalo criado pela ANEEL pela necessidade da abertura de conta no Banco Bradesco.

11. Na **Mesa 2** foi tratado o tema **USO FINAL DE ENERGIA: TRANSPORTES**, coordenado por Giovanni Machado (EPE) e secretariado por Allan Parente (Consultor Técnico GIZ). A mesa contou também com representantes das seguintes instituições: Ministério dos Transportes; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Ministério de Relações Exteriores; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea; e, Petrobras. As perguntas seguintes constaram do escopo da discussão da manhã:

- a. Quais as perspectivas de penetração de eletrificação de transportes no Brasil, seus principais desafios e condicionantes vis-à-vis as estratégias e desafios globais da indústria?

Para orientar os trabalhos, o coordenador da Mesa 2 Giovanni Machado (EPE) realizou uma apresentação sobre aspectos conceituais e gerais sobre a eletromobilidade, focando os efeitos das definições de veículos híbridos sobre as expectativas de penetração das tecnologias e os principais desafios para a disseminação da tecnologia no Brasil.

Gregório Araujo (Petrobras) destacou a disputa de mercado entre veículos híbridos e elétricos. Relatou que, de acordo com estudos da Bloomberg, a expectativa de entrada plena dos veículos elétricos ocorreria a partir de 2040, com a queda de preço desses veículos. Acrescentou que, para o Brasil, a Petrobras vê uma penetração dos veículos elétricos entre 10-20% do licenciamento total no mesmo horizonte. A evolução do modelo de negócios (posse x compartilhamento) será essencial na definição da entrada da eletromobilidade, assim como a disponibilidade de infraestrutura pública. Francisco Miller (Petrobras) destacou que, para o consumidor privado (residencial), existem os desafios da aversão ao desembolso inicial e da preferência de alocação da renda disponível. Gregório Araujo (Petrobras) apontou também a possibilidade de difusão de ônibus elétricos em centros urbanos, sem a fase de hibridização, ressaltando que há o desafio regulatório da substituição do ônibus elétrico (substituição a cada 5 anos e valor residual para a revenda).

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

Fabiano Pompermayer (IPEA) ressaltou que 80% da frota de veículos é popular, havendo barreira de preço para disseminar as novas tecnologias. Entende que nas frotas cativas/serviços (Uber, Lift, etc.) a tecnologia híbrida será favorecida, pois os veículos elétricos precisam para recarregar. No caso de coletivos urbanos e carga, os fatores relevantes são outros: há nichos potenciais. Caminhões grandes não têm tantos ganhos energéticos na eletrificação, visto que já operam com maior eficiência e, em estradas, não utilizariam tanto os recursos de frenagem regenerativa, etc. Há potencial para trens elétricos e interregionais. Por fim, o *hyperloop*, se comprovada a comercialidade, poderá afetar a indústria de aviação.

Gustavo Rosa (Ministério de Relações Exteriores) arguiu sobre a fonte primária que permitirá a eletromobilidade, ressaltando que, a depender da origem, a vantagem pode não ser significativa. Enfatizou a diversidade energética do Brasil e os posicionamentos do Brasil nas negociações de mudanças climáticas, os quais impactariam o ritmo de entrada dessas tecnologias (há alternativas energéticas para atendimento da NDC e a questão do uso do solo tem papel relevante). Brasil também tem interesse em utilizar seus recursos petrolíferos antes do pico de demanda, havendo uma janela de oportunidade para o país.

Katia Matsumoto (Ministério dos Transportes) afirmou não haver tanto espaço para a eletrificação de ferrovias no caso inter-regional. Enfatizou que a mudança modal de grandes cargas em favor do ferroviário e do aquaviário, substituindo o rodoviário, já seria um avanço significativo no tocante à eficiência. Esse processo já está em curso, apesar dos atrasos que ocorreram. Fabiano Pompermayer (IPEA) reforçou esse ponto destacando que os marcos regulatórios já foram ajustados e que há um ambiente de negócios mais favorável para os investimentos nesses modais.

- b. Quais oportunidades para inserção do país na cadeia que etapas da cadeia de produção de baterias de veículos? Desafios das etapas de Descarte, Coleta, Reciclagem e Descomissionamento? “*Second-life*”?

