



# Produção de Eletricidade Renovável na América do Sul

## Análise Comparativa dos Balanços Energéticos e Previsões para a Bolívia, Chile e Brasil

Universidad Católica Boliviana "San Pablo"  
Instituto de Investigaciones Socio-Económicas

La Paz, 2013

## Impresso

### **Autor:**

Carlos Díaz Valdivia, Bolívia

### **Autores colaboradores:**

Dr. Javier Aliaga Lordemann,  
Bolívia  
Prof. José Baltazar S. O. Andrade  
Guerra, Brasil  
Adriana Bueno Lanchez, Bolívia  
Bruno Campos Rubilo, Chile  
Erick Cerquera, Brasil  
Carmen Crespo, Bolívia  
Manuel Díaz Romero, Chile  
Sierra Foster, Brasil  
Dr. Guillermo Jiménez Estévez,  
Chile  
Raúl Rubín de Celis, Bolívia  
Alek Suni, Brasil  
Dr. Luis S. Vargas, Chile  
Prof. Youssef Ahmad Youssef,  
Brasil

Esta publicação é um resumo  
de um estudo preparado pelos  
autores colaboradores.

### **Fotografia:**

Fotolia.com  
istockphoto.com

### **Contacto:**

Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Físicas y  
Matemáticas  
Dr. Luis S. Vargas,  
Dr. Guillermo Jiménez Estévez,  
Manuel Díaz Romero  
E-mail: gjimenez@ing.uchile.cl

Universidade de Ciências  
Aplicadas de Hamburgo  
(HAW Hamburg)  
Faculdade de Ciências da Vida  
Centro de Investigação e  
Transferência "Applications of  
Life Sciences" ("Aplicações das  
Ciências da Vida")  
Prof. Dr. Walter Leal,  
Julia Gottwald,  
Veronika Schulte  
E-mail: regsa@ls.haw-hamburg.de

### **Para mais informações, visite:**

[www.regsa-project.eu](http://www.regsa-project.eu)

Esta brochura foi produzida com  
o apoio da União Europeia. O  
conteúdo desta publicação é  
de inteira responsabilidade do  
consórcio do projeto REGSA e  
não pode de forma alguma ser  
visto como reflexo das opiniões  
da União Europeia. Impressão  
amiga do CO<sub>2</sub>.

## Índice

<b>1. Sistemas Energéticos</b>	<b>4</b>
1.1 Energia Primária	4
1.2 Energia Secundária	5
1.3 Fornecimento Interno Bruto Total (TGIS)	6
1.4 Produção de Eletricidade	7
1.5 Exportações e Importações	8
<b>2. Cenário de Tendências (como de costume) e Cenário de Mitigação</b>	<b>10</b>
<b>3. Conclusões</b>	<b>17</b>

## 1. Sistemas Energéticos

### 1.1 Energia Primária

A produção de energia primária na Bolívia chega a 133,525 KBep e é composta essencialmente por gás natural em quase 80%, seguida pela produção de petróleo (13%), biomassa (6%) e energia hídrica (1%). Os 66% da produção de energia primária são destinados à exportação, onde 94% das exportações são de gás natural que tem como destino Argentina e Brasil. O sector de transportes consome 60% da produção de energia primária, seguido pelo sector industrial (21%) e residencial (18%).

Entretanto, o Chile possui uma produção de energia primária equivalente a 61,530 KBep e representa somente 54% da produção de energia primária da Bolívia. A produção de energia primária do Chile é composta essencialmente pela biomassa (madeira) em 52%, seguida pela energia hídrica (22%), gás natural (21%), carvão (3%), petróleo (1.5%) e energia eólica e biogás. Tal produção destina-se integralmente ao consumo interno onde o sector com maior consumo é o dos transportes, similar ao caso da Bolívia.

A produção de energia primária do Brasil chega a 1,969,967 KBep e é absolutamente superior à produção da Bolívia e Chile. Comparativamente, a produção primária da Bolívia e Chile re-

presentam 5% e 3% da produção primária do Brasil respetivamente. Neste sentido, a produção primária do Brasil é composta essencialmente pelo petróleo em 38%, seguida pela cana-de-açúcar (18%), energia hídrica (14%), biomassa (10%), gás natural (10%), carvão (5%), outras (4%) e urânio (1%). Além disso, os sectores de transportes e industrial consomem quase 70% da produção total de energia primária.

