



**XXIII SNPTEE
SEMÍNÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GPT/01
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - II

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS - GPT

**AValiação Comparada da Geração de Energia por Fontes Renováveis e Não Renováveis
nos Sistemas Elétricos**

**RELVA, S. G.*
EPUSP**

**UDAETA, M.E.M.
GEPEA/EPUSP**

**GRIMONI, J.A.B.
EPUSP**

**GALVÃO, L.C.R.
EPUSP**

RESUMO

Este estudo analisa a utilização em escala das fontes energéticas na matriz elétrica. Para isso, são avaliados o processo de leilões de energia e o funcionamento do setor elétrico nacional e são analisados os aspectos mais relevantes da matriz e do setor elétrico canadense e chinês para identificar as dificuldades encontradas no atendimento sustentável da demanda em países com grandes dimensões territoriais. Verifica-se a tendência da diversificação de fontes nas matrizes elétricas e a necessidade de compreender os novos processos de expansão da geração da energia elétrica, incorporando, mais do que nunca, o planejamento da transmissão de energia.

PALAVRAS-CHAVE

Fontes-Renováveis-De-Energia, Geração-De-Energia; Transmissão-De-Energia; Segurança-Energética;

1.0 - INTRODUÇÃO- CONTEXTO ESTRUTURAL DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA

O setor elétrico é responsável pelo abastecimento de um dos recursos de infraestrutura mais importantes para a economia e para a sociedade. O acesso à energia elétrica é essencial para a manutenção de serviços de saúde e saneamento e tem uma relação direta com a qualidade de vida. A segurança e garantia do abastecimento de energia promove a confiabilidade dos setores industriais e dos demais setores de infraestrutura. Isso mostra o quão necessário é a operação e constituição eficiente das matrizes elétricas dos países.

O planejamento da matriz elétrica envolve uma série de fatores técnicos, ambientais, sociais, econômicos e políticos. A escolha dos recursos utilizados para produção de energia depende dos tipos de recursos disponíveis em cada região, das tecnologias disponíveis para geração, transmissão e distribuição, e de análises econômicas de viabilidade das opções existentes. Além disso, a produção de energia é uma das atividades que mais gera poluição e mais necessita de recursos naturais, gerando inúmeros impactos sociais e ambientais. Assim, políticas públicas são indispensáveis no equacionamento dessas variáveis, visando promover o maior e melhor retorno à sociedade como um todo.

A logística do transporte da energia elétrica é extremamente dinâmica, visto a grande limitação do armazenamento da energia. A transmissão deve garantir que grandes quantidades de energia possam ser transferidas dos centros de geração aos centros de carga, assegurando o abastecimento contínuo e imediato em resposta ao aumento ou diminuição da carga, de modo a promover sempre os menores custos econômicos, ambientais e sociais à operação.

A utilização de novas fontes energéticas acarreta na necessidade de desenvolvimento das tecnologias de transmissão e adaptação das redes para o acesso aos novos polos geradores. Nesse contexto tem-se verificado

desafios e dificuldades da conexão de parques geradores de energia solar e eólica. No Brasil, cerca de 36 parques eólicos permaneceram sem transmissão entre 2012 e 2014 em função do descasamento entre as obras de geração e transmissão. Na China, em 2007, cerca de 30% do parque eólico permaneceu desligado em função do esgotamento do sistema de transmissão. Os EUA apresentaram problemas com a conexão de parques eólicos e solares no sistema de transmissão, o domínio histórico estadual e municipal sobre a regulamentação cria sérios desafios para a integração da rede e desenvolvimento da transmissão de longo alcance no país. (TAWNEY et al., 2011).

A atual atenção mundial com o desenvolvimento sustentável tem promovido preocupações acerca dos impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis. Neste contexto, nota-se uma tendência mundial de utilização de fontes energéticas limpas e renováveis. Como destaque, a utilização das fontes eólica, solar e biomassa tem ganhado espaço no mercado de geração e comercialização de energia no Brasil e no mundo.

Além das questões citadas, grandes extensões territoriais, diferenças regionais demográficas, grandes distâncias entre fontes geradoras de energia elétrica e polos consumidores e a limitação de recursos energéticos disponíveis aumentam o fator de complexidade do planejamento e operação do setor elétrico.

Brasil, China, Estados Unidos, Canadá e Rússia compõem o grupo dos cinco países com as maiores extensões territoriais do mundo (CIA, 2014). Segundo D'Araújo (2009), o Brasil é o país com a maior quantidade de recursos hídricos do mundo. Nesta classificação, Rússia e Canadá ocupam o segundo e terceiro lugar, respectivamente, enquanto a China Continental e os Estados Unidos são encontrados na quinta e sexta posição respectivamente. Segundo o mesmo autor, China, Canadá e Brasil são os países que mais geram energia hidrelétrica no mundo.

Borges (2013) faz uma análise acerca das políticas públicas para matrizes elétricas com foco no desenvolvimento sustentável e considera como referência de matrizes desenvolvidas e atualmente empenhadas no direcionamento ao desenvolvimento sustentável a Alemanha e o estado norte-americano da Califórnia. Como representação dos problemas enfrentados por países em desenvolvimento, o autor toma como base o estudo na matriz elétrica chinesa.

