

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE POTÊNCIA BRASILEIRO

2.1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui além de grande extensão territorial, abundância de recursos energéticos, com destaque para o enorme potencial hídrico, responsável por cerca de 14 % da capacidade mundial [3], sendo esta a fonte mais utilizada na produção de energia elétrica.

O sistema de potência brasileiro (SPB) teve seu desenvolvimento iniciado na região Sudeste e se estendeu pelas outras regiões do país à medida que novas usinas foram sendo construídas. A partir de 1965, teve início no Brasil o processo de padronização da frequência para 60 Hz, requisito fundamental à interligação de sistemas.

Em 1999, foi feita a interligação de dois grandes subsistemas: Sul/Sudeste/Centro-Oeste e o Norte/Nordeste; isto se deu através de uma linha de transmissão com 1278 km, interligando as subestações de Serra da Mesa (Goiás) e Imperatriz (Maranhão). O forte crescimento da demanda nas regiões Sul/Sudeste/Centro-Oeste aliado ao quase esgotamento dos grandes aproveitamentos hidrelétricos dessas regiões fizeram com que se buscasse interligar os dois subsistemas para permitir transferências de energia e melhor utilização dos recursos energéticos destas regiões.

O racionamento ocorrido em 2001 revelou severas limitações de corredores para transmissão de energia no SPB. Na região Sul não houve racionamento, mas somente parte do seu excedente de energia tinha como ser transmitido para a região Sudeste. Também o excedente da região Norte não podia ser transmitido totalmente para as regiões Sudeste e Nordeste. Esse problema fez acelerar e antecipar vários empreendimentos de transmissão que estavam em processo de construção e previstos, de modo a aumentar a capacidade de transmissão e reduzir riscos.

O SPB se caracteriza pela diversidade de fontes de energia, pelas grandes usinas localizadas em aproveitamentos hidrelétricos distantes dos grandes centros consumidores (como Tucuruí e Itaipu), além de várias outras usinas hidrelétricas localizadas ao longo dos rios Grande, Paranaíba, Paranapanema, Paraná, Iguaçu, Tocantins e São Francisco, formando grandes bacias, com regimes hidrológicos diferentes, que exigem uma operação coordenada e otimizada para que as usinas a montante possam receber água suficiente para gerar energia.

Sendo a energia elétrica um bem de consumo determinante para o desenvolvimento sócio-econômico de qualquer país, o Brasil terá grandes desafios nos próximos anos, para expandir sua capacidade instalada, com mínimo custo e de forma ambientalmente sustentada, garantindo segurança e confiabilidade ao sistema.

2.2. FONTES PRIMÁRIAS DE ENERGIA

Entende-se como fontes primárias de energia aquelas providas pela natureza. O Brasil dispõe de praticamente todas as alternativas de fontes primárias para produção de energia elétrica [4], a saber: grande potencial hídrico; expressiva reserva de urânio; amplas possibilidades de aproveitamento de fontes renováveis como biomassa, eólica e solar; reservas de carvão mineral, petróleo e gás natural.

De todas alternativas de fontes primárias apontadas, a geração hidrelétrica apresenta as condições mais favoráveis. O potencial nacional, de acordo com dados disponíveis [5] é de 260 GW. Cerca de 85% desse potencial encontra-se localizado nas regiões Norte e Centro-Oeste, a grandes distâncias dos centros de consumo, o que requer longas linhas de transmissão. Adicionalmente, os sítios utilizáveis estão, em sua grande maioria, localizados dentro ou nas proximidades de unidades de conservação ambiental e reservas indígenas, implicando significativos impactos sócio-ambientais.

No Brasil, as fontes primárias de energia utilizadas no processo de produção de energia elétrica são: água (energia hidráulica), petróleo, gás natural, carvão mineral (energia térmica), urânio (energia termo-nuclear), vento (energia eólica), sol (energia solar) e biomassa. Cada uma delas representando num dado momento, uma determinada

parcela nas matrizes elétrica e energética nacional [5], sendo classificadas em fontes renováveis (energia hidráulica, eólica, solar e biomassa) e não renováveis (petróleo, gás natural, carvão mineral e urânio), como indicam as Figuras 2.1 e 2.2.