Acerca da dependência de recursos fósseis não renováveis, pode-se dizer que a Bolívia apresenta uma dependência comparativamente superior em comparação com o Brasil e Chile. Isto é evidente numa produção de energia primária onde 93% são com base em recursos fósseis não renováveis, especialmente o gás natural e petróleo. O Chile apresenta uma produção de energia primária menos dependente de recursos fósseis não renováveis em comparação com os três países. Os recursos não renováveis no Chile representam apenas 25% da produção primária. A produção primária do Brasil é mais equilibrada com relação a sua dependência de recursos não renováveis. Neste sentido, 53% da sua produção primária é feita com base nestes recursos. No entanto, os restantes 47% da sua produção pri-

**Tabela 1: Resumo da Energia Primária na Bolívia, Chile e Brasil**

País	Bolívia	Chile	Brasil
<b>Energia Primária</b>	Produção: 113,525 KBep	Produção: 61,530 KBep	Produção: 1,969,967 KBep
<b>Fontes</b>	Gás Natural: 79.6% Petróleo: 13.4% Biomassa: 5.6% Energia Hídrica: 1.2%	Madeira: 52.0% Energia Hídrica: 22.0% Gás Natural: 21.0% Carvão: 3.0% Petróleo: 1.5% Eólica: 0.3% Biogás: 0.1%	Petróleo: 38.0% Cana-de-açúcar: 18.0% Energia Hídrica: 14.0% Biomassa: 10.0% Gás Natural: 10.0% Carvão: 5.0% Outras: 4.0% Urânio: 1.0%
<b>Destino</b>	Exportações: 66.0% (94% Gás Natural) Consumo Interno: 33.0%	Consumo Interno: 100.0%	Consumo Interno: 100.0%
<b>Sector</b>	Transportes: 59% Industrial: 21% Residencial: 18%	Transportes: > 50.0%	Transportes e Industrial: 70.0%

Fonte: Elaboração própria

mária são feitos com base nos recursos renováveis, que representam 8 vezes a produção primária total da Bolívia e 15 vezes a produção primária do Chile.

## 1.2 Energia Secundária

A produção de energia secundária na Bolívia chega a 23,029 KBep e representa apenas 12% e 1.4% da produção secundária do Chile e Brasil respectivamente. Neste sentido, a produção secundária da Bolívia é representada essencialmente pelo diesel em 39%, gasolina (26%), eletricidade (17%), GPL (13.5%) e outros (4.6%). Por sectores, a produção de energia secundária destina-se essen-

cialmente ao sector dos transportes em 35% seguida pelo sector industrial (25%) e residencial (18%). Assim, fica novamente evidente uma forte dependência de recursos de energia fósseis dentro da produção secundária uma vez que representam quase 80% desta produção.

O Chile possui uma produção de energia secundária equivalente a 188,000 KBep, representa 12% da produção secundária do Brasil e equivale a 8 vezes a produção secundária da Bolívia. De modo similar ao caso da Bolívia, a produção secundária do Chile é representada essencialmente pela produção de diesel (24%), gasolina (20%) e eletricidade

(18%). Além disto, o sector dos transportes consome 35% destes combustíveis energéticos, seguido pelos sectores

a produção da cana-de-açúcar (12%), biomassa (8%), gás natural (7%) e gasolina (7%). Neste caso em particular, a

**Tabela 2: Resumo da Energia Secundária na Bolívia, Chile e Brasil**

Pais	Bolívia	Chile	Brasil
<b>Energia Primária</b>	Produção: 23.029 KBep	Produção: 188.000 KBep	Produção: 1.577.394 KBep
<b>Fontes</b>	Diesel: 39.0% Gasolina: 26.0% Eletricidade: 17.0% GLP: 13.5% Outras: 4.6%	Diesel: 24.0% Gasolina: 20.0% Eletricidade: 18.0% Biomassa: 17.0%	Diesel: 16.0% Eletricidade: 16.0% Cana-de-açúcar: 12.0% Biomassa: 8.0% Gás Natural: 7.0% Gasolina: 7.0%
<b>Sector</b>	Transportes: 35.0% Industrial: 25.0% Residencial: 18.0%	Transportes: 35.0% Comercial-Residencial: 25.0% Industrial: 24.0% Exploração de Minérios: 13.0%	Transportes: 41.0% Industrial: 32.0% Residencial: 10.0%

Fonte: Elaboração própria

comercial e residencial (25%), industrial (24%) e exploração de minérios (13%). Em menor quantidade que a Bolívia, a dependência da energia fóssil chega a 44% da produção secundária do Chile. O Brasil atinge uma produção de energia secundária equivalente a 1,577,394 KBep e equivale a 68 e 8 vezes a produção de energia secundária da Bolívia e Chile respectivamente. Esta produção, de modo similar aos casos anteriores, é representada pelo consumo de diesel e eletricidade, ambos com uma participação de 16%. A seguir a estes está

produção de álcool da cana-de-açúcar ultrapassa a produção de gasolina, em comparação com o caso da Bolívia e Chile, devido a elevada integração destes energéticos no consumo do sector dos transportes.

