

INTRODUÇÃO AO REGIME JURÍDICO DA INDÚSTRIA ELÉTRICA – PREMISSAS TÉCNICAS E ECONÔMICAS

*Luiz Gustavo Kaercher Loureiro**

Introdução

No presente estudo são apresentados alguns elementos caracterizadores da indústria elétrica brasileira, em suas dimensões técnica e econômica.

Não se pretende que seja uma descrição completa, sistemática ou aprofundada desses aspectos, e desconsidera-se por completo a configuração institucional da indústria. Seus temas foram escolhidos a partir de uma perspectiva jurídica, ou melhor, a partir da opinião do autor acerca de quais traços técnicos e econômicos do setor elétrico brasileiro são mais relevantes e devem ser conhecidos do jurista para uma exegese eficaz, i.e., para uma efetiva compreensão e análise crítica das normas jurídicas, sobretudo aquelas constantes da Constituição. Na base desta opinião está, de um lado, um prévio e sumário contato com as normas constitucionais que tratam do setor elétrico. De outro, um julgamento acerca de quais seriam algumas das características empíricas marcantes do setor elétrico brasileiro.

Assim, seja por oferecer as premissas não jurídicas, seja por orientar-se parcialmente, na escolha destas premissas, pelo conteúdo das normas situadas no ápice da hierarquia normativa – às quais todas as demais normas devem respeito – o presente estudo pode ser considerado como uma *introdução ao regime jurídico da indústria elétrica brasileira*. E assim há de ser tido pelo leitor, seja ele profissional do Direito ou não, correndo-se o risco de que o primeiro possa considerá-lo por demais árido e pouco atinente à exegese de normas e o segundo, muito genérico e pouco acurado.

O estudo principia com um sumaríssimo exame das normas constitucionais que tratam mais diretamente do setor elétrico (Seção I) e que, como dito, ajudaram na “seleção” dos temas a serem considerados em seguida. Na Seção II oferecem-se umas poucas noções de física elementar e do contexto onde se situa o objeto de estudo, i.e., o setor elétrico brasileiro. Aí serão

* Advogado.

rapidamente apresentados o conceito “escolar” e as características gerais do fenômeno *energia*, bem como indicadas as demais atividades que se ocupam de explorar as diferentes *fontes de energia* (indústria energética, em geral). Já a Seção III é centrada nos traços mais gerais de um *setor elétrico qualquer*: suas atividades básicas – geração, transmissão e distribuição – e sua característica mais notável – impossibilidade de armazenamento da utilidade “energia elétrica”. A Seção seguinte (IV) introduz as notas características do setor *no Brasil* e que o tornam único no mundo, vale dizer, a predominância da energia elétrica oriunda de fonte hidráulica (água) e o alto grau de interligação existente entre os centros de produção e de consumo. As Seções V e VI desenvolvem estes dois tópicos (segmento de geração e transmissão, respectivamente), enquanto que as Seções VII e VIII exploram algumas conseqüências importantes das características apresentadas, i.e., a necessidade de Planejamento da Operação (Seção VII) e da Expansão (Seção VIII). A Seção IX fornece um quadro esquemático da distribuição de energia elétrica e a Seção X encerra o estudo com um tópico que, embora óbvio, é por vezes pouco considerado para fins de análise jurídica, a relevância da indústria elétrica para a sociedade moderna. As Conclusões reafirmam as idéias mais importantes presentes no texto.

I – Temas suscitados pelas normas constitucionais

Deixa-se para outra ocasião o exame acurado dos dispositivos constitucionais pertinentes ao setor elétrico e a indicação daqueles outros interessados em perspectivas mais amplas como a *energia em geral* (ex., art. 22, inc. IV) e indústrias energéticas (ex., art. 177). Na presente Seção são apenas colocados em evidência alguns temas e dispositivos constitucionais que possuem especial relação com a indústria elétrica, seja porque lhe dizem respeito diretamente, seja porque a ela se aplicam de modo específico, ainda que tenham alcance que a ultrapasse.

No âmbito dos dispositivos específicos, cabe mencionar, em primeiro lugar, a importância para a Constituição do *potencial hidráulico* e do seu aproveitamento para fins de geração de energia elétrica.

Inserido no contexto do *uso múltiplo das águas*, o potencial hidráulico parece ser a fonte de energia privilegiada pela Constituição que dela trata de diversos dispositivos, em conjunto com outros aspectos da indústria elétrica ou com outras “fontes *renováveis*” (art. 176, par. único) ou de modo individualizado (ex., art. 20, inc. VIII, art. 176). Este interesse

suscita uma análise mais detalhada da geração de energia elétrica a partir de fonte hídrica, cfe. infra.

A Constituição, por outro lado, não se preocupou apenas com um aspecto ou uma *fonte* de energia elétrica; tratou de modo genérico da indústria elétrica, quando, p.ex., atribuiu à União Federal a exploração (direta ou indireta) dos “serviços e instalações de energia elétrica” (art. 21, inc. XII, b), sem especificar quais são uns e outros. Será conveniente, por isso, fazer algumas considerações sobre as diferentes fases da indústria, suas funções e os equipamentos ou “instalações” que a tornam possível.

Deixando de lado os dispositivos específicos, cabe mencionar ainda dois “temas constitucionais” que auxiliam na individuação das características técnico-econômicas a serem apresentadas a seguir: (a.) a noção constitucional de *planejamento*, presente no art. 174 e (b.) a preocupação com o *meio-ambiente*, estampada em diversos dispositivos, e mais especificamente no art. 225 (veja-se os § 1º, inc. IV e § 6º deste artigo). Consoante com isso, serão salientados em seguida alguns elementos do setor elétrico que guardam, pelo menos em princípio, relação com esses temas.

Seria possível encontrar muitas outras sugestões constitucionais que direcionariam uma apresentação não jurídica do setor. Assim, por exemplo, a preocupação com a energia nuclear (art. 21, inc. XXIII; art. 22, inc. XXVI; art. 225, § 6º) demandaria alguns esclarecimentos sobre essa fonte de energia; a ênfase no aproveitamento de rios e massas d’água em regiões menos desenvolvidas (art. 43, § 2º, inc. IV) poderia levar a considerações sobre bacias hidrográficas e aproveitamento de potenciais hidráulicos espalhados pelo Brasil, dentre outras. Isso sem falar do que poderiam sugerir comandos constitucionais genéricos e abstratos como a necessidade de erradicação da pobreza em todo o território nacional e de eliminação das desigualdades regionais (art. 3º, inc. III).

A Constituição, como se vê, é rica em sugestões.

Mas, para além da inspiração tirada do texto normativo, não se pode deixar de referir também as características técnicas e econômicas que o setor possui no Brasil e que o definem desde estas perspectivas, mesmo antes do advento da atual Constituição, i.e., a realidade *empírica* que a Constituição pressupõe e que não pode/pretende modificar.

O texto que segue equilibra-se entre estas duas exigências para dar cabo de tarefa a que se é proposto.

II – Energia, energia elétrica, fonte de energia, indústria energética e matriz energética

Como visto, o texto constitucional emprega os termos *energia*, *energia elétrica*, *fonte de energia* e *potencial hidráulico*, dentre outros. Deixando de lado a complicada questão acerca da existência de uma *política energética constitucional*, mas desejando ainda assim conjugar estas expressões, pode-se dizer que energia elétrica é uma forma de *energia*, obtida a partir de determinadas *fontes*, dentre as quais o *potencial hidráulico*. O seu aproveitamento econômico – a exploração organizada e sistemática da fonte – dá forma à *indústria elétrica* que se insere no quadro mais amplo das *indústrias energéticas*.

Energia é um conceito generalíssimo e abarca uma série de fenômenos tão díspares entre si que só uma definição muito abstrata pode ser empregada. Tradicionalmente, afirma-se que é a “capacidade de realizar trabalho”. Este último conceito, por sua vez, é normalmente definido em contextos físicos como o produto da *força* exercida em um objeto qualquer, pela *distância* percorrida por este objeto em razão da ação da força sobre ele.

Essas sucintas definições de energia e trabalho adaptadas livremente de livros de física elementar são cientificamente precárias além de muito pouco simpáticas aos juristas, senão enfadonhas. Foram reproduzidas aqui, porém, por dois motivos: (i.) para enfatizar, pelo grau de abstração que possuem, a amplitude do quadro em que se insere o tema específico – indústria da energia elétrica e (ii.) para indicar que *energia* está sempre ligada à idéia de *ação* ou *transformação* (noção sugerida pela “imagem” do deslocamento de um objeto).

Considerando (i.) e (ii.) pode-se dizer que *energia* é um *fenômeno que está intimamente associado com qualquer tipo de alteração, transformação, movimento no mundo*.

Em termos mais prosaicos, “energia” é aquilo que causa ou possibilita uma mudança qualquer: permite coisas tão disparatadas quanto o deslocamento de uma bala de revólver, o esforço humano (intelectual e físico), a rotação das pás de uma turbina, o funcionamento de motores, a cocção de alimentos, o aquecimento da matéria, a transformação da larva em borboleta, do girino em sapo, da matéria orgânica em carvão etc.

A energia, conseqüentemente, existe em diversíssimas formas, provoca as mais disparatadas alterações (“trabalhos”) e se encontra nos mais diferentes

elementos. Muito antes de ser manejada ou aproveitada pelo homem e de se constituir em objeto de uma ou de várias indústrias – e apenas uma pequeníssima parcela dela o é – a energia é um elemento constitutivo do universo e onde quer que se verifique uma mudança qualquer, ela está presente.

Em termos conceituais, fala-se de energia *química*, energia *térmica*, energia *solar*, energia *mecânica*, energia *nuclear* e, também, em energia *elétrica*.

Fisicamente, essa energia (elétrica) – cuja unidade de medida é tradicionalmente o *watt* – é associada ao movimento em um *condutor* de certas partículas atômicas chamadas *elétrons* – movimento normalmente referido como “fluxo” ou “corrente”. Em termos singelos, a *energia elétrica* é uma propriedade da *corrente elétrica* – assim como a energia química é uma propriedade de certos compostos de carbono e outros átomos. Com essa energia que circula pelos condutores elétricos de um circuito e que pode ser obtida de muitas diferentes maneiras, realizam-se, igualmente, inúmeros e diferentes tipos de trabalhos em utensílios conectados ao circuito elétrico: movimento de equipamentos, produção de calor, luz etc.