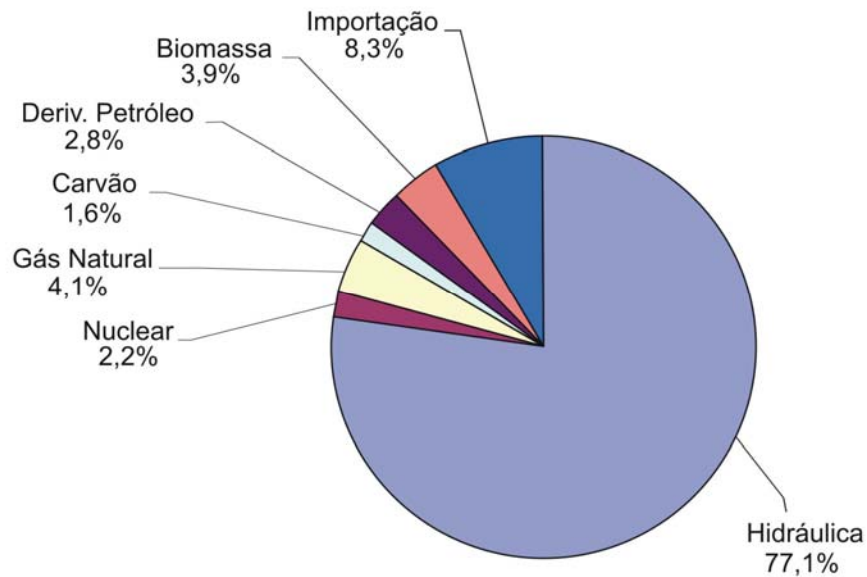


Figura 2.1 – Matriz elétrica brasileira – 2005

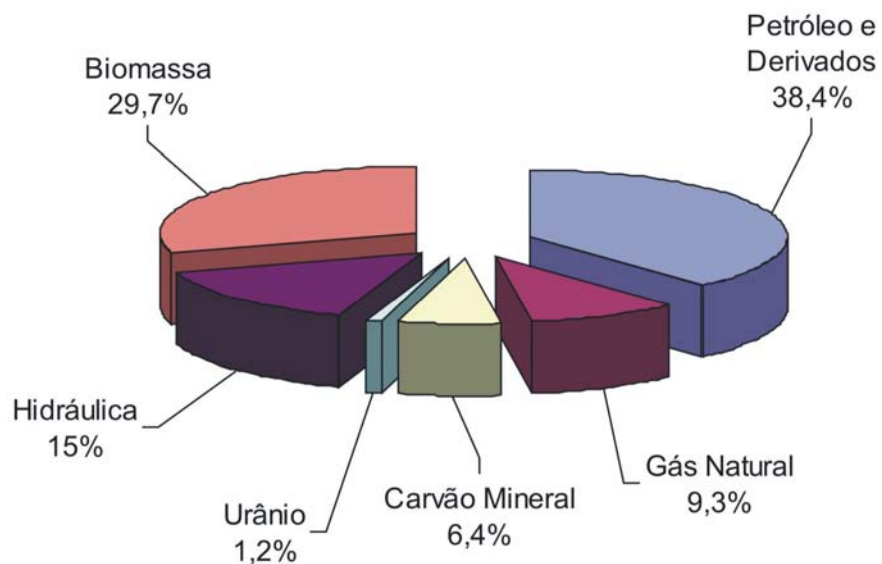


Figura 2.2 – Matriz energética brasileira - 2005

A Figura 2.1 mostra um gráfico da distribuição percentual de toda a eletricidade produzida no país durante o ano de 2005 por tipo de fonte, de um total produzido 441,635 TWh. Enquanto que a Figura 2.2 mostra um gráfico da oferta interna de energia em percentual referente ao ano de 2005 por tipo de fonte, de um total ofertado de $218,6 \times 10^6$ tep.

