



PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE  
LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA,  
EN RELACIÓN CON LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD Y  
EL CAMBIO CLIMÁTICO

PROGRAMA MARCO PARA GESTÃO SUSTENTAVEL DOS  
RECURSOS HIDRÍCOS DA BACIA DO PRATA,  
CONSIDERANDO OS EFEITOS DECORRENTES DA  
VARIABILIDADE E MUDANÇAS DO CLIMA



## RECURSOS HÍDRICOS

## HIDROELÉTRICAS

Eng. Marcelo Giulian Marques

### Relatório Final

09 de Janeiro de 2015



CIC



GEF / FMAM



UNEP / PNUMA



OAS / OEA



## Índice

<b><u>RESUMO</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>INTRODUÇÃO</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>ASPECTOS TRANSFRONTEIRIÇOS (DIAGNÓSTICO)</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS HIDRELÉTRICAS</u></b>	<b><u>13</u></b>
<b><u>PROPOSTAS PARA O PLANO DE AÇÃO ESTRATÉGICA (PAE)</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b><u>GLOSARIO</u></b>	<b><u>18</u></b>
<b><u>ANEXOS</u></b>	<b><u>19</u></b>



## RESUMO

O potencial hidrelétrico da bacia do rio da Prata é superior a 90.000 MW. O Brasil é o país que tem maior porcentual deste potencial, aproximadamente 74.000 MW (80% do potencial da bacia), e já tem em operação cerca de 50.000 MW (67% do potencial no Brasil).

As estruturas institucionais já existentes, tais como Mercosur, Unasur, CIER, OLADE, entre outras, podem facilitar as ações de integração entre os países no aspecto de exploração do potencial hídrico da bacia para a geração hidrelétrica e fortalecer as ações transfronteiriças. Apesar da disponibilidade de energia, alguns países passam por uma crise energética, e esse fato pode fomentar novas integrações na bacia. Mesmo aproveitamentos hidrelétricos que não compartilhem fronteiras exercem influência em aspectos transfronteiriços, tanto a jusante como a montante, pois o rio da Prata é um rio internacional. Os aspectos transfronteiriços ligados ao uso do potencial hídrico da bacia devem buscar uma uniformização da legislação dos recursos hídricos para toda a bacia do Prata visando, além da exploração do potencial hidrelétrico, a melhoria da qualidade da água dos rios, o uso consultivo nos rios da bacia, o controle e a definição de planos emergenciais para eventos extremos de encheres e secas.

Uma importante possibilidade a ser explorada é a diversificação e integração da matriz energética dos países, associadas a planos de ação emergencial para períodos de reduzida oferta de energia. Estas ações permitem reduzir o risco de racionamento, possibilitando a criação de empreendimentos economicamente viáveis que atendam à demanda de energia elétrica dos países envolvidos. Desta forma, eventuais disparidades e insuficiências hidrológicas podem ser compensadas com a energia excedente de outros países, alcançando uma maior confiabilidade nos sistemas, capaz de enfrentar diversidades climáticas, problemas técnicos, crescimento da demanda e dos picos de consumo em função do crescimento natural da população e do PIB.

Para explorar o potencial de complementaridade entre os países da América do Sul, tanto em relação à oferta e à demanda de recursos como em relação à presença de bacias hidrológicas que podem atuar de maneira complementar, permitindo uma troca sazonal, são necessários investimentos em sistemas de transmissão. A experiência de alguns países que já realizam importações e exportações de energia (exemplo de Brasil e Paraguai com Itaipu Binacional) pode facilitar uma integração elétrica mais abrangente.

A integração elétrica da América do Sul, se implantada de maneira *conveniente e justa* para todas as partes, gerará benefícios que poderão colocar os sistemas energéticos dos países envolvidos numa trajetória de custos decrescentes.

Um aspecto promissor em curto prazo é a influência da variabilidade climática. Apesar de não se ter ainda uma visão clara sobre os impactos na distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos na bacia do Prata, os estudos têm demonstrado uma aumento na vazão média da bacia da ordem de 30 %, fato que tende a aumentar a garantia da energia gerada para os aproveitamentos nela situados.

O Plano de Ações Estratégicas (PAE) para a geração de energia hidrelétrica na bacia deve incluir ações estruturais e não estruturais, considerando as condições de todos os tipos de reservatórios existentes (hidrelétricas, de abastecimento de água e de irrigação). As usinas, principalmente as da cascata, devem estar bem informadas em relação às condições de montante e jusante e ter conhecimento das restrições operativas em função dos usos consultivos e não consultivos, operando de maneira harmônica e integrada.

As incertezas quanto à distribuição temporal e espacial das vazões em função das alterações climáticas sugerem uma redução da energia das hidrelétricas independente do aumento do volume das águas. O gerenciamento adequado dos recursos hídricos face às mudanças climáticas irá depender do conhecimento de sua disponibilidade e de como será afetada por



diferentes cenários. Sendo assim, é necessário aprimorar estudos já existentes e desenvolver novos estudos, reduzindo as incertezas e aumentando o detalhamento da informação.





## INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é apresentar o potencial hidrelétrico da bacia do rio da Prata e os aspectos transfronteiriços que devem ser considerados no plano de ações estratégicas (PAE) para os cinco países envolvidos, de maneira a garantir uma utilização sustentável de todas as fontes de energia renováveis.





## CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA

A Bacia do Rio da Prata é a segunda maior bacia hidrográfica da América do Sul, e a quinta maior bacia do mundo, com aproximadamente 3,1 milhões km<sup>2</sup>. Ocupa aproximadamente 17 % da área da América do Sul e é compartilhada por cinco países: Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai (Figura 1). Estima-se que cerca de 50 % da população desses cinco países se concentre na área da bacia. Para 2025, supõe-se uma população na área da bacia de cerca 149 milhões de habitantes (Tabela 1). O Produto Interno Bruto (PIB) de cada país, em 2013, está apresentado na Tabela 1, e estima-se que cerca de 60 a 70% do PIB dos cinco países é gerado no interior da bacia. A área da bacia do rio da Prata é responsável pela produção de 90% dos grãos e oleaginosas e 70 % do rebanho do gado da Argentina, 80% do rebanho do gado da Bolívia, de 10 a 30% da produção de grãos do Brasil, 100% da produção de grãos do Paraguai e 100% dos cereais e do óleo vegetal produzido no Uruguai. Os países da bacia têm um bom potencial de fontes de energia renováveis, em especial energia hidrelétrica, com cerca de 93.000 MW, dos quais 66% do potencial já estão explorados. Esse potencial é desigualmente distribuído entre eles (Tabela 4), permitindo a implantação de mais de 150 usinas hidrelétricas, das quais 72 são maiores de 10 MW. Suas principais usinas estão apresentadas na Tabela 5.



