



GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GPL

AValiação DOS BALANÇOS ENERGÉTICOS DE BRASIL, PARAGUAI E ARGENTINA COM BASE NA SUSTENTABILIDADE E OPORTUNIDADES DE COMPLEMENTARIEDADE

**MIRIAN LUANA MAYER (1); MARCELO MIGUEL (2)
UNIOESTE CAMPUS FOZ DO IGUAÇU (1); ITAIPU (2)**

RESUMO

Este artigo traz uma comparação entre os balanços energéticos de Brasil, Paraguai e Argentina, visando caminhar no rumo da sustentabilidade e maximizar a integração, reduzindo os impactos ambientais e aumentando a eficiência energética. Os países são avaliados desde 1973 até o presente momento. Nós tanto abordamos aspectos técnicos como também econômicos, políticos e sociais que influenciam os rumos energéticos dos países, a importância regulatória, desenvolvimento tecnológico, incentivos às políticas sustentáveis e otimização dos recursos. A interdisciplinaridade do tema exige uma visão holística essencial para entender o potencial e a complexidade dos sistemas energéticos e tratar de suas soluções.

PALAVRAS-CHAVE

Balanços Energéticos, Análise Energética, Planejamento, Sustentabilidade, Energias Renováveis

1.0 INTRODUÇÃO

Brasil, Paraguai e Argentina possuem uma forte interligação e interdependência energética em suas fronteiras com projetos binacionais de grandes usinas hidrelétricas e linhas de transmissão de energia. Suas riquezas e diferenças geográficas demandam avaliação técnica de seus balanços energéticos para atualização periódica dos dados, bem como análise de potencialidades. Fatores técnicos, científicos, econômicos e sociais são de extrema relevância para os três países ao longo dos anos para sua comparação em relação às tendências mundiais e regionais.

Este trabalho avalia a evolução dos balanços energéticos de Brasil, Paraguai e Argentina desde o ano de 1973 até o presente momento, apresentando o progresso de cada um bem como tendências futuras a partir de sugestões alternativas dentro do conceito de sustentabilidade.

Cada país divulga anualmente seu balanço energético, que varia de acordo com sua disponibilidade de recursos naturais e/ou tecnologias. Estes estão ligados diretamente a fatores econômicos para sua utilização. Ao nível mundial existem regiões muito distintas, não havendo a possibilidade de generalização. Entretanto existem semelhanças em determinadas zonas que são passíveis de comparações. As riquezas de cada país estão diretamente relacionadas à sua disponibilidade energética.

De acordo com dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, a demanda energética da América Latina, onde estão localizados os países desse estudo, teve um crescimento de 3,5% do consumo mundial em 1973 para 5% em 2016. Esse valor se deu principalmente por conta do crescimento populacional durante esses anos, mas ainda é relativamente baixo quando comparado ao resto do mundo. Na China, por exemplo, essa diferença chegou a ser de 15%, e assim se consolidou como o país com maior aumento de demanda durante o período analisado.

Já o Mercosul foi criado pelo Tratado de Assunção em 1991 para ser o Mercado Comum do Sul das Américas. Atualmente, o Mercosul é formado por seis países: Argentina, Brasil, Uruguai, Paraguai e Venezuela. Sendo assim, os 3 países objeto deste estudo são membros plenos do Mercosul.

Em relação aos países objeto deste artigo, Brasil e Argentina se destacam no Mercosul por serem as maiores economias e maior população. Entretanto, apesar de o Paraguai ser relativamente menor, ele está visceralmente ligado aos dois países em tríplice fronteira. Além da parte geográfica, ocorrem interligações elétricas pela presença das usinas hidrelétricas de Itaipu e Yaciretá, entre Brasil e Paraguai e Argentina e Paraguai, respectivamente.

2.0 BALANÇOS ENERGÉTICOS

Para um melhor entendimento da situação energética de Brasil, Paraguai e Argentina, é interessante fazer um comparativo entre seus países vizinhos, integrantes do Mercosul. Apesar da grande diferença de superfície, população, produto interno e dívida externa, ao analisar o PIB per capita e o índice de desenvolvimento humano, é possível verificar que Brasil, Paraguai e Argentina possuem papel importante na economia. Em termos de população total, estes países possuem 85% da existente no Mercosul. Diferenças territoriais influenciam na renda per capita e

no índice de desenvolvimento humano, dificultando algumas comparações. O Brasil, apesar de ser o país com o maior território, possui produto interno per capita menor que a Argentina, mas maior que o Paraguai.