Em relação às fontes primárias, observa-se que:

- (i) Em função do enorme potencial hídrico, a energia hidrelétrica deverá permanecer como a principal fonte por muitos anos, uma vez que ainda não foi totalmente explorada.
- (ii) A participação do gás natural na matriz energética, com fins de geração de energia elétrica, deverá ficar limitada em função da dificuldade de obtenção do produto no mercado externo e pela prioridade de seu uso em outros setores, como principalmente na indústria petroquímica de transformação.
- (iii) Quanto às fontes alternativas, eólica e biomassa (bagaço de cana e outros resíduos vegetais), deverão ocupar uma fração percentual maior na matriz energética, devido aos problemas de poluição global da atmosfera causados pelas fontes não renováveis, que vêm exigindo de todos os países o uso de combustíveis limpos.

Apesar da diversificação da matriz energética brasileira nos últimos anos, com a busca de novos recursos energéticos, principalmente aqueles de fontes renováveis, seu uso intensivo para produzir grandes blocos de energia esbarra no problema da disponibilidade do recurso de forma contínua [6]. Nesse aspecto, como o sistema elétrico brasileiro vem requerendo significativas quantidades de energia, deverá a médio e longo prazo evoluir de um sistema predominantemente hidrelétrico para um sistema hidrotérmico, de modo a minimizar os riscos de desabastecimento por conta das incertezas hidrológicas.

2.3. PARQUE GERADOR E CAPACIDADE INSTALADA

A Tabela 2.1 apresenta a composição do parque gerador brasileiro, com a potência instalada total em operação no país até 2005, por tipos de fontes [4]:

Tabela 2.1 – Parque gerador brasileiro

Fonte	Capacidade Instalada	
	MW	%
Grandes Hidrelétricas	65 128	76,56
Termelétricas a Gás	6 361	7,48
Termelétricas a Petróleo	5 652	6,64
Termelétricas a Carvão	1 461	1,72
Nuclear	2 007	2,36
Eólica	22	0,03
Pequenas Centrais Hidrelétricas	2 027	2,38
Biomassa	2 410	2,83
Total	85 068	100,0

A Tabela 2.2 apresenta a capacidade nominal instalada por fonte de geração e por subsistema até 31 de março de 2005 [7].

Tabela 2.2 – Potência instalada total

Subsistema	Hidro (MW)	Termo (MW)	Total (MW)
Sul/Sudeste/Centro-Oeste	51 300 (*)	9 965	61 265
Norte/Nordeste	17 406	1 830	19 236
Total	68 706 (*)	11 795	80 501
Participação (%)	85,3	14,7	100,0

(*) Com 50% da capacidade nominal de Itaipu - Brasil.

2.4. TOPOLOGIA DA TRANSMISSÃO

O sistema de transmissão brasileiro compõe-se de longas linhas de transmissão, com grandes corredores, que levam a energia gerada nas regiões produtoras aos grandes centros consumidores. Operando quase todo interligado, exceto alguns sistemas isolados na região Norte do país, o SPB possui grandes troncos de interligações regionais nos

níveis de tensão: 138kV, 230kV, 345kV, 440kV, 500kV e 750kV em corrente alternada, mais o corredor de transmissão em corrente contínua que liga o setor de 50 Hz da usina de Itaipu, em Foz do Iguaçu no estado do Paraná, até a subestação de Ibiúna no estado de São Paulo em ± 600 kV. A Tabela 2.3 apresenta a extensão do sistema de transmissão relativo ao SIN, compreendendo os níveis de tensões de 138 kV a 750 kV, atingindo 144.382,2 km de linhas de transmissão em dezembro de 2005 [4].