### 1.3 Fornecimento Interno Bruto Total (TGIS)

O consumo interno líquido total da Bolívia chegou a 38,050 KBep onde o petróleo e derivados representam 43% deste consumo. O Gás Natural participa com 38% do consumo líquido to-

tal destinado em um volume importante à geração termoeétrica. A biomassa representa 14% e a energia hídrica 5% do fornecimento interno bruto. Os 97%

bastante similar a da Bolívia com relação aos recursos fósseis não renováveis uma vez que estes atingem 80% do consumo interno. De forma desagregada, é pos-

**Tabela 3: Resumo TGIS da Bolívia, Chile e Brasil**

País	Bolívia	Chile	Brasil
<b>Fornecimento Interno Bruto Total (TGIS)</b>	Fornecimento: 38.050 KBep	Fornecimento: 246,019 KBep	Fornecimento: 1,767,120 KBep
<b>Fontes</b>	Petróleo e Derivados: 43.0% Gás Natural: 38.0% Biomassa: 14.0% Energia Hídrica: 5.0%	Petróleo e Derivados: 53.0% Gás Natural: 14.0% Madeira: 14.0% Carvão: 13.0% Energia Hídrica: 6.0%	Petróleo e Derivados: 37.0% Gás Natural: 9.0% Madeira e carvão vegetal: 12.0% Biomassa: 16.0% Energia Hídrica: 15.0%
<b>Origem</b>	Produção Interna: 97.0% Importações: Secundária: 3.0%	Produção Interna: 27.0% Importações: Primária: 51.0% Secundária: 22.0%	Produção Interna: 92.0% Importações: Secundária: 8.0%

Fonte: Elaboração própria

do consumo interno total têm origem na produção interna e os restantes 3% em importações, especialmente diesel e petróleo.

Novamente é observada a importância da dependência das fontes de energia fóssil, uma vez que 81% do consumo interno da Bolívia tem origem nestas fontes.

O Chile possui um consumo interno líquido total equivalente a 246,019 KBep e representa mais de 6 vezes o consumo interno líquido total da Bolívia. No entanto, apresenta uma dependência

sível verificar que 53% do consumo é representado pelo petróleo e derivados, seguido pelo gás natural (14%), madeira (14%), carvão (13%) e energia hídrica (6%). Um aspecto essencial sobre a matriz energética chilena e o seu consumo interno de energia é que mais de 73% desta energia tem origem em fontes externas (importações) e apenas 27% é produzida internamente.

## 1.4 Produção de Eletricidade

A produção de eletricidade da Bolívia atinge 3,973 GWh e representa 7%

**Tabela 4: Resumo da Produção de Eletricidade da Bolívia, Chile e Brasil**

País	Bolívia	Chile	Brasil
<b>Produção de Eletricidade</b>	Produção: 3,973 GWh	Produção: 60,138 GWh	Produção: 482,600 GWh
<b>Fontes</b>	Termoelétrica: 60% Hidroelétrica: 40%	Termoelétrica: 60% Hidroelétrica: 40%	Hidroelétrica: 67% Termoelétrica: 30% Nuclear: 2% Eólica: 1%
<b>Capacidade</b>	Termoelétrica: 854 MW Hidroelétrica: 372 MW	Informação não disponível	Total: 117.135 MW

Fonte: Elaboração própria

e 1% da produção elétrica do Chile e Brasil respectivamente. Esta produção é composta em 60% por centrais termoelétricas com uma capacidade instalada total de 854 MW e os restantes 40% por centrais hidroelétricas com uma capacidade instalada de 372 MW. O Chile apresenta uma produção de eletricidade que chega a 60,138 GWh de potência e é composta, de modo similar ao caso da Bolívia, em 60% pela produção termoelétrica e em 40% pela produção hidroelétrica.

Em comparação com a Bolívia e Chile, a produção de eletricidade do Brasil é absolutamente superior uma vez que atinge 482,600 GWh e representa mais de 100 vezes a produção boliviana e 8 vezes a produção chilena. A capacidade instalada total do Brasil chega a 117,135 MW onde 67% desta produção corresponde a energia hídrica, 30% a termoelétrica

de, 2% nuclear e 1% eólica. Neste sentido, o Brasil possui a produção de eletricidade mais limpa em comparação com a Bolívia e Chile uma vez que 68% tem origem em fontes renováveis. Além disso, é o único país a ser analisado onde a produção de eletricidade certificada pelo NCRE tem importância.