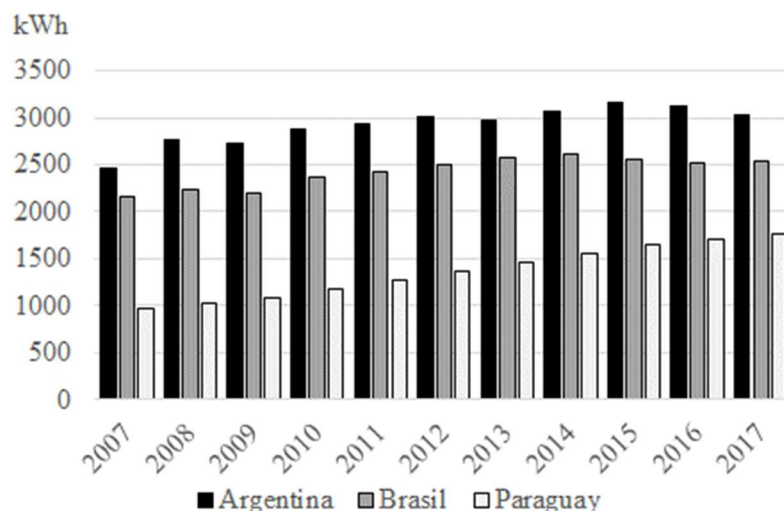


Figura 1 - Consumo de Energia (kWh) per capita no Brasil, Paraguai e Argentina entre os anos de 2007 e 2017
Fonte: Adaptado do Banco Mundial e IEA.

Analisando o consumo energético per capita de cada país, do ano de 2007 a 2017 houve um crescimento. Entretanto, não foi acentuado como mostra a Figura 1. A Argentina apresenta o maior consumo entre os três países, seguido do Brasil e Paraguai. Segundo dados populacionais, neste período o crescimento do Brasil, Argentina e Paraguai foram de 0,09%, 11% e 14%, respectivamente. Proporcionalmente pode-se ver que o Paraguai teve o maior crescimento populacional e o maior consumo de energia per capita no período.

Conforme a Figura 2, o consumo de energia per capita de Brasil, Paraguai e Argentina cresceu de 2007 a 2015. No entanto, a partir de 2015 apenas o Paraguai manteve o crescimento, indicando o bom desempenho deste país de forma contínua. Brasil e Argentina decresceram, indicando tendência de mal desempenho de suas economias onde o consumo não acompanhou o crescimento populacional.

Em termos de índice de desenvolvimento humano, os 3 países estão muito próximos. Isso posto e colocadas as diferenças, passaremos a analisar os balanços individuais dos países em análise.

2.1 Balanço Energético Brasileiro

O Brasil conta com uma matriz energética diversificada no que diz respeito a sua disponibilidade de energia interna, como descrito na Figura 2, que apresenta a oferta de energia elétrica por fonte do país referente ao ano de 2020. Devido à suas riquezas naturais, a energia elétrica oriunda de hidrelétrica é a mais consumida no Brasil, seguida de gás natural, biomassa e eólica, e então as demais utilizadas em menor escala. Nos últimos anos, as culturas energéticas cresceram com o aproveitamento de biomassa residual na geração de energia. Desta forma, esta fonte de energia tem se expandido.

Em relação às energias solar, eólica e hidráulica, que são consideradas renováveis e amplamente utilizadas no Brasil, existem registros de expansão recente, e hoje representam 83.3% da oferta interna de energia. Estes dados levam em consideração a energia produzida e a oriunda de importações (EPE, 2020).

