

Sistemas Elétricos de Potência I

PROF. LUCAS CLAUDINO

CONCEITOS

Conhecendo a Disciplina

Temas das aulas



Sumário

Unidade 1 | Introdução aos sistemas elétricos de potência (SEP)

Seção - 1.1 O sistema elétrico de potência (SEP)

Seção - 1.2 Equipamentos elétricos utilizados em SEP

Seção - 1.3 Subestações de energia

Unidade 2 | Análise do sistema elétrico de potência

Seção - 2.1 Sistema por unidade (PU)

Seção - 2.2 Geradores e cargas utilizados em SEP

Seção - 2.3 Introdução ao fluxo de potência



Sumário

Unidade 3 | Sistemas de transmissão em corrente contínua (HVDC)

Seção 3.1 - Introdução aos sistemas de transmissão em corrente contínua

Seção 3.2 - Sistemas HVDC com elo de corrente

Seção 3.3 - Sistemas HVDC com elo de tensão

Unidade 4 | Automação dos sistemas de distribuição de energia

Seção 4.1 - Motivações para a automação do sistema de distribuição de energia

Seção 4.2 - Monitoramento das redes de distribuição

Seção 4.3 - O sistema de gerenciamento da distribuição e suas funções



Você sabe como a energia elétrica chega em sua residência?

6



Fonte: Energês, 2021.



Você sabe a diferença entre Matriz Energética e Matriz Elétrica?

7

Matriz Energética é a representação das fontes de energia (fontes de energia não renováveis e fontes renováveis) disponíveis em um país, região ou estado.



Fonte: Energês, 2021.



Você sabe a diferença entre Matriz Energética e Matriz Elétrica?

A Matriz Elétrica é um conjunto mais restrito de fontes de energia, pois ela abrange somente as fontes de energia responsáveis pela geração de energia elétrica, a eletricidade.

Ou seja, significa dizer que a Matriz Elétrica é o conjunto de fontes de energia elétrica disponíveis para a demanda de um determinado país, estado ou do mundo.

