



**FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA “MARIANO FERRAZ”
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

**Augusto Colombo de Sousa
Edgard Gonçalves Cardoso
Francisco Lira
Humberto de Souza Megda**

**MERCADO DE ENERGIA
ELÉTRICA E UTILIDADES**

Questionário 1

Objetivo:

Apresentar as discussões realizadas em grupo de estudos para resolução de questões referentes ao mercado de energia.

Orientação: Professor Dr. Hermon Leal Moreira

**São Paulo / SP
2021**

Sumário

1	ORIENTAÇÕES.....	1
1.1	Questão 1	2
1.2	Questão 2	5
1.3	Questão 3	7
1.4	Questão 4	8
1.5	Questão 5	9
1.6	Questão 6	11
2	REFERÊNCIAS.....	13

1 ORIENTAÇÕES

Baseado nos materiais disponibilizados (apresentações, artigo, links, etc.) e na discussão de aula:

- Reúna seu grupo de estudo (em sala);
- Pesquise e discuta cada uma das questões anotando pontos chave, indicando opiniões e baseando-se em dados e nas habilidades do grupo responda as questões de 1 a 6;
- Prepare uma apresentação oral de seu grupo para cada resposta que responderá 2 questões de acordo com um sorteio em sala;
- Anote as sugestões e comentários da apresentação para concluir sua resposta; e
- Redija as respostas finais após discussão e encaminhe com o no dos autores.

Tempo estimado para a atividade: 30 a 45 minutos.

Tempo de apresentação e discussão: 10 a 15 minutos.

1.1 Questão 1

Um mercado de energia elétrica é formado por diversos agentes que compõem um cadeia baseada em um modelo: a) econômico e comercial e b) de infraestrutura física. Em sua opinião, o mercado brasileiro é competitivo? Quando comparado a outros mercados (outros países) é moderno? Quais suas vantagens e desvantagens? Apresente argumentos.

Para responder a esta pergunta, precisamos primeiro estabelecer condições de contorno, visto a ampla possibilidade de interpretação em relação ao exposto.

Então, para a resposta podemos considerar a definição da palavra “competitivo” e potencial de geração de nova fontes e, por conseguinte, com base nas Forças de Poder, a inserção de novos entrantes no mercado.

Definição: com-pe-ti-ti-vo, (competir + -tivo), adjetivo: 1. Relativo a competição; 2. Que tem características que permitem ter bons resultados face à concorrência (PRIBERAM, 2021).

O sistema de energia do Brasil é caracterizado por sua abundância de energia hidrelétrica geração, que junto com outras tecnologias de energia limpa a tornam um dos sistemas de energia menos intensivos em carbono em todo o mundo. Em primeiro 10 meses de 2020, energia hidrelétrica, nuclear, eólica, solar fotovoltaica e biomassa representaram cerca de 90% da geração total, alta de 2% no mesmo período em 2019. Isso foi impulsionado principalmente por um aumento proporcional na geração de energia hidrelétrica, aumentos marginais em energia solar fotovoltaica e eólica geração e a resposta à pandemia Covid-19 (IEA, 2020).

No que diz respeito às mudanças ano a ano na geração por tecnologia, a energia solar PV viu o maior aumento. Produção fotovoltaica solar nos primeiros 10 meses de 2020 foi 26% maior do que no mesmo período de 2019, principalmente impulsionado pelo rápido aumento da capacidade instalada sob o esquema de *netmetering* do país. No entanto, ainda se espera que a energia solar fotovoltaica contribua apenas um pouco mais de 1% da geração total em 2020 (IEA, 2020).

Considerando os fatores supracitados e a condição de contorno sendo denominada como potencial de crescimento e, conseqüentemente competitividade, pode-se afirmar que o mercado de energia brasileiro é competitivo.

Em 05/07/2017, o Ministério de Minas e Energia (MME) lançou a Consulta Pública (CP) 33/2017, cujo objetivo era colher contribuições da sociedade em geral acerca das propostas de aprimoramento do marco legal do setor elétrico, apresentadas por meio da Nota Técnica 5/2017/AEREG/SE.

Dentre as várias propostas de modernização feitas, um conjunto delas tem como foco a formação do preço da energia elétrica – o qual tem correlação direta com a forma com que o mercado desse insumo está organizado, com o cálculo dos custos associados à operação do sistema e com a forma de atuação do regulador.