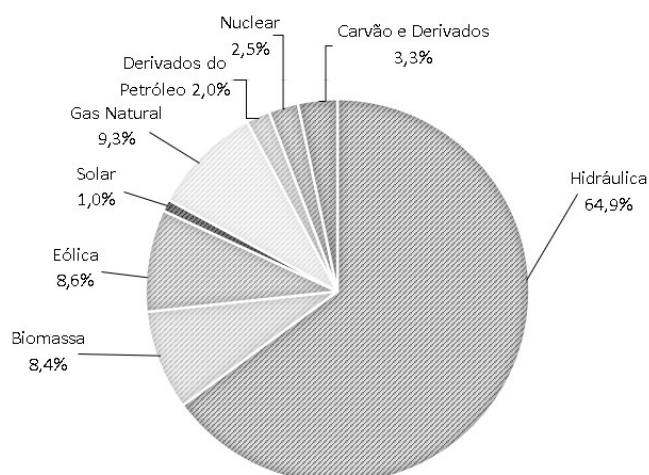


Figura 2 - Oferta interna de energia
Fonte: Adaptado de BEN 2020.

2.1.1 Energia Hidrelétrica no Brasil

O Brasil se notabilizou na energia hidrelétrica desde o século passado no aproveitamento do potencial de suas bacias hidrográficas. Após o lançamento do Plano de Metas do governo de Juscelino Kubitschek na década de 50, se iniciaram a construção de grandes usinas hidrelétricas. Estas culminaram com a construção da Usina Binacional de Itaipu, até hoje a maior geradora de energia do planeta. A sequência de construção das usinas hidrelétricas começou pelos melhores aproveitamentos mais próximos das regiões de consumo para se obter um melhor custo-benefício evitando altos investimentos em linhas de transmissão para trazer energia por grandes distâncias, o que também resultava em maiores perdas de energia na transmissão.

2.1.2 Energia Térmica no Brasil

As usinas térmicas no Brasil foram inicialmente a carvão e a óleo diesel. Com o surgimento das leis ambientais, passaram a ser considerados o gás natural e a biomassa, mais adequadas ambientalmente, além da colocação de filtros para a redução das emissões das usinas a combustíveis fósseis.

A tecnologia nuclear surgiu no Brasil durante o governo militar, como domínio estratégico tanto para a tecnologia nuclear, que se destacava no mundo como capaz de solucionar o suprimento de energia para o futuro, quanto para a área militar. No entanto, devido aos seus altos custo e risco de acidentes ambientais, esta tecnologia foi ultrapassada.

Apesar de já serem utilizadas usinas térmicas para suprimento de sistemas isolados ou no auxílio do sistema interligado nas horas de pico de demanda de energia, a crise do racionamento de 2001 levou o Brasil a optar pelo uso cada vez maior de usinas térmicas por terem a produção de energia firme garantida. O racionamento aconteceu devido a um longo período de baixa pluviometria, associado à redução de capacidade de armazenar energia com a redução do tamanho dos reservatórios das novas usinas pelo fator ambiental. Esse problema foi corrigido com a criação da EPE (Empresa de Planejamento Energético) que retomou o planejamento de longo prazo e o direcionou os investimentos para que houvesse um nível de segurança energética adequado que reduziu o risco para abaixo dos 5%.

2.1.3 Energias Renováveis no Brasil

O advento das energias eólica e solar aumentou a expectativa de suprimento de energia futura para o planeta, já que existe a previsão de esgotamento das energias fósseis.

Com o desenvolvimento da indústria da energia eólica especialmente a partir deste século, esses aproveitamentos se proliferaram pelos países ao redor do mundo por sua tecnologia permitir uma grande capacidade instalada com um aumento contínuo da potência dos aerogeradores.

No entanto, com a melhoria da eficiência dos painéis solares, esta tecnologia passou a ser considerada, nas projeções atuais, como a mais promissora entre as energias renováveis, em especial num mundo onde a energia distribuída é uma tendência. Sua fácil instalação é adaptável aos diversos tipos de consumidores facilita a disseminação desta tecnologia (BOFF et al, 2017).

O potencial energético do Brasil é elevado, contando com diversidade nas fontes de energia, porém sua capacidade instalada é diferente em cada região (ATLAS, 2014).

