

**DIOGO ROBERTO VERGNIASSI**

**ESTUDOS SOBRE POSSIBILIDADES DE INTEGRAÇÃO  
ENERGÉTICA DOS PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL**

São Paulo

2010

**DIOGO ROBERTO VERGNIASSI**

**ESTUDOS SOBRE POSSIBILIDADES DE INTEGRAÇÃO  
ENERGÉTICA DOS PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo como requisito  
parcial para a obtenção do diploma de  
Engenheiro Eletricista**

**Área de concentração: Produção  
Transporte e Uso da Energia Elétrica**

**Orientador: José Aquiles Baesso Grimoní**

**São Paulo**

**2010**

## Agradecimentos

Aos meus pais que me estimularam e me deram condições para traçar este longo caminho no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica.

Aos meus colegas de turma que foram de enorme importância ao longo de todos os anos de estudo na universidade e sempre me apoiaram a vencer todas as dificuldades encontradas pelo caminho.

A todos os mestres que foram capazes de nos guiar ao longo do curso, muitas vezes sendo duros e exigentes, mas que sempre se mostraram bastante dispostos a colaborar com o nosso aprendizado e ajudam a cada dia a fortalecer o nome da Escola Politécnica pelo Brasil e pelo Mundo.

Ao professor Aquiles que colaborou muito no desenvolvimento deste projeto, sendo sempre altamente atencioso e receptivo em todos os encontros.

A colaboração de todos foi essencial para que eu conseguisse chegar ao final de mais esta etapa em minha vida. A todos o meu muito obrigado.

## **RESUMO**

O continente sul-americano apresenta grandes perspectivas de desenvolvimento para as próximas décadas. Para atingir tal objetivo, uma das principais carências a serem supridas é o investimento em infra-estrutura. Neste contexto, se ressalta a importância da energia elétrica para este desenvolvimento econômico e social como um dos principais fatores para fomentar os agentes de crescimento. O presente trabalho se propõe a estudar as interconexões elétricas já existentes no bloco e propor outras a fim de colaborar para que tenhamos uma energia mais limpa, mais barata e mais segura a todos os países da América do Sul através da cooperação mútua.

**Palavras-chave:** Eletricidade, América do Sul, Integração Energética, Matrizes de energia.

## **ABSTRACT**

The south american continent presents great perspectives of growth for the next decades. In order to reach this objective, one of the main needs to be filled is the infrastructure investment. In this context, stands out the importance of the electrical energy for this economical and social development as one of the main factors to feed the growth agents. This work offers a study about the actual electrical connections and points new ones in order to have a cleaner, cheaper and more secure energy for all South American countries by the mutual cooperation.

**Keywords:** Electricity, South America, Energy Integration, Energy Matrices.

## SUMÁRIO

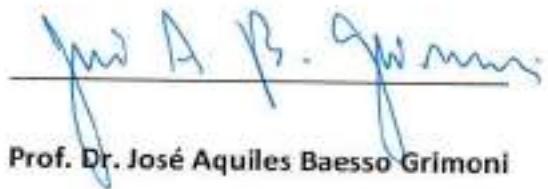
1. Sinopse .....	10
2. Análise Macroeconômica .....	12
2.1 Visão Geral.....	12
2.2 Economia.....	13
2.3. IDH.....	16
3. Balanço Energético Regional .....	19
3.1. Visão Geral.....	19
3.2. Eletricidade.....	21
4. Matrizes Energéticas .....	23
4.1. Introdução .....	23
4.2. Brasil .....	23
4.2.1. Introdução.....	23
4.2.2. Energia Hidráulica.....	25
4.2.3. Carvão Mineral .....	27
4.2.4. Gás Natural.....	29
4.2.5. Energia Nuclear .....	31
4.2.6. Petróleo .....	32
4.2.7. Biomassa.....	34
5. Interligações – Contexto Geral .....	36
5.1. Introdução .....	36
5.2. O Processo de Integração e Seus Benefícios .....	36
5.3. O Processo de Integração e as Suas Dificuldades .....	37
5.4. As Experiências de Integração no Mercosul.....	38
5.5. As Experiências na Comunidade Andina de Nações.....	40
5.6. O papel do gás natural na integração sul-americana .....	41
6. Interligações Existentes.....	45

6.1. Introdução.....	45
6.2. A Interligação de Roraima.....	47
6.3. Itaipu Binacional.....	49
6.4. Gasoduto Brasil-Bolívia .....	52
6.5. Interconexão Brasil – Uruguai.....	54
6.6. Usina de Yacyretá .....	55
6.7. Interconexão Colômbia-Equador .....	56
6.8. Usina de Salto Grande.....	59
6.9. Central de Salta .....	60
6.10. Conexão de Garabi – Brasil e Argentina.....	60
6.11. Conexão Equador-Peru.....	61
<b>6. Propostas.....</b>	<b>63</b>
6.1. Introdução.....	63
6.2. Brasil – Peru.....	63
6.3. A Usina de Garabi.....	64
6.4. O Gasoduto do Sul.....	64
6.5. O Projeto Hidrelétrico Corpus Christi.....	65
<b>7. Considerações Finais .....</b>	<b>67</b>
<b>8. Referências.....</b>	<b>69</b>

**Diogo Roberto Vergniassi**

## **Estudos sobre Possibilidades de Integração Energética dos Países da América do Sul**

Data: 28 de JUNHO de 2010.



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "José A. B. Grimonini".

**Prof. Dr. José Aquiles Baesso Grimonini**

**Orientador**

## 1. Sinopse

O presente projeto de formatura se propõe a realizar estudos a respeito de conexões elétricas entre os países pertencentes ao bloco sul-americano, demonstrando as suas vantagens econômicas, técnicas e políticas que tais projetos de cooperação podem trazer às nações.

O início do estudo se baseia no contexto sócio-econômico e um balanço energético da região, depois se verifica as particularidades da matriz brasileira e segue um estudo geral sobre integração, projetos já existentes e algumas propostas.

Atualmente, a região conta com uma população de aproximadamente 383 milhões de pessoas ou aproximadamente 5,5% da população mundial. Junto com regiões como o Leste Europeu e alguns países asiáticos, representa grande potencial de crescimento econômico para as próximas décadas ao se tornar cada vez mais importante no cenário mundial.

A integração regional no setor de energia deve ser considerada como não só uma maneira de solucionar crises imediatas no fornecimento de energia, mas um novo desenho do setor energético da América do Sul ao imprimir novo ritmo ao movimento de integração física regional com uma visão de longo prazo e de conjunto.

A fim de fomentar estas grandes perspectivas de crescimento, grandes investimentos em infra-estrutura serão exigidos por parte da iniciativa privada ou do estado por todos os países que pretendem atingir novos graus de desenvolvimento neste novo contexto mundial. A fim de obter altos graus de competitividade, um dos principais aspectos a serem considerados é o custo e a qualidade da energia elétrica fornecida aos consumidores finais. Neste aspecto, discussões a respeito da integração energética entre os países do continente ganham relevância quando contribuiriam para uma otimização do sistema tanto no sentido técnico, quanto no econômico.

Cada país possui as suas particularidades em relação ao método utilizado para geração e a sua capacidade frente à demanda presente em sua sociedade. Alguns possuem grande capacidade de geração hidrelétrica, como é o caso do Paraguai com a bacia do rio Paraná, outros possuem enormes reservas de gás natural, como a Bolívia e a Venezuela. O fato de existirem estas diferenças, abre portas à discussão de interligações entre os países quando isto poderia tornar o sistema muito mais estável, eliminando em parte efeitos como a sazonalidade das chuvas e contribuindo para a geração mais econômica o possível.

Podemos citar também as vantagens no contexto político deste tipo de projeto na medida em que os países, ao trabalharem juntos, possuem maior interação entre si, o

que pode abrir portas para outras demais cooperações em outros setores que somente podem vir a favorecer a população de todas as partes participantes do processo. Quanto mais o bloco se unir e tomar medidas juntos, mais rápido os resultados virão e problemas crônicos como a miséria em algumas regiões podem ser extintos definitivamente.

A época da rivalidade presente entre alguns países como acontecia na década de 70 durante as ditaduras militares está acabada, hoje estamos consolidando a era dos sócios e dando fim aos tempos de adversários, como um verdadeiro intercâmbio, uma via de mão dupla. A integração energética só virá no sentido de contribuir para um fortalecimento regional, fornecendo base para um projeto político-diplomático de longo alcance, já que esta é sem dúvida a energia um dos principais recursos de um país para gerar riqueza e fomentar o crescimento social e econômico.

## 2. Análise Macroeconômica

### 2.1 Visão Geral

A América do Sul é composta por 12 países, além da Guiana Francesa (França) e Ilhas Falkland (Reino Unido). Possui 371.090.000 habitantes (2005), sendo o quinto continente do mundo em população e tendo uma área de 17.840.000 km<sup>2</sup> ou 3,5% da superfície terrestre, é o quarto maior no globo.



**Mapa territorial da América do Sul**

O continente se situa totalmente no lado ocidental e possui praticamente todo o seu território localizado no hemisfério sul da Terra, nele podemos encontrar quase todos os tipos de clima e vegetação que estão presentes no mundo, desde o calor equatorial presente no norte do Brasil e na Colômbia até o frio polar presente no sul do Chile e da Argentina. Em relação à vegetação a diversidade também prevalece, verificamos a presença de florestas úmidas, desertos de sal, campos e cerrados.

A América do Sul é palco da maior queda d'água do mundo, o Salto Angel (Venezuela), do maior rio, o Amazonas, da mais longa cordilheira de montanhas, os Andes, do deserto mais seco, o Atacama, da maior floresta, a Amazônica, da mais alta capital nacional, La Paz (Bolívia), da mais alta estrada de ferro (Peru), do mais alto lago navegável, o Titicaca (Peru/Bolívia) e da cidade mais meridional da Terra (Puerto Williams, no Chile).

Sua população é formada por descendentes de índios, negros, europeus e mais recentemente, asiáticos. A maioria dos países foi colonizada pela Espanha, porém existiram colônias portuguesas, francesas, inglesas e holandesas que obtiveram sua independência em um passado relativamente breve.

É um continente de contrastes, aonde ainda há muito a se explorar e a se desenvolver em todos os aspectos humanos, econômicos e tecnológicos. Grandes perspectivas e desafios a esperam para os próximos anos até se tornar um dos principais blocos do Globo.

## 2.2 Economia

A América do Sul é uma das regiões que experimentou uma das maiores taxas de crescimento do PIB em todo o mundo, em 2007 teve cinco países que cresceram a taxas maiores do que 8% por ano (Argentina, Uruguai, Peru, Venezuela e Colômbia). No geral, suas economias têm grande influência de exportações de commodities como petróleo (Venezuela), cobre (Chile), aço (Brasil), cereais (Argentina), gás natural (Bolívia), porém muitos possuem um mercado interno bastante consolidado como o Brasil e a Argentina.

Atualmente, a região responde por cerca de 7% do PIB mundial de (60.689.821 milhões de dólares) e por 6% dos 6.707 milhões de habitantes no globo. Apesar de representar um percentual pequeno em relação ao mundo, a região possui boas perspectivas de crescimento e de maior participação econômica no mundo. Países como o Brasil, são vistos com ótimas perspectivas para o futuro a partir do momento que, junto com Índia, Rússia e China, podem vir a ser responsável por uma parcela cada vez maior do produto mundial.

Este crescimento pode vir de diversos setores do bloco. Hoje, a agricultura é a base da produção que vai de café, cana de açúcar, tabaco até os diversos tipos de cereais. Mas também podemos citar a importância de diversos centros industriais que foram desenvolvidos especialmente após a segunda guerra mundial com a indústria pesada que abriu a possibilidade da criação de outras indústrias, diminuindo muito a necessidade destes países de importações europeias ou norte americanas que eram essenciais em períodos anteriores.

O fato da maioria dos países do bloco possuir hoje uma maior estabilidade tanto política quanto econômica abre diversas portas para investidores estrangeiros ou não para alocarem recursos nestes países altamente promissores. Neste novo cenário, apesar da crise financeira mundial, encontramos países muito diferentes daqueles extremamente enfraquecidos após a década de 70. A maioria possui níveis aceitáveis de inflação (ver quadro) quando comparados aos níveis da década de 80, maior abertura comercial com o mundo e acima de tudo, governos democráticos que vieram a substituir os duros anos de regime militar em diversos países sul-americanos. Em geral, por conta de pressões inflacionárias, as taxas de juros costumam ficar superiores ao dobro das norte americanas, mas esta tendência está diminuindo na maioria dos países e a tendência é uma estabilização econômica, principalmente nos países mais relevantes do bloco.

País	Inflação (2008)
Peru	1,8%
Equador	2,2%
Brasil	3,6%
Chile	4,4%
Colômbia	5,5%
Suriname	6,4%
Paraguai	8,1%
Uruguai	8,1%
Bolívia	8,7%
Argentina	8,8%
Guiana	12,2%
Venezuela	18,7%

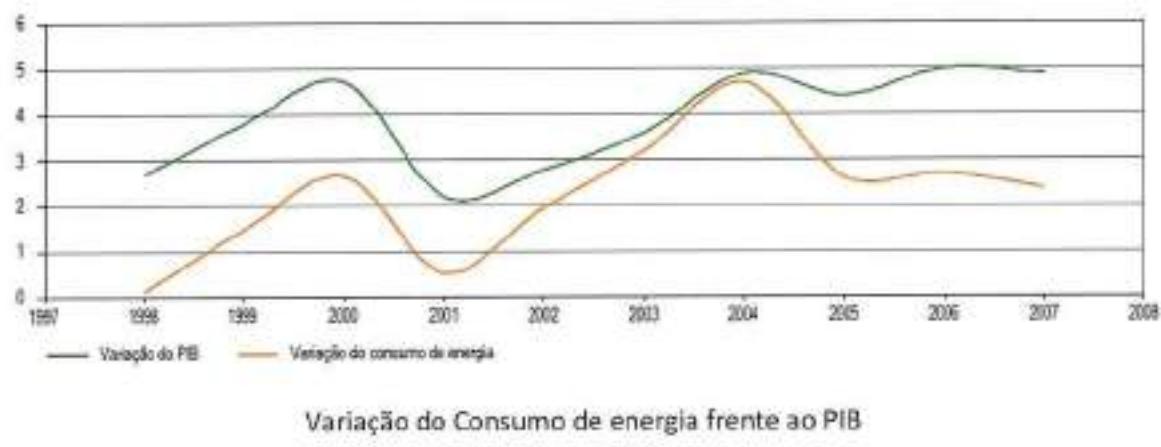
#### Inflação de 2008 nos países da América Latina

Todos estes fatores, juntos com recursos naturais abundantes e um mercado interno promissor fazem com que o bloco seja visto pelo mundo como uma grande oportunidade em setores como infra estrutura, telecomunicações, mineração, agricultura para exportação, petróleo, etc.

País Crescimento (2008)

Peru	9,8%
Argentina	8,7%
Venezuela	8,4%
Colômbia	7,0%
Uruguai	7,0%
Paraguai	6,4%
Equador	6,3%
Suriname	5,5%
Brasil	5,4%
Guiana	5,4%
Chile	5,0%
Bolívia	4,2%

Para demonstrar como a energia elétrica é importante para fomentar o crescimento econômico, na figura podemos verificar a grande correlação encontrada entre o crescimento econômico e a variação do consumo de energia no período de 1998 até 2007 no Brasil. Estes dados só reforçam a afirmação de que para se ter um crescimento duradouro grandes investimentos terão de ser feitos no setor de energia de todos os países que desejarem obter um desenvolvimento econômico.



Atualmente, o continente conta com dois blocos econômicos, MERCOSUL (Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai e Venezuela) e a Comunidade Andina (Bolívia, Colômbia, Equador, Peru, Venezuela e Chile).

O Mercosul teve início com um tratado entre Brasil e Argentina em 1985, atualmente conta com um PIB somado de US\$ 2.78 trilhões por ano e 263 milhões de pessoas. O seu desenvolvimento foi enfraquecido por conta da crise Argentina de 2001 que acabaram por gerar conflitos de comércio entre os países participantes. Apesar disto, ainda demonstra grandes perspectivas de fortalecimento do bloco quando fornece porte para enfrentar concorrentes como, por exemplo, a NAFTA.

A Comunidade Andina é formada por 120 milhões de habitantes que somam um PIB 745.3 bilhões em 2005. Seu início seu deu em 1969 por Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru, porém hoje só é composta por quatro países quando Venezuela e Chile cancelaram seus acordos.

Não há dúvidas de que a ampliação da integração econômica está ligada à integração física entre os países. É necessário ampliar e melhorar ferrovias, gasodutos, portos e oleodutos, além de unir redes de energia e comunicações afim de ampliar o intercâmbio de informações, bens e pessoas entre os países. Temos necessidade de formulação de planos de desenvolvimento baseados em eixos de integração, com foco no desenvolvimento sustentável da região, que incluem aspectos econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos.

Alguns projetos já existentes demonstram o efeito multiplicador da ação sinérgica vinda da integração da infra-estrutura da América do Sul. Exemplos são o gasoduto entre o Brasil e a Bolívia, interconexão dos mercados de gás entre Brasil e Argentina, bem como as conexões de energia elétrica já existentes entre alguns países. Estes já foram suficientes para demonstrar o caminho e as vantagens proporcionadas pela cooperação entre cada um destes, abrindo discussões a respeito de novos projetos que fomentariam ainda mais a sinergia existente.

### 2.3. IDH

Apesar da melhora experimentada ao longo das últimas décadas, a miséria ainda assola grande parte da população do continente (veja quadro). Praticamente todos os países ainda possuem mais de 30% da sua população vivendo abaixo da linha da pobreza.