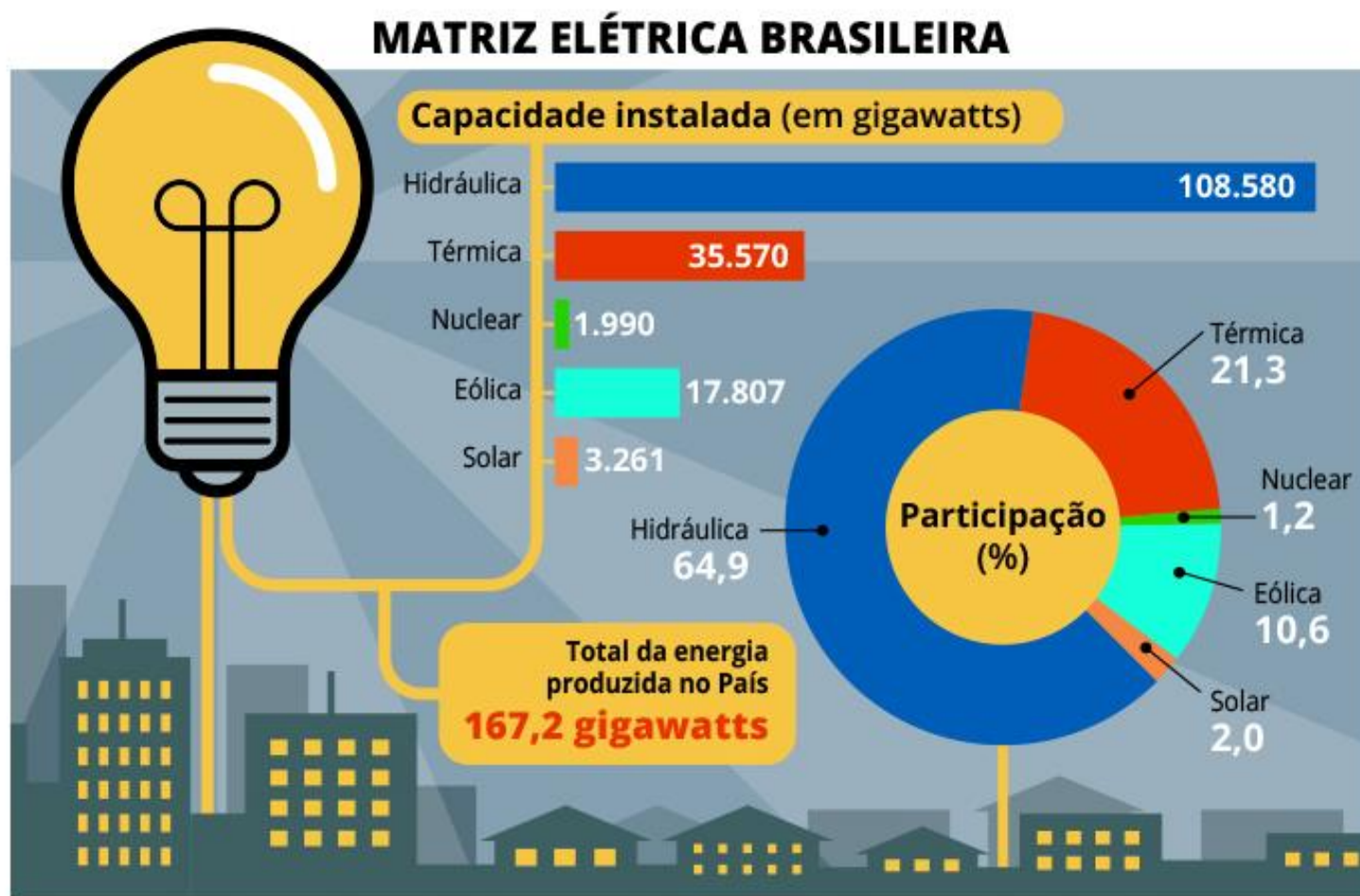


Fonte: Energês, 2021.



Contextualização

9



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) – dados de junho/2021

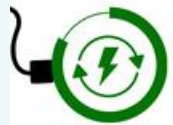
Arte: Thiago Fagundes/Agência Câmara

15/6/2021



Matriz elétrica brasileira:

em busca da sustentabilidade



82,9% da energia elétrica produzida no Brasil vem de fontes renováveis



Trata-se de uma das matrizes mais renováveis do mundo



Energia eólica

representa 10,9% do total e deve chegar a 13,6% em 2025

10,9%

70%

Usinas eólicas respondem por mais de 70% das novas usinas de 2021



Energia solar

representa 2% do total e pode alcançar 2,9% até o fim de 2021

2%

2000%

Energia solar gerada por pequenas centrais cresceu mais de 2.000% nos últimos três anos

200 MW

Apenas em agosto de 2021, entraram em operação mais de 200MW de usinas solares



Incentivo: Governo Federal eliminou impostos de importação para equipamentos de energia solar

BRICS

produção de energia limpa do Brasil é destaque entre os países do bloco



A matriz elétrica brasileira possui hoje 84% de capacidade de geração de energia renovável, enquanto o mundo possui uma média de apenas 27%.

A participação da energia solar na matriz elétrica brasileira aumentou de 1,4%, em 2019, para 6,9%, em 2021. Uma capacidade de geração de cerca de 13 GW, maior do que a da usina de Belo Monte.

A energia eólica também registrou crescimento, atingindo 10,9% de participação na matriz elétrica brasileira, em dezembro de 2021.

Fonte: [Ministério de Minas e Energia](#)

CONCEITOS

O Sistema Elétrico de Potência (SEP)



Definição

- ▶ “Um SEP é um sistema que interliga produtores de energia e consumidores de energia para suprimir a demanda de energia dos consumidores transmitindo essa energia por meio das linhas de transmissão e distribuição, elevando e abaixando os níveis de tensão por meio das subestações de energia e transformadores”
(Silva, 2019).



Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro



Fonte: elaborada pelo autor.

Exercício

14





O sistema elétrico brasileiro é organizado em instituições hierárquicas com papéis bem definidos. Sobre a estrutura do setor elétrico brasileiro, considere as seguintes afirmações:

I – O MME é responsável principalmente por formular, induzir e supervisionar a implementação das ações do governo relacionadas à política energética nacional.

II – A EPE tem como principal atribuição acompanhar o desenvolvimento e as condições de abastecimento do sistema elétrico como um todo.