Gregório Araujo (Petrobras) identificou oportunidades de negócios em refinarias: negro fumo como elemento de baterias; e “*second-life*” relacionado à expansão de Geração Distribuída – GD (solar).

Francisco Miller (Petrobras), Gustavo Rosa (Ministério de Relações Exteriores) e Fabiano Pompermayer (IPEA) destacaram o desconhecimento sobre a geologia do lítio, níquel e terras raras no Brasil. Questionaram acerca da possibilidade de se desenvolver a cadeia de valor de baterias no país. Pode ser oportunidade, apesar dos desafios. A reciclagem de baterias também pode ser importante para não se tornar limitação de oferta e reduzir custos (atualmente, reciclagem é feita no exterior).

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

- c. Quais as perspectivas de substituição modal para transporte de carga (ferroviário e aquaviário) e urbano (metroviário, VLT, trem urbano/interurbano, rápido)?

Katia Matsumoto (Ministério dos Transportes) ressaltou que há espaço para aumentar a participação dos modais ferroviário e aquaviário para o transporte de carga no Brasil. O Plano Nacional de Logística - PNL foi aprovado em 2 de julho de 2018, pela Resolução Nº 45 do Conselho do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República, visando soluções que propiciem condições capazes de incentivar a redução dos custos, melhorar o nível de serviço para os usuários, buscar o equilíbrio da matriz, aumentar a eficiência dos modos utilizados para a movimentação das cargas e diminuir a emissão de poluentes. O PNL está sendo implementado e o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil publicou a Portaria nº 235/2018, que estabelece a Política Nacional de Transportes – PNT, prevendo que os estados, o Distrito Federal e os municípios devem considerar os princípios, objetivos e diretrizes fundamentais estabelecidos em seus planejamentos setoriais, planos e programas de logística e transportes de pessoas e bens.

Enfaticizou que também foi implementado, pela Secretaria de Portos da Presidência da República - SEP/PR, o Porto sem Papel, que consiste em um sistema de informação que tem como objetivo principal reunir em um único meio de gestão as informações e a documentação necessárias para agilizar a análise e a liberação das mercadorias no âmbito dos portos brasileiros. Ou seja, a questão da eficiência dos portos já foi endereçada.

Gregório Araujo (Petrobras) observou a necessidade de destravar aspectos da infraestrutura como um todo, bem como os aspectos regulatórios. É preciso estabilidade e *funding*.

Fabiano Pompermayer (IPEA) concordou com a visão do Ministério dos Transportes de que os projetos de concessão estão acontecendo e destacou que o aquaviário (contêiner) está crescendo a 10% a.a. Considera que o ferroviário crescerá no teto do PNL e que o aquaviário deve ficar no piso do PNL. No transporte urbano, há o desafio da integração dos modais e se deve ficar atento aos ônibus híbridos ou elétricos (nichos importantes em cidades com alto índice de poluição).

- d. Quais perspectivas de utilização de GNV, GNL, Biogás e Biocombustíveis Avançados para transporte em veículos pesados?

Gregório Araujo (Petrobras) levantou a questão dos limites de 7% do biodiesel por transesterificação do na Europa e que será necessário buscar as rotas avançadas (HVO e FT, por exemplo). Biogás nos transportes deverão ser nicho de mercado em função da disponibilidade e não uma solução global. Há grande potencial no setor sucoenergético no Brasil, que poderá ser utilizado

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

regionalmente (sobretudo em frotas próprias e máquinas e equipamentos agrícolas). Tem visão conservadora sobre o potencial de GNV e o GNL nos transportes no Brasil: molécula cara e malha restrita (nos EUA, molécula barata e malha ampla).

Adicionalmente, a discussão na parte da tarde focou as seguintes questões:

- a. Qual é a perspectiva da tecnologia *Hyperloop*?

Todos concordaram que se trataria de uma tecnologia disruptiva, ainda que haja desafios de economicidade a serem verificados. A recomendação é acompanhar o desenrolar dos projetos no exterior e aprofundar os estudos sobre essa alternativa.

- b. Qual é a perspectiva da entrada de GNL como combustível de navios a fim de reduzir as emissões de gases de efeito estufa associadas à navegação internacional?

Todos concordaram que existe potencial no longo prazo, sendo necessário acompanhar o mercado.