Country Name	Value
Suriname	70
Bolívia	60
Colômbia	49
Peru	45
Equador	38
Venezuela	38
Paraguai	32
Brasil	31
Uruguai	27
Argentina	23
Chile	18

**Percentual da População Abaixo da Linha da Pobreza**

Neste aspecto, reformas são necessárias e urgentes para que a bonança do crescimento econômico possa atingir a todas as classes destes países. Investimentos pesados em educação, além de saúde são de primordial importância a fim de qualificar seus habitantes para formar uma força de trabalho qualificada, tornando os países mais capazes para os desafios deste século.

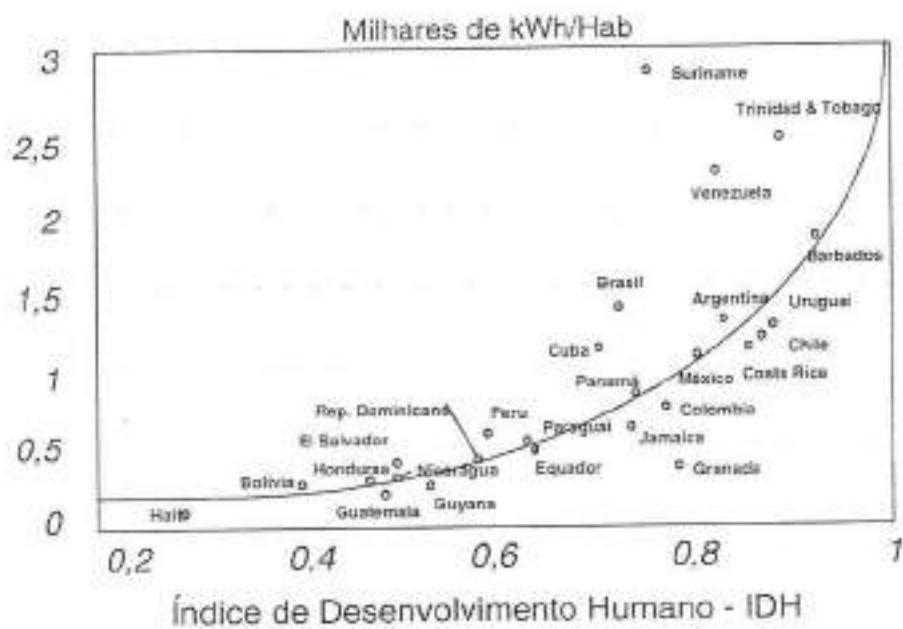
O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida comparativa de riqueza, esperança de vida, natalidade, alfabetização, educação e outros fatores para os diversos países do mundo. É uma medida padronizada de avaliação e medida do bem-estar de uma população, especialmente bem-estar infantil. O índice foi desenvolvido em 1990 pelo economista paquistanês Mahbub ul Haq, e vem sendo usado desde 1993 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento em seu relatório anual.

A cada ano, o Relatório de Desenvolvimento Humano estabelece índices de IDH, com o intuito de fornecer uma visão mais aprofundada e verdadeira do crescimento. O IDH fornece uma medida ponderada de três dimensões do desenvolvimento humano: vida longa e saudável (expectativa de vida), educação (alfabetização entre adultos) e um padrão de vida decente (medido pelo PIB com paridade do poder de compra).

País	IDH (em 2006 publicado em 2008)	Posição Mundial
Chile	0,874	40
Argentina	0,86	46
Uruguai	0,859	47
Venezuela	0,826	61
Equador	0,807	72
Brasil	0,807	70
Peru	0,788	79
Colômbia	0,787	80
Suriname	0,77	89
Paraguai	0,752	98
Guiana	0,725	110
Bolívia	0,723	111

IDH dos países Sul-Americanos

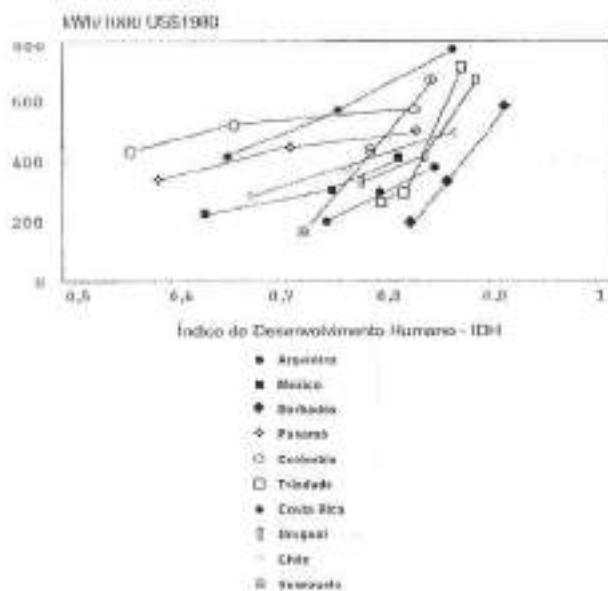
Sabemos que o consumo anual de eletricidade por habitante sobe de maneira quase exponencial (ver figura abaixo) com o IDH, com um valor próximo de 2000 kWh/Hab para países sul-americanos, 6000 kWh/Hab para a União europeia e 15000 kWh/Hab nos Estados Unidos e Canadá. A partir disso, vemos que existe uma grande relação entre consumo de energia com o IDH da sua população. Os pontos fora da curva, Venezuela e Trinidad & Tobago, são explicados por esses países apresentarem indústrias altamente intensivas em energia como a de Petróleo e Gás.



Fonfe: GLADE, 1995.

Os modelos de integração energética têm a capacidade de aumentar a oferta de energia no bloco de tal forma a melhorar o IDH e fazer com que a América do Sul se aproxime de padrões internacionais, propiciando à sociedade regional acesso a atendimentos que atendam as suas

necessidades básicas, através do suprimento de energia, telecomunicações, transporte, água potável e saneamento.



Tomado: Revista Encyclopédia, Quito, 1990.

#### Intensidade elétrica e IDH (1970-1980-1992)

A figura acima evidencia a importância do incremento do consumo de energia para que se atinjam patamares compatíveis com indicadores de IDH mais elevados na região. A integração possibilitará a expansão da oferta de energia à sociedade regional com consequente melhora no atendimento de suas necessidades básicas, estendendo-se aos campos político, cultural e social.

### 3. Balanço Energético Regional

#### 3.1. Visão Geral

A América do Sul é considerada como uma das regiões com maior potencial energético do mundo. Atualmente contribui com apenas 7,7 % da produção mundial de energia e o seu consumo é de 6,6 % deste mesmo total. O excedente de 1,1% deste mesmo total mundial é exportada a outras regiões do globo.

**Produção Mundial de Energia (1M BEP)**

Região	Petróleo	Gás	Carvão	Eletricidade	Biomassa	Total
<b>América Latina</b>	3556,5	1242,06	318,66	572,02	764,33	6453,57
<b>África</b>	2869,65	917,28	990,78	157,32	726,985	662,01
<b>Ásia/Austrália</b>	2707,67	2013,98	9494,88	1754,01	1557,8	17528,34
<b>Oriente Médio</b>	7880,85	1670,99	4,32	21,62	7,93	9585,71
<b>América do Norte</b>	3480,33	4734,11	4212,25	2512,25	599,12	15538,23
<b>Ex União Soviética</b>	3697,29	4689,44	1516,68	779	312,85	10995,26
<b>Europa</b>	2197,07	1950,57	1610,58	2544,17	255,46	8557,85
<b>Total</b>	26389,36	17218,43	18148,15	8340,39	4224,475	69320,97

De acordo com dados fornecidos pela OLADE (Organização Latino americana de Energia), o consumo médio de energia cresceu a uma taxa de 3,7% na última década, considerado baixo se comparado aos países industrializados. Tal condição se deve ao fato do pequeno crescimento econômico verificado nos países da região que foram assolados por diversas crises econômicas nos últimos tempos (moratória argentina, crise cambial no Brasil e outras crises iniciadas em outros lugares que influenciaram na economia do bloco), além da elevada pobreza presente em algumas regiões que, influenciando negativamente no poder aquisitivo, não contribuem para o crescimento da demanda energética.

**Consumo Mundial de Energia (1M BEP)**

Região	Petróleo	Gás	Carvão	Eletricidade	Biomassa	Total
<b>América Latina</b>	2180,73	1195,31	197,77	557,75	739,29	4870,85
<b>África</b>	868,28	433,06	700,39	157,32	726,98	2886,03
<b>Ásia/Austrália</b>	7559,45	2240,24	9412,02	1754,04	1557,8	22523,55
<b>Oriente Médio</b>	1548,49	1444,01	61,97	21,61	7,93	3084,01
<b>América do Norte</b>	7282,75	4651,25	4358,7	2512,25	599,12	19404,07
<b>Ex União Soviética</b>	1263,87	3778,64	1291,97	779	312,85	7426,33
<b>Europa</b>	5526,01	3251,91	2369,53	2544,17	255,46	13947,08
<b>Total</b>	26229,58	16994,42	18392,35	8326,14	4199,43	74141,92

Em relação ao petróleo e ao gás natural, a região se apresenta como uma das mais importantes do mundo. Na região do círculo Andino-Amazônico se encontra 50% das reservas provadas de óleo não convencional, 9% do óleo convencional e 5% das reservas provadas de gás natural de todo o globo. Junto com o Oriente Médio (75% do óleo e 50% do gás) e a Ásia Central (7% do óleo e 36% do gás), representa uma região estratégica no contexto energético mundial.

Na produção, a região contribui com 12,4% da exploração de óleo, 7,4% do gás e 1,4% do carvão do mundo. Os seus principais exportadores de petróleo são Venezuela, Colômbia e Equador, sendo o primeiro dominante e membro da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo).

Em relação ao gás, apesar de grandes reservas venezuelanas, sua indústria é muito incipiente e os principais produtores são Bolívia e Peru. A Argentina e a Colômbia só possuem excedentes que somente poderiam ser explorados no curto prazo.

#### **Reservas e Produção de Gás Natural e Petróleo na América do Sul**

	Reservas Provadas de Petróleo (10 <sup>6</sup> bbl)	Produção Petrolífera (10 <sup>3</sup> b/dia)	Reservas / Produção (anos)	Reservas Provadas de Gás (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	Produção de Gás (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Reservas / Produção (anos)
<b>Argentina</b>	3258,8	740,71	12,5	766,18	42434,89	18,06
<b>Bolívia</b>	486,11	33,35	39,93	810,7	7624,62	106,33
<b>Brasil</b>	10601,91	1540,66	18,85	245,34	14719,25	16,67
<b>Colômbia</b>	1542,4	541,33	7,81	188,01	8013,57	23,46
<b>Chile</b>	29	3,62	2,55	44	584	20,22
<b>Equador</b>	5060	417,8	33,18	4,3	1275,98	3,37
<b>Guiana</b>	0	0	-	0	0	-
<b>Paraguai</b>	0	0	-	0	0	-
<b>Peru</b>	374,05	31,2	11,22	246,79	1844,64	133,79
<b>Suriname</b>	110	25,58	25,58	0	0	-
<b>Uruguai</b>	0	0	-	0	0	-
<b>Venezuela</b>	77383,31	2404,06	88,19	4147,45	33752,68	122,8
<b>Total</b>	98845,58	5738,31	239,81	6452,77	110249,7	444,7

Um caso especial a ser estudado é o da Venezuela (ver tabela) por conta de sua relevância em produção e reservas de hidrocarbonetos. Suas reservas provadas de petróleo são de 77140 milhões de barris leves, médios e pesados e 260 milhões de barris de petróleo extra-pesado. A soma de todos os tipos de petróleo, dá a Venezuela o título de país com as maiores reservas provadas de petróleo do mundo. Em relação ao gás, suas reservas provadas são de 140 bilhões de pés cúbicos, maior volume da América Latina e do Caribe. Todas estas reservas dão uma especial posição para o país, sendo um dos maiores exportadores de Petróleo do mundo com uma

produção de em torno 2,5 milhões de barris por dia, capazes de trazer imenso volume de divisas e desenvolvimento se utilizados de maneira correta.

Lembrando também do carvão mineral, vemos que este recurso é predominantemente explorado com a finalidade de exportação, visto que representa uma pequena parcela na matriz energética do continente (atualmente é o quinto em utilização). O seu consumo se manteve estável ao longo dos últimos anos e os países com combustíveis de melhor qualidade são a Colômbia e novamente a Venezuela.

Uma fonte que pode vir a ser expressiva ao longo dos próximos anos é o Gás Natural Liquefeito. Atualmente, no continente americano, o único país com produção realmente relevante é Trinidad e Tobago que, apesar de reservas consideradas modestas e uma população pequena, exporta boa parte da sua produção para os Estados Unidos e para a Espanha. Outros países que figuram como potenciais produtores de GNL são a Venezuela, Bolívia e Peru que, através de indústrias adequadas, poderiam exportar o produto para diversos lugares do mundo através de navios metaneiros, acabando com a necessidade de construção de gasodutos e abrindo novos mercados consumidores, como a costa oeste dos Estados Unidos.

### **3.2. Eletricidade**

Na América do Sul, os países com as maiores capacidades instaladas são o Brasil e a Argentina. A capacidade instalada regional representa 19,6% do total mundial. De toda a potência instalada, 52% é hidrelétrica, 45% termelétrica e 2% é de origem nuclear, sobrando 1% para fontes como eólica, geotérmica e biomassa. O potencial energético estimado é de 85319940 MW, equivalente a 22,7% do potencial mundial. Os países com maiores potenciais a se desenvolver são Colômbia, Brasil, Peru e Venezuela.

A produção de eletricidade, que representa 6,6% da geração elétrica mundial, tem uma taxa de crescimento média de 4% por ano, exigindo assim grandes e constantes investimentos nas áreas de geração e transmissão de energia elétrica em todos os países.

A respeito do consumo, verificamos um acréscimo de em torno de 3,6% por ano na demanda. Dados da OLADE estimam que 31% das moradias rurais e urbanas contam com eletricidade. Mas devemos lembrar que em muitas habitações o serviço de energia é precário e fruto de ligações ilegais.

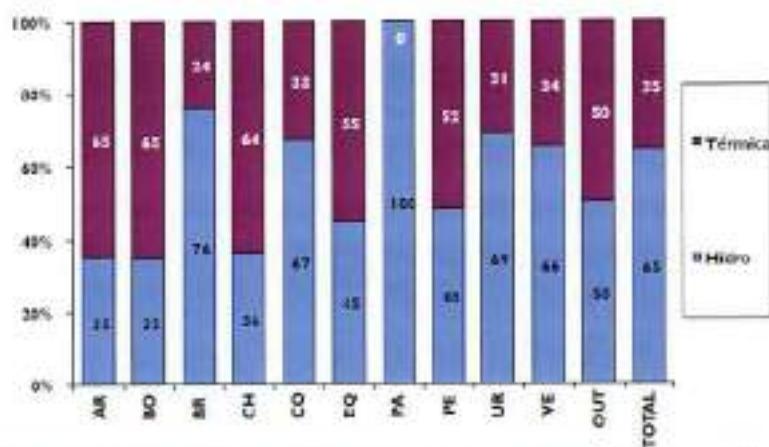
Para se comparar o custo da energia elétrica entre cada um dos países, por conta da heterogeneidade do esquema tarifário e diferenças cambiais, se torna muito difícil fazer este tipo de comparação. Apesar disso, uma dolarização da tarifa de cada um dos países, mostrou que os que tem energia mais barata são a Argentina e a Venezuela.

Um problema sério encontrado no setor do continente são as perdas técnicas (perdas em linhas, transformadores, etc). Enquanto a média aceitável gira em torno de 10% da energia, na região a perda fica em 19% e ainda existem países nos quais esse número chega a 30%.

A integração prevista dos sistemas elétricos permitirá a complementação entre os sistemas hidráulicos e térmicos. Sendo a energia entregue da forma elétrica um fator importante de

estímulo ao desenvolvimento econômico, a complementação pode contribuir de forma decisiva para o bom funcionamento do setor.

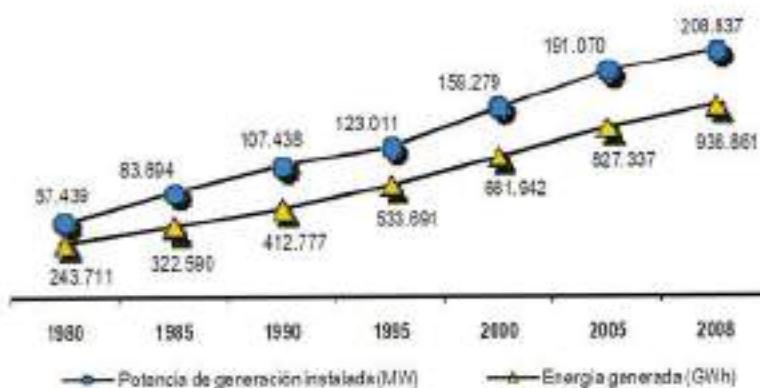
Abaixo podemos observar um gráfico que demonstra a divisão entre as formas de geração de energia elétrica nos países da região. Podemos observar que a geração hidrelétrica prevalece frente à hidráulica, principalmente pelo fato de a região ser rica em recursos hídricos como a bacia do rio Paraná, uma com os maiores potenciais de geração no mundo.



Fonte: CNADE - Palestra Atílio Vencovski - SPE/MME

#### Percentual de Geração Elétrica nos Países Sul Americanos por Fonte

Na figura abaixo vemos a evolução da demanda e da capacidade instalada na região em quase 20 anos. Podemos perceber então que temos um crescimento acelerado na demanda e, um sistema isolado para cada país sem dúvida alguma não é a alternativa ideal para supri-la. É neste contexto que se pretende ampliar cada vez mais o grau de comércio energético entre cada país.