Figura 1 – Divisão da Bacia do Rio da Prata por país. (fonte:<http://www.cicplata.org/?id=lcinfo>)

Tabela 1. População total dos países da bacia do rio da Prata  
Adaptado de <http://populationpyramid.net/pt/>

País	População total (milhões Habitantes)				PIB em 2013 (USD)	
	2010	2013	2025	2050	(bilhões)	Per capita
Argentina	40,4	41,45	45,4	51	611,8	14.760,20
Bolívia	10,1	10,67	12,8	16,6	30,6	2.867,64



País	População total (milhões Habitantes)				PIB em 2013 (USD)	
	2010	2013	2025	2050	(bilhões)	Per capita
Brasil	190,7	200,4	228	233	2.246	11.208,08
Paraguai	6,5	6,8	8,1	10,4	29,95	4.402,76
Uruguai	3,4	3,407	3,5	3,6	55,71	16.350,73
Total	251,1	262,727	297,8	314,6	2.974,06	11.319,96

Tabela 3. Evolução da potência instalada e da energia gerada nos países componentes da bacia do Prata (fonte: CIER 2010)

País		1990	1995	2000	2005	2010
Argentina	MW	14.966	18.551	26.357	28.292	32.847
	GWh	47.074	62.809	81.601	97.473	127.263
	kWh/hab	1.459	1.882	2.438	2.871	3.367
Bolívia	MW	525	709	1.268	1.379	1.645
	GWh	1.901	2.792	3.879	4.896	6.970
	kWh/hab	284	378	468	521	697
Brasil	MW	49.603	55.497	67.713	92.865	112.399
	GWh	211.328	261.060	324.936	405.100	515.799
	kWh/hab	1.564	1.886	2.142	2.402	2.871
Paraguai	MW	6.178	6.933	8.166	8.116	8.818
	GWh	27.158	41.607	53.210	51.047	53.956
	kWh/hab	641	890	1044	1.217	1.627
Uruguai	MW	1.909	2.108	2.115	2.030	2.667
	GWh	7.244	6.7252	7.365	7.566	9.887
	kWh/hab	1.521	1.934	2.386	2.2,08	2.838
América do Sul	MW	108.492	123.685	159.221	191.713	227.257
	GWh	419.095	536.923	674.578	818.279	1.004.541
	kWh/hab	1.422	1.674	1.946	2.208	2.564

Os países da bacia têm um bom potencial de fontes de energia renováveis, em especial energia hidrelétrica, com cerca de 93.000 MW, dos quais 66% do potencial já estão explorados. Esse potencial é desigualmente distribuído entre eles (Tabela 4), permitindo a implantação de mais de 150 usinas hidrelétricas, das quais 72 são maiores de 10 MW. Suas principais usinas estão apresentadas na Tabela 5.

Dos cinco países mencionados,

- A Argentina é o país com maior potencial inexplorado na bacia do Prata, cerca de 66% do seu potencial (2650 MW);
- A Bolívia tem usinas hidrelétricas construídas e em construção, mas em outras bacias. Com a Argentina tem planejado trabalhos na bacia do Bermejo, enquanto com Brasil, o planejamento e execução são na bacia Amazônica;





- O Brasil é o que apresenta o maior potencial, cerca de 74.000 MW (80% do potencial da bacia), e já tem em operação cerca de 67% do potencial (cerca de 50.000 MW);
- O Paraguai tem cerca de 14% do potencial da bacia e já explora em torno de 67% (cerca de 9.000 MW), exportando grande parte da energia para a Argentina e Brasil.
- O Uruguai praticamente já explorou todo o seu potencial, cerca de 1,5% do potencial da bacia (1.515 MW).

Tabela 4 – Características do potencial hidrelétrico (MW) na bacia do rio da Prata por país

País	Potencial elétrico			Potência instalada		
	País*	Bacia do Prata		País**	Bacia do Prata	
		MW	MW		MW	%
Argentina	44.500	4.000	9	10.044	1.350	13
Bolívia	1.379	-	-	488	-	-
Brasil	260.000	74.229***	29	91.456	49.636	54
Paraguai	12.516	12.516	100	8.810	8.863	101
Uruguai	1.815	1.515	83	1.538	1.515	99
Total	320.210	92.807	29	112.336	61.364	55

\* OLADE 2006

\*\* CIER 2010

\*\*\* Eletrobrás 2014

Tabela 5 – Principais hidrelétricas da bacia do Rio da Prata.

Países	Número de hidrelétricas	Principais hidrelétricas
Argentina	6	Cabra Corral (Rio Pasaje) - 102 MW, Yacyretá (rio Paraná) - 3.100 MW, Salto Grande (Río Uruguay) 1.890MW, Corpus Christi (Rio Paraná) - 8400 MW, Garabi (rio Uruguai) - 1.152 MW; Panambi (rio Uruguai) - 1.048 MW.
Bolívia	-	-
Brasil	> 84	Itaipu (Rio Paraná) - 14.000 MW; Ilha Solteira (Rio Paraná) 3.444 MW; Foz do Areia (Rio Iguaçu) - 1.676 MW; Jupiá (Rio Paraná) - 1.551 MW; Itá (Rio Uruguai) - 1.450 MW; Marimbondo (Rio Grande) - 1.440 MW; Porto Primavera (Rio Paraná) - 1.430 MW; Salto Santiago (Rio Iguaçu) - 1.420 MW; Água Vermelha (Rio Grande) - 1.396 MW; Segredo (Rio Iguaçu) - 1.260 MW; Salto Caxias (Rio Iguaçu) - 1.240 MW; Furnas (Rio Grande) - 1.216 MW; Emborcação (Rio Paranaíba) - 1.192 MW; Salto Osório (Rio Iguaçu) - 1.078 MW; Estreito (Rio Grande) - 1.050 MW, Garabi* (rio Uruguai) - 1.152 MW; Panambi* (rio Uruguay) – 1.048 MW.
Paraguai	5	Yguazú (Rio Yguasu) - 103 MW; Acaray (Rio Acaray) - 210 MW; Corpus Christi* (Rio Paraná) - 8400 MW, Yacyretá (rio Paraná) 3.100 MW, Itaipu (Rio Paraná) -14.000





Países	Número de hidrelétricas	Principais hidrelétricas
		MW
Uruguai	4	Salto Grande (Río Uruguay) 1.890MW, G.Terra (Rio Negro) 140 MW; Palmar (Río Negro) - 330MW; BAYGORRIA (Río Negro) 100 MW

\* em estudo

Fonte: OLADE (2009). <http://egresadoselectronicaunc.blogspot.com.br/2013/02/centrales-hidroelectricas-de-argentina.html>

A integração do setor hidrelétrico, atualmente, se dá através de usinas geradoras binacionais, onde Itaipu é o principal exemplo e um caso de sucesso. As interligações elétricas e das usinas compartilhadas (binacionais) que compõem o quadro atual da bacia do Prata estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Interconexões existentes na Bacia do Prata em 2003

Países		Hidrelétrica	Rio	Potência (MW)
Argentina	Brasil	Garabi *	Uruguai	1.152
	Brasil	Panambi *	Uruguai	1.048
	Paraguai	Yacyretá	Paraná	3.100
		Corpus Christi *	Paraná	8.400
	Uruguai	Salto Grande	Uruguai	1.890
Brasil	Paraguai	Itaipu	Paraná	14.000

\* não implantadas até 2014

Entretanto, o processo de integração do setor hidrelétrico da bacia do Prata está inserido num contexto bastante complexo, tendo em vista as diversas variáveis que o permeiam, como a diversidade política institucional dos diversos países, a assimetria de interesse, a segurança jurídica, o sistema regulatório, o sistema de comercialização de energia e a operação integrada dos sistemas elétricos. A interação por meio de interconexões elétricas está associada a utilização de linhas de transmissão ligando os sistemas elétricos de dois ou mais países. A grande vantagem da interconexão elétrica é a possibilidade de se transmitir energia elétrica de um país para outro aproveitando diferenças e complementaridades dos sistemas elétricos, hábitos de consumo, sazonalidade e temperaturas. Além disto, há a possibilidade de suprir problemas mais estruturais de um determinado país.