12. O assunto da **Mesa 3** foi **“GERAÇÃO CENTRALIZADA”**. Com coordenação de André Luiz Rodrigues Osório e secretariado por Aline Gomes, ambos da EPE, a mesa contou com representantes das seguintes instituições: ABDAN, ABCM, Eletronuclear, Petrobras, MIDIC, ABINEE. As perguntas seguintes constaram do escopo da discussão da manhã:

- a. Quais as perspectivas de redução do tempo de construção na adoção de reatores modulares para geração nuclear? E usinas flutuantes para essa tecnologia?

ABDAN abordou o caso do projeto de pesquisa para propulsão do submarino nuclear desenvolvido no país pela Marinha do Brasil. Este projeto está em desenvolvimento no país e utiliza um pequeno reator que é a base tecnológica para as demais aplicações para reatores modulares como, por exemplo, os SMR's. Foi comentado sobre a experiência russa com o navio nuclear que tem a capacidade de atingir regiões remotas do país.

ABINEE questionou se realmente haverá uma redução significativa no tempo de construção de uma planta usando pequenos reatores. O tempo de construção foi apontado como um grande desafio a ser superado. Atualmente as plantas de Geração III e III+ possuem um tempo de construção de 7 a 10 anos.

Eletronuclear destacou que o princípio de funcionamento dos reatores modulares (Geração III+), incorpora todas as modificações propostas pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) após o acidente de Fukushima em 2011. O princípio de proteção passiva e onde dentro do mesmo

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

vaso de pressão engloba todos os itens necessários para o resfriamento da chamada “ilha nuclear”.

A Eletronuclear ainda assinalou que a geração em locais mais distantes ou em locais desconectados ao sistema de transmissão, podem ser usados separados ou em conjunto com o módulo a partir de 40 MW. Esses pequenos módulos de geração, segundo a Eletronuclear, possuem investimentos mais racionais, menores tempos de construção e riscos operacionais controlados. Ainda incorporam sistemas passivos de segurança, não necessitam de energia externa para o sistema de segurança. O tempo de construção, pela avaliação da Eletronuclear é de 5 a 7 anos de construção para não modulares (descontados a fase de licenciamento e pré-operacional) e de 2 a 3 anos de construção para os modulares (SMR).

MCTIC mencionou que a potência suportada por um pequeno reator para propulsão é de até 70 MW. O investimento é de cerca de 2 bilhões de dólares para estes reatores de potência com tecnologia nacional. A questão colocada foram os requisitos para dotar o Brasil capaz de absorver a tecnologia do SMR para geração elétrica. É uma solução que depende de certificação da CNEN com base na experiência operacional internacional e principalmente o comportamento dos custos de investimento. Segundo o MCTIC esta tecnologia ainda se apresenta como uma dúvida para o longo prazo e não se revela no curto prazo como uma solução economicamente viável.

Segundo a Petrobras a questão primordial é a tratativa dos custos.

- b. Qual o impacto das inovações tecnológicas após o acidente de Fukushima nas novas plantas nucleares em construção com o respectivo custo associado?

ABDAN destacou que não houve inovações, mas sim elementos que modificaram os padrões de segurança com rebatimento na elevação dos custos de produção. Segundo a ABDAN os custos variam com a localidade (países), ou seja, países que atualmente estão incentivando e construindo mais usinas como China, Rússia, Coreia do Sul e Índia apresentam custos em patamares mais baixos que Reino Unido e países ocidentais. Isso se deve ao menor valor de O&M, modularidade dos reatores, “standartização” e padronização.

Ainda segundo a ABDAN existe uma forte rejeição da opinião pública com relação à fonte nuclear principalmente após o acidente de Fukushima. Cabe, conforme assinalou a ABDAN, aos governos conscientizarem a população comum sobre os benefícios desta fonte de geração e seu efeito multiplicador para a sociedade.

O representante da Eletronuclear afirmou que um acidente das proporções de Fukushima não aconteceria em usinas mais modernas devido às correções de projeto que ocorreram por recomendação da AIEA e outros organismos

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

internacionais. No âmbito nacional, as plantas de Angra I e II sofreram auditoria desses órgãos e foram realizadas as modificações necessárias para aumento de redundância e segurança dos processos. No que tange aos custos das plantas em construção, a Eletronuclear acredita que em muitos países já retornaram aos níveis pré 2011. As novas usinas nucleares já incorporam todos os sistemas de segurança necessários após o acidente de Fukushima.