### 1.5 Exportações e Importações

Como já foi referido, as exportações de energia primária da Bolívia chegam a 69,469 KBep e são compostas em 94% por gás natural, que tem como destino Argentina e Brasil, e em 6% por petróleo. Acerca das importações, o principal produto para as importações na Bolívia é o diesel uma vez que representa 80% do total das importações de energia (5,213 KBep).

Os restantes 20% são representados pela gasolina, petróleo e gorduras. Desta



**Tabela 5: Resumo das Exportações e Importações da Bolívia, Chile e Brasil**

País	Bolívia	Chile	Brasil
<b>Exportações</b>	69,469 KBep	7,490 KBep	
Energia Primária	Gás Natural: 94.0% Petróleo: 5.8%	Nenhuma	
Energia Secundária		Metanol Derivados do Petróleo	
<b>Importações</b>			
Energia Primária	Nenhuma	127,189 KBep Petróleo Bruto: 50.0% Carvão: 30.0% Gás Natural: 20.0%	326,463 KBep Gás Natural: 23.0% Carvão: 34.0%
Energia secundária	Total: 5,213 KBep Diesel: 80.0% Gasolina, Petróleo e gorduras: 20.0%	56,621 KBep Diesel: > 60.0%	143,641 KBep Eletricidade

Fonte: Elaboração própria

maneira fica claramente evidente o perfil de exportador de energia da Bolívia.

As exportações de energia secundária do Chile atingem 7,490 KBep. Grande parte destas exportações focam na produção de metanol e alguns derivados do petróleo. Ainda que as exportações de energia do Chile não sejam significativas em comparação com a Bolívia ou Brasil, as importações de energia primária atingem volumes importantes equivalentes a 127,189 KBep e são representadas por importações de 50% de petróleo bruto, carvão (30%) e gás natural (20%).

Além disso, as importações de energia secundária atingem o número con-

siderável de 56,621 KBep e são representadas em mais de 60% pelo diesel. Desta maneira é possível observar o perfil de importador de energia do Chile uma vez que as exportações representam apenas 5% das importações de energia primária, 13% das importações de energia secundária e 4% do total de importações. Por fim, acerca do caso do Brasil não existem dados atuais sobre as suas exportações e importações, no entanto sabe-se que é um importante exportador de petróleo e um grande importador de eletricidade (especialmente da Itaipu binacional), gás natural (da Bolívia) e carvão.

## 2. Cenário de Tendências (como de costume) e Cenário de Mitigação

A previsão do consumo de energia por sector na Bolívia mostra que o consumo total de energia irá atingir 57,908 KBep em 2025 no cenário de tendências e 53,210 KBep no cenário de mitigação. Isto representa um crescimento do consumo total de energia no cenário de tendências de 82% e um crescimento de 67% no cenário de mitigação em comparação com o consumo do ano de re-

ferência 2007. A implementação de políticas de eficiência energética irá gerar uma diminuição do consumo de energia que irá atingir 4,698 KBep e representa 15% do consumo do ano de referência. Para o Brasil, não há alteração no consumo ou demanda, uma vez que os efeitos do modelo de atenuação integrada LEAP são produzidos pela mudança tecnológica (capacidade de processamen-

**Tabela 6. Previsões do Consumo Líquido de Energia por Sectores 2007-2025 (KBep)**

País	Bolívia			Chile			Brasil		
	Ano de Referência 2007	Previsão 2025		Ano de Referência 2007	Previsão 2025		Ano de Referência 2010	Previsão 2030	
		Tendência	Mitigação		Tendência	Mitigação		Tendência	Mitigação
Residencial	5,586	9,283	7,069	37,100	43,700	41,600	174,087	253,244	253,244
Comercial e Serviços	839	1,658	1,396	7,400	15,400	14,700	74,399	183,250	183,250
Consumo Próprio	2,846	6,507	6,507	7,100	16,900	16,900	183,250	419,642	419,642
Indústria e Exploração de Minérios	10,744	21,328	19,008	66,500	151,800	139,700	628,547	115,447	115,447
Transportes	11,225	17,853	17,951	62,900	172,300	172,300	513,100	1,099,500	1,099,500
Agricultura e Pecuária	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	72,933	148,433	148,433
Não Energético	631	1,279	1,279	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Total</b>	<b>31,871</b>	<b>57,908</b>	<b>53,210</b>	<b>181,000</b>	<b>400,100</b>	<b>385,200</b>	<b>1,646,316</b>	<b>2,219,516</b>	<b>2,219,516</b>