Fonte: Cier

## 4. Matrizes Energéticas

### 4.1. Introdução

Neste item, será dado um enfoque especial ao Brasil, principal país em território, PIB e população no bloco, além de ser aquele que teria maior contribuição nos processos de interconexões energéticas.

### 4.2. Brasil

#### 4.2.1. Introdução

Historicamente, a expansão da energia no Brasil representou um aspecto importante no processo de industrialização e modernização na economia. Na década de 70, iniciou-se uma substituição da lenha por derivados de petróleo, seguido por uma rápida subida do óleo e do gás natural em anos posteriores. Por conta disso, iniciou-se a utilização de energia renovável proveniente da cana-de-açúcar através do Programa Pró-Álcool que conseguiu diminuir razoavelmente a dependência do petróleo importado de outros países.

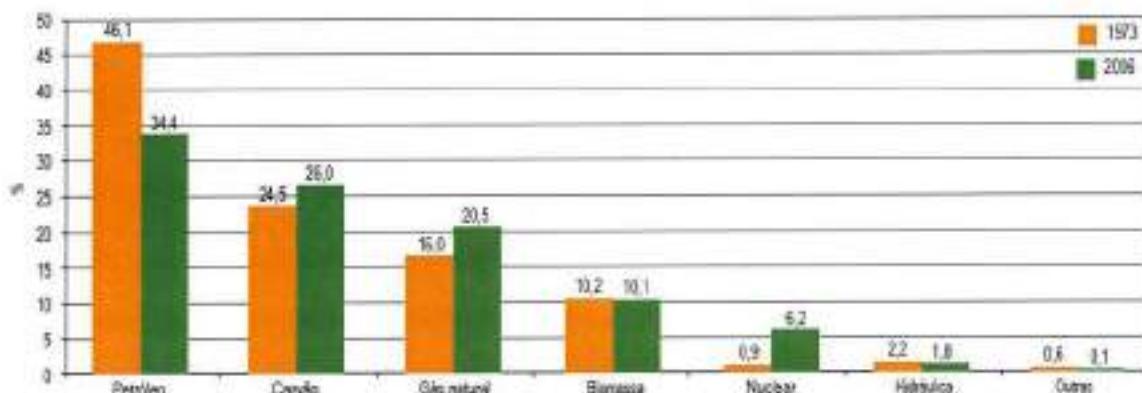
O país possui um dos maiores potenciais hidráulicos mundiais, sendo este o recurso predominante na geração elétrica. Os grande potenciais presentes no Sul, Sudeste e Nordeste já foram praticamente esgotados. Atualmente se busca a utilização de potenciais presentes nas regiões Norte e Centro Oeste, muitas delas na região da floresta Amazônica, o que causa grandes alarmes ambientais, apesar de todo o estudo de viabilidade social e ecológico feito em torno deste tipo de obra. Para os próximos anos, boa parte da energia consumida nos grandes centros virá destas regiões, quando recursos como o do Rio Madeira já estão começando a ser utilizados para a construção de barragens para usinas.

Em relação à energia vinda da queima do carvão mineral, apesar do país ser dono da maior reserva do hemisfério oeste do globo, este é pouco utilizado por ter baixo índice calorífico. Por conta disso, para alimentar essencialmente a sua indústria siderúrgica, o país importa carvão mineral de outros países. A maior parte do recurso é explorado nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, especialmente na região da cidade de Tubarão.

A matriz energética brasileira apresenta um perfil bastante único na medida em que tem uma enorme contribuição da eletricidade no montante total. Hoje, cerca de 15% do uso total de energia do país provém desta fonte. Ainda assim, o país ainda é muito dependente do petróleo, presente em grande parte da sua cadeia produtiva. Hoje, o petróleo ainda é fortemente controlado pela Petrobrás, que detém mais de 90% da produção brasileira. Atualmente o país é considerado auto-suficiente em petróleo, sendo muito menos suscetível a crises internacionais capazes de prejudicar fortemente as economias de importadores como, por exemplo, os Estados Unidos.

O Brasil é também um pioneiro na utilização de combustíveis renováveis, como álcool combustível feito da cana-de-açúcar que vem sendo cada vez mais utilizado na frota de veículos flex-fuel fabricados nos últimos anos.

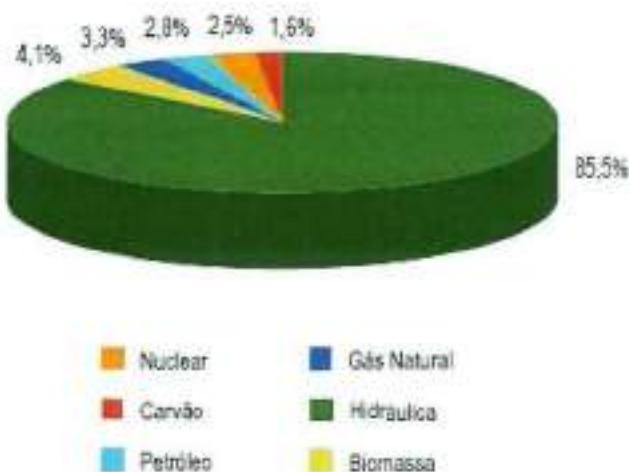
Abaixo segue a matriz energética brasileira para os anos de 1973 e 2006. Nela podemos notar que o país se tornou razoavelmente menos dependente de derivados de petróleo (alto custo) para substituir por recursos como o carvão mineral e o gás natural, principalmente para a geração de energia elétrica.



Matriz Energética nos anos de 1973 e 2006

Fonte: IEA

Somente para a geração de energia elétrica, vemos que existe uma grande predominância da geração por meio de usinas hidrelétricas, sendo este um grande problema quando passamos por longos períodos de seca. Uma matriz mais diversificada seria bem vinda na medida que o risco do sistema cai muito ao ser dividido entre mais fontes como, por exemplo, geração térmica através de gás natural no caso brasileiro.



Matriz Energética 2006

Fonte: MME

#### 4.2.2. Energia Hidráulica



A energia hidráulica é responsável por 85,5% da geração de energia elétrica no país. O Brasil é o segundo maior consumidor de energia deste tipo no mundo, só ficando atrás da China (ver quadro).

Pais	2006	2007	Varição	Participação
1º - China	435,0	482,9	+10,8%	15,4%
2º - Brasil	348,8	371,8	+6,9%	11,9%
3º - Canadá	355,4	368,2	+3,6%	11,7%
4º - Estados Unidos	290,2	250,5	-14,2%	8,0%
5º - Rússia	175,2	179,0	+2,2%	5,7%
6º - Noruega	119,8	135,3	+12,9%	4,3%
7º - Índia	112,4	122,4	+9,0%	3,0%
8º - Venezuela	82,3	83,9	+1,9%	2,7%
9º - Japão	86,5	85,6	-1,1%	2,7%
10º - Suécia	61,7	66,2	+7,3%	2,1%

Maiores Consumidores de energia hidrelétrica:

Fonte: BP

Atualmente o país tem 227 CGHs com potência total de 120 MW, 320 PCHs com 2,4 mil MW de potência instalada e 159 UHE com capacidade para gerar 74,632 mil MW.

O fato de a usina ter como combustível a própria força da água proveniente do fluxo de rios, faz com que durante a operação ela não emita gases que contribuem para o efeito estufa, sendo uma energia de caráter totalmente renovável. Isto faz com que a geração de energia elétrica no Brasil seja extremamente limpa se comparada a outros países do mesmo porte que utilizam combustíveis fósseis. Hoje mais de 70% da emissão de gases de efeito estufa se fazem por conta de desmatamento e queimadas.

Apesar das grandes vantagens ambientais e o custo da energia gerada ser mais baixo se comparada a fontes não renováveis com o gás natural ou a nuclear, podemos considerar que o mundo ainda poderia utilizar mais deste recurso para geração. A maioria dos países tem uma pequena parcela de sua geração atrelada à força das águas (ver quadro). Dos grandes

consumidores do globo, são poucos que possuem percentual considerável de utilização desta fonte.

	País	%
1º	Noruega	98,5
2º	Brasil	83,2
3º	Venezuela	72,0
4º	Canadá	58,0
5º	Suecia	43,1
6º	Rússia	17,6
7º	Índia	15,3
8º	China	15,2
9º	Japão	8,7
10º	Estados Unidos	7,4
	Outros países	14,3
	Mundo	16,4

Participação da hidreletricidade na produção total de energia elétrica em 2006

Fonte: IEA

Em 2007, segundo dados do Balanço Energético Nacional, a energia de fonte hidráulica respondeu por 14,7% da produção energética brasileira, sendo superada por cana-de-açúcar (16%) e petróleo (36,7%). No passado, o parque hidrelétrico chegou a representar 90% da capacidade instalada de geração no país. A redução que se teve se deve principalmente a três pontos, o primeiro foi a necessidade de aumentar a diversificação de forma a aumentar a segurança do abastecimento, segundo foi a dificuldade de ofertar novos empreendimentos pela ausência de estudos e a terceira foi a dificuldade de se obterem licenças ambientais para usinas de fonte hidrica, que estimularam a contratação de energia advinda de usinas de fonte térmica.

No mundo todo, o Brasil é o país com maior potencial hidrelétrico com um potencial de 260 mil MW segundo o plano de 2015 da Eletrobrás. Destes, pouco mais de 30% se transformaram em usinas construídas ou já outorgadas. De acordo com o plano nacional de 2030, o potencial a se aproveitar é de 126.000 MW, deste total, 70% se encontram nas bacias do rio Amazonas e Tocantins.

O parque hidrelétrico nacional se desenvolveu principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. No norte, com relevância, só foram construídas Tucurui no Pará e Belbina no Amazonas e no centro oeste temos a Usina Serra da Mesa no rio Tocantins. Os potenciais da região Sul, Sudeste e Nordeste já estão quase totalmente explorados.

Por conta disso, se iniciou agora uma busca de potenciais, principalmente na região norte do país. Somente na bacia do rio Amazonas existe um potencial de 102 mil MW, que é superior à potência instalada no Brasil. A bacia do Tocantins e Araguaia possui potencial de 28.000 MW, dos quais quase 12.200 MW já estão sendo aproveitados pelas usinas de Serra da Mesa e Tucurui.

O grande entrave para utilização deste enorme potencial ainda existente no Brasil são os aspectos ambientais. A maioria dos aproveitamentos da região norte se encontram em lugares nos quais seria necessária a construção de enormes lagos por conta do relevo da região, sendo muitas vezes inviável por conta do estrago ambiental frente à energia que poderia ser gerada.

Apesar disto, sabemos que a expansão da geração hidrelétrica é essencial para o desenvolvimento do setor no país. Hoje temos que buscar aqueles empreendimentos que possam gerar energia por este meio com o impacto socioambiental mínimo a fim de fomentar o crescimento econômico e a oferta de empregos tão importante para o Brasil.

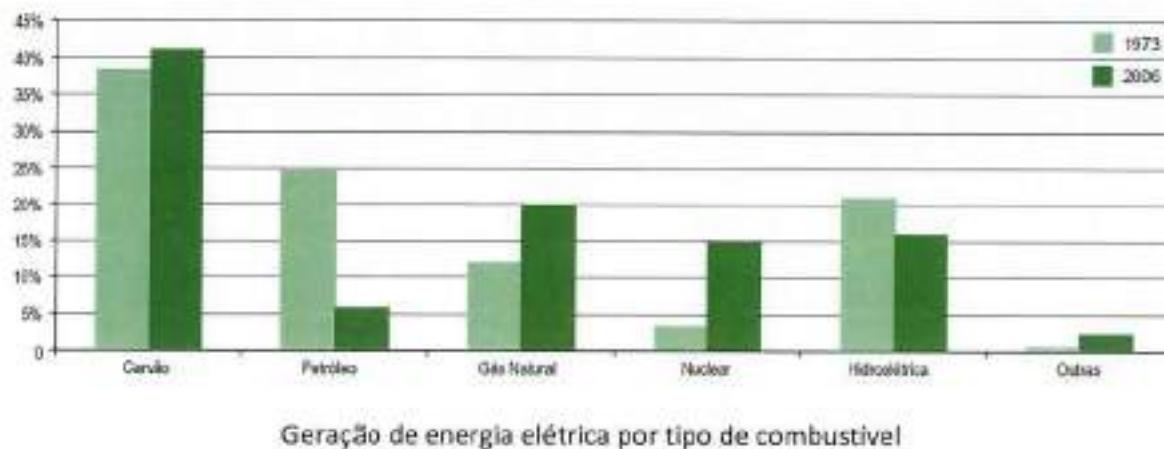
#### 4.2.3. Carvão Mineral



Atualmente, a principal utilização do carvão mineral no mundo é a produção de energia elétrica através de usinas termelétricas, também é utilizado para a geração de calor como em siderúrgicas ou para a fabricação de vidro.

A sua utilização em massa iniciou durante a revolução industrial para a geração de vapor, mas foi perdendo relevância com a entrada do gás natural e de derivados de petróleo. Sua utilização voltou a ser relevante após o choque do petróleo na década de 70. Seu custo é relativamente baixo em relação às outras fontes e a volatilidade do seu preço é muito menor se comparada com a do petróleo e a do gás natural.

O carvão é hoje a fonte mais utilizada para geração de energia elétrica no mundo, responsável por 41% da produção total. Sua contribuição na geração primária de energia é de 26%, segundo dados da International Energy Agency.



Fonte: IEA

O maior problema proveniente da utilização desta fonte é o forte impacto socioambiental que ela gera, a extração do carvão gera grande degradação das áreas de mineração e a sua queima é responsável por grande parcela das emissões do mundo.

O carvão é o combustível fóssil com a maior disponibilidade no mundo com reservas de 847,5 bilhões de toneladas, quantidade que poderia atender a atual demanda por cerca de 130 anos. Ao contrário do petróleo, este recurso está bem espalhado pelo mundo, há quantidades expressivas em 75 países, mas Estados Unidos, Rússia e China concentram mais de 60% do volume total.

As reservas brasileiras situam-se nos estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina com quantidades menores no Paraná e São Paulo. Cerca de 38% de toda a reserva nacional se encontra na jazida de Candiota (RS), mas por ser um carvão de elevado teor de impurezas, sua utilização é feita sem beneficiamento prévio e na boca da mina, por não valer a pena o seu transporte.

No Brasil, o carvão representa menos de 2% da matriz de energia elétrica a partir de usinas termelétricas presentes na região sul do país, em localidades próximas das minas.

Usina	Potência (kW)	Destino da Energia	Município	Proprietário
Charqueadas	72.000	FE	Dianópolis - RS	Tractebel Energia S/A.
Figueira	160.250	SP	Figueira - PR	Copel Geração S/A.
Jorge Lacerta I e II	232.000	FE	Capivari de Baixo - SC	Tractebel Energia S/A.
Jorge Lacerta III	262.000	FE	Capivari de Baixo - SC	Tractebel Energia S/A.
Jorge Lacerta IV	363.000	FE	Capivari de Baixo - SC	Tractebel Energia S/A.
Presidente Médici A, B e C	796.000	SP	Candiota - RS	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica
São Jerônimo	10.000	SP	São Jerônimo - RS	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica

Centrais Termelétricas a carvão mineral em operação no Brasil – novembro de 2008

Fonte: ANEEL

A utilização do recurso ainda é restrita por conta da vocação brasileira na utilização de fontes hídricas, baixa qualidade do carvão brasileiro e questões políticas que desestimulam o estudo de maiores utilizações deste minério. Para os próximos anos, existem projetos de construção de novas usinas na região da jazida de Candiota além da construção de novas usinas

próximas a portos que utilizariam carvão mineral importado de outros países na região do Ceará e Maranhão.

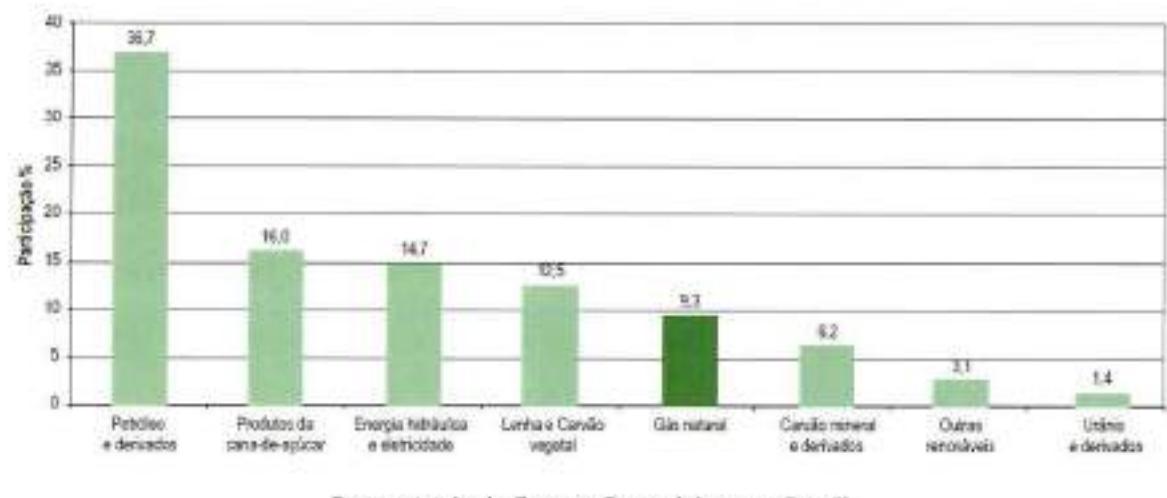
O carvão é uma das fontes mais agressivas ao meio ambiente utilizada no mundo. Desde a mineração, transporte e queima ele causa fortes impactos ao ambiente e à sociedade apesar do seu baixo custo se comparado a outras fontes. Apesar disto, novas tecnologias de sua utilização como a combustão pulverizada e a gaseificação a ciclo combinado podem trazer ótimos benefícios a sua utilização. Ao se melhorar o processo, podemos utilizá-lo para aumentar a diversificação da matriz elétrica brasileira, na medida em que a geração possa substituir em determinados momentos a geração hidrelétrica quando se fizer necessário.