A título de comparação, durante a década de 90, iniciou-se o processo de reestruturação do setor elétrico na Califórnia, uma vez que se considerava que: o sistema verticalizado existente no estado não estava operando de forma eficiente; os custos estavam bastante elevados; e não havia incentivos suficientes para a instalação de novas usinas de geração (FREIRE, 2019).

Considerando o exposto, podemos verificar que o Brasil é um mercado em transição.

Algumas vantagens do mercado de energia no Brasil:

- Investimento em fontes limpas, como a eólica, a solar e o gás natural, em uma tendência que deverá se manter nos próximos anos;
- A petrolífera britânica BP aponta que o consumo total de energia no Brasil deverá crescer 2,2% ao ano até 2040, o que se traduz em um índice acima da média global de 1,2% ao ano, com destaque para a energia nuclear (4,5%), as renováveis (4,5%) e o gás (3,4%) (FREIRE, 2019);
- Diversificação das fontes energéticas;
- A priorização de hidrelétricas a fio d'água em detrimento da construção de reservatórios, que ajudam a regular a vazão.

Algumas desvantagens do mercado de energia no Brasil:

- Comprometimento da oferta de energia gerada pelas hidrelétricas;
- Retomada da construção de Angra 3 e novos investimentos nas nucleares (decisão que vai na direção contrária da adotada em países desenvolvidos);
- Maior uso das térmicas, em especial as movidas a óleo diesel;
- A dependência da fonte hídrica deixa o sistema elétrico brasileiro em um constante dilema: em períodos de regime de chuvas favorável, a geração hidrelétrica entrega a energia esperada e tudo funciona corretamente.

1.2 Questão 2

Uma rede de transporte moderna com inserção de tecnologias modernas de GD (geração distribuída), Smart Grid, fontes alternativas favorece o desempenho do setor elétrico? Sim ou não? Justifique sua resposta indicando, vantagens e desvantagens, prós e contras.

Sim.

O setor elétrico brasileiro está em constante mudança e em iminência de grandes transformações tecnológicas em larga escala. Esta transição tecnológica caracteriza-se na modernização das tecnologias aplicadas na energia elétrica na geração, transmissão, distribuição, visando melhorar o aproveitamento dos recursos da própria rede elétrica com a possibilidade de proporcionar ao usuário final maior participação no planejamento e operação do sistema. Essa nova concepção tecnológica é conhecida como Smart Grid (SANTOS, 2019).

Alguns Benefícios ou vantagens do Smart Grid:

- A seguir estão os benefícios ou vantagens do Smart Grid:
- Reduz o roubo de eletricidade;
- Reduz as perdas de eletricidade (transmissão, distribuição, etc.);
- Reduz o custo da eletricidade, o custo da leitura do medidor, as operações de T&M e os custos de manutenção, etc;
- Reduz as falhas do equipamento devido à operação automática com base em condições variáveis de carga. A resposta à demanda reduz o estresse sobre os ativos do sistema de rede inteligente durante as condições de pico, o que reduz a probabilidade de falha;
- Reduz interrupções sustentadas e reduz os custos de restauração associados consecutivamente;
- Reduz as emissões atmosféricas de CO₂, SO_x, NO_x e PM-2.5. Consequentemente, a rede inteligente contribui para manter o meio ambiente verde;
- Reduz o uso de óleo e apagões em grande escala. Consequentemente, a rede inteligente fornece segurança para as pessoas, fornecendo energia contínua; e

- O smart grid é capaz de atender à crescente demanda do consumidor sem aditar a infraestrutura.

A seguir estão algumas desvantagens do Smart Grid:

- A rede de comunicação contínua deve estar disponível.
- Durante uma situação de emergência, congestionamento ou desempenho da rede são grandes desafios no sistema de rede inteligente.
- Os provedores de rede celular não oferecem serviço garantido em situações anormais, como tempestade de vento, chuva forte e condições com raios.
- Alguns medidores inteligentes podem ser hackeados e usados para aumentar ou diminuir a demanda de energia.
- É caro instalar um medidor inteligente em comparação com o medidor de eletricidade antigo tradicional.

1.3 Questão 3

A eficiência de uma rede elétrica está ligada há algumas característica de desempenho. Caso concorde com a afirmação, indique e exemplifique estes fatores ou características exemplificando sua aplicação em mercados de energia elétrica modernos.

Eficiência comercial e energética seriam obtidas por meio da redução de perdas técnicas e comerciais, melhoria na qualidade da energia disponibilizada ao consumidor e gestão do horário de consumo de energia pelo consumidor (SANTOS, 2019).