Uma nota típica fundamental da energia – não só da elétrica – é a sua *transformabilidade* por meio de variados processos (é, aliás, essa transformabilidade que está na base da *indústria energética*, que nada mais faz do que transformar ou “liberar” diferentes formas de energias “contidas” em certas fontes, pelo controle e manejo de determinados processos físico-químicos).

A energia solar é transformada, pelo processo de fotossíntese, em energia química, “armazenada” nas plantas. A energia química, por sua vez, pode ser transformada (por vários procedimentos, dentre eles a combustão) em energia térmica, ou calor. A energia térmica é conversível em energia mecânica; esta em energia elétrica. A transformação não possui, porém, uma única direção: energia elétrica converte-se em energia térmica, em energia mecânica; energia mecânica pode transformar-se em energia térmica *e così via*. Em verdade, em termos físicos a energia das diferentes fontes não é jamais “gerada”, mas sempre “transformada”.

É, aliás, a sua (infinita e incessante) transformação que torna possível o “trabalho”, ou seja, a alteração das coisas no mundo. Para ficar nos exemplos acima: o movimento da bala do revólver, energia mecânica, é propiciado pela liberação de energia química contida na pólvora do projétil, através da explosão. O movimento do corpo humano é igualmente proporcionado pela energia química contida nos alimentos ingeridos, transformada em energia

mecânica ou cinética. A rotação das pás de uma turbina, outro exemplo de energia mecânica, advém da energia cinética da água em queda. A cocção de alimentos é possível porque a energia química de algum tipo de combustível foi transformada em calor (energia térmica). E assim os demais exemplos: a transformação no mundo é a resultante de um processo de transformação de energias.

Ocorre, porém, que este não é o vocabulário corrente. Afirma-se, antes, que a energia é sempre gerada ou obtida a partir de uma determinada *fonte*. Conquanto seja mais correto dizer-se que *um determinado tipo de energia é obtido a partir de outro determinado tipo de energia contido em um certo elemento físico* (que por sua vez, “adquiriu” essa energia por um anterior processo de transformação...) falar-se-á aqui em energia e nas suas “fontes”.

Para ficar naquelas fontes que mais se prestam ao manejo pelo homem – i.e., cuja exploração sistemática por meio do emprego sobre elas de certos processos de transformação de energia constitui a indústria energética – diz-se que petróleo, gás natural, carvão, água corrente, matéria orgânica (biomassa), ar em movimento, raios solares, minérios radioativos são todos *fontes* de energia.

Com essa linguagem se quer significar que cada um destes elementos possui um tipo de energia que, devidamente liberada por variados processos, pode ser utilizada para a produção de trabalho ou para a obtenção de um outro tipo de energia que não aquele inicial, i.e., “primário”. Para cada fonte o tipo de uso energético que dela se fará bem como o processo de aproveitamento a que será submetida variam imensamente e mesmo cada fonte pode ter diferentes empregos energéticos.

A água de um rio pode ser usada para mover as pás de um moinho ou de uma turbina acoplada a um gerador. No primeiro caso, transforma-se sua energia cinética (“contida” na água corrente) em energia mecânica (“contida” na roda do moinho) que realizará o trabalho de moagem de grãos. No segundo caso, a energia potencial (da água “em repouso” armazenada no reservatório) se transforma em energia cinética (quando a água corre pelo conduto forçado que leva à turbina), que se transforma em energia mecânica (quando move as pás da turbina), a qual, finalmente, será transformada em energia elétrica (cfe. adiante), que será usada para diversas finalidades.

O petróleo e o gás natural, elementos com grandes quantidades de energia, por seu turno, podem servir para movimentar uma frota de veículos ou para gerar energia elétrica. No primeiro caso, a energia química que con-

têm será, ao final de um processo de transformação, convertida em energia mecânica (movimento dos pistões de um motor). No segundo caso, estes gás e petróleo serão queimados para liberar energia térmica, a qual será usada para movimentar as pás de uma turbina (energia mecânica) que “gerará” energia elétrica.

Da mesma forma, todas as demais “fontes” são usadas para produzir a energia desejada (“final”), por processos técnicos de diferentes graus de complexidade. Para concluir com um exemplo tipicamente brasileiro: a cana-de-açúcar, vegetal de alto potencial energético (contém muita energia química) é trabalhada para virar combustível automotivo – etanol – capaz de fornecer energia mecânica para a movimentação de veículos, ou açúcar, substância de alta concentração de energia química capaz de sustentar grandes quantidades de trabalho de um ser humano. O resíduo deste processo – o bagaço da cana – ainda contém boa quantidade de energia química e pode ser queimada para se obter energia elétrica (entenda-se: pela sua queima libera-se a energia química da matéria orgânica que vem a ser transformada em calor, o qual, por sua vez, se transmuta em energia mecânica que, finalmente, “produz” energia elétrica por um processo que envolve várias etapas e materiais “coadjuvantes” e que se chama “geração termoelétrica”, cfe. adiante).

Como já dito, o manejo de certas fontes de energia i.e., a aplicação nelas de determinado processo de transformação mirado à obtenção de outro tipo de energia ou de algum trabalho ou alteração no mundo constitui uma antiga atividade humana (e objeto de muita cobiça, como mostra o castigo de Prometeu).¹ Mesmo a produção de alimentos é, em certa medida, uma atividade de manejo e transformação de uma fonte de energia (a cana de açúcar, p.ex.) para a obtenção de energia que viabiliza o trabalho humano.

Mas o que caracteriza especificamente a chamada *indústria energética* é o aproveitamento sistemático e não esporádico de *certas* fontes de energia e o emprego nelas de certos processos de transformação para a obtenção de *certos produtos*. Convencionalmente, coloca-se ao lado da indústria elétrica a indústria do petróleo, do gás, do carvão, da cana de açúcar para obtenção do etanol, para ficar nas mais relevantes. Cada uma delas, por formas e

¹ Já a mitologia grega apercebeu-se da incalculável importância disso, apanágio dos Deuses que foi roubado de Zeus e entregue aos homens por Prometeu, figura trágica submetida a terríveis castigos pelo favor que fez à humanidade, dando-lhe a conhecer o fogo.

organizações diferentes, explora economicamente fontes de energia para diferentes finalidades.

Há, porém, uma diferença interessante entre a indústria elétrica e as demais: ela é a única que se ocupa de um tipo específico de energia, a *elétrica*, sem se interessar pela fonte, enquanto que as demais não se definem pela energia mas, reversamente, pela fonte que exploram.

A indústria do petróleo – para ficar num exemplo importante – explora uma fonte que possui alto teor de energia química e que será transformada em diferentes tipos de energia: energia térmica para a indústria elétrica, energia mecânica para o transporte etc. A indústria elétrica, por sua vez, não se ocupa de *uma fonte em particular*, mas vale-se de todas para a obtenção de uma energia específica. Poder-se-ia dizer, inclusive, que a indústria elétrica é, em parte, *dependente* das demais indústrias energéticas, pois se aproveita do trabalho delas para obter seu insumo, na medida em que existem usinas geradoras a carvão, óleo diesel, biomassa etc. (cfe. adiante).

Em estreita conexão com a indústria energética está o conceito de *matriz energética*. Ela nada mais é do que a consideração em conjunto de todas as fontes de energia que são objeto das *indústrias energéticas*, segundo seus percentuais de participação no consumo energético nacional total. Para que se tenha uma idéia mais concreta, em termos numéricos, o petróleo e seus derivados respondem por cerca de 38,7% de toda a oferta energética do país; em seguida vêm a biomassa (29,7%), a energia elétrica proveniente de fonte hidráulica (14,8%), gás natural (9,4%), carvão mineral (6,3%) e o urânio (1,2%).

Resumindo:

- Energia elétrica é uma espécie de energia; está associada ao fenômeno da “corrente elétrica”;
- Energia, em geral, define-se como capacidade de realizar trabalho e existe no universo em variadas formas: energia química, energia cinética, energia térmica, energia elétrica, dentre outras;
- Uma característica fundamental da energia é sua *transformabilidade*, por ação de determinados processos físico-químicos;
- Embora seja fisicamente mais adequado falar-se processos infinitos e sucessivos de transformação, emprega-se o termo *fonte de energia* para indicar um elemento que contém um determinado tipo de energia e a partir do qual obtém-se outras formas de energia;

- A exploração sistemática das fontes de energia constitui o gênero *indústria energética*, do qual a *indústria elétrica* é uma espécie;
 - o Enquanto as demais indústrias energéticas empregam uma fonte para proporcionar diferentes formas de energia, a indústria elétrica vale-se de variadas fontes para obtenção de uma específica forma de energia, a elétrica;
- Por matriz energética entende-se o conjunto das fontes de energia que suprem o consumo energético total de um país.

III – O Setor Elétrico: noções gerais

III.1. As fases da indústria

Os “serviços” ou atividades básicas da indústria elétrica – referidas genericamente no texto constitucional – são, basicamente, três: a *produção*, a *transmissão* e a *distribuição* da energia elétrica até os centros de consumo.

A energia elétrica produzida² nas usinas hidrelétricas, termoelétricas, eólicas etc (i.e., obtida a partir da transformação de outros tipos de energias contidos em determinadas *fontes*, cfe. supra),³ é levada pelo sistema de

² Cfe. sempre a ressalva de que energia não é propriamente gerada mas obtida por transformação.

³ Dentre os critérios mais comuns de classificação de usinas estão os seguintes.

Tipo de fonte a partir da qual se obtém a energia elétrica: (i.) usinas hidrelétricas (água); (ii.) usinas a gás natural; (iii.) usinas a carvão mineral; (iv.) usinas a diesel e demais derivados do petróleo; (v.) usinas a biomassa; (vi.) usinas nucleares; (vii.) usinas eólicas; (viii.) geração solar, dentre outras.

As usinas de ns. (ii.), (iii.), (iv.) e (v.) são agrupadas sob o título de *usinas termoelétricas* porque um elemento essencial no processo de geração de energia elétrica é a energia térmica (calor), obtida ou pela queima dos respectivos combustíveis ou pela da fissão do átomo de urânio, no caso das usinas nucleares. Assim, têm-se *usinas hidrelétricas, termoelétricas, eólicas e solares (essas duas últimas são, às vezes, denominadas como fontes alternativas)*.