#### 4.2.4. Gás Natural

O gás natural era visto somente como um problema quando encontrado junto com o petróleo por dificultar a extração e exigir uma série de procedimentos de segurança que encareciam o procedimento de extração.

Nos anos 80, o consumo iniciou uma grande expansão e de 1973 até 2007 a produção mundial mais que dobrou. Hoje o gás natural tem a terceira posição na matriz energética mundial (atrás do carvão e de derivados de petróleo) e é o segundo recurso mais utilizado para a geração de energia elétrica em todo o mundo (somente atrás do carvão mineral).

No Brasil ele ainda é superado por lenha, carvão vegetal, energia hidráulica, eletricidade, cana de açúcar e petróleo. Na produção de energia elétrica responde por somente 3,3% da geração (atrás da hidráulica e biomassa), apesar do crescimento de 5650% no período de 1973 a 2007.



Boa parte do aumento da utilização se deu por conta das importações da Bolívia, após o início da operação do gasoduto Brasil-Bolívia em 1999 que trouxe grandes benefícios aos dois países na medida em que possibilitou a construção de usinas termelétricas movidas a este combustível e a utilização industrial deste recurso.

O gás natural é um combustível de uso extremamente genérico, podendo ser utilizado na indústria, comércio e residências na geração de energia, produção de chamas ou em motores de combustão para o transporte. O advento de processos de liquefação faz com que uma de suas maiores limitações (transporte), seja superada. Hoje países com grandes reservas como o Irã podem exportar esses recursos através de grandes navios metaneiros a países distantes como Estados Unidos, Alemanha ou Japão.

Se comparado ao petróleo ou ao carvão mineral, pode ser considerado um combustível de caráter bastante limpo em toda a sua cadeia produtiva quando gera menores quantidade de gases de efeito estufa e sua queima ser considerada mais limpa.

No Brasil, a única companhia que transporta e explora o gás é a Petrobrás, para a distribuição temos hoje 27 empresas parceiras da estatal. Em 2007 o país contava com uma rede de distribuição de 6.511 quilômetros de dutos.

Na América do Sul, as reservas locais correspondem a somente 4,4% do total mundial e se mantiveram praticamente inalteradas nos últimos 20 anos. Se considerarmos o volume produzido, os recursos existentes são suficientes para cerca de 50 anos. Os maiores produtores sul americanos são a Argentina, Venezuela e Bolívia.

Pela expressão individual de cada um desses países ser pequena, a importância é basicamente regional. O caso Brasil-Bolívia-Brasil é o mais importante no bloco pois, através de uma rede de gasodutos, podem trocar gás natural entre si. A Bolívia é a maior produtora, enviou ao Brasil em 2007 9,8 bilhões de m<sup>3</sup>. Para a Argentina vendeu 1,85 bilhões de m<sup>3</sup>. A Argentina, apesar das expressivas reservas, tem seu mercado interno altamente dependente deste recurso e praticamente não o exporta ao Brasil, especialmente em casos de escassez de energia elétrica.

No Brasil, o recurso é sempre encontrado em conjunto com o petróleo, em geral sob o mar nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo (Bacias de Campos e de Santos). As reservas só representam 0,2% do total mundial e são capazes de abastecer o país por 32 anos.

A exploração se iniciou no Nordeste, para alimentar as indústrias presentes no Recôncavo Baiano. A utilização aumentou quando o recurso foi descoberto na Bacia de Campos e com a construção do gasoduto entre o Brasil e a Bolívia. A produção local em 2007 foi de 18,15 bilhões de m<sup>3</sup> e as importações ficaram em 10,33 bilhões de m<sup>3</sup>, a maior parte destinada à geração elétrica e a indústrias no uso de aquecimento em processos.

No ano de 2008, foi encontrado o campo de Júpiter localizado na camada pré-sal da Bacia de Santos que poderá trazer ao Brasil a auto-suficiência. Até 2010 iniciará a operação do campo de mexilhão na Bacia de Santos com capacidade para 15 milhões de m<sup>3</sup> por dia e no estado do Amazonas, será construído um gasoduto de Urucu-Coari-Manaus que irá transportar gás natural para geração de energia elétrica em Manaus, que hoje é atendida por geradores a óleo diesel.

No Brasil, para geração de eletricidade, existem hoje 85 usinas termelétricas abastecidas a gás natural, totalizando uma potência instalada de 11 mil MW ou pouco mais de 10% da potência instalada no país. A presença destas é de grande valia na medida em que podem complementar as usinas hidrelétricas no caso de aumento da demanda e redução da oferta hídrica em casos de estiagem em diversos pontos do país.

Em novembro de 2008, existiam um total de 30 usinas termelétricas supridas por gás natural em processos de construção ou outorga no país, com o objetivo de aumentar a potência instalada deste tipo no Brasil.

O gás natural é hoje uma fonte de energia privilegiada e estratégica que deve ser a cada dia mais utilizada pelo país em seu processo de maior geração de energia para suprir todos os setores da economia regional.

#### 4.2.5. Energia Nuclear

A energia nuclear é a energia produzida a partir da fissão do átomo de urânio. Conhecida desde a década de 40 vem sendo utilizada como uma fonte de energia limpa na medida em que no processo de geração somente uma pequena quantidade de dióxido de carbono é liberada para a atmosfera. Devemos lembrar também que, apesar de ser considerada arriscada, com a sua correta operação oferece baixo risco de acidente e o mundo tem grandes reservas de urânio, o que garante a segurança do suprimento no médio e longo prazo.

Em 2006 a energia nuclear ocupou o penúltimo lugar entre as fontes de energia elétrica no mundo, só superando o petróleo por conta do seu alto custo, ficando atrás da hidroeletricidade, gás natural e carvão mineral. Como a energia nuclear é utilizada quase que exclusivamente para a geração de eletricidade, sua participação na matriz global de energia é bastante baixa (6,2%).

País	%	Mtep*
Carvão	26,0	3.052,66
Petróleo	34,4	4.038,90
Gás Natural	20,5	2.406,91
Nuclear	6,2	727,94
Hidrelétrica	2,2	258,30
Outras	10,7	1.256,29
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>11.741,00</b>

(\*) Cada Mtep é aproximadamente igual a 12 terawatts-hora. Considerando que o rendimento de uma usina térmica é da ordem de 30%, são necessárias três vezes mais combustível para produzir a mesma energia gerada por uma hidrelétrica.

Oferta de Energia Primária em 2006

Fonte IEA

Entre a década de 60 e 70, houve um crescimento significativo do uso de energia nuclear para geração de energia elétrica no mundo, porém, por conta de acidentes como o de Chernobyl e Three Mile Island, muitos investimentos foram cortados e a energia advinda deste meio sofreu forte oposição por conta de ambientalistas.

Apesar dos problemas encontrados anteriormente, hoje existem certos estímulos em relação ao urânio quando preocupações em relação à emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa são crescentes. Novos desenvolvimentos tecnológicos também trouxeram aos sistemas muito mais segurança do que era encontrada em usinas mais antigas. O único problema que persiste é o alto custo de construção de novas usinas e a indefinição em relação a o que fazer com os rejeitos produzidos pelo processo.

Atualmente o Brasil ocupa a sétima posição em reservas de urânio, mesmo tendo somente 25% do seu território prospectado. As jazidas estão concentradas nos estados de Minas Gerais, Bahia, Paraná e Ceará. Somente uma jazida na Bahia é capaz de abastecer o complexo de Angra I, II e III por mais de 100 anos. Apesar da presença do minério no território contribuir para a utilização deste, o mais importante é a disposição que o país tem de investir na geração nuclear. Hoje os maiores consumidores deste tipo de energia são Estados Unidos, França e Japão. Devemos lembrar também que nem todo o urânio a ser utilizado deve vir de fonte primária (mineração), hoje boa parte do combustível provém também de desativação de artefatos bélicos e sobra de material utilizado no enriquecimento.

Por conta das vantagens oferecidas pelo combustível, em 2007 havia um total de 37 reatores em construção em 14 países, principalmente com o objetivo de diversificar a matriz energética, evitar a emissão de gases do efeito estufa e poupar o uso de recursos fósseis.

No Brasil, já temos o domínio da tecnologia de enriquecimento do minério, apesar de esta ainda não ser aplicada em escala comercial. Hoje temos Angra I com 657 MW que foi construída em parceria com a norte-americana Westinghouse sem transferência de tecnologia em 1985 e Angra II que foi construída com a alemã KWU com potência de 1350 MW em 2000 com transferência de tecnologias.

Angra I e Angra II respondem hoje por 2,5% da produção de energia elétrica do país com uma produção total de 12,3 TWh em 2007. Ainda existe o projeto de Angra III, também em parceria com a Alemanha com uma potência de 1350 MW, mas por uma série de problemas a sua construção foi paralisada e a estimativa atual é de que a obra seja entregue em 2014. Com ela, a capacidade nuclear instalada deverá passar dos atuais 1,98% para 4%, aumentando muito a presença deste tipo de energia no Brasil.

#### 4.2.6. Petróleo

O Petróleo é uma das principais fontes de energia no mundo, ocupando o primeiro lugar, logo na frente do carvão.

Nos últimos tempos, foi encontrada no Brasil, na camada do pré sal, uma grande reserva do recurso no Brasil, na bacia de Santos no litoral brasileiro, com estimativas de mais de 30 bilhões de barris, aumentando muito as antigas reservas de 12,6 bilhões de barris. Por conta disso, o país foi até convidado a participar da OPEP pelo Irã.

Para a geração de energia elétrica, em 1973 ele era a segunda principal fonte. Porém, com aumento dos preços e advento de outras tecnologias, hoje ele é a menos utilizada, representando

somente 5,8% da matriz de geração elétrica mundial, sendo a menos utilizada entre a hidrelétrica, carvão mineral, gás natural e nuclear. O alto custo que o petróleo tem atualmente junto com o grande impacto ambiental além das perspectivas de fim das reservas no médio prazo são os principais motivos para a menor utilização desse combustível.

	País	mil barris por dia	%
1º	Arábia Saudita	10.413	12,8
2º	Rússia	9.978	12,2
3º	Estados Unidos	6.879	8,4
4º	Iraque	4.401	5,4
5º	China	3.743	4,6
6º	México	3.477	4,3
7º	Canadá	3.309	4,1
8º	Emirados Árabes Unidos	2.915	3,6
9º	Kuwait	2.626	3,2
10º	Venezuela	2.613	3,2
16º	Brasil	1.833	2,2
<b>Total</b>		<b>81.533</b>	<b>100</b>

#### Os dez maiores produtores de Petróleo

Fonte: BP

Hoje o Brasil se encontra no 16º lugar em produção e em 15º em reservas do combustível fóssil. As principais reservas brasileiras se encontram no mar, necessitando de alta tecnologia a fim de se obter o óleo em altas profundidades, tendo de utilizar plataformas e sondas de alta tecnologia.

Para a geração de energia elétrica, os derivados mais utilizados são o óleo diesel, o gás de refinaria e o óleo combustível em motores conectados a geradores elétricos. Em geral essas usinas são utilizadas em regime complementar ao sistema de geração de uma dada região por conta de seu alto custo de geração, em geral nos horários de pico ou no caso de alguma contingência.

O Brasil hoje tem 626 unidades de geração alimentadas por estes combustíveis. Essas unidades responderam por 2,8% da energia gerada em 2007 por todo tipo de fonte. Sua presença é de extrema importância nos sistemas isolados (sem conexão com o sistema interligado nacional) como o que encontramos em Manaus, Macapá ou Acre-Rondônia, sendo o custo repassado a todos os consumidores do país pela Conta de Consumo de Combustíveis. As outras usinas, principalmente no sudeste, são somente utilizadas como complemento ao resto do sistema principalmente em períodos de seca.

A energia elétrica gerada pelo petróleo tem um custo altíssimo e deve ser utilizada somente em casos de alta necessidade. Os sistemas isolados devem se conectar a outros no médio prazo para que este recurso com alto custo seja substituído pelo hidrelétrico, por exemplo. Já temos um caso de sucesso no estado de Roraima onde os geradores de alto custo de

manutenção e ineficientes foram desativados por conta de uma ligação com o sistema da Venezuela.

#### 4.2.7. Biomassa

A Biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento para os próximos anos. Tanto no Brasil quanto em outros países é uma das principais maneiras encontradas de diversificação da matriz na medida em que pode diminuir a necessidade de derivados de petróleo. Estimativas indicam que cerca de 13% do consumo final de energia primária vem deste tipo de fonte e um pouco mais de 1% da energia elétrica gerada.

Muitas regiões no mundo obtêm boa parte da sua energia desta fonte, como na queima de galhos de árvore para geração de calor e energia elétrica, principalmente em países menos desenvolvidos altamente dependentes da agricultura. As fontes mais comuns deste tipo de energia são a madeira das árvores e resíduos agrícolas.

Em 2007, a biomassa teve uma participação de 31,1% na matriz energética, sendo superada somente pelos derivados do petróleo. Ocupou a mesma posição na geração de energia elétrica respondendo por 3,7% da oferta, somente superada pela hidroeletricidade.

A produção de etanol e biodiesel são crescentes. O Brasil é hoje o segundo maior produtor do álcool no mundo e exporta boa parte sua produção de biodiesel.

País	2004	2005	2006
Brasil	15,18	16,00	17,00
Estados Unidos	13,40	16,20	18,40
China	3,65	3,80	3,85
Índia	1,75	1,70	1,90
França	0,83	0,91	0,95
Rússia	0,75	0,75	0,75
Alemanha	0,27	0,43	0,77
Africa do Sul	0,42	0,39	0,39
Espanha	0,30	0,35	0,46
Reino Unido	0,40	0,35	0,28
Tailândia	0,28	0,30	0,35
Ucrânia	0,25	0,25	0,27
Canadá	0,23	0,23	0,58
Total	37,63	41,66	45,95

Produtores de Etanol

Fonte: BP

Por definição, a biomassa é qualquer matéria orgânica capaz de ser transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica. São classificadas como florestal (madeira), rejeitos urbanos e agrícolas.

A quantidade estimada de biomassa na terra é da ordem de 1,8 trilhão de toneladas o que aponta uma capacidade de geração de 11 mil TWh por ano, ou mais da metade de toda a energia gerada no ano de 2007 no mundo. Dada a necessidade de escala na produção de resíduos, os maiores potenciais vêm da agroindústria ativa com grandes superfícies de terras cultiváveis.

Para geração de energia elétrica no Brasil, sua utilização vem sendo crescente principalmente em sistemas de cogeração (através de obtenção de energia térmica e elétrica). Em 2007 foram ofertados 18 TWh desta fonte abundante no país, volume 21% superior ao de 2006. Atualmente existem 302 termelétricas movidas a biomassa com uma potência instalada de 5,7 mil MW com combustíveis que vão desde bagaço da cana, biogás, madeira, casca de arroz e resíduos do processo de obtenção da celulose.

De todos os combustíveis, a cana de açúcar é aquela com maior representatividade na medida em que a sua palha e o seu bagaço são utilizados e sua safra coincide com o período de secas na região Sudeste/Centro Oeste, justamente onde temos a maior potência instalada de usinas hidrelétricas no país. Fatores como o aumento do consumo de etanol junto com facilidades de interconexão de geradores à rede elétrica fazem com que o cenário se torne ainda mais favorável ao acréscimo da participação desta fonte no Brasil.

A biomassa pode ser considerada indiretamente como uma energia solar, pois é do Sol que vem a energia para a fotossíntese, base da matéria orgânica. Esse fato faz com que a energia solar tenha um caráter altamente renovável. A utilização de novas tecnologias que substituem os antigos métodos de combustão faz com que esta fonte possa ser cada vez mais eficiente energeticamente e tenhamos uma diminuição da emissão de gases para uma mesma quantidade de energia.

Pela enorme área de regiões capazes de gerar grandes quantidades de biomassa, a tendência é de que este tipo de energia seja cada vez mais importante nas nossas vidas, desde a produção de combustíveis para transporte até a cogeração com processos industriais.

## 5. Interligações – Contexto Geral

### 5.1. Introdução

Neste item serão abordados os fatores gerais das integrações energéticas de caráter elétrico e a interconexão de gasodutos para geração em centrais termelétricas com enfoque nas principais vantagens e eventuais desvantagens e dificuldades que o mercado consumidor de energia regional pode vivenciar com as conexões energéticas.

### 5.2. O Processo de Integração e Seus Benefícios

As vantagens para a os países que implantam projetos de interconexão entre os sistemas de geração de energia são inúmeras e se concentram em diversos aspectos como no custo final para o consumidor, maior confiabilidade no sistema, melhor utilização dos recursos naturais, diminuição de emissões de gases poluentes, parceria no desenvolvimento e transferência de tecnologia entre outros.