Fonte: Resultados do modelo LEAP

to) e substituição de combustível. É por isso que o consumo medido é o mesmo para ambos os cenários. As ações implementadas especialmente no país são referentes às estratégias de Eficiência não medidas no LEAP.

atingida uma diminuição do consumo de energia de 14,900 KBep em comparação com o cenário de tendências para o ano 2025. Esta diminuição representa 8% do consumo de energia total do ano de referência no Chile e 46% do

**Tabela 7. Previsão de Poupança de Energia por Sectores 2007-2025**

País	Bolívia		Chile	
	KBep	% Ano de Referência	KBep	% Ano de Referência
<b>Sectores</b>				
<b>Residencial</b>	2,214	40	2,100	6
<b>Comercial e Serviços</b>	262	30	700	9
<b>Consumo Próprio</b>	0	0	0	0
<b>Indústria e Exploração de Minérios</b>	2,320	33	12,100	18
<b>Transportes</b>	-98	-1	0	0
<b>Não Energético</b>	0	0	n.a.	n.a.
<b>Total</b>	4,698	15	14,900	8

Fonte: Elaboração própria

O Chile apresenta um consumo de energia 7 vezes superior ao da Bolívia uma vez que para o ano 2025 no cenário de tendências o consumo de energia total irá atingir 400,100 KBep e no cenário de mitigação 385,200 KBep. Isto implica um aumento do consumo de energia total de mais de 120% no cenário de tendências e de 113% no cenário de mitigação durante o período 2007-2025. Em termos de poupança de energia como consequência das medidas de eficiência energética, será

consumo de energia total no ano de referência da Bolívia.

O Brasil apresenta um consumo total de energia no ano de referência que atinge 1,646,316 KBep e estima-se que para o ano 2030 isto poderá atingir 2,219,516 KBep. Este aumento significa um crescimento de 35% no consumo total de energia durante o período 2010-2030. O consumo de energia do Brasil no ano de referência é equivalente a 51 vezes o consumo da Bolívia e 9 vezes o consumo do Chile.

De forma desagregada, é possível observar que as poupanças de energia de maior importância em termos de percentagem em comparação com o ano de referência terão lugar na matriz energética boliviana e as poupanças de energia de maior importância em termos de volume (equivalente a barris de petróleo) terão lugar na matriz energética chilena.

Neste sentido, as poupanças no sector residencial da Bolívia como consequência das medidas de eficiência energética e mitigação irão representar 40% (2,214 KBep) do consumo do ano de referência 2025. Do mesmo modo, as poupanças no consumo dos sectores comercial e de serviços e industrial irão atingir 31% (262 KBep) e 22% (2,320 KBep) do consumo do ano de referência em 2025. Um aspecto interessante é que o sector dos transportes não apresentará redução no seu consumo (apenas aumenta em 1% - 98 KBep em comparação com o ano de referência) no cenário de mitigação. Em parte, isto se deve ao constante aumento do parque de veículos e da transição entre a gasolina e o gás veicular que implica um consumo superior deste último combustível devido a uma menor eficiência.

No cenário de mitigação, o Chile apresenta poupanças no consumo de energia do sector residencial de 6% (2,100 KBep) em comparação com o

ano de referência. O sector comercial e de serviços apresenta poupanças de 9% (700 KBep) no cenário de mitigação. No entanto, as poupanças de energia de maior importância no cenário de mitigação têm lugar no sector industrial e de exploração de minérios onde estão previstas poupanças de 18%, o equivalente a 12,100 KBep. Em ambos os países, as poupanças de maior importância no cenário de mitigação têm lugar nos sectores industrial e de exploração de minérios e residencial. Em termos de volume, as poupanças do sector residencial são quase semelhantes: 2,214 KBep e 2,100 KBep para a Bolívia e Chile respectivamente. No entanto, as poupanças dos sectores industrial e de exploração de minérios do Chile são equivalentes a mais de 5 vezes as poupanças do mesmo sector na Bolívia.

Acerca da previsão do consumo de energia por fontes, o consumo de gás natural na Bolívia apresenta um comportamento interessante uma vez que no ano de referência representa 21% do consumo de energia, no entanto as previsões apresentam um importante aumento na utilização deste combustível energético. As previsões no cenário de tendências e cenário de mitigação mostram que o gás natural irá representar 26% e 36% do consumo de energia da Bolívia respectivamente. Este crescimen-

to no consumo de gás natural implica combustíveis energéticos como a bio-  
a substituição do consumo de outros massa e a gasolina pelo gás natural.