A Bacia do Prata apresenta um grande potencial hidrelétrico ainda inexplorado, cerca de 30000 MW (Tabela 4). Em função da distância aos centros de carga e do tamanho do potencial inventariado, a construção de novas hidrelétricas pode não se mostrar viável economicamente em razão de o mercado ser muito inferior à potência da usina. Entretanto, a integração elétrica permite que empreendimentos de maior porte em países com mercados internos menores possam se tornar factíveis economicamente ao atenderem a demanda de energia elétrica integrada de mais países de modo muito mais confiável, pois permitirá compensar eventuais disparidades e insuficiências hidrológicas com a energia excedente de outros países.

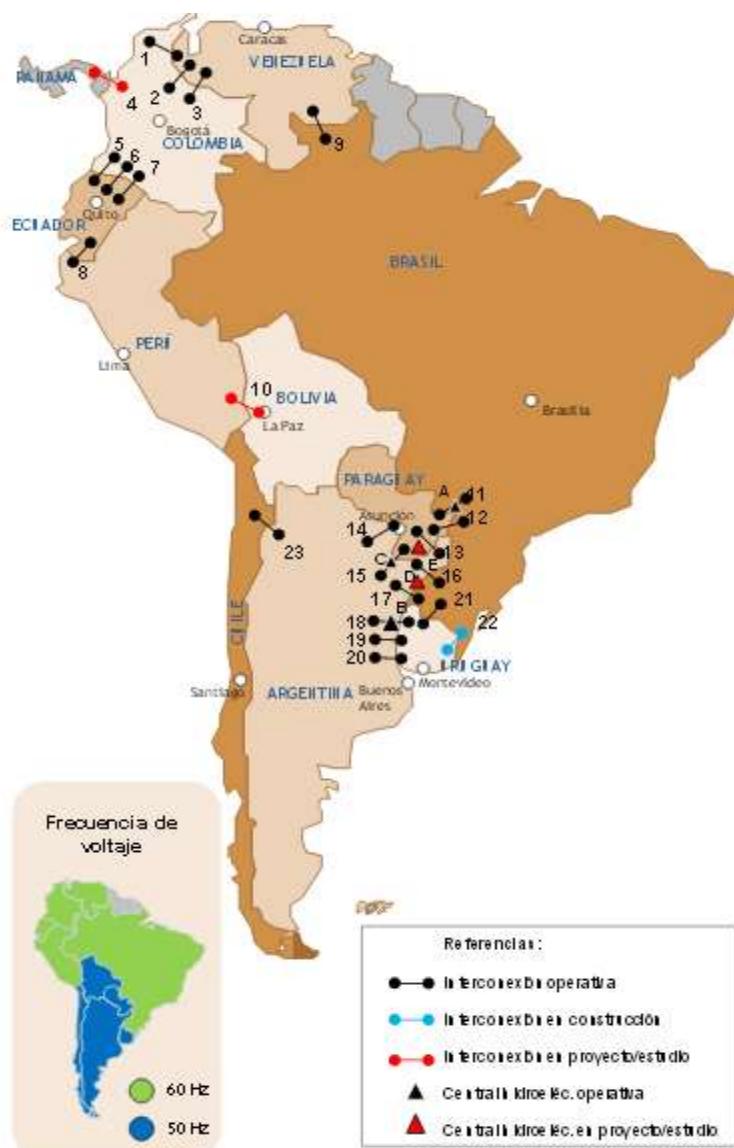
Neste sentido, a integração elétrica entre países permite alcançar uma maior confiabilidade dos sistemas para enfrentar adversidades climáticas, problemas técnicos e picos de consumo. Além disso, como os sistemas elétricos devem ser dimensionados não só para atender a demanda média, mas, sobretudo os momentos de pico de consumo, a possibilidade de



compensar e de complementar as instalações de várias regiões permite aproveitar melhor os investimentos realizados.

Atualmente, a questão ambiental está presente em todos os empreendimentos do setor elétrico, impondo, na maioria das vezes, grandes entraves ou obstáculos a serem vencidos para que sejam construídos. Com os ganhos sinérgicos e a postergação de novas usinas geradoras, a integração tem um impacto positivo em relação ao meio ambiente, evitando que novas plantas sejam instaladas de forma desnecessária e contribuindo para a diminuição das emissões de gás carbônico, seja por áreas alagadas de um reservatório ou por queima de combustíveis fósseis.

A Tabela 7 e a Figura 2 apresentam as interligações elétricas dos sistemas de transmissão existentes entre os países da América Latina. Pode-se observar cerca de 20 interligações acima de 115 kV de tensão, sendo cinco em ultra-alta tensão (acima de 500 kV), entre a Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai.



(A) UHE Itaipu, (B) UHE Salto Grande, (C) Yacyretá, (D) Garabí, (E) Corpus  
Figura 2 – Centrais elétricas e interligações elétricas dos sistemas de transmissão existentes entre os países da América Latina



A dinâmica da integração elétrica na Bacia do Prata entre os países que a compõem fica facilitada pela existência das 3 centrais hidrelétricas e pelas interconexões já implantadas (Figura 2), aproveitando-se as experiências já adquiridas. Entretanto, outras possibilidades de integração poderiam ser:

- A comercialização de excedentes de energia de um país por meio de contratos de curta duração, que possam ser firmados sem uma harmonização regulatória profunda entre os modelos comerciais dos países envolvidos (exemplo: comércio Brasil Argentina e Uruguai). Cada país buscaria garantir a segurança do abastecimento de seu próprio mercado, podendo contar com excedentes dos países vizinhos para garantir suprimento, mesmo que a custos operacionais mais elevados. E, alternativamente, vender excedentes de energia.
- A construção de centrais hidroelétricas (e respectivos segmentos de linhas de transmissão) em países vizinhos, visando a exportação de parcela da produção de energia que não fosse consumida pelo país de origem para outro país. Neste caso seria necessário o país da unidade geradora submeter-se às regras comerciais e aos critérios de despacho de carga do país importador de energia.