Guimarães e Feu (2013) afirmam que a experiência histórica canadense de transição de uma matriz elétrica hídrica para hidrotérmica merece ser estudada em maior profundidade no Brasil, pois certamente traz inúmeras lições aprendidas que podem constituir para a tomada de decisão de planejamento para a expansão do sistema elétrico brasileiro, principalmente quando se verifica que os energéticos que se expandiram no Canadá também estão disponíveis no Brasil.

Para este estudo, o foco de desenvolvimento da pesquisa engloba os aspectos que constituem as matrizes energéticas sob dois principais aspectos: (i) recursos energéticos utilizados e (ii) dificuldades de transporte de energia em função de grandes expansões territoriais. Esses aspectos serão utilizados para fornecer uma análise acerca da utilização sustentável de recursos energéticos na matriz elétrica brasileira. Por isso, foram definidos para a análise, a composição das matrizes energéticas da China e Canadá e as principais características do setor nesses países. O critério de escolha dos dois países englobou questões acerca da extensão territorial, do potencial hidrelétrico e das políticas direcionadas à sustentabilidade. Neste último aspecto, coloca-se a matriz canadense como representação de um país desenvolvido com preocupações direcionadas à política de redução de gases de efeito estufa, enquanto a matriz chinesa corresponde a matriz elétrica mais emissora de GEE do mundo e de um país em desenvolvimento.

2.0 - O SETOR ELÉTRICO CHINÊS

A China é o país mais populoso e com a economia em mais rápido crescimento no mundo. O país é atualmente o maior produtor e consumidor de energia mundial (EIA, 2014). Nas últimas décadas, a indústria chinesa encontra-se em franca expansão e desenvolvimento. Segundo Mendes (2004), tal situação favoreceu que o país enfrentasse uma crise energética sem precedentes. O crescimento industrial não foi acompanhando pelo crescimento ideal do setor de infraestrutura.

A composição atual da matriz chinesa tem origem no planejamento inicializado na década de 90 que investiu prioritariamente no desenvolvimento das termelétricas movidas a carvão mineral e derivados de petróleo, caracterizando a matriz elétrica chinesa como uma das mais poluidoras do mundo. A política energética chinesa entende o carvão como insumo fundamental para o crescimento da indústria e deve permanecer aumentando a utilização da fonte (BORGES, 2009). A China hoje produz e consome praticamente a mesma quantidade de carvão que o resto do mundo (EIA, 2014).

A crise energética de 2004 ocasionou uma situação crítica de carregamentos emergenciais de carvão para abastecimento das térmicas espalhadas ao longo do país. Essa alta demanda gerou preocupações com a qualidade do ar na região (MENDES, 2004). As previsões para 2020 são que a China dependa da importação de 60% do petróleo e 30% do gás natural utilizados no país. Essa situação determina uma tendência de grande

dependência de importações para a matriz chinesa. Com o intuito de garantir a segurança e o abastecimento energético, a China passou a aumentar nos anos 2000, as atividades de prospecção de petróleo, além da diversificação dos seus principais fornecedores, buscando reduzir a sua dependência energética do Oriente Médio (MENDES, 2004), para tal, o governo chinês pretende construir até 2020 um estratégico sistema de armazenamento de petróleo com capacidade de no mínimo 500 milhões de barris. O país também tem investido em sistemas de transmissão de energia a longa distância para a conexão de potenciais hidrelétricos remotos aos principais centros de carga (EIA, 2014).

Atualmente a matriz elétrica chinesa tem ganhado um perfil de expansão um pouco mais sustentável. Contudo, o posicionamento político chinês indica que a responsabilidade da redução de gases de efeito estufa deve ser atribuída aos países desenvolvidos e não assume oficialmente nenhum compromisso com a redução de emissão de GEE (BORGES, 2009).

O sistema elétrico chinês possui uma capacidade instalada de cerca de nove vezes o Sistema Integrado Nacional (SIN) brasileiro e a tendência é de crescimento contínuo - equivalente à instalação de um SIN brasileiro por ano até 2020. As grandes reservas de carvão chinesas encontram-se ao norte do território, enquanto o potencial hidrelétrico se concentra na porção sudeste do país. Nas porções noroeste e em algumas regiões centrais o país também possui instalações de extração de gás natural expressivas. Os principais centros de carga se localizam na região leste, ao longo da costa e em algumas regiões do centro. Essas características evidenciam a complexidade necessária do sistema de transmissão chinês que impulsionou o desenvolvimento de novas tecnologias de transmissão no país, sendo este pioneiro na implantação de redes de ultra-alta-tensão (FERNANDEZ, 2011). Esta tecnologia atualmente está sendo utilizada para a construção das linhas de transmissão da Usina Hidrelétrica de Belo Monte- PA no Brasil. O consórcio de construção da linha conta inclusive com a participação de uma empresa chinesa.

A geração de energia elétrica chinesa é controlada por empresas estatais, embora ultimamente, uma limitada reforma política tenha proporcionado à entrada de empresas privadas no setor e o investimento de capital estrangeiro. As políticas atuais para o setor energético compreendem basicamente: (i) ampliação da rede de gás natural e de aproveitamentos hidrelétricos e eólicos e (ii) ampliação do sistema de transmissão à longas distâncias (CIA, 2014). A construção da gigante hidrelétrica de Três Gargantas é um exemplo desses esforços. A hidrelétrica é atualmente a maior do mundo em potência instalada, a sua construção contou inclusive com a participação de técnicos e empresas brasileiras.