As usinas termoelétricas dividem-se ainda segundo o *elemento que faz girar a turbina (ou segundo o “modo de aproveitamento” da energia térmica resultante da combustão ou fissão)*: (i.) usinas de combustão interna; (ii.) usinas de combustão externa (a vapor). Nas primeiras, é o próprio combustível que, submetido à altíssima pressão e temperatura, entra em contato com as pás da turbina, provocando o seu movimento. Ou seja, a energia térmica obtida pela combustão é transformada “diretamente” em

transmissão (as grandes torres metálicas situadas normalmente ao longo das

energia mecânica, sem fase intermediária. Nas usinas de tipo (ii.), o combustível é queimado para aquecer água que circula pelas tubulações da usina. Esta água se torna vapor que – sempre em altíssima temperatura e pressão – faz movimentar a turbina. Ou seja: a energia térmica liberada pela combustão não é transformada diretamente em energia mecânica, mas é “transferida” para a água que, em forma de vapor de alta temperatura, produz, finalmente, energia mecânica (movimento das pás da turbina). De regra, apenas as termoelétricas a gás e diesel são de combustão interna.

Característica da fonte quanto à reposição: (i.) usinas que empregam fontes renováveis; (ii.) usinas com combustível não renovável. São do tipo (i.) as usinas hidrelétricas, a biomassa, eólica e solar; de tipo (ii.) as demais, i.e., as que empregam combustíveis fósseis (carvão, gás natural e derivados de petróleo) e nuclear (urânio). A distinção baseia-se na articulação entre “velocidade de consumo” x “velocidade de reposição”, como se verá adiante.

Característica do processo de geração: (i.) térmicas convencionais; (ii.) térmicas de ciclo combinado; (iii.) térmicas de co-geração. As térmicas de ciclo combinado envolvem um “duplo uso” do combustível e possuem, por isso, uma eficiência energética maior. Normalmente, o combustível primário é o gás que, depois de ser utilizado para a geração de energia elétrica na modalidade de combustão interna, ainda possui uma quantidade considerável de calor residual capaz de aquecer a água ao estado de vapor que, por sua vez, faz girar uma turbina de combustão externa. As usinas de co-geração possuem um funcionamento semelhante às térmicas de ciclo combinado, na medida em que também se aproveitam de calor residual do combustível primário (e por isso apresentam também uma maior eficiência energética). São diferentes, porém, pois empregam este calor em outros processos (por exemplo, de aquecimento) que normalmente estão agregados à própria planta, bem como por poderem ter qualquer energético como fonte primária. As térmicas convencionais, por sua vez, possuem, como o nome indica, um funcionamento simples, i.e., sem aproveitamentos residuais. Este é outro critério que diz respeito apenas às térmicas.

Modalidade de operação: (i.) operação integrada (usinas integradas ao sistema interligado nacional); (ii.) operação isolada (usinas conhecidas como geração distribuída – fontes locais junto às unidades consumidoras, normalmente operando sem controle do despacho central). Como se verá mais adiante, as usinas elétricas podem não abastecer direta e unicamente um centro de consumo, mas se encontrar interconectadas em uma rede de transmissão que liga *diversos centros de produção* a *diversos centros de consumo*. Este tipo de organização existe para fazer com que fontes distantes possam distribuir energia a diversos pontos de consumo, tornando-se economicamente viáveis através da utilização do sistema de transmissão (economia de escala). Quanto mais evoluído é o sistema de transmissão mais interconectado ele é, fazendo com que se tenham várias opções de suprimento. Todavia sua operação se torna muito mais complexa, exigindo uma coordenação total entre as instalações. Nos primórdios da indústria elétrica, porém, a interligação da rede elétrica era muito precária, e uma usina estava ligada diretamente a um centro de consumo por redes de transmissão e distribuição. A operação isolada, em que só uma usina atende diretamente um centro de consumo, é

rodovias)⁴ até os centros de distribuição (subestações), onde tem sua tensão rebaixada⁵ para ser entregue, via rede de distribuição, aos consumidores, no chamado *ponto de entrega*.

Consoante com isso, usinas geradoras e redes – compostas de fios e equipamentos acessórios como transformadores, subestações, barramentos etc. – são as suas “instalações” básicas. As duas últimas – transmissão e

uma alternativa geralmente utilizada em locais remotos do país (“sistemas isolados”, cf. adiante) onde o custo de instalação de um sistema de transmissão não se torna atrativo. Por essas e outras questões, esta é uma modalidade que começa, novamente, a ganhar espaço no setor elétrico, i.e., em configuração de “geração distribuída”. Em tal hipótese, a usina não está atendendo a um sistema isolado, mas fornece energia elétrica a uma empresa distribuidora *paralelamente* ao abastecimento via sistema. Em outras palavras: uma usina – normalmente de pequenas dimensões – é conectada diretamente às redes de distribuição de um determinado agente, sem passar pelas redes de transmissão (pelo “sistema”). O agente distribuidor (ou melhor, os usuários conectados às suas redes) recebe a energia seja desse gerador local seja das demais usinas conectadas ao sistema elétrico nacional.

Tipos de usinas hidrelétricas: há vários critérios de classificação. Os mais comuns são (i.) quanto à existência e altura efetiva da queda d’água; (ii.) capacidade ou potência instalada; (iii.) quanto à localização; (iv.) quanto ao tipo de barragem; (v.) quanto ao tipo de reservatório; (vi.) quanto ao tipo de turbina empregado.

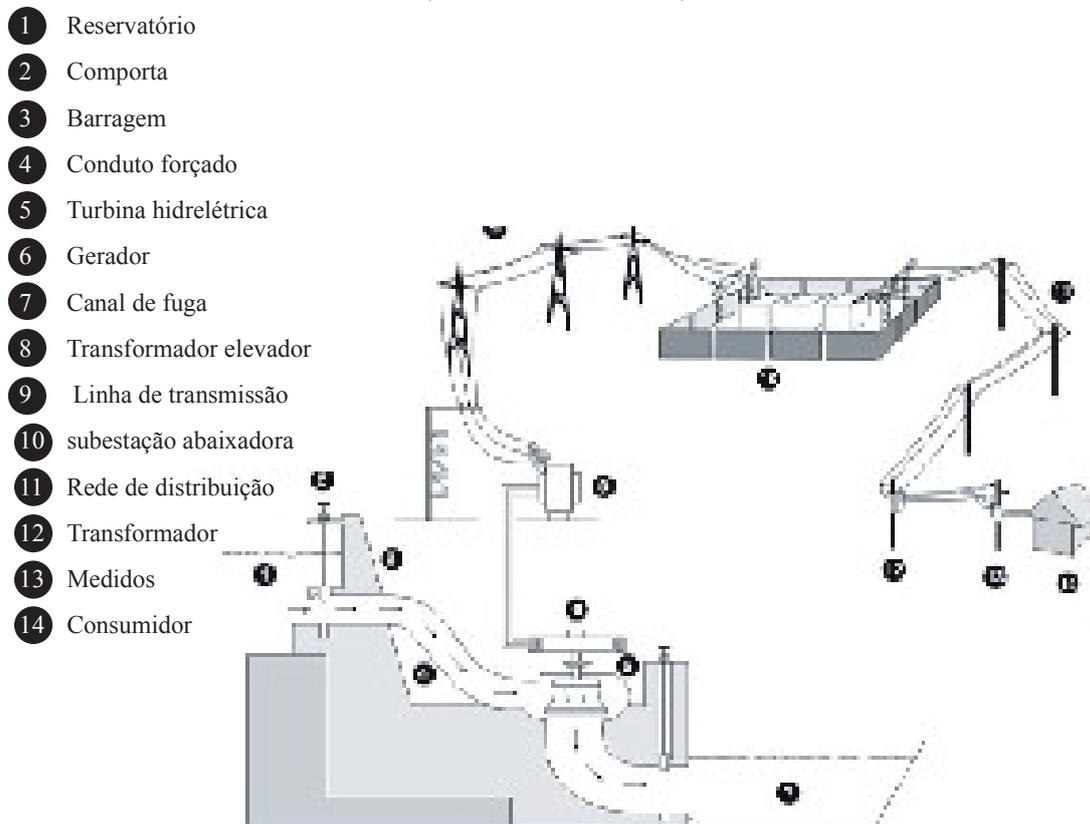
Esses fatores são interdependentes. Geralmente, a altura da queda determina os demais, e uma combinação entre esta e a capacidade instalada determina o tipo de planta e instalação. Não há limites muito precisos para a classificação do tipo de queda e, portanto, os valores variam entre fontes e autores. O Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas – CERPCH, da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, considera de baixa queda uma instalação com altura de até 15 m; instalações com alturas superiores a 150 m são consideradas de alta queda e instalações com altura entre esses dois valores são consideradas de média queda (CERPCH, 2000).

⁴ A tensão (voltagem) da corrente elétrica é aumentada para o transporte. Assim é porque desse modo se consegue transmitir de modo mais eficiente a energia elétrica, minimizando a quantidade de “perdas elétricas”. As perdas elétricas, também conhecidas como “perdas ôhmicas”, referem-se à parcela de energia elétrica que é transformada em calor ao ser transmitida. Isto se ao fato de que toda corrente elétrica que passa por um condutor (fio) encontra uma certa resistência do material e necessita “gastar” energia para superá-la. Esta energia não utilizável para o consumo mas para vencer a resistência é chamada de “perda elétrica” e é dissipada na forma de calor. Aumentando-se a voltagem, a “pressão” na corrente, diminui-se a quantidade de perdas elétricas que se situam hoje na ordem de 6 a 8% de toda a produção de energia elétrica nacional (perdas no sistema de transmissão).

⁵ A voltagem é rebaixada por questões de segurança.

distribuição – são as chamadas atividades “de fio” (“transporte”, de forma imprecisa).

**Figura 1 – As Fases da Indústria e seus Equipamentos Básicos
(Usina Hidrelétrica)**



A estas três atividades que exigem instalações e equipamentos, as normas do setor elétrico acrescentaram outra, de *comercialização de energia* (“pura”). O comercializador não detém ativos de geração, transmissão ou distribuição nem maneja a utilidade mas apenas transaciona-a – com determinados consumidores e sob certos pressupostos – em operações de compra-e-venda. Não será, por isso, objeto de análise no presente estudo.

III.2. A característica básica: energia não se armazena e deve ser produzida na exata medida do consumo

As três funções a que correspondem equipamentos e instalações devem estar dispostas de tal sorte que atendam *instantaneamente* às exigências de consumo, na sua *exata medida*. Isto porque *não se pode conservar energia*

*elétrica que, uma vez gerada, flui à (quase) velocidade da luz pelo sistema elétrico inteiro e é instantaneamente consumida.*⁶

Essa é uma característica fundamental, de certo modo desconcertante, mas muito típica da energia elétrica e que determina importantes conseqüências na gestão da atividade. Não se pode – como ocorre em quase todas as outras atividades econômicas – produzir a utilidade para estocá-la e utilizá-la gradativamente na medida em que dela se precisa.