A KPMG questionou se o custo do CAPEX aumenta sensivelmente após o início de construção. A resposta dada pela Eletronuclear é que os custos são sempre revistos. No caso das plantas já em operação os custos aumentam na medida em que há a necessidade de troca de componentes sensíveis, ou seja, em Angra I, por exemplo, houve recentemente a troca de alguns componentes como o gerador de vapor e o vaso do reator, isso em contrapartida eleva a eficiência da planta e aumenta a vida útil.

A Petrobras afirmou que existe o risco em se fazer planejamento da tecnologia nuclear, pois ao longo dos anos, se houver qualquer acidente no mundo ligado à energia nuclear, isso pode afetar os custos e o programa nuclear. Isso de certa forma ocorreu recentemente com o acidente de Fukushima.

O representante da Petrobras mencionou ainda que os custos devem ser comparados aos custos das fontes alternativas já que as mesmas vêm apresentando custos decrescentes e se faz necessário que haja uma curva de aprendizado para a queda dos custos das nucleares inclusive.

c. Quais perspectivas e potencial para fusão nuclear no mundo e no Brasil?

Para o MCTIC, o Brasil teria que participar como financiador do Reator Internacional Termonuclear Experimental (ITER). O ITER conforme o MCTIC se baseia em um grupo de países industrializados e desenvolvedores de um projeto que procura viabilizar a geração de energia em larga escala a partir da fusão magnética, com fins pacíficos. Ao longo do tempo, mais países aderiram ao projeto. Hoje, 35 países compõem o ITER.

A Eletronuclear informou que o custo para o Brasil participar do projeto ITER como financiador custaria aos cofres cerca de R\$ 1 bilhão.

A perspectiva é de que o primeiro plasma seja gerado somente em 2027. Na visão da Eletronuclear seria possível a construção do reator no horizonte de 2050.

d. Quais as perspectivas na utilização de biomassa em processo de “co-firing” com carvão pulverizado?

O representante da ABCM indagou ser uma medida de mitigação de emissões, e que o desafio maior está relacionado ao custo e à distância do transporte da biomassa ao seu local de uso. A perspectiva é de que se pode gerar até 8GW,

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

com 30% de uso de biomassa segundo tese da de um doutoramento (Suzane) que ocorreu na COPEE.

Na visão da ABCM o carvão sofre um problema de estigma, assim como a energia nuclear, mesmo com as altas dimensões de seu uso no âmbito global.

e. Qual o cenário tecnológico para projetos de gaseificação de carvão no país?

A ABCM informou que Índia, China e EUA estão investindo em tecnologias para gaseificação. O representante da ABCM ressaltou que o carvão nacional foi submetido para teste no Japão visando o uso para gaseificação.

Foi apontado ainda pela ABCM que a China importa gás sintético da Mongólia a preços competitivos, e que é utilizado em diversos setores. Dependerá do interesse do Brasil em integrar esse modelo internamente.

A Petrobras declarou que a gaseificação dependerá do planejamento da matriz energética que o Brasil deseja e que o armazenamento de energia deverá ser considerado também.

f. Qual o potencial de uso de captura de CO₂ no Brasil?

A ABCM ainda prevê que a perspectiva é de que até 2030/2035 essa alternativa atingirá maturidade tecnológica. As principais tecnologias associadas ao CCS são:

- Oxy fuels
- Pré combustão com gaseificação
- Absorção química com aminas
- Adsorção

A ABCM não vê campo para o uso de IGCC no Brasil, a não ser que a rota tenha o menor custo para a captura de CO₂.

g. Questões adicionais: Eólica Off-shore

A Petrobras ressaltou que é preciso considerar as outras fontes modulares em conjunto, como por exemplo, os sistemas híbridos offshore. Ressaltou o grande potencial no longo prazo da fonte e que acredita em um desenvolvimento tecnológico grande para a eólica offshore

O representante da Petrobras informou que no Nordeste, com até 30 metros de lâmina d'água, existe potencial de suprir toda potência gerada no país atualmente. Indicou que existe a vantagem de plantas próximas a carga, que encerra por reduzir custos de transmissão e perdas.