Sobre os aspectos políticos energéticos chinês, no que tange as preocupações com o meio ambiente, Berrah, et al. (2007) afirmam que a formação de políticas públicas é fragmentada e descoordenada, e que os processos de supervisão implementação e regulação são fracos principalmente porque as instituições governamentais de energia e meio ambiente possuem poucos funcionários e estão subfinanciadas, como consequência, as políticas públicas não conseguem atingir os desafios dos quais tem que enfrentar e as metas que deveriam ser integradas entre energia e meio ambiente não são alcançadas. Os mesmos autores ainda exemplificam situações originadas por esse problema: (i) a eficiência do uso final não é incentivada pelas empresas em função da falta de incentivos públicos para investimentos nesta área, (ii) contrário à política de maximizar o uso de fontes renováveis e reduzir a poluição do ar, a geração com carvão nas províncias, por questões das taxas aplicadas, é mais barata do que a geração hidrelétrica importada de outras províncias e (iii) as políticas para o meio ambiente não foram atualizadas de forma a prevenir o uso intenso de plantas energéticas a carvão antigas e ineficientes

3.0 - O SETOR ELÉTRICO CANADENSE

Brasil e Canadá são países muito diferentes no histórico de formação colonial e na composição climática. O Canadá possui um território 17% maior que o brasileiro com uma população equivalente à 18% da população do Brasil. Contudo, o país possui uma grande extensão de florestas e recursos hídricos e um consumo energético próximo ao brasileiro e semelhante estrutura de fontes primárias. O consumo de energia primária é 19% inferior ao brasileiro e a geração de energia elétrica é 17% menor (GUIMARÃES e FEU, 2013). A política energética canadense situa-se em meio a situações antagônicas. Se por um lado, ela sofre pressões externas e da sociedade civil por uma política de redução de emissão dos gases de efeito estufa, por outro, ela tem a possibilidade de obter altos lucros com a exploração de carvão e petróleo para exportação de energia para os Estados Unidos (DOERN, 2005). Em 2010, cerca de 40% do aumento de emissões de gases de efeito estufa, comparado a 1992, teve origem na queima de carvão para a produção de energia elétrica a ser exportada aos EUA (RAIZER, 2011).

O Canadá, além de ser um grande exportador de energia elétrica, transfere grandes quantidades de energia entre as províncias. Essa transmissão de energia elétrica é benéfica para a otimização da utilização da energia. A interligação de regiões traz vantagens visto a divergências de pico de carga, em função dos fuso-horários e em função das épocas do ano: enquanto no Canadá, a maior demanda de energia ocorre durante o inverno, nos EUA ela ocorre durante o verão (CANADÁ, 2013a). O país é o quinto na capacidade total geradora de eletricidade e é líder na transmissão de potencial elétrico à longa distância. (CANADÁ, 2013b).

A política energética canadense é dividida entre o governo federal e os governos das províncias, que possuem bastante autonomia administrativa. O setor possui um forte direcionamento de livre mercado, como exemplo, Raizer (2011) cita a província de Alberta, na qual o mercado regula os preços, a oferta e demanda e os investimentos do setor. O mesmo autor afirma que as políticas energéticas canadenses são caracterizadas pela falta de consenso e coordenação entre as províncias e entre essas e o governo federal. Enquanto o governo federal é responsável pela regulação das relações entre províncias e acordos internacionais, os governos provincianos são responsáveis pelo gerenciamento dos recursos e das demais atividades do setor em âmbito regional.

O conjunto de recursos utilizados para o abastecimento elétrico varia de província para província, em função dos tipos de recursos disponíveis em cada região, das considerações econômicas e das políticas adotadas. Quebec, B.C., Manitoba, Newfoundland, Labrador e Yukon possuem recursos hidrelétricos significativos. Saskatchewan e Alberta são historicamente dependentes da abundância local de carvão, mas atualmente vêm desenvolvendo térmicas a gás natural. Ontário gera aproximadamente um terço de sua energia através da energia nuclear, o restante é produzido basicamente com gás natural e hidrelétricas. Em Atlanta, a geração é composta por hidrelétricas, térmicas utilizando combustível fóssil, usinas nucleares e outros recursos renováveis como a energia eólica e solar. As províncias Nunavut e NWT produzem energia basicamente através da utilização de combustíveis fósseis (CANADÁ, 2013a).

Segundo Raizer (2011), os maiores esforços para a redução de emissão de gases de efeito estufa estão sendo realizados principalmente pelos governos de Ontário e Québec, com pouca participação do governo federal. Ontário tem investido em térmicas a gás natural em substituição as térmicas a carvão, enquanto Québec e Manitoba têm aumentado as suas capacidades hidrelétricas e eólicas, em Atlanta as plantas a carvão e derivados de combustíveis fósseis estão gradualmente sendo substituídas pelo uso do gás natural e outras fontes renováveis (CANADÁ, 2013a). A previsão para 2035 é um pequeno decréscimo na participação das fontes hídrica e nuclear na matriz e aumento da participação de outras fontes renováveis.

O Canadá, assim como o Brasil, possui um grande potencial de energia oceânica em função da sua localização geográfica. A utilização da energia das ondas e das marés já pode ser verificada em algumas províncias canadenses. O planejamento energético para 2035 (CANADÁ, 2013a) prevê o aumento da utilização dessas fontes e considera a participação mais expressiva da energia geotérmica, presente nas regiões remotas do país.