Tabela 7 – Interconexões existentes na América do Sul - CIER (2010)

Ref.	Paises	Ubicación	Tensiones	Potencia	Observaciones
1	Co-Ve	Cuestecita (Co) – (Ve)	230 kV	150 MW	Operativa (60 Hz)
2	Co-Ve	Tibú (Co) – La Fría (Ve)	115 kV	36 / 80 MW	Operativa (60 Hz)
3	Co-Ve	San Mateo (Co) – El Correco (Ve)	230 kV	150 MW	Operativa (60 Hz)
4	Co-Pa	Oncorimatozo (Co) – Panamá (Pa)	-	300 MW	En estudio
5	Co-Ec	Pasto (Co) – Quito (Ec)	230 kV 200/ 250 MW	Operativa (60 Hz)	
6	Co-Ec	Jarandino (Co) - Pomasqui (Ec)	230 kV	250 MW	Operativa (60 Hz)
7	Co-Ec	Ipiáles (Co) – Tukán (Ec)	138 kV	35 MW	Operativa (60 Hz)
8	Ec-Pe	Machala (Ec) – Zarritos (Pe)	230 kV	110 MW	Operativa (60 Hz)
9	Br-Ve	Boa Vista (Br) – El Guri (Ve)	230/400 kV	200 MW	Operativa (60 Hz)
10	Bo-Pe	La Paz (Bo) – Puno (Pe)	230/220 kV	150 MW	En proyecto (50/60 Hz)
11	Br-Py	Salidas de Central Itaipú	500/220 kV	14.000 MW	Operativa (60/50 Hz)
12	Br-Py	Fce de Iguazú (Br) – Acaray (Py)	220/138 kV	50 MW	Operativa (60/50 Hz)
13	Ar-Py	El Dorado (Ar) – Mcal. A. López (Py)	220/132 kV	30 MW	Operativa (50 Hz)
14	Ar-Py	Clorinda (Ar) – Guarambaré (Py)	132/220 kV	150 MW	Operativa (50 Hz)
15	Ar-Py	Salidas de Central Yacyretá	500 kV	3.200 MW	Operativa (50 Hz)
16	Ar-Br	Rincón S.M. (Ar) – Garabí (Br)	500 kV 2.000/ 2.200 MW	Operativa (50/60 Hz)	
17	Ar-Br	P. de los Libres (Ar) – Uruguayana (Br)	132/230 kV	50 MW	Operativa (50/60 Hz)
18	Ar-Uy	Salto Gde. (Ar) – Salto Gde. (Uy)	500 kV	1.890 MW	Operativa (50 Hz)
19	Ar-Uy	Concepción (Ar) – Paysandú (Uy)	132/150 kV	100 MW	Op. en emerg. (50 Hz)
20	Ar-Uy	Colonia Elia (Ar) – San Javier (Uy)	500 kV	1.386 MW	Operativa (50 Hz)
21	Br-Uy	Livramento (Br) - Rivera (Uy)	230/150 kV	70 MW	Operativa (60/50 Hz)
22	Br-Uy	Pte. Médici (Br) - San Carlos (Uy)	500 kV	500 MW	En construc. (60/50 Hz)
23	Ar-Cl	CT TerraAndes (Ar) – Sub.Andes (Cl)	345 kV	633 MW	Operativa (50 Hz)



## ASPECTOS TRANSFRONTEIRIÇOS (DIAGNÓSTICO)

A Bacia do Rio da Prata é considerada uma das maiores bacias hidrográficas transfronteiriças do mundo, mas sua importância advém não só de sua extensão geográfica, mas principalmente de sua localização no centro político-econômico da região e da diversidade de ecossistemas nela presentes. Nela existe um grande potencial de integração energética que oferece importantes oportunidades de negócio, uma vez que a energia hidrelétrica é mais barata, renovável e sustentável, podendo vir a resolver os problemas de demanda a médio e longo prazo. A geração de energia hidrelétrica é mais aderente às características econômicas da bacia do Prata, apresentando uma geração de mais empregos, sendo mais conhecida(tecologia madura) e mais econômica, uma vez que pode aproveitar experiência acumulada com UHEs já implantadas, além de já existir uma estrutura institucional (Mercosul, Unasul, CIER, OLADE, etc.) que pode vir a reforçar as ações de integração entre os países. Entretanto, não podemos esquecer o gás natural, que também é um dos vetores de expansão da capacidade de geração de energia elétrica na região. Contudo:

- As fontes de energia eólica e de biomassa deverão ter uma importância crescente;
- Não se pode esquecer que existem reservas abundantes de carvão de alta qualidade em alguns países da região;
- As plantas nucleares podem vir a ter um papel importante no futuro, em especial com as novas gerações de reatores.

Na medida em que as economias dos estados ribeirinhos se desenvolveram em torno da Bacia, a alocação do uso de suas águas gerou, por um lado, conflitos, por outro, cooperação regional. As condições políticas, jurídicas e econômicas são determinantes para o desenvolvimento e consolidação dos processos de integração da bacia. Assim, a harmonização dos marcos regulatórios faz-se obrigatória para permitir a eficiência e a efetividade dos investimentos em infraestrutura e na prestação dos serviços públicos. A experiência acumulada com as interligações bilaterais entre países permitiu aos órgãos de operação do sistema elétrico se capacitar, não representando um entrave rumo à integração.

No âmbito do setor elétrico, existem algumas alternativas de fontes renováveis de energia (hidroeletricidade, bioeletricidade, energia eólica e solar) a serem utilizadas na expansão da matriz elétrica. O grande obstáculo à maioria destas fontes é ainda seu maior custo em relação às fontes convencionais. Desta forma se fazem necessárias políticas de fomento a estas fontes a fim de reduzirem seus custos, por exemplo, pelos ganhos de escala. Entretanto, dentre as fontes renováveis de geração de energia elétrica, a hidroeletricidade é aquela que é madura tecnologicamente e competitiva em termos de custos. Além disso, existe um enorme potencial hidroelétrico a ser desenvolvido, sobretudo em países em vias de desenvolvimento. A Tabela 2 apresenta dados sobre o potencial hidroelétrico de países da América do Sul.

Do ponto de vista sistêmico, qualquer alteração de forma ou de processo em uma bacia hidrográfica produz uma resposta que atinge as formas e processos dependentes das variáveis afetadas, com intensidade proporcional à da modificação. Tendo isso em conta, é evidente que os empreendimentos hidrelétricos em operação produzem modificações no sistema fluvial e é óbvio que a construção de mais barragens aumentará ainda mais as alterações.

A crise energética por que passam alguns países da região pode se converter em uma oportunidade para fortalecer a integração. Uma estratégia de busca do bilateralismo pode ser a chave para uma maior integração energética na região. A construção do futuro integrado passa por uma visão geopolítica dos dirigentes destes países, superando as dificuldades conjunturais e apostando no consenso em torno da ideia que a questão energética pode ser a alavanca do desenvolvimento mais justo para os povos da região.