III – A ANEEL é um órgão responsável pela regulação e fiscalização do setor bem como pela intermediação dos conflitos entre os agentes e consumidores.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas a I é verdadeira.
- b) Apenas a II é verdadeira.
- c) Apenas a III é verdadeira.
- d) Apenas a I e a III são verdadeiras.
- e) Apenas a II e a III são verdadeiras.



O sistema elétrico brasileiro é organizado em instituições hierárquicas com papéis bem definidos. Sobre a estrutura do setor elétrico brasileiro, considere as seguintes afirmações:

☒ I – O MME é responsável principalmente por formular, induzir e supervisionar a implementação das ações do governo relacionadas à política energética nacional.

II – A EPE tem como principal atribuição acompanhar o desenvolvimento e as condições de abastecimento do sistema elétrico como um todo.

☒ III – A ANEEL é um órgão responsável pela regulação e fiscalização do setor bem como pela intermediação dos conflitos entre os agentes e consumidores.

Assinale a alternativa correta.

a) Apenas a I é verdadeira.

b) Apenas a II é verdadeira.

c) Apenas a III é verdadeira.

☒ d) Apenas a I e a III são verdadeiras.

e) Apenas a II e a III são verdadeiras.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Execução de estudos para definição da Matriz Energética e planejamento da expansão do setor elétrico (geração e transmissão)



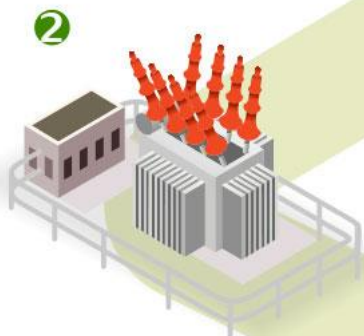
SEP Fisicamente

17

Acompanhe o trajeto realizado pela energia:

Geração

A energia é gerada das mais variadas formas. A matriz energética brasileira conta atualmente com as seguintes fontes em destaque: hidrica/hidráulica (água), termelétrica (gás natural -vapor), nuclear (vapor), eólico (vento), solar (luz do sol), além de outras fontes em desenvolvimento e ainda em menor escala como a biomassa (geração de energia a partir da decomposição de resíduos orgânicos).



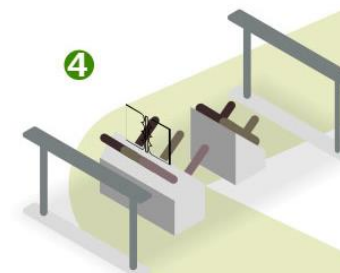
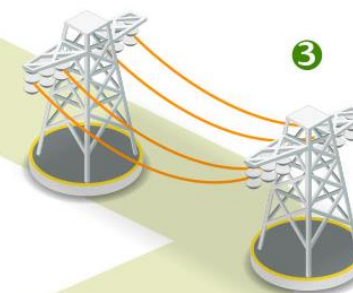
Subestações de Transmissão

Recebe diretamente das usinas geradoras a energia, que passa por Transformadores para aumentar sua voltagem. Em seguida, o caminho será por meio dos fios de alta tensão e torres de transmissão

Fonte: neoenergia, 2021

Transmissão

Etapa que direciona a energia gerada até os grandes centros de consumo. Este caminho é traçado pelas linhas e torres de transmissão, que atravessam diversos estados do País em seu percurso.

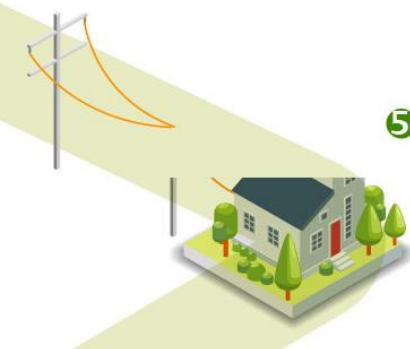


Subestações de Distribuição

Têm o papel fundamental, com os Transformadores de Tensão, de diminuir a voltagem da energia, adaptando à carga necessária para chegar de forma segura ao consumidor.

Distribuição

Garante que a energia chegue às residências, empresas, indústrias, aos estabelecimentos comerciais, postes de iluminação pública, ou seja, ao dia a dia do cliente final. No Brasil, existe o sistema de concessão do serviço de distribuição, onde empresas privadas administram o fornecimento da energia aos consumidores finais, garantindo que estejam abastecidos com regularidade.