Abaixo serão citadas com mais clareza cada uma das vantagens que foram identificadas ao longo deste estudo, sem enfoque específico para a região sul americana, mas nas vantagens que este tipo de projeto pode vir a trazer em qualquer região do mundo:

- Postergam-se os investimentos na geração de energia, pois um país no lugar de fazer pesados investimentos em projetos de geração pode simplesmente passar a comprar a energia proveniente de capacidade excedente de países vizinhos através de interligações elétricas.
- Diversificação da matriz energética do sistema interligado na medida em que novas fontes poderão ser utilizadas para suprir a demanda elétrica, diminuindo a dependência de fontes que podem ter o seu custo aumentado ou que dependam de fatores naturais como o regime de vazão dos rios.
- Podemos aproveitar diferenças climáticas entre diferentes regiões principalmente na geração hidrelétrica quando enquanto uma região pode estar passando por período de seca, a de outro país pode estar em período chuvoso e ter excesso de vazão hidráulica, aproveitando energia que poderia estar escoando pelos vertedouros.
- Verifica-se uma diminuição no custo final da energia para o consumidor principalmente quando a interligação permite a utilização de maior número de fontes geradoras, escolhendo-se assim a de custo mais baixo.
- Diminuem as chances de se ter um colapso no sistema pois, com a interligação, o sistema se torna muito mais robusto e uma eventual falha poderá causar efeito bem menor do que para o sistema isolado. Podemos citar também a vantagem das ligações de emergência entre sistemas que podem ser acionadas na ocasião de colapsos.

- Interligações podem trazer também a vantagem de diferentes horários de pico de demanda por conta de diferentes fusos ou hábitos da população, sendo assim o sistema menos carregado pode alimentar o outro quando tem energia sobrando.
- Possibilidade da utilização do combustível menos poluente na geração quando se pode escolher entre um número maior de fontes.
- Aproveitamento da economia de escala na construção de usinas geradoras já que estas são projetadas com objetivo de suprir dois ou mais países.
- Diminuição de perdas no sistema principalmente ao suprir áreas fronteiriças que ficariam longe das outras usinas.
- Maior estabilidade na tensão do sistema já que em geral se verifica um aumento na potência de curto circuito nas barras.

Podemos então notar os enormes benefícios que tais projetos podem trazer às sociedades participantes do projeto, assim como ao sistema elétrico destes países. No caso sul-americano se torna relevante a diferença de épocas chuvosas, por exemplo, em relação à região andina e a floresta amazônica e a grande oferta de gás natural presente em alguns países do bloco.

### **5.3. O Processo de Integração e as Suas Dificuldades**

A integração energética supõe a existência de alguns elementos básicos para seu impulso como vontade política comum, fixação de regras e objetivos claros para todos que irão participar do projeto, regras estas que devem estar devidamente alinhadas com a proposta de cada participante para que não existam possíveis divergências posteriores que inviabilizem o projeto como um todo. Também devemos citar a presença de impedimentos técnicos que podem inviabilizar uma integração entre os sistemas.

Adicionalmente, antes de iniciar um projeto, deve-se verificar a situação global em que se desenvolvem as dinâmicas políticas, econômicas e energéticas assim como a situação regional de cada país. Mesmo dentro do bloco já houve ocasiões onde se verificou uma diminuição de exportações de energia por caráter político e nacionalista.

Dentre as principais dificuldades geralmente encontradas neste tipo de projeto podemos citar:

- Dificuldades técnicas principalmente pela ausência de padronização de regras entre os diversos países a se conectar. O principal exemplo seria a diferença de freqüência das redes como ocorre entre o Brasil e o Paraguai o que impede a conexão direta entre as mesmas. Nestes casos custos são adicionados pela necessidade de implementação de estações conversoras e eventuais perdas acontecem.

- Falta de harmonização entre as regras dos diferentes países, sendo este um dos principais fatores que afeta a identificação de meios para favorecer a integração energética.
- Dificuldades referentes à heterogeneidade presente no cálculo de custos e tarifas entre os diferentes sistemas e nos valores a serem pagos pela energia importada/exportada, além da diferença tributária.
- Deficiência de infra-estrutura nos sistemas elétricos e de transporte de gás natural que ainda são considerados de qualidade bem baixa principalmente nos países menos desenvolvidos economicamente tanto na transmissão quanto na distribuição. Este se trata de um dos principais entraves na medida que se torna muito difícil depender da energia de um sistema considerado frágil e que apresenta alto índice de perdas.
- Predomínio de uma visão subregional da integração, sendo os esforços em geral somente bilaterais, o que prejudica uma visão em maior escala do processo de integração de um bloco inteiro.

#### **5.4. As Experiências de Integração no Mercosul**

Os países do Mercosul tem uma relevante experiência de integração energética. Desde a criação do bloco foram desenvolvidos em quase 30 anos projetos de intercâmbio na região da fronteira comum entre Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai em usinas binacionais e conexões de linhas.

A fim de se ampliar a segurança de abastecimento, criar a possibilidade de venda de eventuais excedentes de geração e complementação dos recursos energéticos, foi aprovada a Mercosul/CMC/DEC Nº10/98. Neste acordo podemos frisar os principais aspectos:

- Permitir a distribuidores, comercializadores e grandes compradores de energia elétrica contratar livremente as suas fontes que poderiam se localizar em qualquer país participante do Mercosul.
- Permitir e respeitar a realização de contratos de compra e venda, livremente acordados entre vendedores e compradores de energia elétrica que estivessem de acordo com a legislação vigente em cada país e os tratados entre os países que iriam trocar energia. Comprometendo-se a não estabelecer restrições ao cumprimento físico destes contratos.
- Garantir o acesso à informação dos sistemas elétricos, mercados e suas transações em matéria de energia elétrica.
- Respeitar os critérios básicos de qualidade e segurança de abastecimento de energia já estabelecido em cada país.
- Não discriminar produtores e consumidores independentes de sua localização geográfica.

- Respeitar o acesso aberto à capacidade remanescente das instalações de transporte e distribuição, incluindo-se também acesso às interconexões internacionais, sem discriminações relativas à nacionalidade e o destino da energia ou caráter das empresas, respeitando-se as tarifas regulamentadas para esse uso.
- Determinar a elaboração de estudos, por meio dos órgãos habilitados, com objetivo de operação conjunta dos mercados dos países participantes, assim como os ajustes necessários para viabilizar a integração energética.
- Assegurar condições competitivas do mercado de geração de eletricidade, sem a imposição de subsídios que possam alterar as condições normais de competição e preços que refletem custos econômicos eficientes, evitando práticas discriminatórias com relação aos agentes de demanda e oferta de energia elétrica.
- Possibilitar dentro de cada país participante que o abastecimento da demanda resulte do despacho economicamente eficaz de cargas, incluindo ofertas excedentes de energia nas conexões internacionais. Para isso, deverá ser desenvolvida a infra-estrutura de comunicações e enlaces que permitam o intercâmbio de dados e informações sobre os mercados, inclusive em tempo real para coordenar a operação.

Cada um desses aspectos juntos e se colocados em prática promovem um ambiente no qual a integração energética poderá sobreviver de uma maneira saudável em um ambiente aberto e igualitário para cada uma das partes participantes do processo. É exatamente isso que estamos experimentando atualmente no Mercosul, com projetos sendo desenvolvidos e os já em operação sendo bastante utilizados.

Atualmente o grupo conta com 15 conexões existentes entre usinas, subestações conversoras e conexões simples. As primeiras ocorreram com a construção das usinas de Salto Grande, Itaipu e Yacyretá em que dois países vizinhos utilizavam conjuntamente os recursos hídricos presentes em sua fronteira e, portanto, permitindo intercâmbio elétrico por meio destes empreendimentos.

A principal diferença que podemos citar entre estes três grandes projetos de hidrelétricas binacionais se refere a proporção de utilização das usinas. No caso de Yaciretá e Itaipu vemos que a energia que é transmitida ao Paraguai é muito menor frente àquela consumida pela Argentina e Brasil, respectivamente. Sendo este dois empreendimentos de grande importância para o Paraguai na medida em que produz energia de baixo custo, alta confiabilidade e traz divisas pela utilização da capacidade instalada paraguaia.

No caso Argentina-Uruguai, os dois sistemas já vêm operando de maneira conjunta há mais de 25 anos, tendo registrado intercâmbios em situações diversas para os dois países. O processo teve inicio em 1974 com o "Acordo de Interconexão Energética" com poder de lei em ambos os países e o "Convênio de Execução" de 1983. Ambas as normas determinam diferentes modalidades de intercâmbio energético (substituições, emergência, potência, etc.) e os preços associados a cada um dos serviços e se baseiam em cenários de secas, restrições na transmissão e outros fatores que possam influenciar diretamente no sistema.

A partir da reestruturação do setor elétrico argentino, os intercâmbios tem refletido diretamente estas circunstâncias que vêm colaborando para uma melhoria no funcionamento de

fornecimento de energia elétrica para os dois parceiros. Cabe destacar que desde 1997 o "quadrilátero de Salto Grande" opera em regime de acesso aberto, ou seja, permite a utilização de suas instalações para um transporte de energia "diferente" da transmitida somente entre os dois países, tal como a produzida pela central de Yaciretá, constituindo um grande marco para a formação do mercado de energia entre os países da região.

Tais iniciativas permitem que, por exemplo, o Brasil possa exportar energia para o Uruguai através do sistema de transporte da Argentina. Tanto as conexões quanto os sistemas nacionais estão sendo utilizados para prover comércio entre o bloco, não só para trocas diretamente bilaterais.

Uma grande dificuldade que é apresentada no contexto de interconexão energética dessa região se refere à diferença de freqüência de operação entre Argentina e Paraguai (50Hz) e Brasil (60Hz), que impedem ligações diretas sem a utilização de estações conversoras de alto custo.

## **5.5. As Experiências na Comunidade Andina de Nações**

A comunidade andina de nações é formada por Bolívia, Colômbia, Equador e Peru e tem como principal objetivo alcançar desenvolvimento mais acelerado, equilibrado e autônomo através da integração. Anteriormente Venezuela e Chile também pertenciam ao bloco, mas se retiraram.

As principais características comuns entre os países se baseiam em passado histórico, geografia e idioma. Seus países também têm em seus territórios relevantes reservas de gás e petróleo e carvão, sendo em geral exportadores destes produtos.

Com respeito ao contexto de integração elétrica, o marco mais importante se refere ao tratado 536 que estabelece um marco jurídico comunitário para impulsionar o desenvolvimento do tema elétrico nos países membros. Como produto deste tratado se iniciou os trabalhos do "Comitê Andino de Organismos Normativos e Reguladores de Eletricidade" e seus grupos técnicos de trabalho:

- Grupo de Trabalho de Organismos Reguladores de Serviços de Eletricidade (GTOR): Criado em janeiro de 2003 é responsável por formular propostas condizentes com o avanço do processo de harmonização dos marcos normativos para a plena implementação da interconexão regional de sistemas elétricos.
- Grupo de Trabalho de Organismos Planificadores de Serviços de Eletricidade (GOPLAN): Criado em Janeiro de 2004 é encarregado de formular propostas, realizar ações de coordenação com as entidades de eletricidade e prover acordos para que se cumpram os aspectos relativos à informação e planificação coordenada de projetos, no contexto regional.

Atualmente o mercado andino de energia se encontra apenas em um primeiro nível de integração dada a existência da interligação elétrica Colômbia-Equador, Colômbia e Venezuela além de Peru-Equador, porém já existem diversos projetos de interligações tanto elétricas quanto

de gás natural. Como exemplo disto podemos citar a Bolívia que em julho de 2005 anunciou a sua decisão de aderir às normas comunitárias do bloco, o que vai abrir possibilidades de implementação de projetos neste setor.

A CAN de fato manifesta a importância de impulsionar o estabelecimento de redes de interconexão elétrica e de gasodutos para fortalecer o desenvolvimento econômico dos países andinos considerando os princípios de flexibilidade entre os vários participantes, visão de conjunto e solidariedade no trato do problema, utilizando a enorme vantagem comparativa da sua riqueza de recursos energéticos de origem fóssil.

Atualmente as conexões existentes têm potência relativamente pequena e, muitas vezes, não são capazes de suprir a demanda necessária do país importador, não tendo uma grande influência nos mercados elétricos dos países participantes. Os projetos de cooperação e o crescimento econômico regional vão aumentar e muito o grau de comércio de energia elétrica entre os participantes, fornecendo uma energia mais barata e com caráter mais confiável para todos.

## **5.6. O papel do gás natural na integração sul-americana**

No contexto de integração energética do bloco sul-americano, se torna relevante o estudo do gás natural como fornecedor de energia para centrais termelétricas por se tratar de um recurso abundante e de relativamente baixo custo na região.



Fonte: Petroleum Economist, 2007

O interesse pelo uso do gás natural aumentou principalmente após o choque do petróleo de 1970, e vêm demonstrando cada vez mais importância na matriz energética mundial por ter um custo muito menor e ser bem menos poluente que outros combustíveis fósseis como o carvão mineral e o petróleo. Existem estimativas de que a região sul-americana possua 4% de todas as reservas de gás natural do mundo, sendo que 83% estejam concentradas na região andina do bloco.

O país com maior quantidade de reservas comprovadas é a Venezuela, sendo também relevantes as reservas no Peru, Bolívia e Colômbia. No Brasil cabe destacar as últimas descobertas relativas às reservas do pré-sal que poderão vir a ser de grande valia, principalmente quando estas se localizam próximas dos maiores centros consumidores do país.

	Reservas	Produção	Importação	Exportação	Consumo
Argentina	446	52	1,83	6,30	47,0
Bolívia	616	13	-	10,88	3,0
Brasil	589	17	10	-	25,0
Chile	43	2,20	5,74	-	13,0
Colômbia	165	9	-	-	3,0
Equador	4	1,52	-	-	0,85
Paraguai	-	-	-	-	-
Peru	333	8	-	-	4,0
Uruguai	-	-	0,12	-	0,12
Venezuela	4708	46	-	-	38,0

Fonte: CLADE, 2007.

#### Estatísticas do gás natural na América do Sul em 2006

A dinâmica atual gira em torno da situação combinada de vários países: Bolívia com produção excedente no curto e médio prazo, com baixo potencial de mercado. A Venezuela tem grandes reservas, mas uma indústria gasífera incipiente. Argentina e Colômbia, com excedentes de curto prazo, mas com alto potencial de mercado. O Peru na atualidade se apresenta como mercado em rápido crescimento e com baixas reservas para responder à demanda, fato que levou o governo a publicar em janeiro de 2009 o Decreto que prioriza o consumo interno do gás. O Chile demonstrou ser mercado em rápida expansão, mas depende muito da importação. Finalmente, o Brasil, pelo menos no curto prazo, vai continuar precisando da importação principalmente da Bolívia.

A indústria de gás na região ainda se encontra na sua fase inicial, apresentando grande potencial de crescimento como mostrado em diversas projeções de demanda e produção. Estima-se que nas próximas décadas o gás natural será o combustível fóssil com maior crescimento na participação da matriz mundial. A projeção de consumo nos países sul-americanos aponta taxas médias anuais de crescimento de 7,6% para os próximos 22 anos. O incremento mundial na demanda de gás será impulsionado pela geração de eletricidade que em 2004 foi de 30% e em 2020 poderá ser de 35%.

Apesar da presença de todos estes recursos naturais deste valioso combustível fóssil, a demanda é pouco desenvolvida e a infra-estrutura de transporte é muito pobre e tem baixíssima capilaridade. A região que apresenta uma melhor situação em relação a este problema é a do cone sul, por ter uma demanda maior e ser mais desenvolvido, o que não acontece entre os países andinos, como podemos notar no quadro abaixo.

Fluxos	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Bol-Arg	1.6	1.6	0.64	0.02	0.04	0.11	0.08	0.8	1.73	1.80	1.85
Bol-Bra	-	-	0.4	2.09	3.79	4.79	5.54	7.58	8.63	9.00	9.88
Arg-Ch	0.5	2.0	3.3	4.4	5.3	5.3	6.06	6.8	6.15	5.56	2.38
Arg-Bra	-	-	0.1	0.3	0.8	0.8	0.34	0.44	0.34	0.46	0.12
Arg-Uru	-	-	-	-	0.1	0.02	0.06	0.11	0.11	0.12	-

Comércio de Gás Natural no Cone Sul (Bilhões de m<sup>3</sup> por ano)

Fonte: IEA e BP

Os maiores consumidores são Argentina e Brasil, sendo o último altamente dependente da importação boliviana através do gasoduto Brasil-Bolívia. O Chile tem grande dependência da indústria argentina que exporta o gás através de sete gasodutos, exportando também para o Uruguai através do gasoduto Cruz Del Sur. Além da Bolívia, o Brasil importa gás da Argentina através do gasoduto Paraná-Uruguaiana que abastece uma usina termelétrica de 600MW pertencente à AES.

Investimentos na área de gasodutos e usinas térmicas em geral são de grande custo e levam grande período de tempo para a sua recuperação e, hoje em dia, o caráter ambiental também vem influenciando no desenvolvimento desses projetos. Organismos internacionais importantes de financiamento estão cada vez mais estudando impactos ambientais dos projetos antes de aprovarem eventuais financiamentos. No caso do gasoduto Brasil-Bolívia, para a obtenção das licenças ambientais e aprovação dos bancos financiadores, os temas analisados na avaliação ambiental estratégica foram: redução da poluição do ar nos principais centros urbanos, sinergia do gasoduto com grandes projetos co-localizados, interferências ambientais e com povos indígenas das atividades upstream na Bolívia, implantação de ramais e redes de distribuição de gás, redução do desmatamento na região sul do Brasil, implantação de novas termelétricas a GN e desenvolvimento regional induzido na Bolívia e no Brasil.