**Tabela 8. Previsão do Consumo Líquido de Energia por Fontes 2007-2025 (em %)**

País	Bolívia			Chile			Brasil		
	Ano de Referência 2007	Previsão 2025		Ano de Referência 2007	Previsão 2025		Ano de Referência 2007	Previsão 2025	
		Tend- ência	Mitig- ação		Tend- ência	Mitig- ação		Tend- ência	Mitig- ação
Avgas	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Biomassa	16	13	8	18	10	10	11	10	10
Bagaço	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	14	14
Biodiesel	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	2
Diesel	24	23	24	25	30	29	23	15	15
Eletricidade	10	12	11	19	21	21	19	19	19
Gasolina	12	9	7	10	6	6	6	9	9
Jet Querosene	3	3	3	4	6	7	2	2	2
Querosene	0	0	0	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.
Etanol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6	8	8
Metanol	n.a.	n.a.	n.a.	0	0	0	n.a.	n.a.	n.a.
Nafta	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	n.a.	n.a.	n.a.
Carvão Bet.	n.a.	n.a.	n.a.	2	1	1	5	4	3
Petróleo	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	n.a.	n.a.	n.a.
Coque de Pet.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	n.a.	n.a.	n.a.
Resid. Petróleo Combustível	n.a.	n.a.	n.a.	9	15	15	5	6	6
GLP	9	8	4	6	4	4	3	2	2
Gás Natural	21	26	36	4	4	4	6	9	9
Não Energético	2	2	2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gás de Refinaria	3	4	5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fonte: Elaboração própria

Neste sentido, o consumo de biomassa e gasolina participam do consumo de energia com 16% e 12% do ano de referência. Ambos os combustíveis energéticos apresentam uma importante redução em ambos os cenários de previsão. Por exemplo, a biomassa apresenta uma participação no cenário de tendências e mitigação de 13% e 8%. Paralelamente, o consumo de gasolina no cenário de tendências e mitigação apresenta uma participação de 8% e 7% respectivamente. O consumo de diesel apresenta uma participação bastante mais estável uma vez que no ano de referência representa 24% do consumo total e nos cenários de tendências e mitigação mantém 23% e 24% respectivamente. Outro combustível energético com importante participação (9%) no ano de referência é o GLP que nas previsões dos cenários de tendências e mitigação reduz a sua participação para 8% e 4% respectivamente.

De modo similar ao caso boliviano, o consumo de biomassa e gasolina no Chile apresenta uma diminuição considerável em comparação com o ano de referência. Neste sentido, o consumo de biomassa e gasolina no ano de referência representou 18% e 10% do consumo total respectivamente. No entanto, nos cenários de tendências e mitigação a participação destes combustíveis energéticos é reduzida até atingir 10%

no caso da biomassa e 6% no caso da gasolina. O consumo de eletricidade representa 19% no ano de referência e mantém uma participação ligeiramente crescente nos dois cenários com uma participação de 21%.

O consumo de diesel e de resíduos de petróleo combustível previsto apresenta um importante aumento com relação aos restantes combustíveis energéticos dentro da matriz energética chilena. Neste sentido, o diesel representa 25% do consumo de energia do Chile no ano de referência e prevê-se que no cenário de tendências chegue a 29% da participação total e no cenário de mitigação a 30% da participação total. Os resíduos de petróleo combustível representam 9% do consumo do ano de referência e apresentam um importante aumento nos dois cenários com uma participação de 15%.

Na análise brasileira pelo LEAP, a mitigação irá reduzir as emissões no cenário de tendências para 2025 (704.6) para uma mitigação de O (685.9) milhões m TCO<sub>2</sub> equivalentes, que demonstram a sua missão na busca e incentivo da eficiência energética em diferentes classes de consumidores. Neste sentido, o consumo de diesel apresenta uma importante redução dentro da sua participação no consumo de energia. No cenário de referência, o diesel representou 25%

do consumo total e teve uma redução conforme as previsões do cenário de tendências para 13%. Isto explica-se essencialmente pelo crescente consumo de etanol e gás natural que substituíram o consumo de diesel.