Tabela 2.3 – Extensão das linhas de transmissão do SIN em km

Tensão (kV)	2005
138	61 333,0
230	35 736,5
345	9 579,1
440	6 667,5
500	26 771,1
600 CC	1 612,0
750	2 683,0
TOTAL	144 382,2

O Brasil possui também interligações internacionais com o Paraguai através da UHE Binacional de Itaipu, que tem sua energia gerada igualmente dividida entre os dois países; com a Argentina em Garabi e Uruguaiana, sendo a principal em Garabi com uma capacidade nominal de transmissão de 2.200MW; com o Uruguai em Livramento, através de elos de corrente contínua ligados a conversoras de frequência 50/60Hz, uma vez que esses sistemas operam em 50 Hz; e com a Venezuela através de uma linha de transmissão de 230kV em corrente alternada 60 Hz, ligando Boa Vista no Brasil a Santa Elena na Venezuela.

A Figura 2.3 mostra um mapa do Brasil simplificado, com as principais linhas de transmissão do sistema elétrico brasileiro (configuração prevista para 2016). Nota-se que nesse horizonte estão previstas ampliações de transmissão que abrangem as interligações dos sistemas Manaus, Macapá e Acre-Rondônia ao SIN. O mapa contempla ainda, as ampliações previstas para o escoamento da potência gerada pelo aproveitamento hidrelétrico do rio Madeira.