SEP Fisicamente

Geração

- Unidades geradoras de grande porte;
- Tensões na faixa de 30kV ou menos;
- Transformar energia primária em elétrica.

Transmissão

- Transportar energia e minimizar as perdas;
- Conectar a geração centralizada aos centros de carga;
- Tensão de 230kV ou mais;
- Subtransmissão: 138kV ou 69kV.



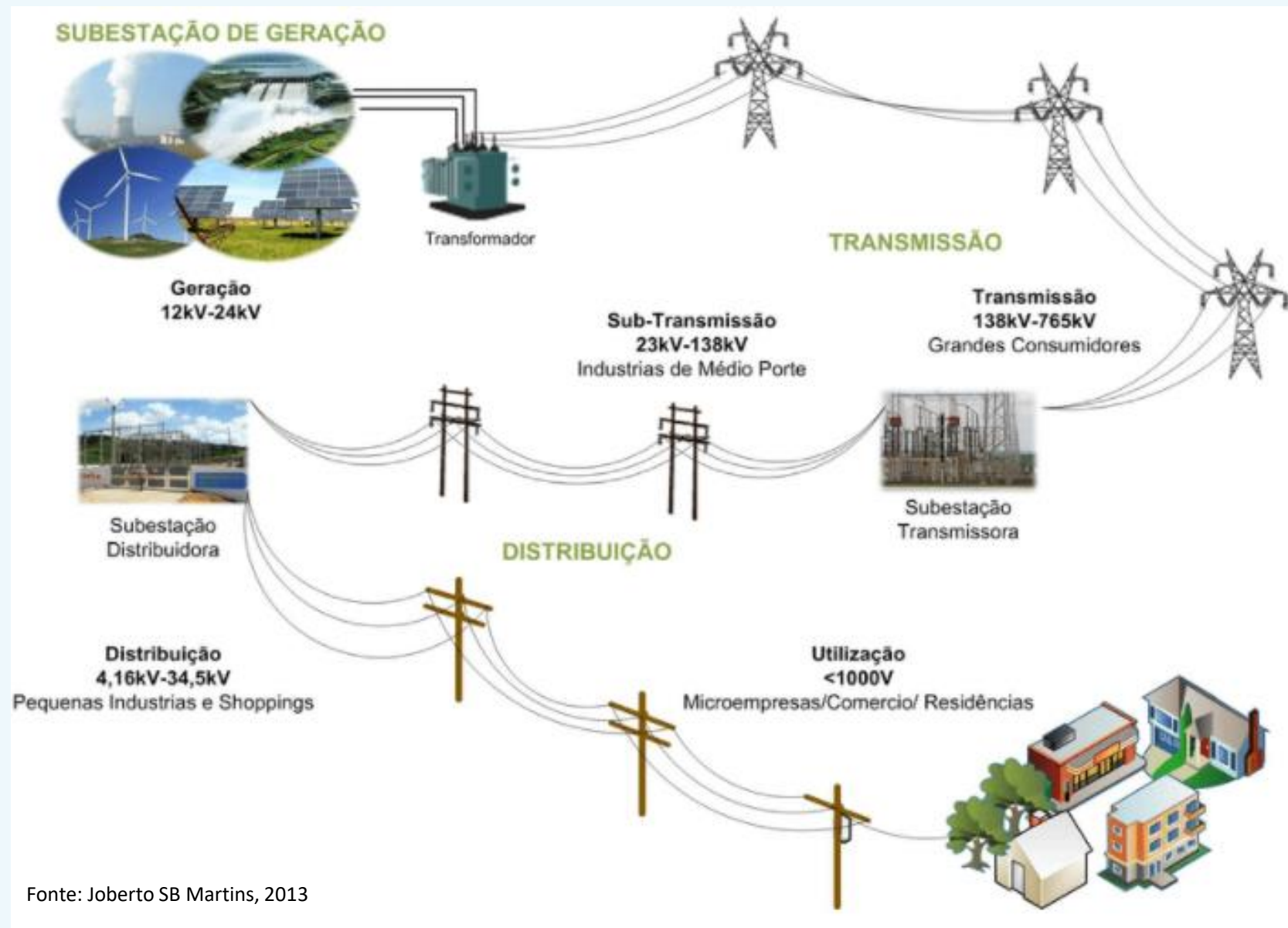
SEP Fisicamente

Distribuição

- Receber energia do sist. transmissão e entregar ao consumidor final;
- Subestação primária de distribuição: interface;
- Tensão primária distribuição: 13,8kV;
- Rede secundária: 127/220V.