É importante perceber que no caso boliviano, mesmo se houvesse uma redução no consumo de energia no cenário de mitigação em comparação com o cenário de tendências, existe também uma participação superior das fontes não renováveis no consumo. No cenário de referência, 16% do consumo tem sua

origem em fontes renováveis, especialmente biomassa, no entanto de acordo com as previsões a participação das fontes de energia renováveis é reduzida a 8% no cenário de mitigação. Uma situação bastante similar é observada no caso do Chile, onde uma importante participação das fontes renováveis é reduzida como no caso da biomassa de 18% no cenário de referência para 10% no cenário de mitigação. Esta situação reflete que mesmo com os esforços apresentados pelas matrizes energéticas da Bolívia e Chile em termos de um

**Tabela 9. Previsão de Produção de Eletricidade por Fontes 2007-2025** (em %)

País	Bolívia		Chile		Brasil (aprox)	
	2007	2025	2007	2025	2010	2030
<b>Cenário de Tendências</b>						
<b>Termoelétrica</b>	60	60	60	57	25	21
<b>Hidroelétrica</b>	40	40	40	41	73	75
<b>Geotérmica</b>	0	0	0	1	0	0
<b>Eólica</b>	0	0	0	1	1	3
<b>Nuclear</b>	0	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100
<b>Cenário de Mitigação</b>						
<b>Termoelétrica</b>	60	41	60	55	23	23
<b>Hidroelétrica</b>	40	50	40	43	73	73
<b>Geotérmica</b>	0	9	0	1	0	0
<b>Eólica</b>	0	0	0	1	2	2
<b>Nuclear</b>	0	0	0	0	2	2
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria

menor consumo através das medidas de eficiência energética, a sua dependência com relação aos recursos fósseis continua elevada e crescente.

Por fim, a produção de eletricidade na Bolívia no ano de referência considera 60% da produção termoelétrica e 40% da produção hidroelétrica. Esta situação permanece estável no cenário de tendências do ano 2025. No entanto, no cenário de mitigação a produção hidroelétrica é expandida até atingir 50% e a produção termoelétrica é reduzida a 41%. Neste sentido, verifica-se uma importante participação da produção geotérmica que atinge 9% no ano 2025.

O Chile apresenta uma participação similar a da Bolívia em termos de produção de eletricidade no ano de referência onde 60% é representada pela produção termoelétrica e 40% pela produção hidroelétrica. No cenário de tendências em 2025 a produção termoelétrica estará reduzida a 57%, e a produção hidroelétrica estará ligeiramente maior e chega a 41% e acontece a introdução da produção eólica e geotérmica, ambas com uma participação de 1%. No cenário de mitigação a produção termoelétrica é reduzida ainda mais e chega a 55% da produção total, seguida pela produção hidroelétrica com 43% e a produção eólica e a geotérmica com 1% de participação cada.

A produção de eletricidade no Brasil no ano de referência é composta em 73% pela produção hidroelétrica, seguida por 13% de produção termoelétrica e nuclear e a produção de energia eólica com participação de 1%. No cenário de tendências (aproximado) é apresentado um aumento da produção hidroelétrica que atinge 75%, seguido pela redução da produção termoelétrica que chega a 11% e um aumento da produção de energia eólica que chega a 3% em 2030. A participação da produção nuclear não apresenta qualquer alteração neste cenário. Na próxima década, 2020-2030, será atingida a exaustão do potencial da produção de energia hidroelétrica doméstica aproveitável. Quando houver determinadas interferências ambientais incontornáveis, a possibilidade de utilização, prevista pelo estudo, do potencial de produção de energia hidroelétrica nacional inexplorado é bastante reduzido, o que leva o país a buscar uma parte importante da energia necessária através de outras fontes, não necessariamente mais competitivas que a opção hidroelétrica.



### 3. Conclusões

A análise dos sistemas energéticos pode apresentar diversas semelhanças na produção e consumo de energia na Bolívia, Chile e Brasil. A análise da energia primária mostra que a Bolívia possui uma elevada capacidade de produção, especialmente de gás natural que ultrapassa o seu consumo e tem como principal destino a exportação. O Chile apresentou um consumo de energia superior ao da Bolívia mas a sua produção de energia primária é bastante limitada o que o obriga a importar elevados volumes de energia (mais de 50% do seu consumo de energia é importado). O Brasil possui uma importante produção de energia primária que por não satisfazer totalmente a demanda requer fontes de importação. Um aspeto interessante da produção primária do Brasil é que é altamente diversificada em termos de fontes renováveis e não renováveis.

Mesmo com uma produção de energia primária menor que a da Bolívia, o consumo de energia secundária do Chile é muito superior ao da Bolívia. Nos três países o consumo de energia secundária é dominado pelo diesel, eletricidade e gasolina, com exceção do Brasil, onde o consumo destes combustíveis energéticos destina-se ao sector dos transportes em primeiro

lugar, seguido pelo sector industrial e pelo sector residencial nos três países. Ao mesmo tempo, é possível verificar a elevada dependência do consumo interno destes países de combustíveis fósseis não renováveis uma vez que o seu consumo significa mais de 80% do consumo total.