No âmbito do Acordo de Paris, o Brasil se comprometeu em reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% abaixo dos níveis de 2005, quando considerado o ano de 2025. Um dos meios para o atingimento da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês) brasileira é alcançar 10% de ganhos de eficiência no consumo de energia elétrica em 2030, passando por 8% em 2025. As contribuições do Brasil tiveram como base os estudos de longo prazo elaborados na EPE, onde foram calculados os ganhos de eficiência até 2050, utilizando-se 2013 como ano-base (EPE, 2021).

A confiabilidade do sistema elétrico aumenta com:

- a interoperabilidade entre os diversos componentes da rede e as subestações;
- gestão de ativos; e
- o planejamento da capacidade de geração, transmissão e distribuição de energia.

A segurança operacional e sistêmica é atingida por meio:

- do controle de acesso dos usuários de rede;
- da redução de energia não distribuída e das perdas por fraudes;
- viabilização da geração distribuída; e
- a gestão para contingências e autorrecomposição.

1.4 Questão 4

Qual o efeito direto da queda de tensão nas redes elétricas, como isso impacta na eficiência energética, e como pode ser solucionado?

Variações de Tensão Sustentadas (longa duração), são aquelas que ocorrem no valor eficaz da tensão (sobretensão ou subtensão), com duração superior a 1 minuto. São causadas principalmente por variações das cargas ao longo de um alimentador (ORIGA DE OLIVEIRA, 2017).

Dentre os aspectos que são regulados e fiscalizados pela ANEEL está o NÍVEL DE TENSÃO em Sistemas de Distribuição de Energia (SDEE), inicialmente regulado pela Resolução ANEEL 505 de novembro de 2001, a qual estabelecia as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente.

Efeitos: regulação de tensão, mau funcionamento de equipamentos.

Possibilidade de solução: Aplicativos computacionais para cálculo de fluxo de carga e Nível de Tensão, através de IA, os quais podem aumentar a confiabilidade do sistema.

1.5 Questão 5

O SEB (Sistema Elétrico Brasileiro) é baseado a) na oferta e demanda e b) no planejamento e operação. Explique como isso funciona.

Com início nos anos 90, a reforma do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), promoveu mudanças significativas no setor, introduzindo mecanismos de mercado, tendo como princípios básicos:

- existência de competição nas atividades de geração/comercialização;
- prevalência do investimento privado;
- atendimento pelo lado da oferta às necessidades de desenvolvimento do Brasil;
- garantia da qualidade do serviço prestado.

Garantir confiabilidade em uma indústria competitiva de energia é por meio do comportamento do consumidor final.

Apesar disso, há dificuldade de se implementar mecanismos que acelerem a resposta do consumidor a variações significativas de preços.

Na revisão do marco institucional e legal do Sistema Elétrico Brasileiro em 2003, foi apresentada, como justificativa, a necessidade de retomada dos investimentos na expansão do serviço de energia elétrica, de modo a corrigir desequilíbrios entre oferta e demanda.

A revisão do marco institucional e legal do Sistema Energético Brasileiro foi estabelecida a competência do Poder Concedente de promover a contratação de energia de reserva.

O planejamento e operação adequados de um sistema de energia elétrica representam um compromisso entre a minimização dos custos de investimentos e operação e o atendimento a padrões de qualidade da energia final entregue ao consumidor, previamente estabelecidos. A qualidade da energia está relacionada com a continuidade no fornecimento e ao cumprimento de requisitos de tensão e frequência (PUC-RIO, 2008).

Cada uma das etapas é descrita a seguir (MARCATO, 2002):

I. Planejamento da operação de médio prazo: nesta fase o horizonte de estudo é de cinco anos, discretizado em etapas mensais. Faz-se uma representação detalhada do processo estocástico de vazões afluentes aos reservatórios e as usinas hidrelétricas que compõem cada sistema são representadas de forma agregada (sistemas equivalentes). Além disto, os sistemas podem trocar energia entre si até um limite máximo de intercâmbio. Desta etapa resulta uma função multivariada que define o valor econômico da energia armazenada em função dos níveis de armazenamento e afluências aos meses passados, chamada Função de Custo Futuro (FCF).