Fonte: Silva, 2019.

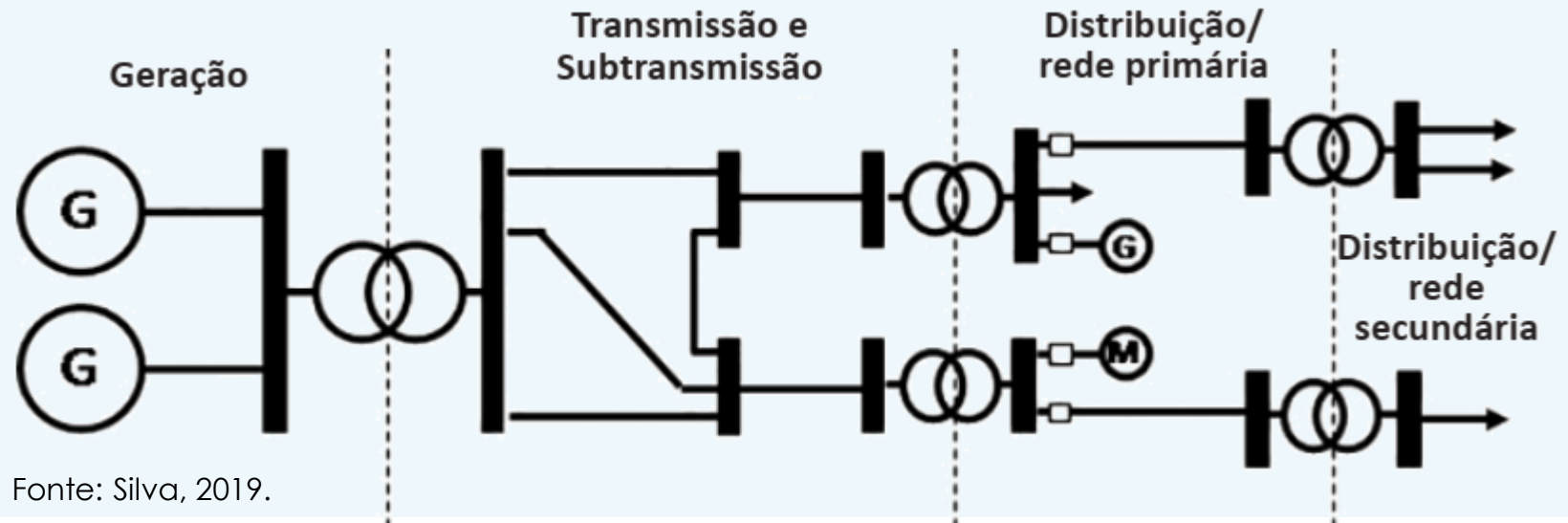


Fonte: Joberto SB Martins, 2013



Diagrama unifilar

- **Interconexão** das Linhas de Transmissão e dos subsistemas de geração, transmissão e distribuição.
- **Sistemas equilibrados** (sist. de transmissão): análise em uma fase.



Fonte: Silva, 2019.

Exercício





O sistema elétrico de potência é considerado uma das mais complexas máquinas já inventadas pelo homem. Fisicamente, o sistema elétrico de potência pode ser subdividido em três subsistemas, sendo eles a _____, em que a energia da fonte primária é convertida em elétrica; o sistema de _____, em que a energia é transportada em altas tensões e, normalmente, em corrente alternada, e o sistema de _____, cujo papel é fornecer a energia aos pontos de consumo.

Assinale a alternativa que completa corretamente o texto do enunciado.