Em 2012, 57% da energia gerada no país foi proveniente da fonte hídrica, deste montante, uma pequena participação corresponde à geração com energia oceânica, e o restante por meio de hidrelétricas. Sobre o aproveitamento do potencial hidrelétrico canadense:

No Canadá, 70% do potencial viável já foi aproveitado e a expansão está estacionada há décadas. Não dispondo de importantes reservas de carvão, como também é o caso do Brasil, a opção canadense desde o início do século XX foi a de aproveitar ao máximo seu potencial hídrico. O Brasil foi beneficiário dessa opção pela Light, empresa canadense pioneira na implantação de energia hidrelétrica no Rio e em São Paulo, implantando em nosso País a "cultura" da hidroeletricidade (GUIMARÃES e FEU, 2013).

Para as próximas duas décadas, o governo canadense pretende aumentar a participação de outras fontes renováveis na matriz principalmente por meio da ampliação do parque eólico. As expectativas também consideram a redução da queima de carvão e outros derivados de petróleo, principalmente através da maior utilização do gás natural. A geração nuclear deverá permanecer com a mesma quantidade de energia gerada por ano. Guimarães e Feu (2013) afirmam que a evolução do sistema elétrico canadense nos últimos 50 anos é um exemplo da transição entre um sistema hídrico para um sistema hidrotérmico com aumento da diversificação de fontes primárias, utilizando como principais recursos para a complementação térmica o carvão e a energia nuclear.

O planejamento do sistema elétrico canadense deve ser baseado na demanda doméstica e nas prospecções do aumento de exportação de energia para os EUA. Em 2012 o país exportou cerca de 47TWh de energia para os EUA e a tendência é que a exportação não aumente muito para os próximos anos em função da redução do custo de gás natural, que implica em um mercado mais atrativo de geração para os Estados Unidos, fazendo-os depender menos da importação de energia. A importação de energia entre províncias no Canadá, em 2012, foi de 52 TWh. O país também tem investido em pesquisas para transmissão em ultra-alta-tensão

4.0 - O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

4.1 As Grandes Mudanças

O setor elétrico brasileiro passou por duas principais reformas nas últimas décadas. A primeira correspondeu à implantação, entre 1995 e 1998, do projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (RE-SEB). O projeto tinha como principais objetivos otimizar o custo e melhorar a qualidade da energia elétrica no país, além de incentivar investimentos para a expansão da geração. A segunda reforma correspondeu à implantação, entre 2003

e 2004, do Novo Modelo do Setor Elétrico, que tinha como principais objetivos a modicidade tarifária, a garantia do abastecimento elétrico e a promoção do acesso à energia elétrica a toda população.

O RE-SEB definiu o processo de desverticalização das empresas do setor, além da privatização de muitas empresas geradoras de energia e do serviço de distribuição. Nesse processo foi estabelecida a implantação de leilões para a exploração dos potenciais energéticos, onde quem oferecia o maior valor a ser pago pela outorga definia-se como o vencedor (1996).

O processo de privatização e reestruturação iniciado na década de 90, trouxe ao setor elétrico nacional certos riscos e falhas que se tornaram nítidos na crise energética, que implicou em racionamento de energia em 2001. Ao longo desse período as taxas de energia passaram a subir mais do que a inflação do país. Isso ocorreu principalmente em função do risco que as empresas privadas assumiam no novo modelo de leilões, acarretando na falta de investimentos em novas gerações de energia. Esse fato impulsionou que o novo modelo privatizado sofresse novas modificações.

Nesse contexto de pós-crise energética, foi definido a implantação do Novo Modelo do Setor Elétrico no biênio 2003-2004. Nele, os critérios para concessão de novos empreendimentos de geração mudaram novamente. Passou a ganhar os leilões de energia nova quem oferecesse o menor valor de venda da energia a ser produzida sendo que, a tarifa máxima fica definida pelo Ministério de Minas e Energia (MME) antes do início do leilão

Atualmente essa estrutura do Novo Modelo define os leilões e as fontes de energia a serem exploradas na matriz elétrica nacional que possui como elemento predominante a geração hídrica. Os grandes reservatórios construídos principalmente na região sudeste garantem uma capacidade de armazenamento e regularização da vazão afluente dos rios que determina o funcionamento da geração de energia elétrica no Brasil. Contudo, os aproveitamentos com grandes reservatórios representam uma etapa do desenvolvimento energético brasileiro já finalizada visto que os potenciais hidrelétricos remanescentes localizam-se basicamente na região norte do país. Esse potencial, que está sendo atualmente explorado, representa a atual expansão hidrelétrica nacional, e possui um perfil diferente das hidrelétricas construídas nas demais regiões. Essas novas hidrelétricas possuem, em sua maioria, um perfil à fio d'água que reduz a possibilidade de armazenamento e a garantia da energia gerada por essa fonte para os próximos anos. Em 2000 os reservatórios eram capazes de armazenar, mais de seis vezes a carga, em 2012, já incorporando as usinas contratadas nos leilões de energia nova realizados, estima-se que eles consigam armazenar 4,5 vezes a carga. O crescimento da carga sem a construção de reservatórios importantes diminuirá ainda mais capacidade de regularização da energia disponível nos próximos anos. (CASTRO, et al. 2010).