Deixando de lado explicações e perplexidades físicas e técnicas, é importante ter presente que tal nota distintiva – conjugada a outra que será vista a seguir, i.e., a da interligação elétrica – faz surgir a necessidade de um sujeito que, não se limitando a gerar, a transmitir ou distribuir energia, tenha uma visão completa do sistema, desde o comportamento das unidades geradoras até o dos centros de consumo. Trata-se de um “operador do sistema”, entidade (a tarefa não está à medida de um só homem) que deve ter acesso prévio e, também, em tempo real a todas as informações acerca do comportamento da demanda (“carga” no jargão elétrico) de um dado sistema, bem como plena disponibilidade para coordenar a geração de energia nas usinas na medida da necessidade (coordenar ou determinar o “despacho”).⁷ Como não se pode guardar energia elétrica nem se pode gerar em excesso (comprometimento da estabilidade de todo o sistema), este operador do sistema deve garantir – sob certos pressupostos de segurança e economicidade, cfe. adiante – que *a produção se iguale, a todo o instante, ao consumo.*

⁶ Em verdade, a energia é uma constante no universo e por isso nunca é “consumida” mas *transformada*. Com efeito, tanto a “geração” quanto o “consumo” de energia são processos de cambiamento.

Na geração, o ponto de chegada é a energia elétrica. Ela é obtida a partir da energia mecânica contida no movimento da turbina, por fenômeno físico chamado “indução eletromagnética”. Essa energia mecânica, por sua vez, pode ser resultado da transformação da energia potencial contida na água em queda ou da energia cinética contida no vapor ou gases em combustão. Por seu turno, essa energia cinética é o resultado da liberação da energia química contida nos energéticos, quando da queima. Regressivamente, toda a energia disponível na terra pode ser reconduzida à energia solar.

No consumo, a energia elétrica é o ponto de partida. É ela que vem transformada em energia cinética, mecânica etc., nos aparelhos que a “consomem”.

⁷ Há uma sutileza importante neste passo: o despacho pode ou não ser *determinado* pelo ONS. Se o despacho for técnico (como é o caso do Brasil), as usinas estão sob forte controle do operador. Nesta hipótese ele *determina*. Se o despacho for comercial (como é o caso da maioria dos outros países), há apenas *gerência* do operador, a qual consiste na acomodação das quantidades de energia que os diferentes geradores decidiram produzir em razão de seus compromissos comerciais, pelo critério do preço.

Essa é uma primeira nota que sugere uma reflexão sobre a necessidade, função e extensão do *planejamento* no setor elétrico (cfe. infra).

IV – Traços distintivos do setor elétrico *brasileiro*: preponderância da geração hidráulica e alto grau de interligação

Passando da descrição das fases da indústria e de seu traço genérico fundamental para a caracterização específica do setor elétrico brasileiro, pode-se dizer que os seus elementos mais marcantes são dados

- (a.) pelo tipo de fonte de onde provém a maior parte da energia elétrica – *potenciais hidráulicos*: normalmente distantes dos centros de consumo; situados em bacias hidrográficas⁸ submetidas a diferentes regimes climáticos e altamente interdependentes entre si; explorados por meio da construção de grandes reservatórios com longos (e diferentes) períodos de regularização, e;
- (b.) pelo imenso sistema interligado de transmissão de energia elétrica que perpassa a maior parte do território nacional, unindo os centros de produção com os centros de consumo em uma malha elétrica de tal modo configurada que se diz terem as usinas entre si uma *interdependência operativa* (cfe. adiante).

Consoante com isso, costuma-se dizer que o Brasil (mais precisamente: a parte economicamente mais ativa de seu território) possui um *sistema elétrico interligado de grande porte, de base hidrotérmica onde predomina a geração de energia elétrica a partir de uma fonte renovável, i.e., da exploração dos potenciais hidráulicos*. Embora este potencial seja ainda relativamente pouco aproveitado,⁹ as usinas hidrelétricas – cujas dimensões variam

⁸ O Brasil possui 8 grandes bacias e mais de 80 sub-bacias. As bacias são (em ordem de potencial estimado em relação ao total nacional): Rio Amazonas (40,6%), Rio Paraná (23,5%), Rio Tocantins (10,3%), Rio São Francisco (10,1%), Sistema do Atlântico Leste (5,6%), Rio Uruguai (5,0%), Sistema do Atlântico Sudeste (3,7%) e Sistema do Atlântico NorteNordeste (1,2%).

⁹ Apesar da tendência de aumento de outras fontes, devido a restrições socioeconômicas e ambientais de projetos hidrelétricos e aos avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não-convencionais, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. Embora os maiores potenciais remanescentes estejam localizados em regiões com fortes restrições ambientais e distantes dos principais centros consumidores, estima-se que, nos próximos anos, pelo menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica.

de 12.600 MW a menos de 1 MW¹⁰ de potência instalada – respondem por cerca de 79% de toda a oferta de energia elétrica do país.

Essas duas características são graficamente visualizadas na figura 2.

É necessário aprofundar estes dois pontos.

V – Características da geração, em particular, hidráulica

Quando se fala em “água” como fonte de energia elétrica, refere-se, mais especificamente, ao *potencial hidráulico*.

Este é caracterizado (i.) pela vazão hidráulica (movimento da água no rio) e (ii) pela concentração dos desníveis existentes ao longo do curso de um rio em um determinado ponto (movimento da água em queda). A concentração desses desníveis pode ser natural (quando, por exemplo, o desnível está concentrado em uma cachoeira) ou obtido artificialmente (por meio de uma barragem ou por desvio do rio de seu leito natural, de forma a concentrar vários pequenos desníveis existentes ao longo de um rio).

Como é o potencial hidráulico que é aproveitado pela usina hidrelétrica, para fins unicamente didáticos considerou-se útil separar o tratamento da “água” onde está o *potencial hidráulico*, da usina que aproveita esta fonte.

V.1. Características da água como fonte de energia elétrica (*potencial hidráulico*)

V.1.1. Fonte renovável e ainda abundante

A água é, como diz mesmo o texto constitucional (art. 176, par. único) uma fonte *renovável* de energia elétrica, além de não emissora de gases de efeito estufa (cf. infra). E, dado o percentual com que ela participa da oferta deste insumo no Brasil, o país se caracteriza por possuir um dos mais altos

Normalmente, mede-se um potencial hidráulico pela sua capacidade máxima estimada de produzir energia elétrica, i.e., pela sua *potência*. A unidade básica de medida da potência é o *watt* e seus múltiplos: *kilowatt* (1.000 W), *megawatt* (1.000.000 W), *gigawatt* (1.000.000.000 W), *therawatt* (1.000.000.000.000 W).

¹⁰ Itaipu é a maior hidrelétrica do mundo, com potência de 12.600 MW. Havia, em setembro de 2003, cerca de 139 usinas hidrelétricas com potência superior a 30 MW, as quais respondem por cerca de 98,5% de toda a energia de fonte hídrica ofertada. O restante 1,5% é proveniente de 378 pequenos empreendimentos hidrelétricos (fonte Atlas de Energia Elétrica – ANEEL).

índices de energia elétrica proveniente de fonte renovável. Enquanto o mundo apresenta uma média de 17%, por aqui este percentual chega a 83%, o que é uma grande vantagem competitiva.

A diferença entre os 79% (percentual de participação da água) e este 83% advém do fato de que a água não é a única fonte renovável de energia elétrica disponível. Além dela, são consideradas como tal a biomassa e o movimento de massas de ar, o vento, dentre outras, menos significativas. *Não são tidas por fontes renováveis de energia*, por outro lado, o petróleo, o carvão, o gás natural e os minérios radioativos (urânio) usados também na geração de energia elétrica. Os três primeiros são chamados *combustíveis fósseis* e o urânio *combustível nuclear*.

A distinção entre fonte renovável e não renovável é dada pela velocidade de sua reposição em contraste com a velocidade de seu uso. Enquanto a água é repostada (pelas chuvas e demais precipitações atmosféricas) ciclicamente em um espaço de tempo compatível com seu uso, o carvão, o petróleo e o gás natural são materiais fósseis que levam milhões de anos para se formar, sem possibilidade de reposição que acompanhe o consumo.

Além de ser uma fonte de energia renovável, o potencial hídrico nacional ainda por explorar é bastante significativo, embora, em geral, muito distante dos principais centros de consumo.¹¹ Para que se tenha uma idéia, estima-se¹² que o Brasil possua uma capacidade de cerca 260 GW de energia,

¹¹ O que traz conseqüências técnicas e econômicas não desprezíveis. Quanto a isso, basta pensar na extensão das redes de transmissão de energia necessárias para integrar hidrelétricas situadas em zonas remotas como a Amazônia, ao Sistema Interligado Nacional.

¹² O *potencial hidráulico total* é o resultado da somatória da capacidade de todos os potenciais hidráulicos conhecidos. Este “conhecimento” do potencial e de sua capacidade, por sua vez, possui graus de profundidade, os quais dão origem a uma grande classificação entre *potencial inventariado* e *potencial* (meramente) *estimado*. Dos 260 GW, aproximadamente 177 GW já foram *inventariados*, sendo o restante apenas *estimado*.

O *potencial inventariado* contém aproveitamentos submetidos a um exame mais detalhado e inclui usinas em diferentes níveis de estudos além de aproveitamentos em construção e operação. Assim, o potencial inventariado é resultante da somatória dos aproveitamentos: (i.) apenas em inventário – estudo da bacia hidrográfica realizado para a determinação do seu potencial hidrelétrico, mediante a escolha da melhor alternativa de divisão de queda, que constitui o conjunto de aproveitamentos compatíveis, entre si e com projetos desenvolvidos, de forma a se obter uma avaliação da energia disponível, dos impactos ambientais e dos custos de implantação dos empreendimentos; (ii.) com estudo de viabilidade – resultado da concepção global do aproveitamento, considerada

dos quais apenas 66 GW foram efetivamente aproveitados, ou seja, algo em torno de 25%. Na bacia amazônica, por exemplo, situam-se aproximadamente 105 GW de capacidade, com uma exploração que pouco passa de 0,5%, i.e., 668 MW (números aproximados).