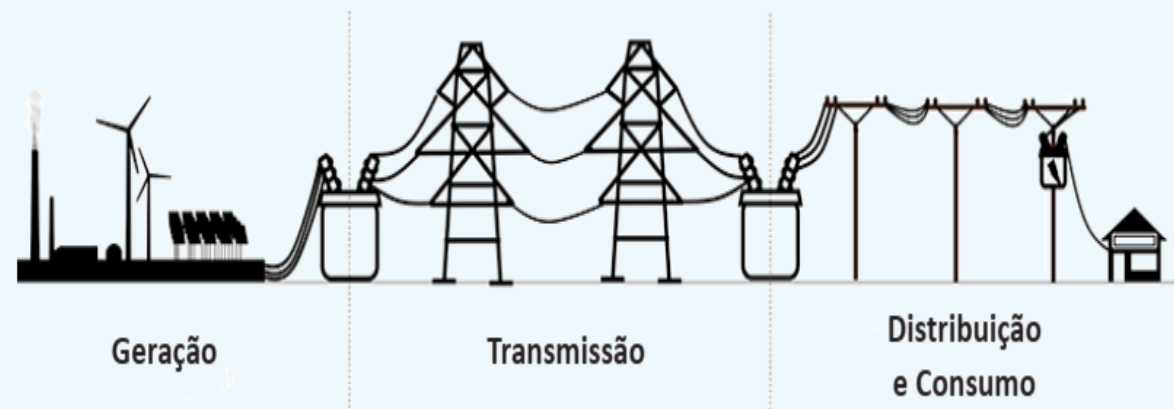
- a) Distribuição, geração, transmissão.
- b) Geração, transmissão, distribuição.
- c) Geração, distribuição, transmissão.
- d) Distribuição, transmissão, geração.
- e) Transmissão, geração, distribuição.



O sistema elétrico de potência é considerado uma das mais complexas máquinas já inventadas pelo homem. Fisicamente, o sistema elétrico de potência pode ser subdividido em três subsistemas, sendo eles a Geração, em que a energia da fonte primária é convertida em elétrica; o sistema de Transmissão, em que a energia é transportada em altas tensões e, normalmente, em corrente alternada, e o sistema de Distribuição, cujo papel é fornecer a energia aos pontos de consumo.

Assinale a alternativa que completa corretamente o texto do enunciado.

- a) Distribuição, geração, transmissão.
- ☒ b) Geração, transmissão, distribuição.
- c) Geração, distribuição, transmissão.
- d) Distribuição, transmissão, geração.
- e) Transmissão, geração, distribuição.



CONCEITOS

A transformação no
setor elétrico
atualmente



A transformação no setor elétrico atualmente

Oferta de
energia
descentralizada

Fortalecimento
do consumidor

Inovação
tecnológica

Tecnologia da
informação

Exercício

27





Um tema muito atual e que afeta diretamente o setor elétrico é o tema da sustentabilidade, fortemente endossado pela redução dos custos de implementação das fontes de energia renovável, com destaque para a energia fotovoltaica. Isso significa que o controle do sistema elétrico como um todo deve prever não somente a operação do sistema interligado, mas também das possíveis microrredes.

Assinale a alternativa correta em relação às microrredes.

- a) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar isolada do sistema de distribuição da concessionária, sendo atendido por fontes de geração distribuída
- b) O conceito de microrredes é uma rede de transmissão que pode operar conectada ao sistema interligado com um número limitado de barras.
- c) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar conectada ao sistema de transmissão somente quando existe um gerador centralizado.
- d) Os aspectos econômicos e regulatórios para implantação dessas redes já foram amplamente consolidados no contexto dos sistemas de energia.
- e) Ainda não é claro qual o grau de controle que deve ser atribuído às microrredes uma vez que as conexões e desconexões junto à rede elétrica convencional não é um problema.



Um tema muito atual e que afeta diretamente o setor elétrico é o tema da sustentabilidade, fortemente endossado pela redução dos custos de implementação das fontes de energia renovável, com destaque para a energia fotovoltaica. Isso significa que o controle do sistema elétrico como um todo deve prever não somente a operação do sistema interligado, mas também das possíveis microrredes.

Assinale a alternativa correta em relação às microrredes.

- ☒ a) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar isolada do sistema de distribuição da concessionária, sendo atendido por fontes de geração distribuída
- b) O conceito de microrredes é uma rede de transmissão que pode operar conectada ao sistema interligado com um número limitado de barras.
- c) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar conectada ao sistema de transmissão somente quando existe um gerador centralizado.
- d) Os aspectos econômicos e regulatórios para implantação dessas redes já foram amplamente consolidados no contexto dos sistemas de energia.
- e) Ainda não é claro qual o grau de controle que deve ser atribuído às microrredes uma vez que as conexões e desconexões junto à rede elétrica convencional não é um problema.

Dúvidas

30

Obrigada!