O perfil da matriz elétrica brasileira encontra-se em um momento de transição para um estado cada vez mais dependente de uma nova fonte para geração de base na matriz. Essa geração tem sido suprida pelo despacho cada vez maior de termelétricas. A análise do histórico da matriz elétrica nacional também mostra um aumento da diversificação de fontes energéticas nos últimos anos, início da participação da energia eólica e o aumento da participação de termelétricas a partir de biomassa.

Por meio da análise do PNE 2030 (Plano Nacional de Energia 2030- Brasil, 2007) verifica-se a tendência de permanência da exploração dos potenciais hidrelétricos e o aumento significativo da utilização do gás natural, dos potenciais eólicos e do bagaço de cana de açúcar. Embora o planejamento aponte a utilização de resíduos urbanos e grande aumento da utilização de fontes alternativas, a geração solar não recebe destaque para as próximas décadas.

4.2 Leilões de Energia e Recursos Disponíveis

O primeiro leilão realizado com base nas diretrizes do Novo Modelo do Setor Elétrico ocorreu em 2005, no qual foram negociadas energia nova e de hidrelétricas e termelétricas já existentes. Desde então, a EPE (BRASIL, 2014a) aponta para a já realização de 24 leilões, até o final de 2013, que se dividem em leilões para início de contratação de energia em 5, 3 e 1 ano (denominados de A-5, A-3, A-1, respectivamente), leilões de energia de reserva, leilões de fontes alternativas e leilões específicos para três das grandes hidrelétricas da bacia amazônica: Belo Monte (Rio Xingu- Pará), Jirau e Santo Antônio (Rio Madeira- Rondônia).

No período de 2008 a 2013, cinco leilões de energia de reserva foram realizados, todos com contratação apenas de energias renováveis com destaque para as fontes eólica e biomassa. Termelétricas movidas a carvão mineral que participaram do primeiro e segundo leilão A-5 de 2013 não foram contratadas, essa fonte não participava de leilões desde 2008. A primeira participação da energia solar nos leilões de energia ocorreu com a disponibilidade da contratação de usinas fotovoltaicas no leilão A-3 de 2013. O segundo leilão A-5 de 2013 disponibilizou novamente projetos fotovoltaicos e, pela primeira vez, usinas heliotérmicas, contudo nenhum dos projetos de energia solar foi contratado. Muitos dos leilões disponibilizaram termelétricas a gás natural, porém a energia também não foi contratada. A energia nuclear também aparece estagnada sem previsão para participação em novos leilões, limitando a participação desta fonte na matriz por meio das usinas nucleares Angra I, II e III, sendo que a última deve entrar em operação em 2018.

A Tabela 1 foi formulada com base nos dados disponibilizados pela EPE e apresenta a quantidade de leilões realizada anualmente no período de 2005 a 2013, sem considerar os leilões das UHEs Santo Antônio, Jirau e Belo Monte que ocorreram nos anos 2007, 2008 e 2010 respectivamente.

Tabela 1 – Leilões de Energia Realizados entre 2005 e 2013

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
A-5	x	x	x	x	x	x x	x	x	x x
A-3		x	x	x	x		x	x	x
A-1					x	x			x
Reserva				x	x	x	x		x
Fontes Alternativas			x			x			
Sistemas Isolados						x			

Os leilões não tem sido realizados com uma periodicidade pré-definida. Os critérios para inclusão ou exclusão das fontes que participam de cada leilão também não são previamente divulgados. Verifica-se a realização de leilões direcionados a fontes específicas e outras fontes que são constantemente barradas de participar sem que haja o devido esclarecimentos quanto à política adotada para tais definições. Essa inconstância e imprevisibilidade afasta a concorrência qualificada e torna o mercado de geração menos atrativo. Verifica-se também a falta de coordenação entre as atividades de expansão das redes de transmissão e construção de novos empreendimentos energéticos e a dificuldade de atendimento, por parte da Petrobrás, da exigência de garantir o abastecimento de gás natural para que os projetos térmicos possam participar dos leilões.

A análise do Atlas de Energia Elétrica (BRASIL, 2008) mostra que o país possui reservas de carvão mineral principalmente na região sul, grande potencial para a geração solar, principalmente no nordeste, região que também se destaca pela disponibilidade de ventos. Além disso, o país conta com a sétima maior reserva de urânio do mundo e potenciais hídricos não explorados na região norte. A produção de derivados de petróleo tende a aumentar significativamente nos próximos anos em função da exploração das reservas do “pré-sal” principalmente na região da costa do sudeste. A geração de energia através da biomassa já é fortemente explorada, enquanto a utilização do biogás e da energia oceânica apresenta pouca ou nenhuma representatividade na geração, porém com grandes potenciais de exploração. Isso indica que o Brasil possui grande disponibilidade de diversos recursos energéticos. O aumento da utilização de cada um desses recursos ou a incorporação de recursos ainda não explorados na matriz mostra a necessidade do melhoramento da política de expansão da geração de energia elétrica no Brasil, incluindo a padronização da realização dos leilões, a publicação clara e coerente dos critérios de escolha da participação e exclusão das fontes energéticas de cada leilão e a coordenação entre a geração e transmissão da energia elétrica brasileira.