Mas se essas são vantagens indiscutíveis da água, há certos fatores condicionantes externos que devem ser observados na geração de energia elétrica a partir dela.

V.1.2. Sujeita a outros usos (uso múltiplo das águas)

Com efeito, a água não é útil, apenas, para a indústria elétrica mas se presta a vários outros empregos pelo homem, como também salientado pela Constituição em diversos dispositivos.

sua otimização técnico-econômica, de modo a permitir a elaboração dos documentos para licitação. Esse estudo compreende o dimensionamento das estruturas principais e das obras de infra-estrutura local e a definição da respectiva área de influência, do uso múltiplo da água e dos efeitos sobre o meio ambiente; (iii.) com projeto básico – aproveitamento detalhado e em profundidade, com orçamento definido, que permita a elaboração dos documentos de licitação das obras civis e do fornecimento dos equipamentos eletromecânicos; (iv.) em construção – aproveitamento que teve suas obras iniciadas, sem nenhuma unidade geradora em operação; e (v.) em operação, i.e., que produzem energia para uso econômico.

Os empreendimentos em operação constituem a *capacidade instalada* (como dito, cerca de 66 GW).

O *potencial estimado* contém os potenciais em fases anteriores de estudo, i.e., (i.) *potencial remanescente* – resultado de estimativa realizada em escritório, a partir de dados existentes e sem qualquer levantamento complementar, considerando-se um trecho de um curso d'água, via de regra situado na cabeceira, sem determinar o local de implantação do aproveitamento; (ii.) *potenciais individualizados*, que são aqueles cuja estimativa foi realizada em escritório para um determinado local, a partir de dados existentes ou levantamentos expeditos, mas ainda sem qualquer levantamento detalhado.

O maior potencial total é o da bacia do Amazonas, com cerca de 105 GW e um aproveitamento baixíssimo, de cerca de 668 MW, i.e., 0,6%. Em segundo lugar, vem o potencial da bacia do Paraná, com cerca de 60 GW de potencial total (dos quais 54 GW inventariados) e cerca de 40 GW de capacidade instalada, ou seja, cerca de 73% de aproveitamento. Como se vê, a bacia do Paraná é muito explorada e, em termos nacionais, responde por quase 60% de toda a capacidade instalada (em seguida vêm as bacias do São Francisco e do Tocantins, com 16 e 12% do total da capacidade instalada nacional). Em termos absolutos, a bacia do São Francisco é a segunda mais explorada, com cerca de 42% de seu potencial inventariado já explorado).

Antes mesmo de servir para gerar energia elétrica, a água de nossos rios já era aproveitada de outras formas. Servia e serve para a navegação fluvial, i.e., para o transporte de pessoas e coisas (art. 22, inc. X); foi e é fonte de diferentes tipos de energia, a exemplo daquela mecânica para movimento de rodas e moinhos d'água. É ainda desviada para irrigação da lavoura (art. 42, ADCT), para usos residenciais, para consumo e também para criação de peixes e outras formas de vida aquáticas. A água tem, em síntese, uma valência que vai muito além do seu aproveitamento para geração de energia elétrica, de tal sorte que esta última atividade deve ser levada a efeito de forma compatível com as demais.

Esse aspecto não importa somente no momento da construção da usina, mas a acompanha durante todo o período de seu funcionamento. Assim, a decisão de gerar energia em uma determinada usina não se funda exclusivamente na necessidade deste insumo, mas – à parte questões relativas à interdependência operativa *entre usinas diferentes*, cfe. infra – há de ser correlacionada com variáveis “externas” ao setor, tais aqueles relacionados com a navegação, proteção da fauna aquática, consumo etc.

V.2. Características das usinas hidrelétricas

Sinteticamente, uma usina hidrelétrica consiste no conjunto de obras e equipamentos cuja finalidade é a geração de energia elétrica, através de aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio. Uma usina “clássica” compõe-se das seguintes partes: barragem; sistemas de captação e adução de água; casa de força (onde estão a turbina e o gerador a ela acoplado) e sistema de restituição de água ao leito natural do rio. Como dito, a usina hidráulica nada mais faz do que aproveitar a energia potencial da água armazenada no reservatório (e a potência de uma usina hidrelétrica nada mais é do que o produto da altura da queda pela vazão da água).

Quanto ao processo, é relativamente simples: a água captada no lago formado pela barragem é conduzida até a casa de força através de canais, túneis e/ou condutos metálicos (condutos forçados). Ao passar pelas pás da turbina, fá-la girar, juntamente com um eixo em cuja extremidade está acoplado o gerador cfe. fig. 1, supra. Este é um magneto circundado por fios de cobre enrolados entre si. Girando-se o magneto ou a bobina de cobre (por força do movimento do eixo da turbina ao qual ele está acoplado) induz-se uma corrente elétrica nos fios, e tem-se a energia elétrica (energia mecânica transformada em energia elétrica pelo fenômeno da indução eletromagnética). Após passar pela

turbina hidráulica, na casa de força, a água é restituída ao leito natural do rio, através do canal de fuga. Dessa forma, a potência hidráulica é transformada em potência mecânica quando a água passa pela turbina, fazendo com que esta gire, e, no gerador – que também gira acoplado mecanicamente à turbina – a potência mecânica é transformada em potência elétrica.

Ocorre, porém, que as usinas hidrelétricas não são consideradas isoladamente. Há vários fatores que levam a um tratamento conjunto delas. O primeiro é a hidrografia.

V.2.1. A interligação natural entre diferentes bacias, sub-bacias e rios

De fato, a hidrografia brasileira apresenta grande interligação entre rios, bacias e sub-bacias.

Essa característica faz com que as usinas hidrelétricas aí situadas – desde os mega-empresendimentos, como Itaipu e Tucuruí, de 12.600 e 8.125 MW, respectivamente, até os pequenos, de até 1 MW – se encontrem “naturalmente” relacionados entre si pelas vazões de água antes mesmo de estarem integradas em um sistema de transmissão (no jargão, “acoplamento hidráulico”).

Com efeito, tendo presente que (i.) os níveis dos reservatórios são elementos determinantes na capacidade de geração de energia elétrica de uma usina e (ii.) esses níveis são em boa medida determinados pela vazão do rio, e (iii.) a vazão do rio depende em grande parte dos manejos dos demais reservatórios situados acima daquele interessado, pode-se concluir que a geração de energia elétrica a partir de fonte hidráulica depende muito da operação das demais usinas situadas no mesmo complexo hídrico.

Considerando-se esse último aspecto e também a necessidade de gerar-se energia elétrica em harmonia com as exigências ambientais e ainda com a satisfação das demais necessidades atendidas pela água, tem-se que as decisões acerca da geração de uma determinada usina não são pautadas única e exclusivamente pelos seus próprios interesses econômicos e comerciais (usina isoladamente considerada). Na verdade, cuida-se de uma medida que necessita articular-se com inúmeras variáveis. Assim, por exemplo, é necessário avaliar se a geração (ou a sua falta) acarretará obstáculos à navegação fluvial, obstrução da reprodução de peixes, diminuição de água disponível para usinas que se encontram a jusante, risco de cheias etc (são as chamadas “restrições operativas”).

IV.2. Outras características, apresentadas em confronto com as usinas termoelétricas

Para finalizar esta brevíssima descrição dos aspectos mais salientes da geração de energia elétrica, convém fazer uma breve comparação entre aspectos técnico-econômicos das duas formas dominantes de geração, a hidrelétrica e a termoelétrica.

O processo de geração termoelétrica é semelhante àquele hidráulico, i.e., também se trata de movimentar um magneto entre fios (ou fios entre um magneto), a partir da rotação de uma turbina, gerando-se a energia elétrica pelo fenômeno da indução eletromagnética. Apenas que a acionar a turbina são outros “combustíveis” que não a água corrente. Aqui, o movimento é obtido pela expansão de elementos submetidos a altíssimas temperaturas e conduzidos até suas pás por dutos forçados. Trata-se ou do vapor da água superaquecida pela combustão de algum energético (carvão, óleo etc.) ou de gases superaquecidos (também resultantes de combustão). Em ambos os casos, é a energia térmica (calor) obtida a partir da energia química de alguma fonte primária que provoca o movimento. Troca-se a energia potencial da água pelo calor, para se obter a energia mecânica posteriormente transformada em energia elétrica.

As usinas termoelétricas, por sua vez, distinguem-se, segundo variados critérios,¹³ mas sobretudo, pelo combustível que empregam para gerar calor em processos de combustão – alguns deles referidos na Constituição, como o carvão, o gás natural, o petróleo e os minérios nucleares.

Certas usinas usam combustíveis fósseis, como o carvão, os derivados de petróleo ou o gás natural. Outras se valem da queima da chamada biomassa, i.e., de matéria orgânica de origem vegetal ou animal (bagaço de cana-de-açúcar, dejetos urbanos p.ex.). Outras, ainda, empregam combustível nuclear (aqui o calor não é obtido por combustão mas por *fissão nuclear*). O que as acomuna, no entanto, é o fato de que geram, de uma forma ou de outra, calor, o qual é por sua vez empregado para fazer girar as pás da turbina.

De modo geral, enquanto tanto térmicas quanto hidráulicas podem ter pequenas (pequeníssimas dimensões), são as usinas hidráulicas as unidades geradoras de maior porte. Para que se tenha uma idéia, uma grande usina térmica não ultrapassa os 2000 MW de potência, enquanto que as grandes hidrelétricas podem superar os 10.000 MW, como é o caso de Itaipu.

¹³ v. nota 4.

Ocorre, porém que, normalmente, as maiores usinas hidrelétricas – ou os maiores potenciais hidráulicos ainda por explorar – situam-se longe dos centros de consumo, em regiões remotas do país (pense-se na bacia amazônica, cfe. supra), enquanto que as termoelétricas, não dependendo de fatores naturais, podem se localizar próximas da carga. A localização de uma usina importa, dentre outras coisas, para a determinação dos custos de transmissão associados a ela. Usinas distantes exigem linhas de transmissão mais extensas e, com isso, custos associados mais altos (nesse segmento).

Um outro aspecto que muito diferencia as duas usinas é aquele relativo aos tempos de construção: enquanto as usinas termoelétricas exigem normalmente um prazo mais curto para a entrada em operação (2 a 3 anos desde a concepção), aquelas hidrelétricas consomem longos períodos desde a fase de estudos e inventário do potencial hidráulico,¹⁴ passando pelos projetos construtivos e estudos ambientais, construção, formação do reservatório, até a entrada efetiva em operação comercial. Por conta disso, não é raro ter-se empreendimentos hidrelétricos concluídos em prazos superiores a 6 anos.