2.1.4 Conclusões do Balanço Brasileiro

O Brasil possui grande diversidade de seu potencial energético, tanto pelas suas grandes bacias hidrográficas, reservas de energias fósseis com as descobertas do petróleo do pré-sal e reservas de urânio, quanto pela alta intensidade solar e eólica. Devido a isso, precisa apenas manter o alto nível de estudos de planejamento para mesclar a utilização das tecnologias mais econômicas, visando a modicidade tarifária com as tecnologias que garantem manter o risco de racionamento em níveis de segurança. Em relação à sustentabilidade de sua matriz, podemos comparar conforme a Figura 3.



Figura 3 - Capacidade instalada de geração elétrica renovável versus não-renovável

Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2030.

Neste gráfico, pode-se observar que a previsão de capacidade instalada de geração elétrica renovável tende a se manter elevada em relação à não renovável.

Já para a matriz energética, a tendência é de se manter equilibrada nos próximos 10 anos em relação à energia não renovável, devido à perspectiva de que a dependência do petróleo continua sendo o grande desafio para a descarbonização.

2.2 Balanço Energético Paraguuaio

O Paraguai, apesar de suas grandes usinas hidrelétricas, possui como principais fontes de seu balanço energético o petróleo e a biomassa. Segundo os dados estatísticos do balanço energético do Paraguai no ano base de 2018, em referência a sua matriz energética o país possuía uma oferta bruta de energia de 12.15 Mtep, produzidas.

Por sua vez, o país apresentou um consumo referente a 6.54 Mtep diferenciado pela sua matriz energética. Cerca de 3.71 Mtep do total da oferta de energia bruta se dá em exportação onde 97,9% através de eletricidade e 2,1% através de biomassa. Os valores referentes a perdas e stock é de 1.91 Mtep.

Devido às grandes usinas binacionais de Itaipu e Yaciretá, com potências instaladas muito superiores às demandas do país e voltadas inicialmente às grandes necessidades de energia de Brasil e Argentina, se tornou o maior exportador mundial de energia hidrelétrica.

Como o Paraguai não possui usina térmica ativa pela sua grande fartura de energia hidrelétrica, a demanda de derivados do petróleo é para o setor de transportes. Neste sentido, políticas de substituição dos combustíveis fósseis neste setor como o etanol, o biogás, o hidrogênio, os combustíveis sintéticos ou mesmo a eletrificação da frota, tornaria o país não só independente energeticamente como também economizaria os recursos da importação do petróleo.

A maior ameaça aos recursos energéticos do Paraguai está na sua biomassa, pois é utilizada em larga escala desde seus primórdios como carvão vegetal, tanto para alimentação quanto para pequenas indústrias.

Historicamente, a biomassa tem grande participação na matriz energética do Paraguai, representando em 2018 aproximadamente 45% de todo consumo energético do país. Segundo VMME (2019), em torno 30% dos lares paraguaios utilizam lenha ou carvão vegetal para cozinhar, sendo que o uso residencial representa 51% de todo consumo de lenha do país; da mesma forma, a indústria tem participação de 44% e as exportações de carvão 5% refletidas no consumo.