Atualmente na região temos um número razoável de projetos, principalmente com objetivo de trazer gás proveniente da região andina para o cone sul como podemos verificar abaixo:

	Extensão (km)	Diâmetro (polegadas)	Capacidade (bcm)	Investimento (milhões de \$)
<b>Em planejamento</b>				
Argentina-Brasil (Mercosur)	3.100	36	9.1	1.800
Argentina-Brasil (Trans-Iguacu)	nd	nd	12.0	nd
Bolívia - Chile (Mercosur)	850	20	2.2	285
Bolívia-Argentina-Paraguai-Brasil (Gasini)	5.250	nd	nd	5.000
Peru - Bolívia	900	36	14.6	900
Peru - Brasil	3.550	32	11.0	3.215
<b>Em projeto</b>				
Peru-Chile-Argentina (GSA)	1.200	10 MMm <sup>3</sup> /dia	2,5 bilhões	
Venezuela-Brasil-Argentina	9.749	150 MMm <sup>3</sup> /dia	23,27 bilhões	

Fonte: OLADE

Como foi frisado anteriormente, as conexões de gás podem representar um grande avanço no setor de integração de energia, podendo-se exportar energia elétrica indiretamente através dos grandes gasodutos já existentes e, principalmente, através dos que estão em estudo/execução. Podemos, através de acordos bilaterais, trocar gás por energia elétrica entre cada um dos países do bloco.

Representa uma alternativa ideal para a sazonalidade das chuvas no Brasil e uma importante fonte de receita para os países com reservas abundantes como a Venezuela e a Bolívia. Sem dúvida alguma esse tipo de projeto envolvendo este combustível será decisivo para o desenvolvimento de um mercado sólido de energia no bloco, tanto para queima direta em indústrias quanto para a geração de energia elétrica.

## 6. Interligações Existentes

### 6.1. Introdução



Os projetos sul-americanos já realizados se concentram basicamente nas regiões de fronteira. Principalmente por conta de assuntos de Segurança Nacional, muitas parcerias que poderiam ter ocorrido há muitos anos foram deixadas de lado porque os países consideravam que tais iniciativas colocavam em risco a soberania e a posição do país em caso de guerras ou algum outro atrito, ideologia altamente difundida entre os regimes militares autoritários das décadas de 60 a 80.

No bloco, a energia hidráulica responde por mais de 80% da produção de eletricidade sendo que a maioria (como o Brasil) possui mais da metade de sua matriz dependente desta fonte. Apesar do grande risco que depender muito de somente uma fonte representa, existe uma complementaridade considerável entre as bacias dos diversos países, o que reforça ainda mais a idéia de interconexão entre os sistemas.

A presença de grandes reservas de Gás Natural na Argentina, Venezuela e Bolívia também fazem com que se pense em conexões através de gasodutos que poderiam alimentar centrais geradoras de energia elétrica ou uma importação indireta, através da eletricidade gerada nestes países que fosse proveniente deste mesmo gás.

Os principais exemplos de interconexões e cooperações presentes na região hoje são a usina hidrelétrica binacional de Itaipu com 14.000 MW construída pelo Brasil e Paraguai. A usina hidrelétrica de Yacyreta com 4.000 MW entre Paraguai e Argentina e Salto Grande, com 1.890 MW, construída pela Argentina e Uruguai.

Também existem interconexões de menor porte, como por exemplo a de Roraima com a Venezuela que alimenta o sistema que era isolado e alimentado por geradores diesel, ou a conexão do Brasil com o Uruguai na cidade de Rivera. Também podemos citar com extrema

importância os gasodutos do continente como o Brasil-Bolívia e o projeto do gasoduto sul americano que pretende conectar toda a América do Sul.

Atualmente, as capacidades de conexão entre os países seguem os seguintes números:

PAÍSES	CAPACIDADE DE INTERCONEXÃO ELÉTRICA (MW)
Brasil - Paraguai	6.300
Brasil - Argentina	2.200
Brasil - Venezuela	200
Argentina - Uruguai	2.000
Argentina - Paraguai	800
Argentina - Chile	600
Colômbia - Venezuela	380
Colômbia - Equador	40

Fonte: SERGENT, Hugo Rincón. *Prospects for Integration of the Power Sector in South America*. Revue ELECTRA/CIGRÉ Número Spécial 53-63. 2000.

O fato de cada um da maioria dos países da região sul americana dispor de quantidades consideráveis de fontes energéticas como o gás natural e o potencial hidrelétrico fizeram que as interconexões não se tornassem tão atrativas também por dificuldades regulatórias e políticas. Atualmente as integrações estão praticamente restritas à envio de energia em casos de emergência ou na utilização compartilhada de recursos hidráulicos como serão demonstrados nos próximos itens.

A próxima tabela se refere aos níveis de importação e exportação entre cada um dos países sul-americanos.

#### Importação e Exportação de Energia- 2006 (GW)

	Exportador							Total Importado
	Argentina	Brasil	Colômbia	Equador	Paraguai	Peru	Uruguai	
Argentina	53				6608	7		7208
Brasil	76				3269	10	511	39866
Chile	226							2265
Colômbia				1			31	32
Equador				1570				1570
Paraguai			1					1
Uruguai	2024	809						2833
Total Exportado	4385	1403	1570	1	46877	0	17	53795

Fonte: CIER

Podemos observar que o Brasil é o grande importador do bloco, principalmente pelo fato de comprar o excedente paraguaio pela sua demanda muito superior ao país vizinho. Vale ressaltar também a grande importação chilena de energia argentina pela sua escassez de geração.

## 6.2. A Interligação de Roraima



Roraima é um estado pertencente à chamada Amazônia Legal, possui uma população de somente 413 mil habitantes e um PIB de R\$ 3,660 bilhões. Ao norte faz fronteira com a Venezuela, ao sul com os estados do Amazonas e o Pará, a oeste com a Venezuela e a leste com a Guiana.

Boa parte de seu território é composto de reservas indígenas e os quatro milhões de hectares restantes podem ser utilizados para rentáveis projetos agrícolas, especialmente arroz, sorgo, soja e milho.

Atualmente o arroz é o principal produto de exportação, mas também há produção de mandioca e frutas tropicais. Outro setor relevante é o de extrativismo vegetal, basicamente de castanha do Pará e madeira que é utilizada na indústria moveleira do Estado. Seu parque industrial é bem pequeno, composto por algumas empresas produtoras de refrigerantes, derivados de leite e beneficiadoras de cereais, por isso é bastante dependente de produtos básicos vindos da Venezuela ou outros estados brasileiros, como cimento, ferro, combustíveis, etc.

Existe grande potencial para o turismo, graças às belas paisagens e ao clima ameno da região que é visitada, principalmente, por turistas estrangeiros interessados em conhecer a floresta.

Por ser o estado considerado mais isolado de todo o Brasil, este sofria de sérios problemas de suprimento de energia elétrica. A distância frente a outros centros de consumo e a própria floresta amazônica inviabilizam qualquer tipo de conexão a ser feita com o resto do sistema brasileiro. Sendo assim, a energia era fornecida através de geradores a óleo, método bastante caro, ineficiente e poluidor, trazendo evidentes obstáculos aos brasileiros que viviam e trabalhavam na região.

Em face desta situação, em 11 de abril de 1997 durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, a ELETRONORTE em parceria com a ELETROBRÁS assinaram um contrato com a empresa venezuelana EDELCA que tinha uma validade de vinte anos para o suprimento de até 20 MW de energia para Roraima a partir do complexo gerador de Macagua II sobre o rio Caroni, bem como um convênio de cooperação nas áreas de assistência técnica, pesquisa e capacitação de profissionais.

Este sistema denominado "Sistema Interligado Brasil – Venezuela" é constituído por uma linha de transmissão de 690 km dos quais 190 km estão no Brasil e 500 km estão em território venezuelano. O trecho da fronteira até Boa Vista é de responsabilidade da EletroNorte e o trecho venezuelano é formado por duas partes, o primeiro tem uma tensão de 440 kV por uma extensão de 290 km de Macagua II até Las Claritas (sede do Parque Nacional Canaima) e outro de 210 km conecta Las Claritas até Santa Elena do Uairén, já próximo da fronteira com o Brasil, em uma tensão de 230 kV.



A linha foi inaugurada em 13.08.2001 pelo presidente Fernando Henrique Cardoso como parte do Programa Energia no Arco Norte, uma parte do Plano Avança Brasil do Governo Federal da época. Em sua inauguração, a interligação trouxe a possibilidade de se ter energia elétrica estável (de hidrelétrica) a cerca de 250 mil habitantes que eram 78% do total do Estado.

Apesar de resistência de grupos indígenas e ecológicos, o governo venezuelano decidiu oferecer infra-estrutura básica à sua região sudeste que também apresentava sérios problemas com energia pelo fato de ter ligações precárias com o sistema interligado venezuelano ou de necessitar de entrega de óleo que poderia vir de até 600 km de distância, além de honrar com os seus compromissos integracionais com o Brasil.

Diversos cuidados foram tomados durante a instalação das linhas de transmissão em meio à floresta equatorial. Um exemplo foi a utilização de postes especiais de mínimo impacto visual (ainda inexistentes no Brasil por conta do custo) e a fixação por meio de helicópteros, fatos que contribuem bastante para a mínima influência ambiental o possível, de acordo com exigências da legislação da Venezuela.

Podemos verificar também que a presença das linhas de transmissão de energia facilitaram possibilitou a instalação de fibra ótica que poderá vir a facilitar a comunicação entre os dois países e, por conseguinte, entre os países Andinos e do MERCOSUL.

Este projeto possibilitou uma economia de R\$ 120 milhões que eram gastos para a compra de óleo combustível para os geradores que supriam a capital Boa Vista, além de pesados gastos em expansão, manutenção e operação para o crescente mercado de energia elétrica regional. Os geradores que alimentavam a cidade anteriormente, após a interligação do sistema, puderam ser utilizados em outras regiões mais isoladas aonde não havia fornecimento de energia elétrica.

A Energia firme possibilita, além de todas as vantagens já citadas, que indústrias possam se instalar na região, e vem em um momento importantíssimo para o desenvolvimento regional. Na época do contrato (1997), os investimentos foram orçados em torno de US\$ 185 milhões, sendo US\$ 55 milhões no Brasil e US\$ 130 milhões na Venezuela.

Esse projeto de cooperação é hoje uma realidade porque sua concepção e desenvolvimento obedeceu uma estratégia assentada em princípios de cooperação para o desenvolvimento, paz e integração regional. Assim como demonstrar que os países, através de suas complementaridades, podem explorar vantagens mútuas para o benefício de todas as populações envolvidas.

Cooperações como estas são capazes de, além de melhorar o sistema elétrico, trazer benefícios como a dinamização do comércio, ajudando a consolidar e fortalecer o bloco regional na medida em que os países abrem portas para se tornarem parceiros em diversas outras áreas da economia e do conhecimento.

### **6.3. Itaipu Binacional**



A Usina Hidrelétrica de Itaipu é um exemplo de cooperação entre dois países e deve servir de modelo para outras interações entre os países pertencentes à América do Sul. Construída pelo

Brasil em conjunto com o Paraguai no rio Paraná, é a maior usina hidrelétrica do mundo até o funcionamento em capacidade total da usina de Três Gargantas na China quando perderá por capacidade instalada, mas continuando como a maior em geração na medida em que o rio Paraná apresenta maior fluxo de água que o rio Yangtze.

Hoje a usina é responsável por quase um quarto de toda a energia consumida no Brasil e fez com que o Paraguai passasse a contar com energia suficiente para seu abastecimento durante muitas décadas sem a necessidade de se fazerem novos investimentos no setor, além de ter um papel muito importante no desenvolvimento fronteiriço.

A construção fez com que o Brasil desenvolvesse grande conhecimento nas áreas de construção de grandes barragens e geração e transmissão de energia elétrica. A presença da usina também é responsável por geração de riqueza local, na medida em que consideráveis volumes de royalties são distribuídos a estados, municípios e órgãos federais. Os principais recebedores destes royalties são cidades e o estado do Paraná e Mato Grosso do Sul, além da Aneel e alguns ministérios do governo federal.

A usina possui atualmente 14.000 MW com 20 unidades geradoras de 700 MW cada com um reservatório com superfície da ordem de 1350 km<sup>2</sup>. Sua construção se iniciou no mês de janeiro de 1975 quando o Brasil ainda enfrentava o regime militar com a finalidade de prover energia à crescente demanda nacional da época. Para a construção, foram utilizados mais de 40 mil trabalhadores diretos e 12,57 milhões de m<sup>3</sup> de concreto (equivalente a 210 estádio do Maracanã). Sua inauguração ocorreu em maio de 1984 e, até hoje, sua produção vem aumentando a cada ano.

Em 2008 a usina atingiu um novo recorde de produção de energia, gerou ao todo 94.684.781 MWh, suprindo 87,3% da energia consumida pelo Paraguai e 19,3% da demanda do Sistema Interligado Brasileiro. Estes números evidenciam a importância da energia advinda da usina para ambos os países e a grandiosidade desta, sendo considerada por engenheiros de diversos países uma das Sete Maravilhas do Mundo Moderno pela revista Popular Mechanics, dos Estados Unidos.

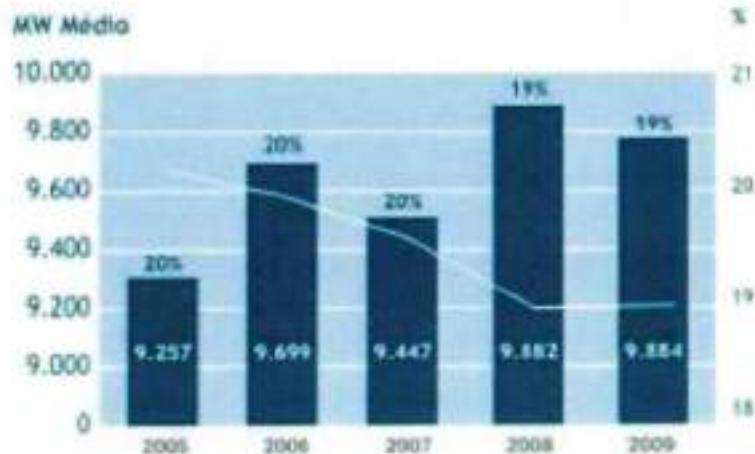
A Itaipu produz em média 90 milhões de MWh por ano, com a finalização do projeto inicial com instalação da vigésima máquina e com uma vazão favorável do rio Paraná, a geração poderá chegar a 100 milhões de MWh, lembrando que o máximo de máquinas em funcionamento é de dezoito máquinas enquanto duas permanecem em manutenção.

Ano	N. de unidades instaladas	Produção de energia(GWh)
1984	0 - 2	277
1985	2 - 3	6.327
1986	3 - 6	21.853
1987	6 - 9	35.807
1988	9 - 12	38.508
1989	12 - 15	47.230
1990	15 - 16	53.090
1991	16 - 18	57.517
1992	18	52.268
1993	18	59.997
1994	18	69.394
1995	18	77.212
1996	18	81.654
1997	18	89.237
1998	18	87.845
1999	18	90.001
2000	18	93.428
2001	18	79.307
2002	18	82.914
2003	18	89.151
2004	18	89.911
2005	18	87.971
2006	19	92.690
2007	20	90.620
2008	20	94.685
2009	20	91.651

Fonte: Itaipu Binacional

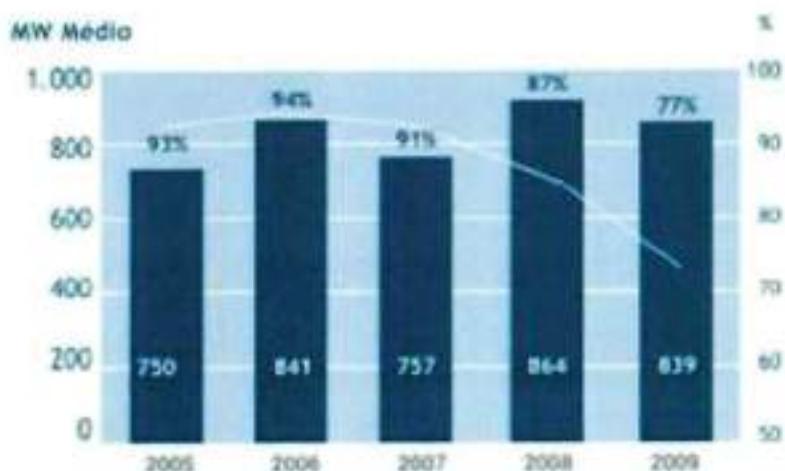
Na Usina, tudo é grandioso. A barragem principal tem a altura equivalente a um prédio de 65 andares, a vazão das turbinas pode ser de até 700 metros cúbicos de água cada, o vertedouro pode liberar até 62,2 mil metros cúbicos de água em apenas um segundo, ou seja, 40 vezes mais que a vazão das cataratas do Iguaçu.

A energia produzida por Itaipu em 2009 seria suficiente para suprir todo o consumo mundial por aproximadamente dois dias; atender durante 10 meses um país como a Argentina; e o Paraguai, parceiro no empreendimento, por 9 anos. Ou, ainda, poderia suprir por um ano o consumo de eletricidade de 21 cidades do porte da grande Curitiba. No gráfico abaixo podemos ver o grau de participação que esta grande usina tem sobre o sistema elétrico nacional e paraguaio.



Participação de Itaipu no mercado brasileiro

Fonte: ANEEL



Participação de Itaipu no mercado paraguaio

Fonte: ANEEL

#### 6.4. Gasoduto Brasil-Bolívia

A idéia de se construir um gasoduto capaz de trazer o gás explorado na Bolívia aos centros consumidores brasileiros é de longa data. Antes, a maior parte do gás boliviano era enviado à Argentina, mas como a descoberta de novas reservas, a Argentina foi se tornando cada vez mais auto-suficiente.

A economia boliviana é altamente dependente das exportações de seu gás natural e com a Argentina independente, o Brasil apareceu como o principal consumidor para o recurso.