Portanto, os processos de transfronteirização que vêm ocorrendo na Bacia do Prata, em áreas como a Tríplice Fronteira Brasil-Argentina-Paraguai, estão inseridos no contexto mundial de regionalização, em que grupos de estados vizinhos formam blocos de comércio e, assim, acabam por alterar a função e a dinâmica de regiões determinadas, tais como as faixas de





fronteira dos países associados. Os aproveitamentos hidrelétricos, mesmo os que não são compartilhados nas fronteiras, apresentam aspectos transfronteiriços e de alguma forma possuem interfaces a montante e a jusante do mesmo. O caso de Itaipu Binacional, aproveitamento hidrelétrico brasileiro-paraguaio, prevê restrições de variação máxima de níveis, de velocidade e de níveis a jusante em função de acordo Tripartite e por restrições da usina Acaray, do lado paraguaio, e Yacyretá, pelo lado argentino/paraguaio. Ou no caso de Salto Caxias, que prevê a restrição de vazão mínima a jusante em função da existência do Parque Binacional do Iguaçu (Brasil/ Argentina). Portanto, os aspectos transfronteiriços ligados a hidrelétricas devem considerar:

- As particularidades institucionais devidas à regularização e uniformização de legislação e à criação de comitês de bacias hidrográficas;
- O desenvolvimento da região em função do aumento da população, da necessidade de maiores quantidades de recursos naturais, da necessidade de melhoria da qualidade de água dos rios;
- A disponibilidade de energia associada a diversificação da matriz energética de cada país, associado a planos de ação emergencial para períodos de reduzida oferta de energia, permitindo reduzir o risco de racionamento ao se diversificar a matriz energética;
- A ocorrência de eventos extremos que podem originar perdas econômicas nas enchentes ou secas;
- A integração energética permite que empreendimentos se tornem factíveis economicamente ao atenderem a demanda de energia elétrica integrada de mais países – compensa eventuais disparidades e insuficiências hidrológicas com a energia excedente de outros países;
- A integração energética permite alcançar uma maior confiabilidade nos sistemas para enfrentar diversidades climáticas, problemas técnicos e picos de consumo;
- Que o crescimento da demanda de energia elétrica se dará a taxas elevadas em função da determinação dos países de quererem aumentar o seu PIB e desenvolver políticas sociais mais inclusivas e abrangentes com base no objetivo genérico de crescimento econômico e de bem estar com distribuição de renda;
- A existência de um forte potencial de complementaridade entre os países da região, tanto pelo lado da oferta de recursos como pela demanda.
- Que a América do Sul apresenta características sinérgicas, tais como, as bacias hidrológicas complementares, que possibilitaria a troca sazonal, desde que fossem realizados investimentos adequados em sistemas de transmissão. Alguns países já realizam importações e exportações acumulando assim experiências de negociação e operação conjunta, importantes para a futura implementação de uma integração elétrica mais abrangente. O empreendimento binacional de Itaipu é um exemplo concreto de parceria bem sucedida entre dois países. A integração elétrica da América do Sul, de maneira convenientemente implementada, gerará benefícios que poderão colocar os sistemas energéticos nacionais numa trajetória de custos decrescentes. Entretanto, alguns desafios são postos. A assimetria econômica entre os países americanos leva a que os benefícios advindos de uma integração elétrica não se dividem equitativamente nem entre os países e nem entre os agentes nacionais. Assim, a busca por acordos aceitáveis pelos membros regionais se torna um esforço de características técnicas, econômicas e diplomáticas.

Considerando que a base institucional é a condição necessária para o gerenciamento dos recursos hídricos, as prioridades no setor de aproveitamentos hidrelétricos devem incluir:

- Proteção de mananciais e tratamento de esgotos (poluição e contaminação das águas);
- Conflitos de uso da água;
- Preservação e aumento da disponibilidade de água nas áreas críticas;
- Adequado controle das enchentes e secas;
- Erosão, transporte e sedimentação dos corpos de água, degradação das margens e do solo;



- Conservação do solo rural;
- Distúrbios da biodiversidade;
- Modificação dos regimes fluviais e ambientais;
- Conservação do solo rural;
- Segurança das barragens;
- Navegabilidade;
- Aspectos sociais e institucionais;
- Interconexões de gás natural e eletricidade com plantas binacionais;
- Desenvolvimento de políticas ambientais e de uso dos recursos hídricos que ultrapassem as fronteiras dos países;
- Variabilidades dos preços dos recursos energéticos entre os países.

No item 7 Anexo é apresentado as principais usinas elétricas brasileiras com as suas principais características (rio, potência, energia gerada, volume do reservatório, altura da barragem, e as restrições de funcionamento).





## MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS HIDRELÉTRICAS

A América do Sul e principalmente o Brasil têm uma posição privilegiada no mundo em relação à disponibilidade de recursos hídricos, entretanto as mudanças climáticas podem resultar em alterações na economia e na gestão do recurso hídrico, que podem afetar diretamente as hidrelétricas e a garantia da energia gerada.

As hidrelétricas dependem do ciclo anual ou plurianual das chuvas e, consequentemente, das vazões associadas. Os fenômenos "el Niño", "la Niña" e a variabilidade na temperatura da superfície do mar do Atlântico Tropical e Sul podem gerar anomalias climáticas. Nas últimas décadas, tem se verificado na Bacia do Prata um aumento sistemático das chuvas, conforme observado nos registros hidrológicos, que apresentam tendências de aumento do volume de água de até 30% conforme Milly et al (2005). Conforme Meehl et al. (2007) e Trenberth et al. (2007), preveem-se aumentos das vazões médias entre 20% a 30 % respectivamente. As alterações nas vazões podem mudar a frequência das enchentes, que podem produzir danos nos ecossistemas e afetar a produção de alimentos, transportes e geração de energia. Os aumentos nas vazões são consistentes com os aumentos de chuva no futuro. Entretanto, é difícil precisar o quanto desse aumento se deve a um aumento das precipitações ou a alterações no uso da terra nas bacias dos rios Alto Paraná, Paraguai e Uruguai, que podem estar contribuindo para um aumento no fluxo médio do Rio Paraná desde 1970. Ainda não há uma visão clara sobre os impactos da mudança do clima na distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos na bacia do Prata. Esse aumento das vazões irá afetar diretamente as vazões de projeto dos vertedouros das barragens, podendo aumentar o risco de galgamento das barragens em função da redução dos tempos de recorrência das vazões de projeto.