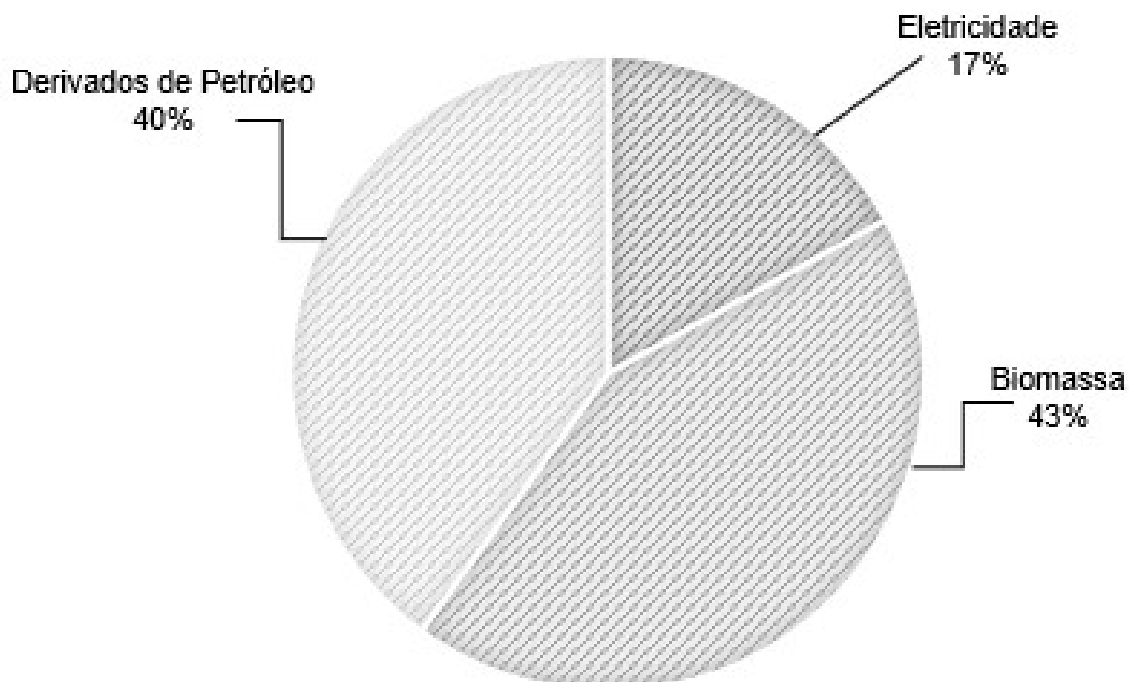


Figura 4 - Balanço Energético do Paraguai
Fonte: Balance Energético Nacional 2019.

2.3 Balanço Energético Argentino

O último balanço energético nacional disponibilizado pelo governo da Argentina realiza uma análise da série histórica e indicadores do país, de 1960-2018. Para a análises realizadas nesse trabalho cabe a avaliação da estrutura do setor de energia da Argentina no ano de 2018.

No balanço energético da Argentina, diferentemente aos balanços de Brasil e Paraguai, observa-se na estrutura de oferta de energia interna uma maior dependência do gás natural. Isso é resultado de sua abundância deste recurso, seguido do consumo de petróleo e seus derivados. Ainda, distinto dos outros dois países em análise pela menor participação da matriz, então os recursos hídricos, biomassa e nuclear. Esses dados são explicitados na Figura 5.

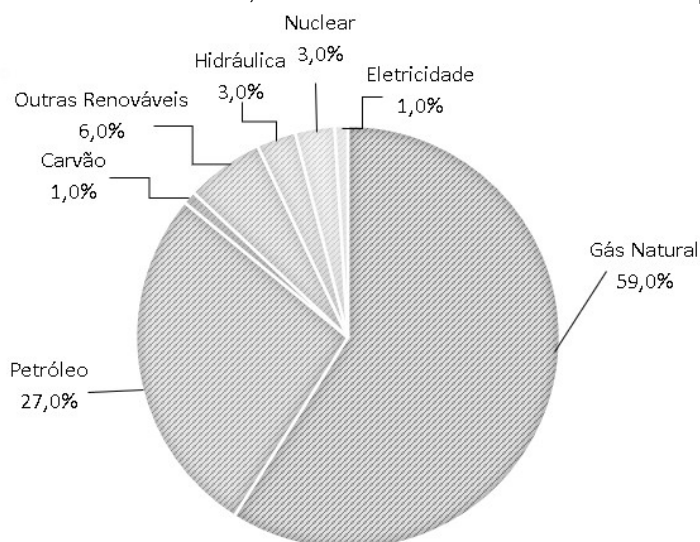


Figura 5 - Matriz de Oferta Interna Total, 2019
Fonte: Balance Energético Argentino, 2019.

Em análise à geração de energia elétrica pela matriz energética de geração Argentina, nota-se que a maior parcela foi gerada através de usinas térmicas que utilizam como fonte o gás natural, os derivados de petróleo e carvão, seguido como a segunda maior participação a geração através de hidrelétricas. Ao ano de 2018 a participação de energias renováveis da Argentina se distribuía da maneira como indica a Figura 6.