No final da década de 80, a importação de gás natural passou a ser uma imposição da sociedade, particularmente nas regiões Sul e Sudeste, onde a disponibilidade de gás nacional é inferior ao potencial do mercado. Destacam-se iniciativas do setor privado dos Estados do sul do país. Também no Rio Grande do Sul, em diversas ocasiões, governo e setor privado consideraram a importação de gás das províncias vizinhas na Argentina. Em São Paulo foi constituída a Sociedade Privada de Gás – SPG, tendo como sócios algumas das maiores empresas do setor privado do Brasil, incluindo empreiteiras, indústrias de bens de capital e bancos, além de várias grandes empresas internacionais do setor energético. O principal objetivo da SPG era elaborar estudos de viabilidade para o projeto de gasoduto, sob a perspectiva do setor privado, de modo a garantir uma estruturação do projeto e uma estratégia de desenvolvimento comercial que pudessem atrair recursos do setor privado.

A resposta dada a todas essas demandas foi um estudo que recomendava que a participação do gás natural na matriz energética do país passasse dos 2% em 1990 para 6% em 2010. As opções seriam a da construção de um gasoduto entre a Bolívia até o Brasil ou de importar gás argentino no estado liquefeito a fim de complementar a oferta nacional.

A importação de gás da Bolívia através da construção de um gasoduto se mostrou como a solução mais viável para aumentar a oferta do produto no país, considerando também aspectos de política externa na região.

O gasoduto tem aproximadamente 3.150 km de extensão, sendo 557km do lado boliviano e 2593km em território brasileiro e tem uma capacidade de transportar até 30 milhões de m<sup>3</sup> por dia. Inicia-se em Rio Grande na Bolívia e seguindo até Campinas com diâmetro de 32''. Daí divide-se em dois ramais, um para Guararema onde se interliga com um sistema da Petrobras e o segundo vai até Porto Alegre.



O gasoduto teve sua construção iniciada em 1997 e sua operação começou em 1999, atravessando muitos municípios e cerca de quatro mil propriedades, cortando os estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esta grande obra de infra-estrutura

representou um grande passo nacional para a intensificação do uso do gás natural em sua matriz energética, viabilizando a meta de depender menos da geração hidrelétrica.

Para a Bolívia, no entanto, o projeto teve um caráter sócio-econômico muito maior quando abriu uma saída para uma economia contaminada por inflação crônica e tráfico de drogas. Seu PIB se encontra entre os piores da região com US\$ 39,4 bilhões em 2008 e tem uma economia bastante voltada à exportação de produtos primários, sendo o Brasil responsável por 44% de suas vendas.

Duas empresas são responsáveis pela operação do empreendimento, a Companhia Boliviana de Transporte do lado da Bolívia e a Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil, com participações de empresas privadas estrangeiras de ambos os lados como demonstrado abaixo.

#### **Composição Acionária das Empresas de Transporte de Gás que Compõem o Gasoduto Brasil-Bolívia<sup>a</sup> – 2000**

TBG (Brasil)	%	GTB (Bolívia)	%
Gaspetro <sup>b</sup>	51,00	Transredes <sup>c</sup>	51,00
British Gas	9,66	Enron	17,00
El Paso	9,66	Shell	17,00
Total Fina	9,66	Gaspetro	13,00
Fundos de Pensão Bolivianos	6,00	British Gas	2,00
Shell	7,00	El Paso	2,00
Enron	7,00		
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Fonte: TBG e Petrobras.

<sup>a</sup>As participações indiretas das empresas não-controladoras foram agregadas a suas participações diretas, de acordo com as proporções detidas por cada acionista final nas empresas diretamente participantes do capital social do Gasbol.

<sup>b</sup>Subsidiária integral da Petrobras.

<sup>c</sup>O capital social da Transredes é formado pelos fundos de pensão bolivianos, com 50%, pela Shell e pelo Enron, cada uma com 25%.

Diante da falta de apetite dos sócios privados em bancar os riscos iniciais do empreendimento, a Petrobras assumiu não só o financiamento, mas também a responsabilidade pela construção do empreendimento nos dois lados da fronteira. Em compensação, reservou para si, no lado brasileiro, dois papéis estratégicos: o controle da operação do trecho brasileiro do gasoduto e a posição de "carregador" exclusivo do gás boliviano até o volume de 30 milhões de m<sup>3</sup>/dia.

#### **6.5. Interconexão Brasil – Uruguai**

Os governos de Brasil e Uruguai assinaram no dia 16/03/2006 um acordo com o objetivo de promover melhor o aproveitamento dos recursos energéticos dos dois países. Atualmente já existe uma conexão elétrica entre os dois países, entre as cidades de Livramento no Brasil e a Rivera no lado Uruguai que já permite um intercâmbio entre os dois países.

Desde o final de 2003 o Brasil tem fornecido energia ao sistema do país vizinho em caráter interruptível de fontes térmicas que não estão sendo despachadas no Brasil ou de fontes hidráulicas em caso de energia que seria vertida e ainda poderia ser turbinada.

Para despachar energia ao Uruguai, existem dois caminhos atualmente. Um deles é através da conversora de Rivera com potência de somente 72 MW ou através da conversora de Garabi, aonde a energia seria transmitida através do sistema Argentino. O primeiro atende de Janeiro a Dezembro e o segundo é interrompido entre os meses de Abril e Agosto por conta de particularidades e regime de chuvas do sistema interligado nacional controlado pela ONS.

Brasil e Uruguai já debateram uma proposta de construção de uma linha de transmissão de 500 MW entre os dois sistemas elétricos. Atualmente, o Uruguai passa por sérios problemas de geração de energia e, para manter o seu sistema funcionando, depende dos intercâmbios de energia entre Brasil e Argentina. Essa linha a ser construída traria novos horizontes à economia do país vizinho quando traria certa independência e diversificação de fontes.

A medida também é muito favorável ao Brasil, pois como a energia é de caráter interruptível, somente a venderá quando julgar que o seu sistema não tem necessidade desta. Isto abre portas para que as térmicas possam vender a sua energia excedente a melhores preços, solucionando rapidamente os problemas de eventuais ociosidades destas e movimenta o mercado de comercialização de energia entre os dois países.

## **6.6. Usina de Yacyretá**



A Usina de Yacyretá, como Itaipú, é uma entidade binacional entre a Argentina e o Paraguai. Está localizada no rio Paraná entre a província argentina de Corrientes e a cidade paraguaia de Misiones. A barragem tem um comprimento de 808 m e tem uma potência instalada de 4.050 MW com uma energia máxima de 19.080 GWh em um ano.

O projeto foi extremamente criticado inicialmente, pois foi responsável por inundar uma enorme área com um ecossistema único, causando a extinção de um grande número de espécies. Também teve problemas com o orçamento, custando 11 bilhões acima do orçado inicialmente., sendo conhecido como um monumento à corrupção.

A construção foi iniciada em 1983 e em 1994 a primeira turbina de geração começou a operar para o sistema. As 20 unidades Kaplan programadas no projeto só iniciaram o seu funcionamento por completo em 1998, quando a usina operou a sua capacidade plena.

O lago artificial formado pela usina está 21 metros acima do nível original da água, o que corresponde a 76 metros acima do nível do mar, 7 metros abaixo da altura planejada de 83 metros. Por conta disso, a usina somente gera 60% de sua energia planejada anteriormente. Este problema ocorreu pois, como ela se localiza em uma região de planície, os 7 metros que o nível deveria subir iriam inundar uma área de mais 500 km<sup>2</sup>, o que afetaria uma população de mais de 80.000 pessoas.

A construção da represa foi responsável por um grande impacto ambiental na região, influenciou em regime de chuvas, reprodução de peixes, fluxo dos rios da região. Para que os peixes pudessem continuar a migrar e o transporte fluvial pudesse ser feito, existem dois elevadores na barragem com a finalidade de elevar e descer navios de porte médio, além de peixes.

A usina de Yacyretá é mais um exemplo, como Itaipu, de cooperação na utilização de recursos naturais em regiões de fronteira. Outros projetos existem entre outros países como a construção de mais uma usina binacional entre Argentina e Brasil. Estes projetos são de grande valia para as nações que são parceiras na medida em que a sinergia tecnológica e de recursos naturais trazem benefícios econômicos e estratégicos.

## **6.7. Interconexão Colômbia-Equador**

A interconexão entre Colômbia e Equador se trata de um circuito duplo com tensão nominal de 230 kV ligando as estações de Jamondino na Colômbia e Pomasqui no Equador, além de uma linha de 138 kV entre Panamericana na Colômbia e Tulcán no Equador.



Através da tabela abaixo, podemos perceber que existe um volume muito maior de energia importada pelo Equador do que energia fluindo no sentido contrário. A explicação desta grande discrepância se refere ao fato de que a Colômbia abastece a sua demanda interna com significativa participação da hidroeletricidade e de térmicas movidas a gás natural, já o Equador tem boa parte de sua geração atrelada à queima de combustíveis líquidos de alto custo.

Fecha	Energia (GWh)	
	Importación	Exportación
Ene-05	172,52	0,00
Feb-05	137,86	0,03
Mar-05	115,77	5,41
Abr-05	108,32	4,56
May-05	142,75	0,89
Jun-05	120,63	0,45
Jul-05	159,15	0,50
Ago-05	169,93	0,00
Sep-05	144,15	1,12
Oct-05	178,31	0,01
Nov-05	167,13	0,00
Dic-05	141,35	2,07
Ene-06	161,07	0,02
Feb-06	144,17	0,10
Mar-06	142,75	0,01
Abr-06	126,74	0,25

Nota: Valores vistos desde Ecuador

Fonte: OLADE

Esta particularidade de geração entre os dois países faz com que tenhamos uma exportação de energia quase constante da Colômbia para o Equador por conta dos custos marginais de geração, limitada pela capacidade dos circuitos de transmissão. Somente observamos mudanças nestas tendências em situações especiais como eventuais problemas no sistema de geração colombiano ou em períodos de secas, geradas principalmente pelo fenômeno no El Niño. Os benefícios desta interligação são de tal importância para o mercado do equador que já existem projetos de aumento da capacidade de transmissão de energia elétrica entre os dois países andinos.

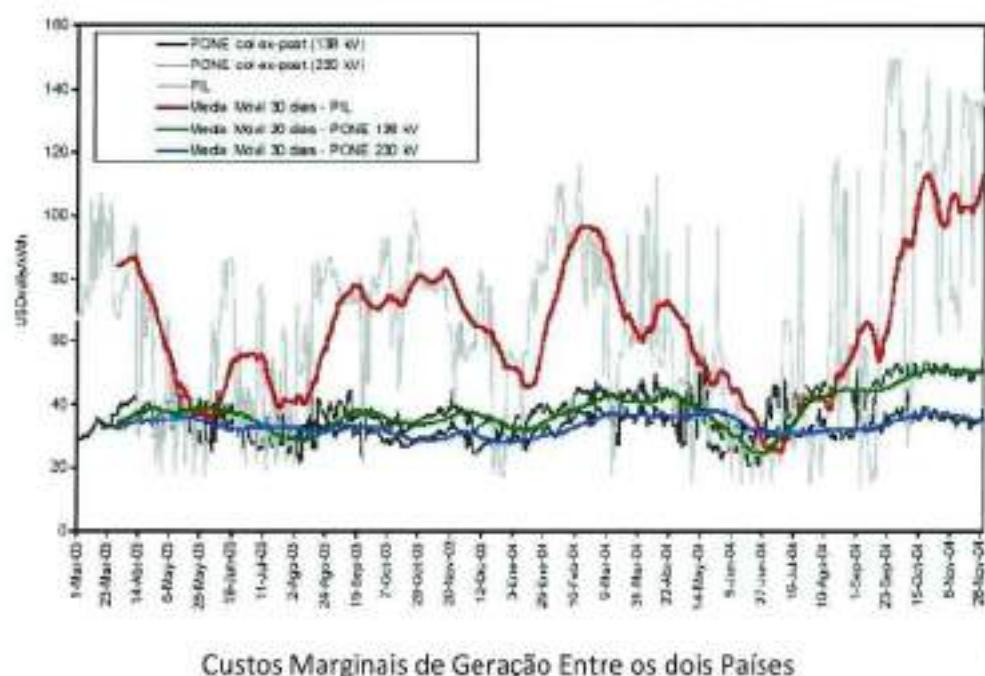
As principais vantagens vistas do lado do exportador são a receita obtida pela venda da energia, maior confiabilidade do sistema quando o Equador pode fornecer energia em situações de emergência e além de criar incentivos para se ter um sistema com maior otimização de recursos na medida em que diminuímos a capacidade ociosa de geração. A principal desvantagem se reside no fato de que os preços do lado colombiano são aumentados na medida em que se cria uma maior demanda para esta energia no longo prazo, ao longo do tempo com a maior estabilização e evolução do sistema e do mercado muito provavelmente iremos notar o desaparecimento destas pressões de preços.

Já do lado equatoriano, o custo se demonstra como a maior vantagem desta interligação na medida em que diminui a necessidade da queima de petróleo, combustível com custo alto e volátil e enorme impacto ambiental por conta de ser uma das fontes mais poluentes, lembrando que a geração colombiana reside basicamente na energia hidrelétrica que é renovável e no gás

natural que é muito menos poluente que hidrocarbonetos líquidos. Também devemos lembrar que indiretamente diminui a necessidade equatoriana de pesados investimentos no setor de geração, pelo menos no curto prazo.

O mecanismo comercial utilizado nesta interconexão é o TIE (Transações Internacionais de Energia) e se baseia na utilização dos custos marginais de geração entre os dois mercados. O país exportador é aquele com o menor custo marginal e se comporta como um gerador dentro do país importador para suprir a demanda. Se a energia é necessária e aceita, temos um fluxo de importação de energia e sua remuneração é similar àquela de um gerador no país que está comprando. O preço é sempre ao custo marginal mais alguns custos adicionais. Vale ressaltar que os custos das perdas na transmissão ficam a cargo do comprador e os custos de investimentos na transmissão são também da demanda dos dois países, supondo que são estes que recebem os benefícios diretos e indiretos da conexão.

No gráfico seguinte podemos ver a diferença grande entre os custos marginais de geração entre os dois países que levam ao enorme desequilíbrio para o lado de importação colombiana de Março de 2003 a Novembro de 2004.



Da receita da transmissão de energia entre os dois países, 98.6% foi direcionada ao sistema da Colômbia e 1.4% foi para o sistema do Equador. Este investimento teve um custo de 21.7 milhões de dólares pelo Equador com 135.5 km de linha e 13.5 milhões para a Colômbia com 78 km.

## 6.8. Usina de Salto Grande

A Usina de Salto Grande é, como Itaipu, um projeto binacional entre Argentina e Uruguai. Está localizada nas águas do rio Uruguai, próxima às cidades de Concórdia (província de Entre Ríos, Argentina) e Salto (Uruguai). Se situa a 450 km de Buenos Aires e 500 km de Montevidéu, os principais mercados consumidores de ambos países.



Possui uma potência total de 1890 MW e o seu reservatório ocupa uma área de 783 km<sup>2</sup>, sendo equipada com 14 turbinas Kaplan de 135 MW cada. Sua construção teve início em 1973 e gera energia elétrica desde 1979, com seu funcionamento pleno em 1982. Atualmente tem uma geração média de 8486 GWh por ano quando o seu projeto previa em torno de 6700 GWh.

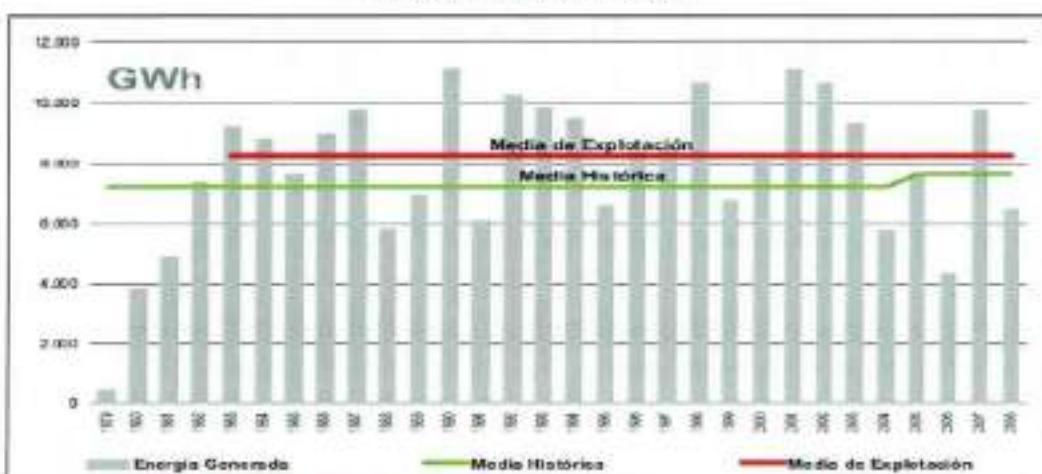
A usina foi construída em uma região do rio Uruguai que apresentava um desnível conhecido por "Salto Grande" que levava as águas a terem maior velocidade e viabilizavam a construção de uma barragem de maneira facilitada.

Este empreendimento é de grande importância principalmente para o Uruguai quando fornece em torno de 60% da energia consumida por este país e 10% do mercado da Argentina. Por ter uma energia considerada barata, sempre está fornecendo energia para ambos os sistemas e possibilitou desenvolvimento regional, principalmente na área turística que se formou em torno das margens do lago.

Para transmitir a energia gerada pela central até os principais centros consumidores foi construída uma rede de tensão nominal de 500 kV com seis subestações de 1300 km de linhas.