Quanto ao capital empregado, embora a indústria elétrica como um todo seja considerada de capital intensivo, os volumes econômico-financeiros requeridos por empreendimentos de exploração do potencial hidráulico são normalmente superiores àqueles movimentados por empreendimentos termoelétricos de mesma capacidade. Em termos absolutos, as usinas hidrelétricas são os empreendimentos que mais exigem mobilização de capital em toda a indústria.

Além de tomar muito tempo para maturação e ser de capital intensivo, os empreendimentos hidrelétricos apresentam retorno do investimento em um prazo bastante longo. Isso se deve não apenas às duas características apresentadas, mas também ao fato de que o valor da energia elétrica transacionada quando a usina entra em operação tende a ser calculado em função, ainda, do custo da operação que é baixo (dado o não desembolso pelo combustível) e da vida útil provável da usina, que não raras vezes supera os 100 anos. Diferentemente, as usinas termoelétricas não têm tanta vida útil e possuem custos maiores na fase de operação.

Com efeito, outro elemento diferenciador diz respeito aos custos e riscos de operação. Enquanto a usina hidrelétrica trabalha com um combustível barato (quase sem custo), mas em certa medida aleatório, a água, e apresenta

¹⁴ v. nota 11.

enorme custo de construção, a usina termoelétrica tem essa equação invertida: custa menos para construir e mais para operar, dado que necessita comprar o combustível que utiliza (petróleo, gás, carvão etc.).

Também invertida é a equação ambiental: enquanto as usinas hidrelétricas causam grandes impactos ao meio-ambiente quando de sua construção e (comparativamente menores) efeitos na operação, as termoelétricas pouco agridem o ambiente para serem instaladas mas muito o danificam quando da operação, sobretudo se utilizados combustíveis fósseis, grandes responsáveis pela emissão dos gases de efeito estufa.¹⁵ Enquanto a geração de energia elétrica a partir da água não provoca emissões deste tipo de gases, as usinas térmicas a carvão são as principais responsáveis pela liberação de dióxido de carbono na atmosfera.

Com efeito, a construção das usinas hidrelétricas tem significativas conseqüências sócio-econômicas e para o meio-ambiente. Ela comporta, via de regra, modificações no curso dos rios e a criação de um lago artificial, o reservatório, onde a água fica represada, pronta para a geração de energia elétrica. Este reservatório, de dimensões variáveis, provoca inúmeras alterações ambientais e, por vezes, sociais. As conseqüências mais importantes são a perda da biodiversidade (fauna e flora alagadas) ou de áreas cultiváveis e a alteração do microclima, com o aumento da umidade e das precipitações (chuvas) nas áreas adjacentes ao reservatório, bem como alterações da vida aquática (submetida a um regime diferente de vazões). Por vezes, de par com a perda de áreas cultiváveis, pode haver não negligenciáveis deslocamentos populacionais que suscitam o problema do reassentamento das populações

¹⁵ De fato, essa afirmação acerca do potencial poluente deve ser restringida às térmicas que se valem de combustíveis fósseis, pois aquelas à biomassa e as usinas nucleares não apresentam alto grau de nocividade ao ambiente durante a operação.

Quanto à térmicas a carvão, gás natural ou petróleo, são, de fato prejudiciais ao meio ambiente. Atendo-se ao carvão, sua queima resulta na emissão de uma série de poluentes para o ar, tais como: cinzas, gases (SO_x, NO_x e CO₂), “chuva ácida” e hidrocarbonetos

Dentre todos os resíduos, talvez o mais problemático seja o gás carbônico (CO₂) que se encontra hoje na atmosfera em quantidade 30% superior àquela que existia no começo da Revolução Industrial, há duzentos anos atrás. Trata-se do gás que participa com a maior contribuição global para o aumento do efeito de estufa resultante de atividades econômicas (aproximadamente 60% do total). Por isso, as tarefas mais urgentes para as usinas térmicas a combustíveis fósseis são a redução dos impactos ambientais em concomitância com o incremento da eficiência energética.

atingidas pelas barragens (embora significativamente menos relevantes, os aspectos ambientais da fase de *operação* também existem e podem ser sumariamente elencados: alterações na vazão da água do rio e de seus afluentes, modificação do regime de vida aquática, controle de cheias/secas por meio de manejo do reservatório, dentre outros).

Um outro elemento que diferencia as térmicas das usinas hidrelétricas é a *eficiência energética*, i.e., o quanto cada processo consegue aproveitar da energia “original” contida na fonte primária. Neste quesito, as usinas hidrelétricas são imbatíveis, pois apresentam um índice próximo aos 90%: quase a totalidade da energia potencial gravitacional da água é transformada em energia elétrica. Já as usinas térmicas apresentam uma *performance* mais pobre: em média, conseguem aproveitar apenas 38% da energia química contida no elemento combustível (desconsidera-se a co-geração). Há muitas transformações envolvidas em um ciclo térmico tradicional: de energia química para energia térmica; de energia térmica para energia mecânica e desta, finalmente, para energia elétrica. Em cada uma dessas fases, há perdas.¹⁶

Do ponto de vista operacional, há plena complementariedade entre os diferentes tipos de usinas que – como se verá – estão interligadas em um sistema. As hidrelétricas fornecem o grosso da energia elétrica consumida, enquanto que as térmicas, de operação mais cara, *complementam a oferta de energia elétrica no parque gerador brasileiro*.

Esta característica requer uma breve explicação.

Antes de ser comando propriamente jurídico, é uma exigência de bom senso econômico a produção de uma determinada utilidade com o menor custo disponível. Sob essa exigência, as usinas hidrelétricas operariam sempre e a plena capacidade, pois que seu custo de operação é mais baixo, dado o nenhum desembolso pelo combustível (aliás, se não se estivesse descrevendo uma realidade existente *hoje* – a configuração real do sistema elétrico brasileiro – poder-se-ia indagar acerca da necessidade e conveniência de se construir usinas térmicas, de operação cara mas custo de construção baixo, ou hidrelétricas, em equação inversa).

Ocorre, porém, que, além de barato, o combustível das hidrelétricas é *aleatório* e corre-se sempre o risco de que venha a faltar, independentemente

¹⁶ As usinas de ciclo combinado e aquelas em modalidade de co-geração são mais eficientes do que os processos de ciclo simples, pois aproveitam duplamente o combustível inicial (gás, geralmente).

do esforço humano em contrário. Por isso, a água dos reservatórios deve ser usada também em consideração a este elemento de risco, em benefício do consumo futuro. Em outras palavras, não se pode, simplesmente, esvaziar os reservatórios para atender à demanda de hoje e correr-se o risco de ter de contar quase que exclusivamente com a cara (e insuficiente) geração térmica no futuro.

Assim – e eis aqui um outro elemento que aponta para a necessidade de um *planejamento* – a decisão acerca de com qual *mix energético* (água ou combustíveis) gerar energia em um dado momento contém uma ponderação que equilibra *economicidade* (que aponta para a energia de fonte hídrica) e *segurança de abastecimento futuro* (que sinaliza o uso de usinas termoelétricas). Esse equilíbrio é tradicionalmente encontrado, no Brasil, através de técnicas e modelos matemáticos que indicam o “despacho ótimo” que deve ser seguido a fim de se manter uma boa relação entre custo de operação e risco de abastecimento.¹⁷

Esse último aspecto encarece o fato de que as usinas, hidráulicas e térmicas, operam em coordenação, ou seja, integradas em um sistema. E tal é possível, sobretudo, em razão da configuração das redes de transmissão de energia no Brasil.

V – Características da transmissão – a rede básica de transmissão e o Sistema Interligado Nacional – SIN

Viu-se acima que as usinas hidrelétricas (e apenas elas) possuem um elemento de integração “natural”, consubstanciado na conformação da rede fluvial brasileira.

¹⁷ Consideram-se ainda neste processo as restrições operativas das usinas termoelétricas. Isto é, assim como as hidráulicas (cujas restrições operativas estão fortemente ligadas a questões físicas – defluência mínima, volume máximo operativo, etc.), as termoelétricas possuem restrições que impingem certas configurações de despacho: a chamada “geração mínima”. Essa geração mínima irá definir se a usina terá um modo de operação tipo contínuo (operação na base da curva de carga, normalmente adotada para usinas hidroelétricas) ou tipo instantâneo (operação na ponta, normalmente adotada para usinas mais caras, que são despachadas apenas para cobrir os picos de demanda). A geração mínima pode ser originária de aspectos construtivos da usina (como nuclear por exemplo) ou de aspectos comerciais (contratos de suprimento de combustível, requerendo valores mínimos de consumo). Esse aspecto define a chamada “flexibilidade operativa” da usina.

Pois a esse fator espontâneo acrescenta-se outro, “construído”, i.e., as redes de transmissão do SIN. Dada a sua configuração, pode-se dizer que *no Brasil, a transmissão de energia não tem apenas a função de ligar a usina ao centro de consumo (ou à rede de distribuição) com um mínimo de perdas elétricas* (como na fig. 1). *Ela realiza uma tarefa energeticamente estratégica, qual seja, a de integrar unidades de geração de energia elétrica submetidas a diferentes condições de operação* (em função de diversidades climáticas, hidrológicas, de acessibilidade de combustível, de situação técnica etc.), *para o melhor aproveitamento possível de todas as potencialidades do sistema* (fig. 2).

De fato, a principal característica do SIN é que ele promove a interdependência entre a grande maioria das usinas de geração de energia elétrica, estejam ou não “naturalmente” interligadas pela hidrografia, sejam elas hídricas ou térmicas, e aproveita com isso as diferentes situações das diferentes usinas. Em um sistema interligado pode-se, por exemplo, “transferir” – dentro de certos limites, i.e., considerando as “restrições de transmissão” – a energia de uma região que a tem em abundância por estar em período de chuvas e com reservatórios cheios de água, para outra carente, por estar atravessando um período de seca, com reservatórios vazios. Ou ainda: pode-se “substituir” usinas que, por uma emergência, deixaram de gerar energia, por outras, mesmo que situadas no outro extremo do país.