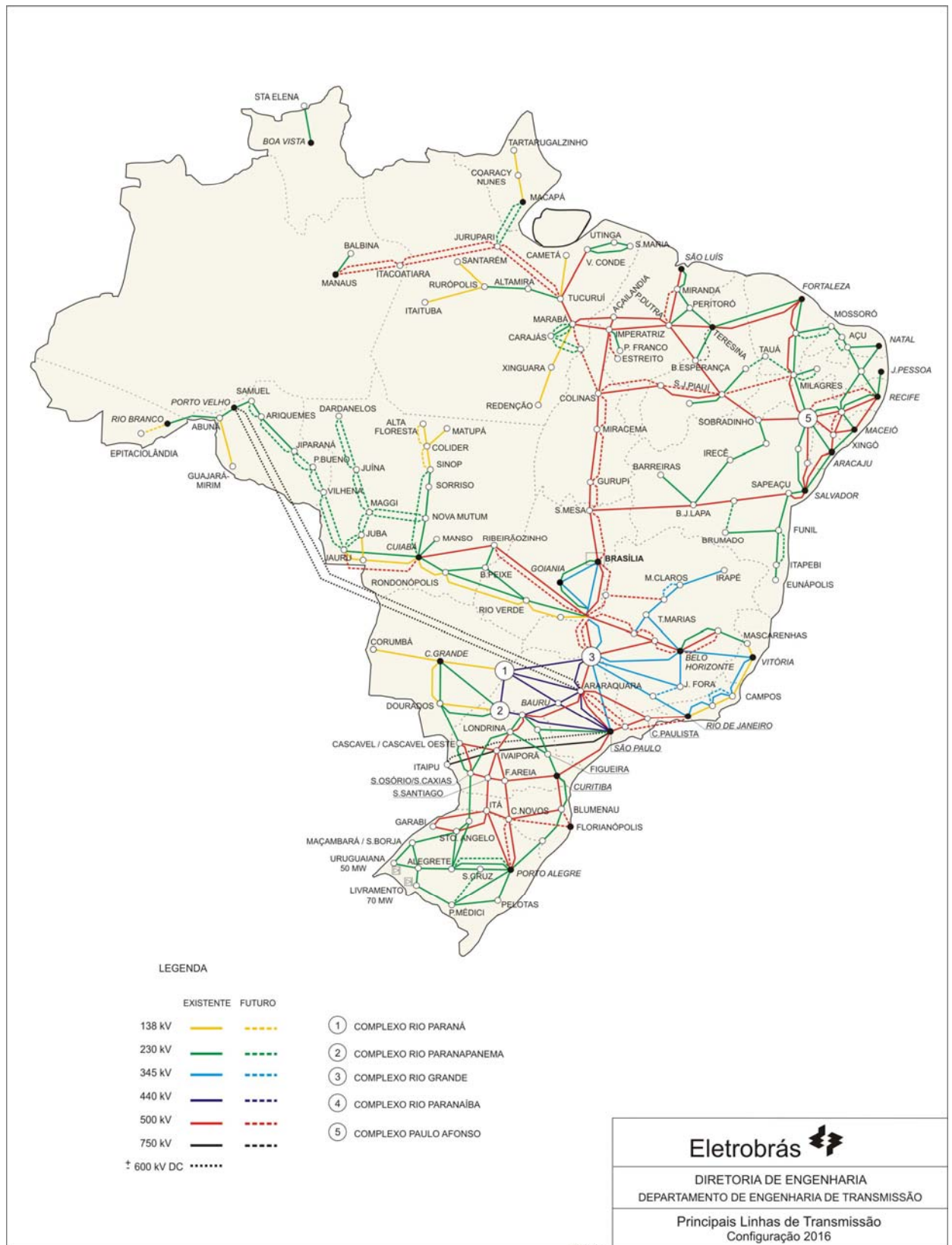


Figura 2.3 - Mapa do sistema elétrico brasileiro – configuração 2016

2.5. CARGA

O mercado consumidor de energia elétrica no Brasil vem apresentando um crescimento bastante elevado frente a outras formas de energia. Esse crescimento tem ocorrido devido ao aumento da densidade de cargas em áreas urbanas e suburbanas nas grandes cidades brasileiras, pela evolução das indústrias de equipamentos elétricos e eletrônicos e pela expansão geográfica dos sistemas elétricos [8 e 9].

O consumo de energia elétrica se distribui de forma diferente entre os tipos de consumidores, sendo classificados em função da atividade econômica exercida, como mostrado na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Consumo por classe em 2005

Classes	GWh	Percentual
Residencial	81 840	24,6
Industrial	149 409	44,8
Comercial	52 649	15,8
Outros	49 435	14,8
Total	333 333	100,0

Além disso, o consumo de energia também é influenciado por outros fatores como: estrutura tarifária, sazonalidade e situação econômica do país. A Tabela 2.5 mostra o consumo de energia elétrica no Brasil e nos subsistemas elétricos.

Tabela 2.5 - Consumo de energia no Brasil

Brasil e Subsistemas	Consumo Total (GWh)		Variação (%)
	Janeiro-Junho/2004	Janeiro-Junho/2005	
Sistemas Isolados	3 193	3 372	5,6
Norte Interligado	10 920	11 248	3,0
Nordeste	21 834	23 424	7,3
Sudeste/Centro Oeste	93 939	99 197	5,6
Sul	27 865	29 100	4,4
Brasil	157 750	166 340	5,4

Pela Tabela 2.5 pode-se ver que o consumo de energia elétrica se concentra na região Sudeste/Centro Oeste de melhor situação econômica.

2.6. SUMÁRIO

De um modo geral, o suprimento de energia elétrica no Brasil não desperta preocupações porque se dispõe de recursos abundantes. Mesmo na área de combustível fóssil, o petróleo e o gás natural atendem às necessidades previstas. Além disso, o País dispõe de reserva importante de urânio.

A análise da matriz elétrica, em comparação com países mais desenvolvidos, mostra ainda a baixa utilização da geração distribuída de energia elétrica, consequência de trinta anos de forte crescimento da implantação de grandes centrais hidrelétricas; mas agora a geração térmica complementar e a cogeração em sistemas industriais e comerciais poderá ser um fator importante de economia e segurança no suprimento.

As características físicas e geográficas do Brasil foram determinantes para a implantação de um parque gerador de energia elétrica de base predominantemente hidráulica. Como cerca de 25% de todo o potencial hidrelétrico conhecido correspondem a usinas em operação e em construção, estima-se que pelo menos nas duas próximas décadas, as fontes hidráulicas continuarão a desempenhar importante papel no atendimento à crescente demanda de energia elétrica.

Dadas as peculiaridades energéticas e topológicas do sistema brasileiro, brevemente identificados neste capítulo, procurou-se, na medida do possível, refleti-las nos sistemas-teste a seguir propostos.

* * *