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

Para conhecimento, foi assinalado que a turbulência off-shore é metade da turbulência em terra, que no Brasil é baixa, o que possui potencial de reduzir custos do equipamento.

h. Desafios tecnológicos de cada fonte:

- Carvão:
 - ABCM
 - Chegar com rampa de resposta o mais flexível possível ao sistema.
 - Menor CO2 por KW gerado
 - ABINEE
 - No Brasil, a balança é negativa por conta dos módulos fotovoltaicos, existe fabricação de módulos no Brasil, mas as células são importadas, o que eleva o preço dos módulos nacionais, quando comparados aos módulos chineses, que têm subsídios na China.
- Nuclear:
 - Eletronuclear
 - Aceitação pública
 - Redução no prazo de construção
 - Questões de rejeito
- Gás:
 - Petrobras
 - Quantificação dos custos operacionais, quando integrado às fontes variáveis.

13. Na parte da tarde, foram recebidas sugestões de uma inovações e tecnologias que não foram abordadas na parte da manhã. Dentre as respostas, foram consolidados cinco pontos importantes:

- A eólica offshore fazendo parte de nossa matriz de geração de energia
- A tecnologia de geração de eletricidade a partir de concentrador solar-heliotérmico
- Desenho de mercado: Qualquer tecnologia pode ou não ser viabilizada, dependendo do desenho de mercado. Sabendo que temos desejos ilimitados, mas recursos escassos, é preciso que a matriz minimize custos de operação no longo prazo.
- Pouco explanado sobre energia renovável {eólica, solar (fotovoltaica, heliotérmica), térmica, energia oceânica), armazenamento de energia baterias

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

- Projeto de mini-usinas nucleares utilizando-se o gerador termonuclear que foi desenvolvido pelo CTMSP/IPEN. Tecnologia 100% nacional. Pode ser usada para dessalinizar água do mar
- Tecnologia de perovskita para geração fotovoltaica
- Térmicas com solar concentrada - híbrida

14. O assunto da **Mesa 4** foi **ATENDIMENTO AO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA: MICRO/MINI GERAÇÃO**. Com coordenação de Gabriel Konzen, da EPE, e secretariado de Lucas Marroques, do MME, a mesa contou com representantes das seguintes instituições: Cepel, MCTIC, ONS, GIZ, ABDI, CPI/PUC-Rio, BNEF, CCEE, Petrobras, MPDG, Marinha, CGEE, ANEEL, KPMG e MME. As perguntas seguintes constaram do escopo da discussão da manhã:

- a. Qual é o estado das tecnologias de sistemas de armazenamento (EM DISTRIBUIÇÃO) de energia em baterias e o respectivo potencial de atendimento para a expansão do setor elétrico brasileiro?

De modo geral, o grupo concordou que as baterias “atrás do medidor” já são uma realidade tecnológica, e que economicamente deve se viabilizar no horizonte do PNE. Dessa forma, são necessárias mudanças regulatórias para permitir e acomodar essa inovação no sistema elétrico.

A Bloomberg New Energy Finance fez um estudo que apontou que a matriz elétrica nacional em 2050 terá 381 GW instalados. Desse total, 39% será composto por de geração distribuída fotovoltaica. Adicionalmente, 11% será de baterias de pequeno porte (*behind-the-meter*). Na visão da BNEF, as baterias serão principalmente de íon-lítio e entrarão no mercado brasileiro principalmente após 2030.

A ANEEL declarou que a modicidade tarifária será obtida através da inovação regulatória. Dessa forma, é necessário alterar o modelo do setor elétrico para recepcionar as novas tecnologias. Adicionalmente, se disponibilizou em enviar uma Nota Técnica que consolida todos os projetos estratégicos de armazenamento.

Diversas instituições se disponibilizaram a enviar material sobre o tema:

- MCTIC desenvolveu um estudo com um levantamento tecnológico sobre baterias.
- ONS pode enviar o Plano Diretor de Desenvolvimento Tecnológico.
- Cepel também dispõe de um levantamento sobre o estado da arte de baterias.

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

- KPMG dispõe de um estudo sobre o potencial de atendimento com baterias.
- b. Quais as perspectivas e condicionantes para penetração de redes inteligentes no Brasil? Que horizonte seria viável?

Em geral, o grupo teve dificuldade para definir as perspectivas objetivas de redes inteligentes no Brasil, porque é um conceito amplo que envolve diferentes tecnologias. O que se entende é que a implementação será feita em várias etapas. Com a geração distribuída, entende-se que a distribuidora “perde” parte do controle da sua rede. As redes inteligentes auxiliam a recuperar essa “perda” de controle.