A produção de eletricidade na Bolívia e Chile atualmente possui uma estrutura bastante similar uma vez que em ambos os países 60% da produção é termoelétrica e 40% é hidroelétrica. Isto implica uma produção de eletricidade intensificada na utilização de combustíveis fósseis (gás, diesel e carvão) com impacto no meio ambiente. No entanto, o maior destaque da matriz energética brasileira, para além do seu elevado consumo de álcool da cana-de-açúcar no parque de veículos, é a sua elevada capacidade de produção hidroelétrica e a introdução da produção de energia eólica que representa quase 70% da capacidade total de produção de eletricidade. Comparativamente ao resto do mundo, a matriz de produção de eletricidade do Brasil é altamente limpa e eficaz.

Acerca das previsões no cenário de mitigação, espera-se que a Bolívia, Chile e Brasil tenham um aumento no seu consumo total de energia de 67%,

113% e 35% respectivamente em 2025. Mesmo que, nestes cenários, se apliquem diferentes políticas de eficiência energética nos sectores da economia, estas reduções no consumo não têm uma importância significativa no contexto do consumo líquido global e na consequente redução de GHG. Ao mesmo tempo, as previsões no cenário de mitigação fazem ênfase nas medidas de eficiência energética e no aumento da utilização de combustíveis energéticos mais eficazes, como no caso do gás natural e alguns derivados do petróleo como o diesel. Isto acontece em detrimento da participação de algumas fontes de energia renovável, especialmente a biomassa. Esta situação amplia a crescente dependência no consumo de fontes de energia fósseis não renováveis a longo prazo. Com exceção das questões relacionadas com a produção de eletricidade, não é possível verificar a redução do consumo de derivados do petróleo e pelo contrário espera-se que um aumento contínuo do consumo destes produtos com elevadas implicações no meio ambiente.

Por esta razão, são necessárias medidas de eficiência energética e mitigação mais profundas do que aquelas propostas neste estudo. Para tanto será necessário o apoio da cooperação internacional não apenas nas questões de financiamento mas também em ter-

mos de transferência de tecnologia e formação. Também será extremamente importante o trabalho conjunto dos sectores público e privado uma vez que são necessários volumes significativos de recursos económicos para investir em programas de grande impacto na redução do consumo de energia e emissões de GHG.



Promoting Renewable  
Electricity Generation  
in South America

## Parcerias

### Alemanha · Parceiro Líder

Universidade de Ciências Aplicadas de Hamburgo  
(HAW Hamburg)

Faculdade de Ciências da Vida

Centro de Investigação e Transferência

“Applications of Life Sciences”

(“Aplicações das Ciências da Vida”)

Prof. Dr. Walter Leal, Julia Gottwald, Veronika Schulte

Lohbruegger Kirchstraße 65

21033 Hamburgo, Alemanha

Tel.: +49.40.428 75-6354

Fax: +49.40.428 75-6079

E-mail: [regsa@ls.haw-hamburg.de](mailto:regsa@ls.haw-hamburg.de)

Sítio web: [www.haw-hamburg.de/ftz-als.html](http://www.haw-hamburg.de/ftz-als.html)



Hochschule für Angewandte  
Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

### Bolivia

Universidad Católica Boliviana

Instituto de Investigaciones Socio-Económicas

Dr. Javier Aliaga, Adriana Bueno Lanchez

E-mail: [abueno@ucb.edu.bo](mailto:abueno@ucb.edu.bo)

Sítio web: [www.ucb.edu.bo](http://www.ucb.edu.bo)



### Brasil

Fundação Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. José Baltazar S. O. Andrade Guerra,

Prof. Arq. Luciano Dutra

E-mail: [Baltazar.Guerra@unisul.br](mailto:Baltazar.Guerra@unisul.br)

[Luciano.Dutra@unisul.br](mailto:Luciano.Dutra@unisul.br)

Sítio web: [www.unisul.br](http://www.unisul.br)



### Chile

Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Dr. Luis S. Vargas, Dr. Guillermo Jiménez Estévez,

Manuel Díaz Romero

E-mail: [gjimenez@ing.uchile.cl](mailto:gjimenez@ing.uchile.cl)

Sítio web: [www.die.uchile.cl](http://www.die.uchile.cl)



Para mais informações, visite:

[www.regsa-project.eu](http://www.regsa-project.eu)