II. Planejamento da operação de curto prazo: o horizonte, neste caso, é de alguns meses e a incerteza relacionada às afluências aos reservatórios é representada através de uma árvore de vazões. Nesta etapa, as usinas são representadas de forma individualizada. O objetivo é, a partir da função de custo futuro gerada pelo modelo de médio prazo em um estágio que coincide com o final do horizonte do modelo de curto prazo, gerar uma função que retrate o valor econômico da água armazenada nos reservatórios em função dos níveis de armazenamento dos reservatórios;

III. Programação diária da operação: nesta etapa, o horizonte é de apenas alguns dias, discretizados em etapas horárias ou de meia em meia hora. Não é representada a incerteza das vazões. Em contrapartida, o parque hidrotérmico é representado de forma detalhada, levando-se em conta as restrições relativas às máquinas e turbinas, tais como: tomada e alívio de carga, faixas operativas das turbinas, entre outras. A rede de transmissão é representada com precisão. A FCF gerada pelo modelo de curto prazo no estágio que coincide com o último estágio do modelo de programação diária é utilizada para se definir as metas de geração de cada unidade geradora.

1.6 Questão 6

A modernização do SEP (Sistema Elétrico de Potência) depende de altos investimentos e aplicação de tecnologia. Baseado no cenário de investimentos a ser realizado no setor, discuta sobre áreas prioritárias de investimento justificando a aplicação destes recursos.

As justificativas para modernização do SEP estão citadas nas questões anteriores, dentre as quais podemos destacar:

- Aumento da confiabilidade;
- Aumento da disponibilidade;
- Melhoria da manutenibilidade;
- Redução de custos;
- Melhoria da eficiência; e
- Aumento da competitividade.

Tais recursos impactam em cenários modernos/futuros, os quais, com base também em (AOKI e TEIXEIRA, 2020), citamos:

- Geração centralizada de grande porte combinada com a geração distribuída (principalmente envolvendo novas fontes renováveis – eólica e solar);
- Mais tecnologias de medição/monitoramento (por exemplo medição sincronizada via GPS (PMUs – Phasor Measurement Units);
- Mais flexibilidades de controle via eletrônica de potência (FACTS, HVDC);
- Sistemas de monitoramento, proteção e controle abrangente –Wide Area (WAMS/WAMPAC);
- Equipamentos com monitoramento remoto e automático (soluções integradas para monitoramento da vida útil dos equipamentos);
- Proteção adaptativa
- Soluções integradas de monitoramento e informação do sistema em tempo real para o isolamento de faltas;
- Soluções integradas de monitoramento para reduzir o furto de energia;

- Sistemas integrados para redução de perdas;
- Confiabilidade preditiva; e
- Geração distribuída.

2 REFERÊNCIAS

- AOKI, A. R.; TEIXEIRA, M. D. **Estrutura do SEP**. Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, p. 33. 2020.
- EPE. **Plano Decenal de Energia - Eficiência Energética e Recursos Energéticos Distribuídos**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. 2021.
- FREIRE, M. L. **Modernização do setor elétrico brasileiro: formação de preço da energia elétrica**. Tribunal de Contas da União. Brasília, p. 34. 2019.
- IEA. **Electricity Market Report**. International Energy Agency (IEA). [S.l.]. 2020.
- LIMA, C. D. C.; MELLO, K.; TEIXEIRA, L. B. Quais são os prós e contras do modelo energético do Brasil. **Sire da Forbes**, 06 Julho 2019. Disponível em: <<https://forbes.com.br/principal/2019/07/quais-sao-os-pros-e-contras-do-modelo-energetico-do-brasil/>>.
- MARCATO, A. L. M. **Representação híbrida de sistemas equivalentes e individualizados para o planejamento da operação de médio prazo de sistemas de potência de grande porte**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Rio de Janeiro. 2002.
- ORIGA DE OLIVEIRA, L. C. **Quedas de Tensão em Redes de Distribuição de Energia Elétrica**. Universidade Estadual paulista (UNESP) Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica - LAQEE. São Paulo, p. 28. 2017.
- PRIBERAM. Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. **Site do Dicionário Priberam da Língua Portuguesa**, 04 Dezembro 2021. Disponível em: <<https://dicionario.priberam.org/competitivo>>.
- PUC-RIO. **Estado da Arte em Planejamento da Operação de Sistemas**. Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio). Rio de Janeiro, p. 30. 2008.
- RF WIRELESS WORLD. Advantages of Smart Grid | Disadvantages of Smart Grid. **Site da RF Wireless World**, 2020. Disponível em: <<https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-Smart-Grid.html>>. Acesso em: 03 Dezembro 2021.
- SANTOS, A. R. S. V. D. Implantação de Smart Grids no Brasil: possibilidades e limitações. **O Comunicante**, v. 9, n. 2, p. 19-28, 2019.