4.3 A Transmissão de Energia Elétrica no Brasil

Atualmente o Sistema Interligado Brasileiro (SIN) conta com mais de 103 mil quilômetros de linhas de transmissão (BRASIL, 2014b) que se organizam em uma rede extremamente complexa de interconexões.

Se a nova expansão da hidreletricidade denota um novo momento para o perfil de geração da matriz elétrica brasileira, ela também corresponde a uma nova fase do sistema de transmissão nacional, implicando em novas tecnologias para longas distâncias e uma operação ainda mais dinâmica deste sistema. A Figura 2 mostra a expansão das redes de transmissão em ultra-alta tensão para a conexão da energia gerada através da expansão hidrelétrica na região Norte do país.

A operação deste sistema corresponde em uma complexa combinação de variação constante da (i) demanda a ser atendida, (ii) das fontes de geração mais baratas disponíveis (iii) do gerenciamento dos reservatórios das hidrelétricas (iv) dos gargalos de transmissão entre sub-mercados e regiões diferentes. Contudo, é inegável o ganho que a interligação entre sub-bacias e diferentes regiões promovem ao sistema elétrico, garantindo a complementação da oferta de energia e diminuindo os problemas sazonais de períodos de secas e cheias das bacias hidrográficas. Na estação úmida do Subsistema Norte, este exporta grandes quantidades de energia para os subsistemas Nordeste e Centro-Oeste/Sudeste. Contudo, como esse subsistema possui uma estação seca longa e não dispõe de uma grande capacidade de reserva e regularização da vazão afluente, ele passa a ser receptor de energia proveniente das outras regiões na sua estação seca.

A ampliação da rede de transmissão, o aumento da utilização de fontes alternativas de energia e os aproveitamentos a fio d'água exigirão um sistema de transmissão cada vez mais dinâmico e eficiente pra a garantia e segurança do abastecimento elétrico brasileiro.

O principal problema da coordenação entre os projetos de transmissão e geração está no tempo requerido para a construção de cada empreendimento. Enquanto usinas hidrelétricas demoram cerca de 5 anos (ou mais) para serem construídas, plantas solares e eólicas podem ser entregues com menos de um ano de construção. Nesse sentido, para que as obras de transmissão sejam finalizadas concomitantemente aos empreendimentos de energia alternativa é necessário que a construção das linhas de transmissão se inicie antes das plantas de geração. O

problema disto é a incerteza da localização das plantas antes que elas sejam leiloadas. Para sanar este problema em relação às plantas eólicas, o governo decidiu, em julho de 2014, licitar as linhas de transmissão que vão escoar a energia de parques eólicos sem que os projetos de geração estejam definidos. A estratégia usada pela EPE consiste em identificar as localidades com maior potencial para a produção de energia elétrica a partir da força dos ventos e realizar leilões de transmissão apenas com esse mapeamento.

5.0 - ANÁLISE SISTÊMICA DA ATIVIDADE ELETRO-ENERGÉTICA MUNDIAL

Dos três setores analisados, o Canadense possui um caráter mais voltado ao livre-mercado, com uma política de desenvolvimento dos recursos energéticos bastante dependente das decisões provincianas e grande diversidade das fontes de geração, tendendo a incorporar as fontes oceânicas e geotérmicas como recursos participativos da matriz elétrica nos próximos anos. O governo chinês, que possui a política mais centralizadora dos três setores estudados, ainda apresenta o menor índice de diversificação da matriz e o menor ou nenhum comprometimento com o desenvolvimento sustentável do setor. O setor brasileiro caracteriza-se por uma política dividida entre aspectos regulatórios e de planejamento estatais e a promoção da expansão da geração por meio da concorrência.

A combinação entre os aspectos estatais e de mercado no Brasil poderia funcionar de maneira mais eficiente se a política de expansão da utilização de cada fonte, promovida pela realização dos leilões, fosse melhor estabelecida e padronizada, em concomitância com o planejamento da transmissão, o que promoveria maior segurança e atratividade para as empresas geradoras e transmissoras.

Para os três setores, independente do perfil político adotado, pode-se afirmar algumas tendências já consolidadas: (i) aumento da diversificação da matriz, (ii) aumento da utilização de fontes alternativas e renováveis e (iii) ampliação das redes de transmissão à localidades remotas e (iv) investimentos em tecnologias de transmissão à longa distância.

Se por um lado países com grandes extensões territoriais possuem o privilégio da disponibilidade de uma série de recursos energéticos, por outro enfrentam o desafio de conseguir conectá-los com os centros de carga. As fontes de energia alternativa costumam estar presentes em regiões mais remotas dos países e possuem um cronograma de construção significativamente menor do que a construção das linhas de transmissão para longas distâncias. Nesse sentido, é importante salientar a tendência de promover a expansão da transmissão antes da expansão da geração, invertendo a ordem de planejamento tradicionalmente utilizada.

Se a utilização sustentável e segura das fontes energéticas aponta para o aumento já consolidado da diversificação de fontes e aproveitamento de potenciais remotos, é essencial que essa mudança seja acompanhada pelas tecnologias e instalações de transmissão. Nesse sentido a transmissão não pode mais ser tratada como fator coadjuvante na definição do direcionamento das matrizes elétricas, principalmente em países com grandes extensões territoriais, apresentando-se, nesse novo contexto de expansão, como o planejamento prioritário de modo a evitar o desperdício energético e financeiro de parques geradores desconectados.