As projeções do ciclo de chuvas para a segunda metade do Século XXI sugerem que o ciclo na bacia do Rio da Prata será similar ao do início do Século XXI, com o máximo de chuvas entre novembro e março apresentando um aumento de cerca de  $1 \text{ mm dia}^{-1}$ . No período invernal (abril a outubro), estima-se uma redução de cerca de  $0,5 \text{ mm dia}^{-1}$ . Entretanto, alguns cenários utilizando outros modelos apresentaram projeções onde a estação seca é mais longa, um adiamento do início da estação chuvosa de até dois meses, havendo uma redução de até  $2 \text{ mm dia}^{-1}$  (Marengo; 2006). As projeções indicam uma variação na temperatura de  $1,2^\circ\text{C}$ ,  $2,2^\circ\text{C}$  e  $3,5^\circ\text{C}$  para 2020, 2050 e 2080 respectivamente. Em relação as anomalias de chuva, os modelos apresentam projeções que variam de  $0,2$  a  $0,3 \text{ mm dia}^{-1}$ . O aumento na temperatura do ar pode aumentar a evaporação e comprometer a disponibilidade de recursos hídricos na geração de energia hidroelétrica. As incertezas quanto a sua distribuição temporal e espacial sugerem uma redução da energia das hidrelétricas independente do aumento do volume das águas.

O gerenciamento adequado dos recursos hídricos face às mudanças climáticas irá depender do conhecimento de sua disponibilidade e de como será afetada por diferentes cenários. Sendo assim, é necessário aprimorar estudos já existentes e desenvolver novos estudos, reduzindo as incertezas e aumentando o detalhamento da informação.



## PROPOSTAS PARA O PLANO DE AÇÃO ESTRATÉGICA (PAE)

A integração energética se constitui em uma estratégia de desenvolvimento econômico da bacia do Prata a partir de cooperação recíproca, através da complementaridade econômica e da economia de escala, permitindo um benefício dos consumidores em termos de preço e qualidade de energia e de vida, assim como pode representar a melhoria da competitividade dos países envolvidos. Portanto, a bacia do Prata é de vital importância para o sistema elétrico dos países que a compõem. Entretanto, existem conflitos na sua utilização, podendo-se citar:

- Setor de navegação - que necessita de um nível mínimo nos rios e prioridade na operação e implantação de eclusas;
- Setor de turismo e lazer – manter o nível médio dos reservatórios;
- Setor de saneamento - alteração na capacidade de geração de energia elétrica devido ao aumento da poluição das águas.

Em relação às mudanças climáticas, a bacia do Prata tem sido caracterizada principalmente pelo risco de enchentes, com maior frequência nos anos de aquecimento anômalos do Oceano Pacífico, ou seja, de ocorrência do fenômeno El Niño. As cascatas de hidrelétricas existentes na bacia, principalmente no território brasileiro, têm sido usadas na regulação da disponibilidade hídrica e na gestão dos eventos extremos de cheia.

A integração transfronteiriça é fundamental para aumentar o êxito desta gestão. Em outras palavras, Brasil, Argentina, Paraguai, Uruguai e Bolívia devem intensificar a integração dos seus sistemas de meteorologia, recursos hídricos e energia hidrelétrica para potencializar os benefícios da variabilidade climática, que tem provocado um aumento significativo da disponibilidade hídrica, porém sem deixar de se considerar a proteção dos usos do solo e da água a jusante das barragens.

Já quanto ao potencial hidráulico, as últimas décadas foram de aumento da vazão média de longo período, o que tem disponibilizado um acréscimo considerável na energia disponível. A estatística das vazões entre 1941-1971 e 1972-2000 apresenta uma variação média de mais 36% no rio Paraná. Sendo assim, a Usina Hidrelétrica de Itaipu, que foi projetada nos anos 70 para ter uma capacidade instalada de 12.600 MW, pode, a partir de 2007, ampliar sua capacidade de geração para 14.000 MW. Entretanto, são previstas medidas de adaptação do sistema hidrelétrico e dos usos da água aos riscos de mudanças climáticas globais, que podem vir a afetar o regime hidrológico da região.

Dada às incertezas dos modelos climatológicos atuais para prever as precipitações futuras nas bacias hidrográficas, as recomendações aqui presentes, são, sobretudo, concentradas na redução da vulnerabilidade já existente para a expansão e manutenção da geração de energia hidráulica na bacia, ou seja, indicamos sugestões de ações estruturais e não estruturais nas bacias hidrográficas e na gestão do potencial hidráulico, principalmente na geração de energia elétrica, logicamente levando em consideração incertezas dos modelos de previsão de vazão e da vulnerabilidade de bacias e da área de energia e, portanto, da matriz energética aos riscos de alteração climática.

Será necessário, o quanto antes, uma revisão dos arranjos de geração hidrelétrica das hidrelétricas existentes, principalmente em relação aos usos múltiplos da água, seja para períodos extremos de seca ou de cheia, seja para garantir uma melhor adaptação às necessidades de crescimento populacional e econômico das bacias hidrográficas. Outro aspecto a ser considerado é a verificação da necessidade de ação de remoção dos sedimentos do fundo dos reservatórios para garantir um maior armazenamento de água e, por conseguinte, manter uma maior capacidade de geração de energia e vida útil do empreendimento.

Deve ser feito um estímulo a uma maior integração continental e regional entre bacias hidrográficas e sistemas elétricos existentes na bacia. Essa ação pode, sem dúvida alguma, reduzir consideravelmente a vulnerabilidade da oferta de energia e água entre países e mercados consumidores.





A implantação e operação do Sistema Interligado pode vir a garantir a compensação dos desequilíbrios sazonais e decenais entre bacias e os mercados de energia elétrica dos países componentes da bacia do Prata. Uma seca em uma região não provocaria maiores risco ao consumo de energia elétrica em outra região, se o sistema for interligado.

Por outro lado, a integração continental ainda é bastante incipiente, em função das instabilidades políticas nacionais, trazendo restrições a intensificação do intercâmbio de energia entre os países da América do Sul. Visando promover a gestão adaptável de sistemas de provisão de água, será necessário executar ações não estruturais, tais como:

\*reestruturação dos sistemas de provisão de água para conviver com períodos de quotas mais baixas e com integração de sistemas alternativos de abastecimento, revendo as regras operacionais das usinas hidrelétricas em momentos de contingência e mantendo as usinas da cascata da bacia bem informadas em relação às restrições de diversos usos consultivos e não consultivos a estas regras.

A gestão da bacia em relação ao uso integrado da água passa por uma análise e abordagem integrada do ciclo hidrológico. Ou seja, sistemas de bacias hidrográficas, aquíferos e massas de ar devem ser levados em consideração em escalas de tempo diferenciadas, porém integradas com destaque para os potenciais e restrições de cada um desses sistemas. Uma tentativa de integração das águas da Bacia do Prata pode ser realizada com a discussão do aquífero Guarani e da gestão das massas de ar e vapor d'água que afetam a região, envolvendo Argentina, Brasil, Bolívia, Paraguai e Uruguai.

Será necessário ainda integrar sistemas de operação dos reservatórios das hidrelétricas, de abastecimento de água e de irrigação. Existe, hoje, uma integração entre a operação dos reservatórios de geração de energia hidroelétrica, todavia não há interação entre estes e os demais para abastecimento urbano e rural. Além disto, a interação continental de reservatórios é bastante incipiente e não leva em consideração as limitações das bacias hidrográficas transfronteiriças, que é o caso da Bacia do Prata.