No gráfico abaixo podemos observar a evolução na geração de energia da usina desde o seu início de operação até 2008:

### Evolução Anual da Energia Gerada pela UH de Salto Grande Evolución Anual de la Energía



**Media de Explotación:** calculada desde que se completó el equipamiento

**Media Histórica:** teniendo en cuenta los caudales de los últimos 100 años

Fonte: Comisión Técnica Mixta de Salto Grande

### 6.9. Central de Salta

A Central de Salta, diferentemente dos outros projetos como Yaciretá e Salto Grande, se trata de uma central de ciclo combinado que é alimentada por gás de origem argentina.

Sua potência nominal é de 642 MW e está situada na cidade de Salta na Argentina, estando interligada ao "Sistema Interconectado Del Norte Grande de Chile". Apesar de estar situada em solo argentino, atualmente só fornece energia para o país vizinho e foi construída por uma empresa chilena, apesar de já existir um projeto para que esta possa fornecer energia ao sistema da Argentina.

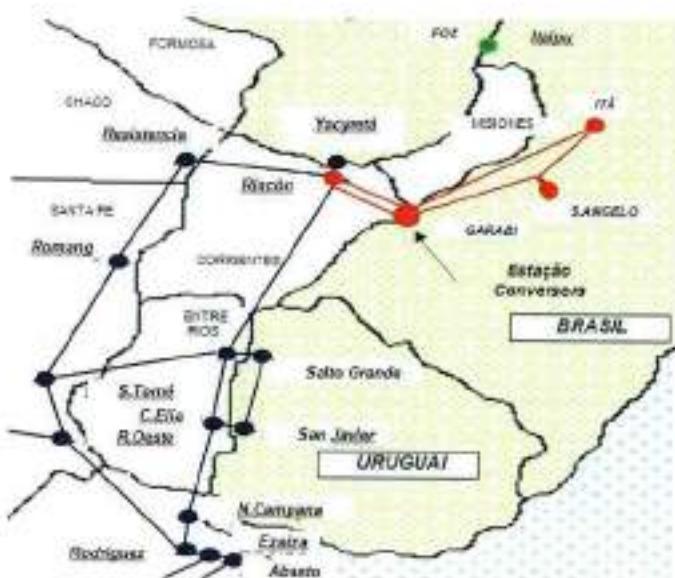
### 6.10. Conexão de Garabi – Brasil e Argentina



As conexões de Garabi 1 e 2 são responsáveis pelo intercâmbio energético com o maior parceiro brasileiro no bloco sul-americano. As subestações estão localizadas no município de

Garruchos (RS), cerca de 5km distante da fronteira com o país vizinho e ocupam uma área de cerca de 600 mil m<sup>2</sup>. O tratado para o funcionamento da interligação foi assinado em 1998 e está em operação desde 2000.

As duas subestações são conversoras de freqüência 50/60 Hz com potência de 1100 MW cada, sendo a exportação limitada a 1000 MW em horário de ponta no Brasil e a 1500 MW em outros horários. Do lado argentino temos a tensão de 500 kV e do brasileiro de 525 kV. Desde o início do seu funcionamento a interligação teve importante caráter estratégico na medida em que pôde transferir energia ao país necessitado em situações de crise.



### **6.11. Conexão Equador-Peru**

Trata-se de uma linha de 230 kV que liga as estações de Machala no Equador e Zarritos no Peru.



Apesar de ambos os países operarem sobre a mesma freqüência (60 Hz), por conta de problemas técnicos de estabilidade não é possível a sincronização dos dois sistemas. Por conta disso, ao menos no curto prazo, se prevê transferir energia de um país ao outro dividindo-se o sistema elétrico do Equador através da estação de Machala. Assim nos momentos em que o custo de energia importada se tornar vantajoso, se desconecta aquela parte do sistema e o alimenta com esta interconexão que teria potência de aproximadamente 95 MW. Em alguns casos também pode existir o fluxo contrário com o Equador exportando energia para o Peru, porém se trata de um cenário mais raro na medida em que o Equador dificilmente possui energia excedente.

Para esta conexão as perspectivas são de que os problemas técnicos sejam resolvidos em breve e eventuais problemas regulatórios e comerciais que possam aparecer sejam acordados entre ambas as partes na medida em que, como as outras conexões, tem um caráter estratégico e comercial importante.

## 6. Propostas

### 6.1. Introdução

Neste item serão estudadas propostas de interligação entre os países pertencentes ao bloco, considerando fatores como a disponibilidade de energia elétrica em conjunto com aspectos geográficos e de mercado de energia.

### 6.2. Brasil – Peru

O Brasil possui uma das maiores redes de energia elétrica do mundo, tendo um enorme grau de integração mesmo se considerarmos que o seu território tem dimensões continentais. Esta grande integração traz ainda mais possibilidades para a integração com seus vizinhos, podendo estes ser conectados ao sistema para exportarem energia para os grandes centros consumidores ou vice-versa.

Um país no qual podemos ver grandes possibilidades é o Peru, que possui um mercado consumidor e um sistema totalmente diverso do brasileiro. As zonas desabitadas peruanas possuem enorme potencial hidrelétrico por serem regiões com rios de grande vazão na região andina, podendo vir a trazer energia da região da floresta também.

Um parceiro fundamental neste tipo de projeto pode ser o BNDES que vem aos poucos aumentando a sua atuação ao financiar empresas em projetos no continente sul-americano, como já executou com o Equador ao financiar uma usina a ser construída pela Odebrecht, que por conta de problemas técnicos quase criou um incidente diplomático entre os dois países. Neste caso específico, o Brasil poderia financiar projetos que seriam ativos pertencentes a empresas peruanas mas que, predominantemente, exportassem energia para o lado brasileiro.

Ambos seriam ganhadores quando o Peru teria acesso a uma fonte de energia sem precedentes em sua história e o Brasil teria a chance de aumentar a oferta de energia elétrica para a sua pujante economia que vem experimentando um grau de crescimento econômico e, consequentemente, de energia elétrica. Devemos lembrar também que as divisas geradas por este tipo de projeto poderiam ser de grande valia para demais investimentos em território peruano, sendo uma fonte de financiamento ao crescimento nacional.

A grande questão neste tipo de projeto seria o fator ambiental. As usinas teriam de ser instaladas em região de florestas, inundando regiões praticamente intocadas. Sabemos que hoje a tecnologia permite que os lagos sejam muito menores do que há 50 anos atrás e o impacto ambiental pode ser muito bem administrado por todos os participantes do processo. Cabe a cada um avaliar se tal projeto de fato vale a pena se considerarmos o custo à natureza, lembrando que ao abrir mão deste tipo de projeto muitas vezes iremos acabar estimulando o uso de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica.

A empresa mais importante neste processo de integração na perspectiva brasileira é a Eletrobras que, por sua vez, planeja investir até 15 bilhões de dólares em projetos de geração no Peru. Estes investimentos respondem pela construção de no mínimo cinco usinas, como Inambari,

Mainique e Paquitzapango. A principal delas, Inambari tem uma potência estimada de 2000 MW, em torno de 300 km distantes da fronteira com o Acre. No entanto, foi acordado que nenhum projeto de exploração seria iniciado enquanto não houvesse acordos com 11 comunidades que habitam essa região.

### **6.3. A Usina de Garabi**

A Usina de Garabi é um projeto entre o Brasil e a Argentina que irá utilizar os recursos hídricos do rio Uruguai. Estima-se que a sua potência instalada será de dois mil MW, equivalente a 6% do parque gerador argentino e capaz de suprir a demanda de metade do estado do Rio Grande do Sul. Estará localizada a 47 km de Aposteles na Argentina e a 100 km de São Borja no Brasil. Do lado brasileiro a responsável pelo projeto é a estatal Eletrobrás e do argentino a EBISA.

Em 1972, foram iniciadas negociações entre Brasil e Argentina, para construção do Complexo de Garabi, uma mega-usina Binacional. Porém, nos anos 90 o projeto foi interrompido, devido aos cálculos que apontavam um custo socioambiental elevado. Para a Argentina, Garabi será um complexo hidrelétrico de grande importância, já que o país sofre com a escassez de energia elétrica.

Hoje as conversações entre ambas as partes já estão em caráter avançado e estima-se que a obra já seja licitada no início de 2011 e espere-se contar com a energia desta usina em 2016. Sabe-se que este cronograma é apertado para uma usina deste porte, principalmente se considerarmos os exigentes estudos ambientais que são exigidos por este tipo de projeto, mas com a demanda crescente para ambos os lados tornam-se necessários tais esforços.

A idéia inicial é de que a energia seja igualmente dividida entre as partes, e que esta seja conectada diretamente ao sistema de transmissão de cada país, sem a necessidade de se transmitir a energia através da central conversora de Garabi.

A obra terá um custo aproximado de dois bilhões de dólares, podendo gerar até 10 mil empregos temporários e 300 permanentes. O grande problema para a execução da obra é a grande área que o lago terá de ocupar, já que aquela se trata de uma região de planície, desalojando para periferias de outras cidades milhares de famílias.

Outro problema é a provável inundação de uma área do Parque Estadual do Turvo. Primeiro parque criado no estado do Rio Grande do Sul em 1947 tem em seu território o Salto do Yucumã, maior queda d'água longitudinal do mundo.

### **6.4. O Gasoduto do Sul**

O Gasoduto do Sul é um projeto de governos sul-americanos para a construção de uma rede de tubulações com até 10 mil km de extensão, atravessando boa parte do continente sul-americano. Se executada, com certeza figurará entre as maiores obras do século e levaria mais de 10 anos para ser concluída e criaria mais de um milhão de empregos. Seu custo estimado gira em torno de 20 bilhões de dólares, sendo esperado investimentos de todos os governos participantes e também da iniciativa privada.

A obra é vista por alguns como uma locomotiva de integração, com objetivo de trazer riqueza e desenvolvimento para derrotar a pobreza e a exclusão tão presentes no continente. A princípio iria conectar Brasil, Argentina e Venezuela, sendo a última a grande exportadora de gás natural.

O gasoduto entre Venezuela, Brasil e Argentina poderia ser conectado com o que já existe atualmente entre a Bolívia e o Brasil e com o Transgaujiró, que a Venezuela começará a construir em breve com a Colômbia. Os sistemas também poderiam se estender também ao Equador e ao Peru. O gasoduto é a melhor ferramenta da América do Sul para enfrentar uma crise energética mundial que se aproxima em larga escala.

Cabe ressaltar as dificuldades de ordem política e econômica que este tipo de projeto pode ter. O projeto depende de muitos países e qualquer desentendimento em relação à custos, tarifas ou prazos para citar alguns exemplos seriam cabais para sua implementação. Organismos internacionais de cooperação teriam uma importância enorme sobre o sucesso desta idéia.

## **6.5. O Projeto Hidrelétrico Corpus Christi**

Corpus Christi é um projeto binacional entre Argentina e Paraguai para a construção de uma usina hidrelétrica sobre o curso superior do rio Paraná, próximo à província de Misiones na Argentina e Puerto Bella Vista no Paraguai, mais uma vez utilizando o rico potencial energético deste rio tão importante para a geração de eletricidade. Por este motivo, se exige que a usina funcione em coordenação com os aproveitamentos já existentes de Yacyretá e Itaipú.

Em junho de 1971, Paraguai e Argentina assinaram um acordo no qual se criou a comissão mista argentino-paraguaia do rio Paraná. A principal finalidade desta era de "estudar e avaliar as possibilidades técnicas e econômicas do aproveitamento dos recursos do rio Paraná na região fronteiriça dos dois países, desde a sua confluência com o rio Paraguai com a sua desembocadura com o rio Iguaçu". Desde então o projeto de Corpus Christi tem sido objeto de uma série de estudos de viabilidade e execução.

No ano de 1995 os governos de ambos os países assinaram um acordo reafirmando a intenção da construção da usina, porém, em 1996 através de um plebiscito, a população da província de Misiones decidiu por 87% dos votos que não queria a construção da usina. Porém nos últimos tempos, por conta da demanda argentina e a possibilidade de exportação ao Brasil vem trazendo a tona novamente este projeto.

Segundo estudos prévios, o aproveitamento seria dividido em três usinas. Itacuá com potência instalada de 4600 MW com produção média anual de 20100 GWh, Itacurubí com 2880 MW e geração anual de 20600 GWh e Pindo-I com 2880 MW e geração média anual de 20175 GWh.

Como em todo projeto hidrelétrico de grande porte, a área inundada para a geração é bastante grande, além do problema relativo às pessoas residentes na região e a flora/fauna nativas.

Se os pontos de discussão forem devidamente acertados entre as partes, incluindo os aspectos ambientais. Temos que essa pode ser, como Yacyretá e Itaipú, mais uma aliança de grande valia para a geração e venda de energia elétrica entre os países do bloco, sendo essa energia exportada até para o Brasil através de outras interligações.

## 7. Considerações Finais

Através do estudo das interconexões existentes atualmente entre os países, podemos verificar os enormes benefícios que estas podem causar a cada um deles e ao sistema sul-americano como um todo.

O fato de o continente sul-americano ser altamente carente de recursos e ter um IDH relativamente baixo fazem com que se comece a se pensar em maneiras de trazer desenvolvimento sustentável a todas essas nações.

Como demonstrado anteriormente, existe uma grande correlação entre desenvolvimento humano e demanda de energia. Para criar um ambiente propício para este tão esperado desenvolvimento econômico e social, pesados investimentos em infra-estrutura são exigidos.

Um dos principais investimentos a serem feitos se concentram no setor energético, especialmente na geração de energia elétrica que ainda é bastante incipiente em alguns países que sofrem de crises energéticas constantes, como a que aconteceu no começo do século XXI no Brasil ou a atual carência de geração do Uruguai, que pode ser facilmente contornada através da importação de países vizinhos.

Na medida em que grandes desafios serão encarados pelos países nos próximos tempos, cada um deve ter certeza de que possui uma base sólida para construir uma sociedade mais desenvolvida e competitiva no cenário mundial.

Foi demonstrada a importância de ligações em regiões isoladas, como da cidade de Boa Vista em Roraima que não mais carece da necessidade de grupos geradores a diesel, altamente poluentes e caros. Podemos também citar o exemplo chileno que hoje pode ter grande parcela de sua demanda alimentada pela Argentina, prevenindo pesados investimentos e eventuais problemas no curto prazo.

Além da geração de divisas pelos países que têm capacidade de geração consideravelmente maior que a sua demanda, como é o caso do Paraguai, e potenciais projetos de utilização de recursos naturais por países vizinhos em usinas hidrelétricas, como no caso do Brasil e do Peru que com tecnologia e financiamento brasileiro poderia gerar mais uma fonte de riqueza para a sua população.

É justo também frisar que a integração apresenta inúmeras dificuldades como o comprometimento de ambos os lados de manterem uma relação razoável, aspectos técnicos como a diferença de frequência e dificuldades de sincronização, dificuldades na tarifação e etc. Mas mesmo levando em conta todos estes fatores está provado que este tipo de projeto é benéfico na grande maioria dos casos e que pode ser a solução de problemas graves de abastecimento energético, como apagões por conta de baixos níveis de reservatórios e problemas técnicos, queima de combustíveis não renováveis poluentes, alto custo de geração entre outros.

Hoje em dia a maioria dos líderes do bloco tem uma visão favorável a este tipo de projeto e, apesar de pequeno frente ao que pode ser desenvolvido, verificamos grandes avanços tanto

nos setores de conexões diretamente elétricas quanto de gasodutos com gás proveniente dos países andinos que podem ser utilizados em termelétricas. Na medida em que novos projetos forem sendo executados, veremos um crescimento cada vez maior, pois a prática se tornará comum e o modelo poderá simplesmente copiado pelos outros países.

Outro aspecto importante é o crescimento de organismos e grupos internacionais de estudo como o CIER e a OLADE, responsáveis pelo estudo e incentivo de mais projetos deste tipo. Quanto mais pesquisa houver neste tema, é certo que as interligações se tornarão cada vez mais eficazes em seu propósito mais fáceis de serem instaladas. Sem tais ambientes de diálogo e fontes de informação, o processo se tornaria muito mais oneroso e de difícil execução.

O bloco hoje possui relevância no mundo, possui grandes reservas de petróleo, gás natural e outros recursos importantíssimos. Uma maior interação entre os doze países, se feita de maneira adequada, só fará com que cada um possa se desenvolver cada vez mais, apoiado em bases muito mais sólidas das que haviam em ciclos anteriores de desenvolvimento.

## 8. Referências

1. "Energia para El desarrollo de América Del Sur" – Ericson de Paula (organizador)
2. "Cooperação Energética nas Américas" – Sidney Weintraub (organizador)
3. "Um Modelo de Integração Energética para a América Latina" – Ericson de Paula
4. "A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio" – Mauricio Tiommo Tolmasquim
5. "Atlas de Energia Elétrica do Brasil" – ANEEL
6. "Dos Modelos de Integración Energética" – Rósio Vargas e José Luis Valdés Ugalde
7. "Mercado de Energia Elétrica 2006-2015" – EPE
8. [www.olade.org.ec](http://www.olade.org.ec) – Organización Latinoamericana de Energía
9. [WWW.mme.gov.br](http://WWW.mme.gov.br) – Ministério de Minas e Energia
10. "A Interconexão Elétrica dos Sistemas Isolados da Amazônia ao Sistema Interligado Nacional" – Paulo César Magalhães Domingues
11. "Energia e Integração na América do Sul" – Ministério das Relações Exteriores
12. "Regional Energy Integration in Latin America and the Caribbean" – World Energy Counsel
13. "Estudio de Transacciones de electricidad entre las regiones Andina, América Central y Mercosur" – Mercado Energéticos Consultores
14. Relatório de Intercâmbio Internacional – ONS
15. "Síntesis Informativa Energética de los Países de la CIER 2009" – CIER
16. "Interconexiones Transfronterizas" – Aneel
17. "El Proyecto Corpus Christi" - Raúl Suárez Montórfano