A COPEL declarou que atualmente já é possível colocar os investimentos em redes inteligentes na sua base de remuneração. Portanto, esse não é um entrave. Em termos de perspectivas, atualmente estão implantando religadores inteligentes, que deve ser concluída até 2019. Após 2020 haverá um esforço em outro pacote de aprimoramento na comunicação com demais equipamentos. Adicionalmente, a instituição ofereceu enviar os documentos dos dois pacotes de projetos de P&D relacionados com o tema.

A ANEEL defendeu que a mudança para redes elétricas inteligentes se inicia na troca do medidor de energia, para o inteligente. Bidirecional, comunicável. Em relação ao seu financiamento, defendeu que a decisão deve ser feita de forma democrática, junto aos consumidores, e não via imposição.

O ONS levantou a questão do papel proativo do consumidor nesse contexto, o 'prosumidor', em conjunto com os veículos elétricos, deve ser otimizado pelas redes inteligentes. Citou também a iniciativa da EDP com a inserção de medidores com uso de tecnologia *blockchain*.

Adicionalmente, diversas instituições se disponibilizaram a enviar material sobre o tema:

- ABDI;
 - MCTIC;
 - CEPEL;
 - KPMG.
- c. Há perspectivas de impactos da introdução de redes inteligentes sobre a penetração de geração distribuída e uso eficiente de energia no Brasil?

De modo geral, o grupo concordou que as redes inteligentes podem trazer impactos positivos na penetração de redes inteligentes. Há uma discussão de que existe um limite para operar redes de distribuição com a presença de geração distribuída. Nesse sentido, as redes inteligentes podem permitir

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

umentar essa parcela de geração distribuída sem trazer efeitos adversos à rede. Adicionalmente, a geração distribuída pode fornecer serviços à rede.

Algumas instituições se disponibilizaram a enviar material sobre o tema:

- MCTIC
- PUC-RIO

15. Na parte da tarde, foram recebidas sugestões de inovações e tecnologias que não foram abordadas na parte da manhã. Dentre as respostas, foram consolidados cinco pontos importantes:

- a. Indústria 4.0 – Se entende que há diversas tecnologias que integradas vão revolucionar o setor de energia. São elas: *Big Data*, *Blockchain*, Internet das Coisas e Agregadores. Essas tecnologias irão permitir que a geração distribuída possa participar mais ativamente do setor de eletricidade, ofertando serviços em mercados ou vendendo energia diretamente a outros consumidores.
- b. Mercado Livre – A expansão do mercado livre também pode ter um impacto no setor, uma vez que os níveis menores de acesso podem permitir que cada consumidor escolha seu fornecedor de energia. Em conjunto com o item anterior, poderemos comprar energia de nosso vizinho?
- c. Hidrogênio – Apesar do avanço das baterias eletroquímicas, ainda se percebe grande desenvolvimento e potencial no setor de hidrogênio, tanto para mobilidade, como para aplicações estacionárias.
- d. Eficiência em Refrigeração – Tecnologias inovadoras de refrigeração ambiental, como a solar, também podem desempenhar papel importante no setor de energia.
- e. Resposta pelo Lado da Demanda – Um recurso pouco explorado no país, mas que tem potencial. Para aproveitá-lo melhor, é necessário criar mecanismos de incentivo como tarifas inteligentes. Adicionalmente, conforme mencionado anteriormente, a internet das coisas pode facilitar a gestão de eletricidade, e agregadores podem juntar consumidores para ofertar serviços baseados em resposta da demanda de seus clientes.

16. O assunto da **Mesa 5** foi **PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS**. Com coordenação de Marcos Frederico Farias de Souza (EPE), que foi secretariado por contou com representantes das seguintes instituições: MRE, Abiogás, Copelmi, IPEA, CNPEM/CTBE, BER/GFA (não tenho certeza se é isso), GIZ, Petrobras, UNB, CGEE e MME. As perguntas seguintes constaram do escopo da discussão da manhã:

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

- a. Quais são as expectativas de exploração de gás natural não convencional no Brasil no longo prazo?

A EPE apontou que é preciso contornar o viés do "não fazer" do setor ambiental. Avaliar como fazer em áreas já concedidas.