Fisicamente, compõem o SIN as regiões Sul-Sudeste, parte do Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte. São mais de 80.000 Km de redes de transmissão, com tensões que variam desde 130 até 750 kV. Em termos de território, apenas a Amazônia e parte do Centro-Oeste estão fora de sua cobertura e são atendidos pelo que se convencionou chamar de “sistemas isolados”.¹⁸

¹⁸ Nos Sistemas Isolados, em outubro de 2003, havia 345 centrais elétricas em operação assim distribuídas: (i.) Região Norte: 304; (ii.) Estado de Mato Grosso: 36; (iii.) Estados de Pernambuco, Bahia, Maranhão e Mato Grosso do Sul: 5. Tomados em conjunto, esses sistemas cobrem quase 50% do território nacional e consomem em torno de 3% da energia elétrica utilizada no País. Os mais importantes Sistemas Isolados, do ponto de vista da dimensão do consumo, são os que atendem às capitais da região Norte – Manaus, Porto Velho, Macapá, Rio Branco e Boa Vista – exceto Belém, que está interligada ao SIN. Nos sistemas de Manaus, Porto Velho e Macapá, a geração de eletricidade é hidrotérmica. Em Rio Branco a geração local é puramente térmica, com o suprimento complementado por meio da interligação, em 230 kV, ao sistema de Porto Velho. O sistema que atende Boa Vista e parte do interior do Estado de Roraima passou a ser suprido pela energia importada da Venezuela, por meio de

Além de propiciar ganhos decorrentes das diferentes situações em que se encontram os inúmeros centros de produção de energia espalhados pelo território nacional, o SIN proporciona maior segurança operacional, ao aumentar as variedades de escoamento da energia elétrica gerada pelas usinas. Em outras palavras, é possível fazer chegar a energia elétrica aos locais onde é exigida por diferentes caminhos, bem como é possível minimizar mal-funcionamentos do sistema, por meio da adoção de “rotas alternativas” de escoamento da energia elétrica.

O potenciamento da geração bem como o aumento da segurança operacional do sistema tornam imprescindível uma operação coordenada das redes de transmissão que compõem o SIN. De fato, para atingir-se tais efeitos não se pode operá-las sob o horizonte restrito “usina/rede de transmissão/rede de distribuição”, mas há de se ter uma visão conjunta do comportamento de todos os “corredores elétricos” conectados aos variados centros de produção e de consumo.

VI – Atendimento da demanda de energia elétrica com segurança, economicidade, qualidade e garantia de disponibilidade – Planejamento da Operação

Utilização da água para outros fins, respeito ao meio ambiente, atenção às demais usinas localizadas na mesma bacia hidrográfica, equacionamento e aproveitamento das diferenças climáticas e hidrológicas das diferentes regiões, controle dos fluxos de energia que transitam pelas partes do país eletricamente interligadas, diferentes custos para geração de energia elétrica etc.: tudo isso deve ser considerado juntamente com o objetivo de se atender instantânea e exatamente a demanda espalhada por (quase) todo o território nacional com segurança operativa e racionalidade econômica e ainda com atenção ao abastecimento futuro.

Bem se vê que a consideração de todos esses fatores requer uma atividade contínua e metodologicamente estruturada de coleta, organização e análise de diversos tipos de informação com vistas à tomada de decisões, bem como uma visão global do comportamento de todos os sujeitos interessados na produção e consumo de energia elétrica. Dado que se está falando

uma interligação, em 230 kV, com o sistema da hidrelétrica de Guri, naquele país. A maioria dos sistemas do interior desses Estados é suprida por unidades geradoras a diesel.

do funcionamento do setor, tais decisões redundam em ações relativas à *operação* do parque elétrico brasileiro. Em síntese, a indústria elétrica exige um complexo *Planejamento da Operação*, o qual consiste em processos de planejamento de longo (cinco anos à frente com discretização mensal – *Plano Anual de Operação*), médio (três meses à frente com discretização semanal – *Programa Mensal de Operação*), e curto prazo (um mês à frente com discretização horária – *Programação Diária da Operação*).

Uma vez conhecidos os dados relativos às condicionantes (e são tantos!) e na busca dos objetivos indicados, procura-se o melhor ponto de equilíbrio; procura-se, em termos técnicos, *otimizar a operação*. A idéia toda pode ser resumida da seguinte forma: o *planejamento da operação do setor elétrico incorpora ou considera condicionantes de variados tipos e determinados objetivos, buscando compatibilizá-los entre si. Quando tal compatibilização é alcançada, diz-se que a operação está otimizada, i.e., que se obtém a energia elétrica da forma mais segura, econômica e adequada possível.*

A segurança envolve inúmeras exigências: respeito aos limites operativos das usinas e dos equipamentos; respeito aos limites da rede de transmissão para trocas energéticas entre bacias e regiões; manutenção das condições adequadas de tensão e frequência; minimização da possibilidade de ocorrerem contingência; incremento da possibilidade de recomposição do sistema em caso de falha etc.

A adequação, em termos singelos, consiste na produção e “entrega” de uma energia com características físicas tais que possibilitem a realização do trabalho para o qual é requerida (poder-se-ia falar de “qualidade”, ao invés de “adequação”).

Por fim, a economia envolve a escolha dos menores custos de operação, sem desconsiderarem-se os horizontes de curto prazo de disponibilidade de energia elétrica.

Períodos de tempo que ultrapassam o curto prazo já dizem respeito a outro tipo de cálculo, relativo já não mais à operação, mas à *expansão do sistema*. E com isso passa-se ao próximo tópico, dedicado, exatamente, às condições para incremento físico da oferta de energia elétrica no tempo e no espaço.

VII – Garantia da oferta futura e expansão do setor elétrico – Planejamento da Expansão

Lembre-se que, de modo geral, usinas e redes de transmissão requerem períodos não curtos para entrarem em operação; que demandam capital que normalmente não vem mobilizado com facilidade e instantaneidade. Lembre-se também que se trata de uma indústria de capital intensivo, na qual o sobre-investimento tem conseqüências econômicas desastrosas para o investidor ou para o consumidor, de modo que idealmente a oferta deve acompanhar de muito perto a demanda, sem que se permita correr um risco do desabastecimento (dada óbvia a importância da utilidade, cfe. adiante). Considere-se, ainda, que a demanda por energia no Brasil é crescente e contínua, mesmo em períodos de baixo ou nulo crescimento econômico (em países subdesenvolvidos como o Brasil, isto ocorre pelo ingresso de novos usuários).

Para que a expansão da oferta se dê de forma *ótima*, exige-se, assim, *planejamento. Planejamento da Expansão.*

Dadas as notas características da indústria elétrica, os horizontes de planejamento da expansão costumam ser divididos em três blocos temporais: (i.) estudos de longo prazo, entre 20 e 30 anos, nos quais se estabelecem as linhas mestras de desenvolvimento do sistema, a composição esperada do parque gerador e dos grandes troncos de transmissão, os programas de desenvolvimento tecnológico-industrial e ainda metas para o horizonte de médio prazo; (ii.) estudos de prazo médio, entre 10 e 15 anos (Planos Decenal e Quindenal de Expansão). Aqui é feito o equacionamento do atendimento ao mercado para os próximos 15 anos, o estabelecimento da alternativa de expansão do sistema elétrico condicionada pelos resultados dos estudos de longo prazo. Por fim, tem-se (iii.) o planejamento da expansão de curto prazo, entre 3 e 5 anos, constituindo-se, sobretudo, em ajustes das decisões da alternativa de médio prazo a variações conjunturais como variação de mercado, restrições de investimento e cronograma de obras (normalmente é a revisão do Plano Decenal, o qual está em permanente contato com o Plano Anual de Operação).

Esses estudos de planejamento costumam ter por tarefas avaliar a evolução, no tempo e no espaço, dos requisitos de mercado, programar os meios de produção e transmissão de energia elétrica mais convenientes para atendimento aos requisitos projetados, estabelecer diretrizes e metas a longo prazo, bem como avaliar condicionantes de curto prazo e, ainda, compati-

bilizar diretrizes e metas a longo prazo com condicionantes de curto prazo, através de revisões periódicas do plano de expansão.

Tudo isso com o objetivo de (a.) determinar meios necessários para garantir o atendimento futuro confiável e econômico aos consumidores de energia elétrica; (b.) minimizar risco de ociosidade prematura ou sobre-investimentos desnecessários que oneram os consumidores; (c.) propiciar prazos necessários para a programação dos recursos tecnológicos, financeiros, humanos e organizacionais compatíveis com as metas de expansão do sistema elétrico e, finalmente, (d.) conferir flexibilidade ao plano de expansão, tendo em vista as incertezas inerentes às projeções de mercado e de custos, bem como oportunidades e riscos detectados na elaboração ou na implantação do plano.

VIII – Uma fase negligenciada: a distribuição de energia

Tradicionalmente, quando se trata de caracterizar um determinado setor elétrico, centra-se a atenção nos segmentos de geração e transmissão, supondo-se que a fase (fisicamente) final, da distribuição, tenha um comportamento e uma conformação padrão que pouco muda, em comparação com os traços da geração e da transmissão.

Independentemente de quanto possa ser acertada esta percepção, convém lançar algumas breves notas sobre a distribuição de energia elétrica, visto ser ela um dos “serviços de energia elétrica” referidos pela Constituição e envolver não poucas “instalações”, cfe. art. 21, inc. XII, b. Além disso, tenha-se presente que ela é tão importante quanto as demais na tarefa de propiciar energia elétrica para atender às necessidades nacionais e que o número de sujeitos que gozam desta utilidade essencial (energia elétrica) é diretamente dependente da capilarização das redes de distribuição no território. São estas instalações que conectam todo o sistema à unidade consumidora.

Tal como a transmissão, a instalação fundamental da distribuição é o conjunto de fios e postes que formam a rede elétrica. Esta rede, porém, transmite energia em baixa tensão e está, como dito acima, diretamente conectada às unidades consumidoras.¹⁹ Atualmente, as redes de distribuição

¹⁹ Embora em certos casos especiais grandes consumidores podem estar conectados às redes de transmissão.

espalhadas pelo país atendem a cerca de 95% das unidades que necessitam de energia elétrica.

Do ponto de vista econômico, costuma-se tratar a fase da distribuição como *um monopólio natural*.