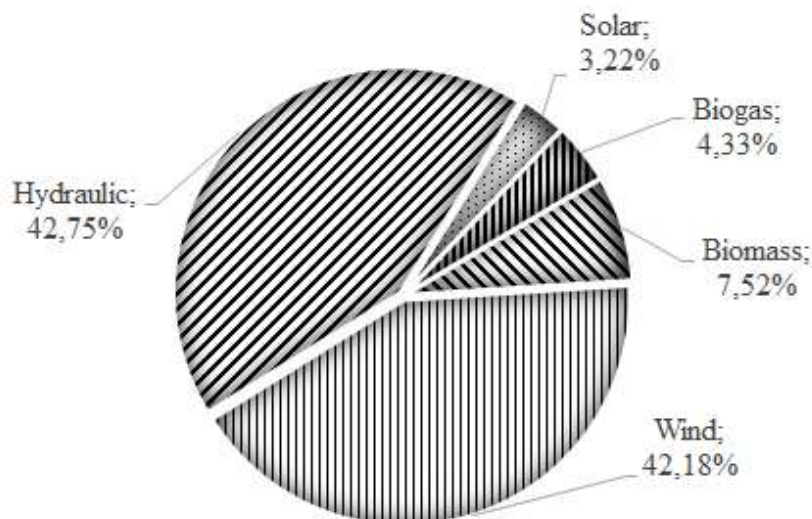


Figura 6 - Participação Renovável (GWh) em 2018, Argentina
Fonte: Adaptado do CAMMESA, Argentina.

2.3.1 Conclusões do Balanço Argentino

Em termos de energias renováveis, a Argentina precisa avançar para atingir suas metas de sustentabilidade. Isso vai requerer investimentos do governo federal, já que a política atual de estatização não favorece a investimentos privados. Atualmente junto ao FONARSE (Fundo Argentino Setorial), o país conta com projetos de implantação financiados voltados para os estudos nas fontes de energias renováveis a fim de atingir sua meta.

A Argentina possui boa diversidade de suas fontes energéticas. Eventuais crises de energia acontecem como consequência de crises econômicas que postergam investimentos e, portanto, aumentam o risco para o fornecimento, proporcionalmente ao ritmo de crescimento. No entanto, a atual crise gerada pela pandemia reduziu o consumo e, por consequência, os riscos a curto prazo.

3.0 COMPARATIVOS

Como Argentina e Brasil possuem fontes de energia mais diversificadas, um gráfico comparativo mostra um maior crescimento das fontes renováveis no Brasil, indicado pela Figura 7, e uma maior utilização do gás natural pela Argentina como mostra a Figura 8.

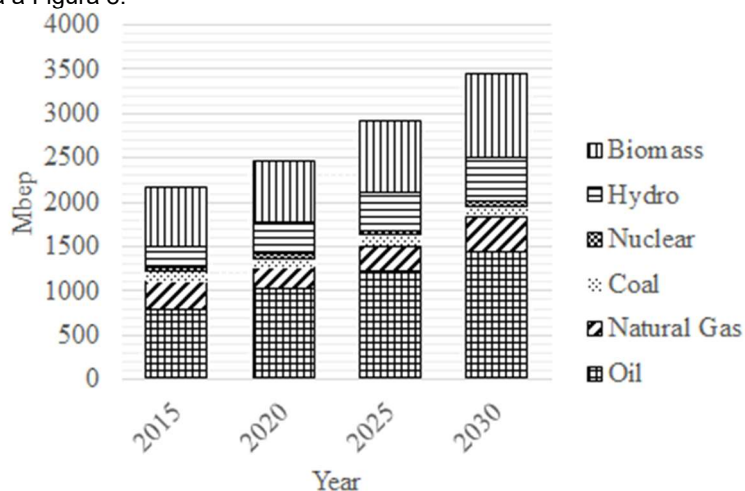


Figura 7 - Projeção energética brasileira ao longo do tempo
Fonte: Balanço Energético do Brasil, 2018.