O IPEA, por meio de José Mauro, destacou que o grande problema do aproveitamento do gás natural não convencional é político, pois há proibição de exploração/perfuração. A visão dele é de que é preciso fazer a separação do que é problema tecnológico, e do que é problema político. O IPEA publicou um documento denominado "Desafios da Nação", que é um estudo em 17 áreas, por meio de 40 pesquisadores internos e externos. Na área de Petróleo e Gás, foi estudada a questão do conteúdo local, do ambiente tecnológico e o esclarecimento sobre o Gás não convencional.

A Copelmi enfatizou que é importante observar a movimentação da Petrobras e desmistificar a questão da perfuração e do *Shale-Gas*. Para a empresa, o governo precisa ser indutor seja na parte geológica e metodológica para o desenvolvimento dessa indústria. Levantou a seguinte questão: dado que a viabilidade da exploração do potencial hidrelétrico brasileiro está cada vez mais difícil, qual combustível será usado como geração de base? A empresa entende que é preciso olhar para o Carvão Mineral. Para algumas soluções, como a de Geração de Energia, entendem que pode ser que o Gás não seja a melhor solução, dado o volume dos recursos naturais necessários. O Carvão é o energético mais disponível no Brasil.

A GIZ acredita que é importante fazer referências a nichos de tecnologia e a pontos de cristalização tecnológica.

- b. Quais perspectivas de utilização de soluções como GNL, *scrubbers* e combustíveis destilados no bunker, como forma de melhoria de qualidade de combustíveis marítimos?

A Abiogás mencionou que a palha de cana também deveria ser contemplada como fonte para produção de biogás (falta no PNE).

- c. Quais as perspectivas de produção de hidrocarbonetos líquidos via *Fischer-Tropsch* (distribuída ou não) a partir do aproveitamento do CO₂ da produção de petróleo, da biomassa etc.?

A Copelmi mencionou que a palha de cana também deveria ser contemplada como fonte para produção de biogás (falta no PNE). Apontou também a experiência da China com a gaseificação do carvão, que é pouco explorado no Brasil, adotou carvão como dependência energética e química (não entendi esse trecho). Informou que o preço dessa tecnologia inclusive cai cada vez mais e, dado o horizonte e a evolução da tecnologia, esse assunto cabe plenamente. A empresa também mencionou que os industriais discordam da

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

perspectiva de que a Alemanha continuará usando carvão para produzir eletricidade. A própria Copelmi está desenvolvendo projeto para produção de Gás Natural Sintético a partir do Carvão Mineral. Há que se verificar a possibilidade de ofertar gás com base no Carvão.

A Petrobras fez um aprofundamento sobre o assunto de coprocessamento de óleos vegetais em refinarias. É importante levar em consideração parte das pesquisas da retrocrescimento de microalgas para geração de biocombustíveis.

A Abiogás mencionou que não adianta olhar o preço de GNL importado em longo prazo e que tratar sobre preços para o horizonte de 2050 é irrelevante.

A GIZ informou que a mistura de bunker com combustíveis sintéticos, além do hidrocarboneto sem contaminantes, podem ser algo a se considerar. Pode-se utilizar sobras (junto com usinas FRE que gerem hidrogênio) para produzir o combustível de interesse e reatores microestruturados que fazem processos em pequenas quantidades. Para a GIZ, talvez o setor petroquímico passe pela descentralização. Ressaltou a importância de se dar atenção a mudanças estruturais por novas tecnologias, como impressoras 3D que imprimem em mais de um material, como plástico e metal. Informou que o horizonte "dinheiro" é irrelevante para esse horizonte, sendo a componente política muito mais importante. O Brasil tem know-how em trabalhar com modelagem de fontes "intermitentes" (quis dizer incertas) com Newave para trabalhar com água, cuja incerteza é em base mensal. E esta modelagem matemática pode ser aplicada para Vento e Luz.

- d. Quais as perspectivas e avanços da penetração de tecnologias para geração de energia elétrica offshore onde o transporte é difícil/inviável economicamente?

A Copelmi mencionou que é possível encarar fontes de energia intermitente como produtora de um novo "combustível", como sendo a própria energia elétrica.

A Petrobras, por meio de Juliana Bevilaqua, citou a ausência de regulação para esta produção e sugeriu que este assunto seja dirigido à mesa 3.