Por esta teoria econômica, os custos de exploração e os preços a pagar pelos consumidores seriam maiores se fosse introduzida a concorrência neste segmento da indústria. A idéia que está por traz do monopólio natural é singela e envolve o conceito de economia de escala. Uma só estrutura (rede) pode atender a um número indeterminado de consumidores, com baixos custos incrementais (de adição de um consumidor novo). A duplicação – ou multiplicação – de redes em um mesmo território oneraria sobremaneira todos e cada um dos consumidores a elas conectados que não dividiriam o custo principal. No limite, poder-se-ia pensar na situação absurda de ter-se *cada consumidor* conectado ao sistema de transmissão por *uma rede*, por ele inteiramente custeada.

A teoria econômica que cuida da distribuição enquanto monopólio natural preconiza que o setor, por não estar sujeito à competição, seja especialmente regulado, para que se evitem abusos no exercício da atividade. A regulação a que se sujeita tal atividade é tanto de caráter econômico – para garantir a expansão e operação a preços compatíveis – como de caráter técnico – para garantir a qualidade do serviço de fornecimento.

Tecnicamente, o serviço de distribuição atende o fornecimento de energia dos consumidores de média e baixa tensão (34.5 kV, 13.8 kV, 380 kV, 220 V e 127 V). Nas regiões mais desenvolvidas e nas áreas metropolitanas, cargas de maior porte podem também ser supridas pela distribuição primária, ou “subtransmissão”, a 69 kV, 138kV e até 230kV. Os sistemas de distribuição de energia elétrica brasileiros (redes elétricas) são predominantemente aéreos, radiais em todas as regiões, com configurações de distribuição urbanas subterrâneas nos maiores centros populacionais como São Paulo, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba, Salvador e Brasília.²⁰

As companhias de distribuição são atualmente responsáveis pela preparação e planejamento dos projetos de extensão da rede (Planejamento

²⁰ Nas áreas rurais, sistemas de 3 e 4 fios são utilizados, juntamente com os sistemas monofásicos (fase-fase, fase-neutro e retorno à terra). A escolha do sistema apropriado varia de companhia a companhia dependendo da densidade de carga da região, do tipo de carga e da disponibilidade de recursos.

da Expansão da Distribuição), realizando os trabalhos de construção necessários para o fornecimento de energia aos consumidores, juntamente com a operação e a manutenção de seu próprio sistema – de acordo com os níveis de qualidade de fornecimento adequados.

Este planejamento é composto pelos planos de expansão das redes de alta, média e baixa tensão, os quais possuem características específicas. No que se refere à tecnologia de planejamento de redes, esta área sofreu grandes avanços nos últimos tempos, procurando-se automatizar e controlar, mesmo à distância, as operações pertinentes, através de estudos apurados e com uso de modernos centros de operação, chegando-se hoje a uma preocupação crescente com o problema da qualidade da energia.²¹

Estas são, sucintamente apresentadas, as principais características técnicas e econômicas da indústria que devem ser consideradas pelo jurista em sua análise das normas pertinentes ao setor. A elas convém acrescentar uma outra característica que se poderia qualificar de “social” e que assume, hoje, a condição de obviedade.

IX – Absoluta relevância social

Considere-se o grande número de empregos gerados, a dimensão dos capitais mobilizados e dos recursos naturais estratégicos utilizados na indústria elétrica, o volume econômico-financeiro movimentando continuamente pelo setor, dentre outros fatores. Só por estes, ela mereceria um destaque pela importância que possui na economia do país.

Mas, por sobre todos eles está a importância *intrínseca da utilidade produzida, da energia elétrica*. E é tal esta importância que se pode dizer ser a energia elétrica um elemento *constitutivo da sociedade e do Estado*

²¹ Os índices de qualidade são, basicamente: (a) DEC: representa o tempo médio durante o qual cada consumidor, em dado grupo ficou sem energia elétrica durante um certo período – expresso em horas. (b) FEC: representa o número médio de interrupções sofridas pelo consumidor individualmente, em dado grupo, durante um certo período. (c) DM: representa o tempo médio para o restabelecimento do fornecimento subsequentemente às interrupções de fornecimento – expresso em horas. Os níveis aceitáveis destes índices são definidos de acordo com a densidade e a configuração dos sistemas em exame, e variam de 15 horas a 120 horas por ano de interrupção para DEC e de 20 a 90 interrupções por ano para FEC.

moderno, sem a qual suas instituições econômicas e políticas materialmente não funcionam.

Encarecer este aspecto hoje pode parecer truísmo, mas torna-se necessário, quanto mais não fosse, para eliminar de vez uma discussão jurídica que – incrivelmente – ocupou muito tempo de nossa doutrina em meados do século passado. No contexto da dicotomia entre *serviços públicos* e *serviços de utilidade pública* indagava-se se as atividades ligadas à produção e fornecimento de energia elétrica seriam *necessárias* (serviços públicos) ou *meramente úteis* (serviços de utilidade pública) *à sociedade* e, em última análise, à conformação estatal.

“Meramente útil” significava que a utilidade produzida poderia deixar de existir, sem que tal causasse mais do que eventuais desconfortos ou transtornos que não colocariam em risco a sobrevivência social e a coesão estatal. Parte da doutrina – Pontes de Miranda, por exemplo – sustentava tratar-se de atividade que aportava somente comodidade à organização social.

Considera-se esta opinião completamente equivocada e muito perniciososa para uma correta exegese constitucional. Sobretudo porque são tarefas como essa que mais de perto concorrem para a realização dos valores constitucionais estampados nos arts. 1º e 3º da Carta e que por isso são dotadas por ela de um regime jurídico *diferenciado*.

Com efeito, dada a forma como se estruturou a sociedade contemporânea, é de se ter a produção, transporte e fornecimento de energia elétrica como atividades de absoluta relevância social e, assim, imprescindíveis.

Essa constatação isolada, no entanto, não importa em qualquer pré-julgamento de caráter normativo ou acerca da natureza jurídica da atividade. Sugere, apenas, que o Direito lhe empreste particular atenção, sem determinar aprioristicamente a sua forma jurídica.

Conclusões

É chegado o momento de se colherem os pontos não jurídicos principais, para poder empreender-se com frutos a análise propriamente jurídica.

- Energia elétrica é uma forma de energia e a indústria elétrica é uma das indústrias do setor energético. Obtém-se-a a partir do movimento das pás de uma turbina acoplada a um gerador, que converte a energia mecânica em elétrica através do fenômeno da indução eletromagnética; esta energia mecânica, por sua vez, é

produto de formas anteriores de energia – potencial, da água em queda; cinética, obtida com a combustão de certos produtos etc., chamados *fontes de energia*;

- As atividades da indústria elétrica são quatro: geração, transmissão, distribuição e comercialização; as três primeiras envolvem atividades de manejo físico da energia e instalações próprias. A comercialização consiste, apenas, na transação da utilidade (compra e venda);
 - A energia elétrica deve ser produzida e transportada na exata medida em que é requerida e no exato montante demandado;
 - A maior parte da energia elétrica produzida no Brasil provém de uma fonte de energia *renovável*, a água, mais precisamente o *potencial hidráulico*, cuja exploração ainda não atingiu 50% do total estimado; complementam o parque gerador sobretudo usinas termoeletricas que se valem de variados elementos: *fontes não renováveis* como os combustíveis fósseis (gás natural, derivados de petróleo, carvão mineral), e o combustível nuclear (urânio); *fontes renováveis* como a biomassa
- o A geração de energia a partir da exploração do potencial hidráulico tem as seguintes características básicas:
- Possui dimensões que variam de 1 MW de potência até 12.000 MW;
 - Deve respeitar os demais usos da água, bem como ocorrer com a menor agressão possível ao meio-ambiente e às populações afetadas (esses dois últimos problemas se fazem sentir, sobretudo, na fase de construção);
 - Deve realizar-se em atenção às demais usinas hidrelétricas que se encontram na mesma bacia ou sub-bacia hidrográfica;
 - Possui longos prazos de construção e emprega larga quantidade de capital nesse processo;
 - Tem uma vida útil longuíssima;
 - Possui baixo custo de operação, mas vale-se de um combustível aleatório que, se usado de forma inadequada pode causar insuficiência de abastecimento futuro;
 - Opera como fonte energética prioritária do sistema brasileiro.

- o Por contraste, a geração termoelétrica:
 - Tem dimensões que se situam, em geral, até 1200 MW;
 - É menos agressiva ao ambiente na sua fase de construção, mas em geral muito poluente quando de sua operação;
 - Consome tempos menores de construção e necessita de menos capital em comparação com uma usina hidrelétrica equivalente (o que não significa que não seja um empreendimento de capital intensivo);
 - Possui uma vida útil mais reduzida;
 - Possui custo de operação mais alto do que a hidrelétrica devido à necessidade de compra do combustível;
 - Opera, no Brasil, de forma complementar às usinas hidroelétricas;
- A maior parte do território nacional está eletricamente interligada por uma rede de transmissão que conecta as diferentes usinas geradoras (hídricas e térmicas) aos diferentes centros de consumo. Trata-se do Sistema Interligado Nacional – SIN.
 - o Essa rede não apenas permite o fluxo de energia dos centros de produção aos de consumo, mas tem uma função energética estratégica: melhora a performance do parque gerador brasileiro, aproveitando-se das diferentes situações a que estão submetidas as usinas, e garante maior segurança na operação;
 - o Sua operação deve ser realizada com pleno conhecimento das possibilidades de geração, das exigências de consumo e das alternativas de “escoamento” da energia, i.e., a rede deve ser operada em benefício do *sistema elétrico como um todo*.
- Tanto as características da geração hidráulica quanto a existência do SIN exigem uma atividade de *planejamento da operação*. Esse planejamento necessita de uma enorme quantidade de dados relativos aos mais diversos aspectos da indústria (possibilidade e condições de geração, comportamento das redes de transmissão, necessidades de consumo etc.) e busca minimizar o custo total da operação e garantir o abastecimento (presente e futuro) com qualidade e em atendimento às exigências ambientais e de uso múltiplo das águas; em uma palavra, o planejamento da operação busca a *otimização energética*.

- Não é, porém, somente a operação que necessita de planejamento. Ele existe também na *expansão* do setor. Seu objetivo é a garantia, no tempo, da oferta em face da demanda, em condições ótimas, i.e., com suficiência, economia e qualidade no futuro (e sempre em atenção às condicionantes porventura existentes).
- A distribuição de energia:
 - o É uma atividade “de rede” que, porém, não individua um determinado setor elétrico de seus congêneres, dada a extrema padronização de sua configuração e operação;
 - o É caracterizada economicamente como um “monopólio natural”.
- Com todas essas características, a energia elétrica é uma utilidade *indispensável* para a Sociedade e o Estado modernos.