Além disso, o aprimoramento das redes de transmissão traz vantagens significativas aos setores elétricos, como (i) redução de perdas, (ii) complementação entre fontes (iii), complementações sazonais, (iv) divisão de cargas de pico, (v) ampliação dos horizontes de ganho econômico por meio da comercialização e do intercâmbio nacional e internacional de energia. A tendência da utilização de fontes oceânicas, da energia eólica e geotérmica também aponta para a necessidade do desenvolvimento de tecnologias de transmissão em função do potencial de aproveitamento off-shore.

O aumento da diversificação das matrizes e da utilização de fontes alternativas ocorre por três principais fatores: (i) necessidade da ampliação do parque gerador para atendimento da demanda crescente, (ii) esgotamento dos potenciais das fontes convencionais de cada país e (iii) pressões e preocupações com o desenvolvimento limpo e sustentável. Enquanto os fatores (i) e (ii) se apresentam tradicionalmente como aspectos determinantes para a diversificação de fontes, é indiscutível que atualmente o terceiro fator tem se tornado o mais representativo na escolha das novas fontes e desenvolvimento de tecnologias.

Com isso, entende-se que independente das diretrizes políticas e econômicas dos países, a diversificação e dinamização do setor elétrico é uma tendência indiscutível e diante do aumento da utilização de novas fontes, muitas com desenvolvimento tecnológico ainda não consolidado e outras com altos fatores de intermitência, a utilização do gás natural vem se apresentando como uma fonte segura, economicamente viável e menos poluente que contribuirá cada vez mais para a garantia do abastecimento nas matrizes elétricas.

A tendência de evolução tecnológica da geração com fontes alternativas de energia inevitavelmente será englobada na matriz elétrica nacional, o que indica que o setor deve estar preparado para a incorporação de novas fontes e tecnologias. Nesse sentido, é essencial que as políticas adotadas para o setor, bem como a realização dos leilões e a coordenação com as obras de expansão da transmissão, seja estruturada de maneira concisa e eficiente e que o país busque o desenvolvimento tecnológico da utilização das fontes disponíveis no país.

Tradicionalmente, a ampliação do parque hidrelétrico representa o principal esforço na expansão da oferta de energia elétrica no Brasil. Para as próximas décadas, em função do esgotamento dos potenciais não explorados, o perfil de expansão irá mudar drasticamente e certamente ele incluirá forte dependência da utilização do gás natural

para geração de base da matriz e alto índice de complementação da energia gerada por fontes alternativas, principalmente através dos parques eólicos. Isso indica que a matriz elétrica brasileira se apresentará nas próximas décadas, com um perfil bastante diferente do construído até hoje.

O processo de transição da matriz é lento em função da complexidade da sua construção, contudo, é importante que o país esteja preparado para essas mudanças, incorporando a expansão da transmissão como fator prioritário e investindo em novas tecnologias de geração e transporte de energia. A construção de térmicas pode ser realizada mais próxima aos centros de carga e a sua geração é plenamente controlada e previsível. O gás natural exige menos do sistema de transmissão do que as fontes alternativas, contudo, o aumento da sua utilização implica na ampliação da infraestrutura de extração e transporte deste insumo, necessitando a construção de centros de processamento e gasodutos, implicando novamente em um novo perfil de expansão energético para o Brasil.

6.0 - CONCLUSÕES

Discutir o setor elétrico nacional buscando a compreensão do mesmo setor em outros países amplia a percepção do funcionamento e das dificuldades enfrentadas para a promoção do abastecimento elétrico seguro e sustentável. Na bibliografia relacionada ao assunto é comum a comparação de dados das matrizes elétricas, contudo, a simples análise comparativa entre as proporções de energia gerada em nível nacional e internacional não permite a identificação das particularidades do setor e das especificidades dos países.

O setor elétrico se constrói a partir de diretrizes econômicas, dos recursos energéticos disponíveis, da localização dos centros de carga, do desenvolvimento tecnológico local e de diretrizes políticas relacionadas à sustentabilidade. Logo, não existe receita pronta, cada região deve buscar a otimização do que está disponível, mitigando riscos e impactos, e otimizando custos. Contudo, devem-se buscar experiências internacionais identificando aspectos semelhantes, compartilhando tecnologias e analisando os casos de sucesso e falhas de políticas energéticas.

Nesse contexto, observam-se relações entre empresas chinesas e brasileiras na construção de empreendimentos hidrelétricos e em redes de transmissão e no compartilhamento de tecnologias. Em relação ao Canadá, verifica-se a forte semelhança entre os recursos energéticos disponíveis no país e no Brasil, além da transição para um sistema hidrotérmico e aumento da utilização de fontes renováveis. As fontes renováveis são um complemento importante para a geração elétrica brasileira, permitindo a otimização do gerenciamento da água dos reservatórios, conforme já ocorre no Canadá.

As análises promovidas nesse estudo permitiram a constatação do momento de transição energética nacional e internacional, e especificaram a importância de um planejamento integrado entre geração e transmissão, principalmente para países com grandes extensões territoriais. O Brasil ainda possui uma gama de recursos energéticos pouco explorados, principalmente no que tange a utilização de fontes alternativas como a solar, o biogás e os recursos oceânicos. É importante que o país avance tecnologicamente e mercadologicamente na utilização desses recursos de modo a reduzir a dependência dos recursos hídricos e térmicos, já que a capacidade de armazenamento de água não acompanha o crescimento da carga e a energia térmica aumenta a emissão de gases de efeito estufa da matriz e exige o aumento da infraestrutura de abastecimento de combustíveis.