A Abiogás sugeriu, em vez de fazer a Rota 6, trazer Energia Elétrica. Acredita que essa primeira etapa de metas para 2030 pode ser expandida para 2050.

A GIZ mencionou que existe projeto no Mar do Norte de fazer o inverso: usar a energia elétrica como combustível.

- e. Quais perspectivas de entrada de biorrefinarias no longo prazo?

A Copelmi mencionou que é preciso avaliar a questão do ciclo de vida das tecnologias; pensar o Carvão no futuro, assim como o carvão era antes, é irracional.

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

A Petrobras informou que biorrefinaria já existe: usinas de cana-de-açúcar. Aproveita-se tanto o caldo da cana quanto o bagaço, a palha e a vinhaça.

A Abiogás mencionou que há exemplos de usinas no RS que trabalham com fermentação, biogás e biometano. Então não é algo distante.

A GIZ mencionou que é importante levar em consideração números absolutos: quantos litros são produzidos de alguma coisa? Quantos MW? Quantos são? Então é importante avaliar cada questão em termos numéricos. A eletrificação do transporte não traz somente mudanças na questão do transporte, mas em diversas outras frentes tecnológicas, como a redução de pressão por transmissão de energia elétrica, por servir de armazenamento em pequena escala. Para a GIZ, é necessário considerar a questão do tempo, pois hoje carros elétricos não atendem a grandes distâncias, porém para 2050 não podemos manter essa crença. A tendência na produção de combustível avançado é aproveitar cada forma de produção de combustível: Glicerina do biodiesel, CO2 do Etanol etc.

A GFA mencionou que se deve avaliar a produção de biojet a partir do Etanol como forma de dar utilidade a esse combustível, que pode estar ameaçado com a evolução da eletrificação do transporte. Em termos de se abrir um novo mercado para o Etanol, há biojet e células a combustível.

- f. Questão adicional: A EPE, depois de tratar de todas as quatro perguntas, expôs a seguinte questão (aberta) antecipando a parte da tarde: o que vai ser feito com o CO2 do Pré-Sal?

A Petrobras informou que há uma linha de pesquisa de um projeto na empresa para tratar dessa questão. Ceres Cavalcanti, da CGEE, perguntou sobre material e Marcos Souza, da EPE, ratificou esse pedido. Juliana Bevilaqua, da Petrobras, prometeu encaminhar contato da pessoa responsável sobre o assunto na empresa.

O CNPEM-CTBE mencionou, por meio de Eduardo do Couto e Silva, a integração de cadeias produtivas. Para o Centro, é preciso adotar a premissa de regionalização, pois o conceito de biorrefinaria pode variar de um estado para o outro. Como o Brasil é muito grande, é preciso considerar as vocações e as diferenças regionais. Na indústria da cana, o CNPEM-CTBE tem projeto com PNUD que visa viabilizar a utilização da palha para produção de energia, pois há diversos problemas tecnológicos ainda não resolvidos e que precisam ser incentivados. Atualmente existem iniciativas de desenvolvimento de rotas para produção de biogás, porém é preciso incentivar o desenvolvimento de mais rotas bioquímicas de 2ª e 3ª geração. Em relação a eletrificação e baterias, Eduardo do Couto e Silva mencionou que é importante não importarmos as soluções europeias como se tivéssemos os mesmos problemas que os europeus.

	4º Workshop para Subsidiar os Estudos do PNE 2050	09/11/2018
		Relatório EPE-009/2018

17. Em resumo, pode-se dizer que o 4º workshop, assim como os anteriores, cumpriu integralmente com seu objetivo principal de verificar a abrangência do levantamento de políticas públicas conduzidas pela EPE, identificando as poucas lacunas remanescentes.
18. Subsidiariamente, a reunião ainda possibilitou: o esclarecimento de dúvidas pontuais surgidas na elaboração do levantamento, o estabelecimento de contato com os formuladores de políticas públicas e agentes importantes do setor de energia e, por fim, o nivelamento das informações com interface com as perspectivas de expansão do setor de energia.
19. Dessa forma, a perspectiva de atuação conjunta e coordenada nas discussões e elaboração dos estudos técnicos que subsidiam as políticas das diversas instituições foi apontada como promissora por todos os participantes e fundamentais para o enfrentamento das principais questões do desenvolvimento do País.