Por fim, é necessário aumentar a coordenação espaço-temporal entre oferta e demanda de água e energia, ou seja, entre bacias hidrográficas e os sistemas energéticos, rurais e urbanos de abastecimento, considerando a sazonalidade, a variabilidade e a vulnerabilidade climática, visando:

- Adoção e operação de um sistema de alerta integrado, atualização de estudos hidrológicos e climáticos;
- Estudo sobre a vulnerabilidade dos sistemas (identificação de áreas de risco, áreas de recarga, estabelecimento de perímetros de proteção, focos contaminantes, etc.) e criar plano de educação ambiental, sistemas de divulgação à população e governantes;
- Incorporar variabilidade climática à operação dos reservatórios e no alerta hidrológico, adoção de normas comuns área a operação em condições de emergência e de segurança das barragens, adoção de critérios comuns de segurança das barragens, considerando a incidência das mudanças climáticas;
- Elaboração de planos de contingência e gerenciamento de risco;
- Há potencial de oferta e necessidade de suprir demanda com modicidade tarifária;
- Estruturação de Tratado Internacional Padrão com base na experiência acumulada;
- Maior interação das áreas técnicas em especial no planejamento;
- Integração Econômica focada no setor elétrico.



## BIBLIOGRAFIA

### a) Referenciada:

CIER – Síntesis Informativa Energética de los Países de la CIER – 2010.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –2014 Perspectivas para a integração da América Latina. Brasília : IPEA :CAF, 2014. 326 p. :il., gráfs. color.ISBN: 978-85-7811-213-4.

Marengo, J. A.; Dias, P. L. da S. D. 2006, 'Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria d biodiversidade e Floresta.

Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, M., Kitoh, A., Knutti,R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J. & Zhao, Z.-C. 2007. Global climate projections. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L. (eds.) Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. p. 749-844.

MILLY, P. C. D. et al. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. Nature, v.438, 347-50, 2005.

ONS DPPREL -0042/2014 INVENTÁRIO DAS RESTRIÇÕES OPERATIVAS HIDRÁULICAS DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS Operador Nacional do Sistema Elétrico Diretoria de Planejamento Programação da Operação Revisão-1 de 2014

ONS. Acompanhamento Mensal dos Intercâmbios Internacionais – janeiro de 2011. Disponível em: [http://www.ons.org.br/download/resultados\\_operacao/acompanhamento\\_mensal\\_intercambios\\_internacionais/relatorio\\_intercambio\\_internacional\\_201101.pdf](http://www.ons.org.br/download/resultados_operacao/acompanhamento_mensal_intercambios_internacionais/relatorio_intercambio_internacional_201101.pdf). Acesso em 01/08/2012

RODRIGUES, Larissa Araújo, "análise institucional e regulatória da integração da energia elétrica entre o Brasil e os demais países do Mercosul. 2012 50 f. dissertação (mestrado em Ciências) – Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo 2012.

SÍNTESIS INFORMATIVA ENERGÉTICA DE LOS PAÍSES DE LA CIER Información del sector energético en países de América del Sur, América Central y El Caribe Datos del año 2010

Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein O., Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J.A., Rusticucci, M., Soden, B. & Zhai, P. 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis,M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (eds.) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. p. 237-336.

TUCCI, C. E. M. et al. Environmental issues in the La Plata Basin. Water Resources Development, n.14, p.157-74, 1998.

THEMAG ENGENHARIA, Usinas e aproveitamentos hidroelétricos. Disponível em: <http://www.themag.com.br/pdf/usina.pdf>.

### b) Consultada

I ENCONTRO TRINACIONAL PARA GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS FRONTEIRIÇOS E TRANSFRONTEIRIÇOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ III/ALTO PARANÁ E DOS RIOS SANTO ANTONIO E PEperi-GUAÇU – Conclusões e recomendações – 2007.



CIC



GEF / FMAM



UNEP / PNUMA



OAS / OEA



ANEEL – Informações Gerenciais – Março de 2014.

BRAGA, B. P. F. et al. Gestão de águas em bacias hidrográficas transfronteiriças: o caso da bacia do Prata.

ELETROBRAS – Estudos de inventário hidrelétrico do Rio Uruguai no trecho binacional entre Argentina e Brasil – 2011.

FILHO, C. P. C. et al. Processos de Transfronteirização na bacia do Prata – A tríplice fronteira Brasil-Argentina-Paraguai, 2013.

LANNA, A. E. et al. Macro-análise-diagnóstico transfronteiriço do Programa Marco da bacia do Prata, n 2, p 81-93, 2006.

MARENGO, J. 2002: Mudanças climáticas globais e regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. Revista Brasileira de Meteorologia, 16, 1-18.

Marengo, J. A.; Dias. P. L. da S. D. 2006, 'Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos' in the Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, ed. Rebouças, A. da C.; Braga, B; Tundisi, J. G, Escrituras Editora, São Paulo.

Marengo, J. A & Valverde, M.C. 2007, 'Caracterização do clima no século xx e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no século XX usando os modelos do IPCC-AR4'. Revista Multiciência, no.8, pp.1-24. Tema 4 - Riscos naturais e a sustentabilidade dos territórios 12 .

MHE – Balance Energético Nacional (2000-2012).

MME – Energia na América do Sul – 2012 – Núcleo de estudos estratégicos de energia.

MME – Resenha energética Brasileira – Edição de Junho de 2014.

PROGRAMA PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RECUSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PRATA, considerando os efeitos decorrentes da variabilidade e mudança do clima. Março/2011. Comitê Intergovernamental Coordenador dos países da bacia do Prata.

Ometto, J.P; Nobre. C. A. 2007, 'Mudanças Ambientais Globais: Desafios para o futuro'. Regional Office of the International Geosphere- Biosphere Programme (IGBP). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. [Online] Available at: [http://www.mudancasglobais.com.br/mudancasglobais/releases/Mudancas\\_ambientais.pdf](http://www.mudancasglobais.com.br/mudancasglobais/releases/Mudancas_ambientais.pdf).

SECRETARIA DE ENERGÍA (República Argentina) - Catálogo de Recursos Hídricos – Centrales Hidráulicas, embalses, lagos y lagunas – 2003.

SECRETARIA DE ENERGÍA (República Argentina) – Centrales Eléctricas 2012.

SELL, M. S. et al. Direito Internacional de Águas na Bacia do Rio da Prata: Aplicação Regional de Princípios e Regras Procedimentais do Direito Internacional de Águas.

SORIANO, E. et al. Riscos relacionados às barragens no contexto de mudanças climáticas: processo de vulnerabilização de assentamentos humanos a jusante do AHE Itaipu Binacional, Brasil. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física -Maio/2010.

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS, Inventario de Presas y Centrales Hidroeléctricas de la República Argentina, 2013.

TUCCI, C. E. M. et al. Visão dos recursos hídricos da bacia do Prata, n.14, p 43-63, 2006.