Nesse sentido, conclui-se por um lado que a utilização de fontes alternativas de energia pode contribuir para o aumento da insegurança da matriz em função do caráter intermitente ou do desconhecimento do comportamento dessas fontes ao longo dos anos. Por outro lado, o aumento da diversificação se apresenta como aumento das possibilidades disponíveis. Respeitando-se e conhecendo-se a sazonalidade de cada recurso, pode-se, por meio da complementação energética - na qual o planejamento de interligação do sistema de transmissão é um componente primordial - promover uma matriz elétrica menos dependente de um único recurso promovendo, portanto, uma matriz mais segura e menos poluente. Ou seja, verifica-se a tendência mundial e nacional da utilização do gás natural como insumo energético chave para a geração de base da matriz, aliado à capacidade de complementação de fontes alternativas através de um sistema de transmissão cada vez mais complexo e prioritário na expansão energética.

O custo da energia, os esforços em eficiência energética, o planejamento de geração descentralizada e smart grids, bem como os desafios enfrentados nos processos de licenciamento ambiental são aspectos de grande relevância para a compreensão da utilização de fontes energéticas não convencionais. Portanto esses temas ficam como sugestão para estudos futuros que podem enriquecer as perspectivas e conclusões adquiridas neste estudo.

7.0 - BIBLIOGRAFIA

(1) BERRAH, Noureddine. et al. Sustainable Energy in China: The closing window of opportunity. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank, 2007.

(2) BORGES, Fabricio Quadros, Matrizes elétricas na economia mundial: um estudo sobre os posicionamentos na Alemanha, Estados Unidos e China, em Contribuciones a la Economía, noviembre 2013. Disponível em <www.eumed.net/ce/2013/matriz-electrica.html>. Acesso em 25 jun.2014

- (3) BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia PNE2030. Rio de Janeiro: EPE, 2007.
- (4) BRASIL. ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 3ª Edição. Brasília, 2008.
- (5) BRASIL(a). EPE. Empresa de pesquisa Energética. 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/leiloes/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 05 jun. 2014.
- (6) BRASIL(b). ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2014. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/home/>>. Acesso em: 20 maio 2014
- (7) CANADÁ (a). Governo do Canadá. 2013. Disponível em: <http://www.canadainternational.gc.ca/brazil-bresil/about_a-propos/energy-energie.aspx?lang=por>. Acesso em: 07 jul. 2014
- (8) CANADÁ (b). Canada's Energy Future 2013: energy supply and demand projections to 2035. National Energy Board, 2013.
- (9) CASTRO, Nivalde J. de. et al. Considerações sobre a Ampliação de Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro: Textos de Discussão do Setor Elétrico. Rio de Janeiro: Grupos de Estudos do Setor Elétrico - UFRJ, 2010.
- (10) CIA. U.S. Central Intelligence Agency. The World Factbook. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2147rank.html>>. Acesso em: 28 jun. 2014.
- (11) CHINA. National Bureau Statistics of China. China Statistical Yearbook 2013. Disponível em: <<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2013/indexeh.htm>>. Acesso em 07 jun. 2014
- (12) D'ARAÚJO, Roberto Pereira. O setor elétrico brasileiro: uma aventura mercantil. Brasília: Confea, 2009.
- DOERN, G. Bruce. Canadian Energy Policy and the Struggle for Sustainable Development. Toronto, Toronto University Press, 2005.
- (13) EIA. U.S. Energy Information Administration. China. Disponível em: <<http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=ch>> . Acesso em: 15 jun. 2014
- (14) FERNANDEZ, Paulo César. Transmissão a longas distâncias no Brasil e na China: desafios em comum. 2011. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2011/03/transmissao-a-longas-distancias-no-brasil-e-na-china-desafios-em-comum/9928>>. Acesso em 03 mai. 2014
- (15) MENDES, Daniel Ferreira. A crise energética na China. Em Conjuntura Internacional, n. 09, p.01-03, 10 out. 2004.
- (16) GUIMARÃES, Leonam; FEU, Carlos. Energia Elétrica: seria o Canadá de hoje, o Brasil de amanhã? 2013. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=P2zZY0AIRyY%3D&tabid=351>. Acesso em: 03 jul. 2014.
- (17) RAIZER, Leandro. Sociedade e Inovação: Energias Alternativas no Brasil e Canadá. 2011. 365f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós- Graduação em Sociologia, Porto Alegre, 2011.
- (18) TAWNEY, Letha. et al. High Wire Act: Electricity Transmission Infrastructure and its Impact on the Renewable Energy Market. Washington, DC: World Resources Institute, 2011.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Stefania Gomes Relva- (RELVA, S. G.): São Bernardo do Campo Mestranda em Engenharia Elétrica- Sistemas de Potência na Faculdade de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (2012). Tem experiência na área de cogeração de energia por meio de biomassa (bagaço-de-cana), com ênfase desenvolvimento sustentável. Seus temas de interesse são: planejamento energético; planejamento integrado de recursos; sustentabilidade; hidreletricidade, impactos socioambientais, segurança de estruturas hidráulicas, energia solar fotovoltaica, recurso solar