## GLOSARIO

CIER – Comisión de Integración Energética Regional

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico (Brasil)

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MME – Ministério de Minas e Energia

MHE – Ministerio de Hidrocarburos e Energía - Estado Plurinacional de Bolivia

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica



CIC



GEF / FMAM



UNEP / PNUMA



OAS / OEA



## ANEXOS

Na Tabela abaixo é apresentado as principais Hidrelétricas brasileiras na bacia do Prata com as restrições de operação para 2014.

Barragem	Rio	Potência (MW)	Energia gerada	Volume Reservatório	Altura (m)	Restrição
Itaipu*	Paraná	14,000	98.630 GWh (2013)	Nível máximo: 29 bilhões Nível útil: 19 bilhões	196	Variação máxima de níveis, de velocidade e de níveis a jusante em função de acordo Tripartite e por restrições da usina Acaray do lado paraguaio.
Ilha Solteira	Paraná	3,444	1.279.864 MWh (2014)	Nível máximo: 21.166 milhões	78	Taxa de variação máxima das defluências não superior a 10% da defluência anterior, a partir de 8000 m <sup>3</sup> /s
Foz do Areia	Iguaçú	1,676	-	Nível máximo: 8.300 hm <sup>3</sup> Nível útil: 5.600 hm <sup>3</sup>	160	Nível máximo de 742m para a não ocorrência de enchentes na cidade de União da Vitória e taxa de variação máxima das defluências.
Jupiá	Paraná	1,551	730.381 MWh (2014)	Nível máximo: 3.680 hm <sup>3</sup>	42	Vazão mínima de 4000 m <sup>3</sup> /s para evitar a formação de lagoas a jusante que podem aprisionar peixes, causando danos a ictiofauna. Vazão máxima é de 16.000 m <sup>3</sup> /s.
Salto Osório	Iguaçú	1,078	5.968 GWh (2013)	Nível máximo: 403 hm <sup>3</sup>	56	Nível mínimo de montante devido ao período de piracema. Nível máximo de montante para evitar vazamentos e aumento do transporte de detritos flutuantes.
Emborcação	Paranaíba	1,192	-	Nível máximo: 17.724,72 hm <sup>3</sup>	158	Vazões máximas para evitar transbordamentos e inundações. Vazões mínimas para proteção da ictiofauna.
Furnas	Grande	1,216	-	Nível máximo: 22.95 bilhões Nível util: 17.217 bilhões	127	Vazões máximas para não prejudicar a travessia de balsas, evitar a inundação da tomada d'água de captação da Usina Açucareira de Passos e da estrada de acesso à Usina de Furnas.
Itá	Uruguai	1,450	7.440 GWh (2013)	Nível máximo: 5.100hm <sup>3</sup>	125	Vazão mínima de 150 m <sup>3</sup> /s para fins de proteção da ictiofauna. Na impossibilidade dessa geração mínima, o vertedouro deve ser aberto para atender esta restrição.



Barragem	Rio	Potência (MW)	Energia gerada	Volume Reservatório	Altura (m)	Restrição
Marimbondo	Grande	1,440	-	Nível máximo: 6.150 bilhões Nível útil: 5.26 bilhões	94	A ponte Gumercindo Penteado, localizada a montante, limita a operação do reservatório a 445.73 m, visando a manutenção do nível junto a ponte 50 cm abaixo da cota do tabuleiro. Restrições de vazões máximas a jusante para evitar pane nas bombas (e consequente inundação), para evitar erosão entre canal de fuga da usina e a saída dos vertedouros, para evitar inundações em áreas comerciais e em Usina de Álcool próximas a Marimbondo. Restrição de vazões mínimas para de evitar agressões a ictiofauna durante o período de piracema.
Porto Primavera	Paraná	1,430	850.001 MWh (2014)	Nível máximo: 20.000 hm <sup>3</sup>	38	Vazão máxima de 24.000 m <sup>3</sup> /s condicionada à estação fluviométrica Porto São José. Vazão mínima de 4.600 m <sup>3</sup> /s para evitar danos a ictiofauna e de 5.500 m <sup>3</sup> /s para proporcionar condições de naveabilidade transversal no porto a jusante da usina.
Salto Santiago	Iguaçú	1,420	8.433 GWh (2013)	Nível máximo: 4.094 hm <sup>3</sup>	80	Vazões superiores a 19.000 m <sup>3</sup> /s podem causar inundação da Casa de Força.
Água Vermelha	Grande	1,396	449.141 MWh (2014)	Nível máximo: 11.000 x 106 m <sup>3</sup>	67	-
Segredo	Iguaçú	1,260	-	-	145	-
Salto Caxias	Iguaçú	1,240	-	-	-	Restrição de vazão mínima a jusante por força do Parque Binacional do Iguaçu (Brasil / Argentina)
Estreito	Grande	1,050	-	Nível máximo: 1,418 bilhão m <sup>3</sup> Nível útil: 0.178 bilhão m <sup>3</sup>	92	Vazão máxima de 4.500 m <sup>3</sup> /s para evitar alagamento da Rodovia BR-050, que interdita o tráfego em caso de chuva, devido ao afogamento dos bueiros de drenagem pluvial. Toda operação no trecho de Furnas até Igarapava é afetada, já que esta usina e as de Jaguara e Estreito não têm espaço suficiente para a alocação de volumes de espera. Vazões superiores de 5.500 m <sup>3</sup> /s podem causar problemas ao acesso à usina, podendo



PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA, EN RELACIÓN CON LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

PROGRAMA MARCO PARA GESTÃO SUSTENTAVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PRATA, CONSIDERANDO OS EFEITOS DECORRENTES DA VARIABILIDADE E MUDANÇAS DO CLIMA



Barragem	Rio	Potência (MW)	Energia gerada	Volume Reservatório	Altura (m)	Restrição
						haver interrupção do tráfego pesado.
Garabi**	Uruguai	1,152	-	-	-	-
Panambi**	Uruguai	1,048	-	-	-	-

Fonte: ONS DPPREL -0042/2014

<http://www.energia.gov.br/portal> - Geração no Estado (Ilha Solteira, Jupiá, Porto Primavera e Água Vermelha).

<http://www.tractebelenergia.com.br> (Salto Osório, Salto Santiago e Itá).

<http://www.furnas.com.br/parquegerador> (Furnas, Marimbondo e Estreito).

<http://www.copel.com/geracao> (Segredo, Salto Caxias e Foz do Areia).

Ambos os sites acessados nos dias 20 e 21 de outubro de 2014.

* Binacionais
** Binacionais e em estudo



CIC



GEF / FMAM



UNEP / PNUMA



OAS / OEA



PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE  
LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA,  
EN RELACIÓN CON LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD Y  
EL CAMBIO CLIMÁTICO

PROGRAMA MARCO PARA GESTÃO SUSTENTAVEL DOS  
RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PRATA,  
CONSIDERANDO OS EFEITOS DECORRENTES DA  
VARIABILIDADE E MUDANÇAS DO CLIMA



CIC



GEF / FMAM



UNEP / PNUMA



OAS / OEA