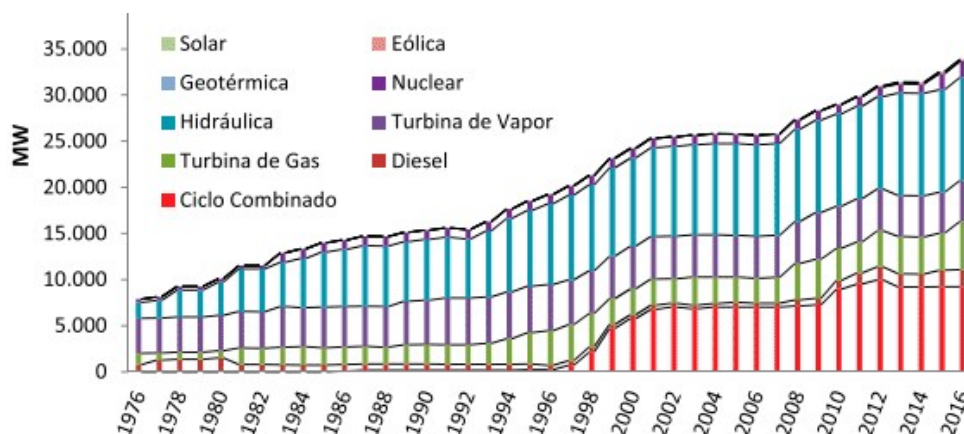


Figura 8 - Evolução da matriz elétrica da Argentina
Fonte: Revista de la CNEA Número 69/70

Já no caso do Paraguai, a dependência do petróleo e a alta utilização da biomassa em detrimento da grande oferta da hidroeletricidade se tornam evidentes na Figura 9.

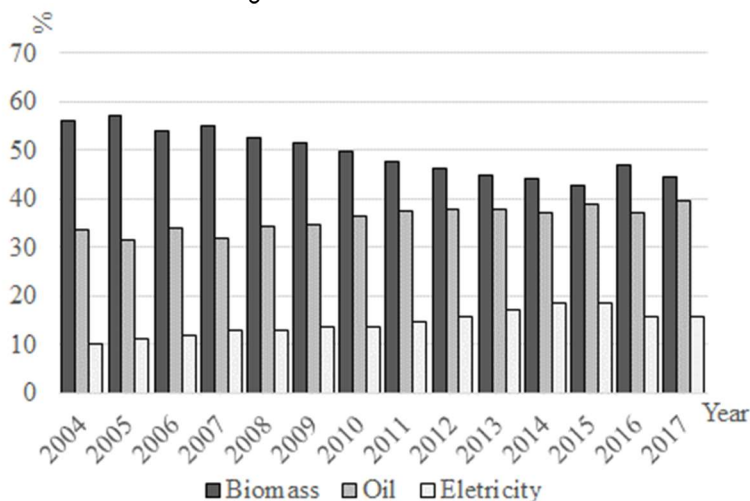


Figura 9 - Projeção energética paraguaia ao longo do tempo
Fonte: Balance Energético de Paraguay, 2018.

Também é possível verificar que, no caso de cenário otimista acima, o prazo para o país explorar novas formas de energia ficou muito curto para ser feito de forma otimizada e planejada. A Figura 10 indica a previsão de potência requerida para um cenário otimista.

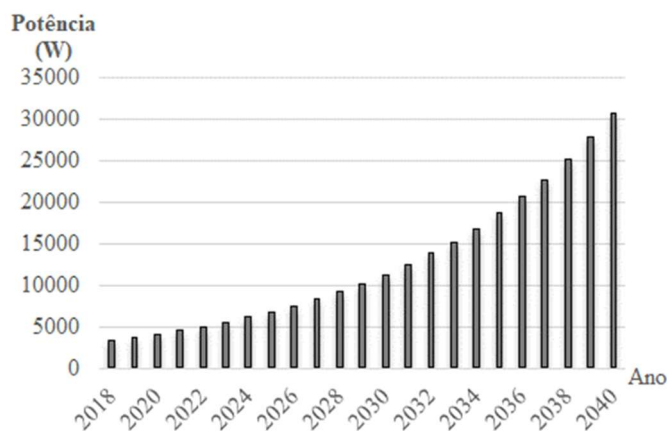


Figura 10 - Previsão de potência requerida no cenário otimista
Fonte: Adaptado através dos dados da ANDE: Plan Maestro de Generación.

4.0 INTERLIGAÇÕES ENERGÉTICAS

O Brasil, Paraguai e Argentina estão energeticamente interligados por meio de subestações específicas que visam a contabilização dos fluxos de energia entre os países. A Figura 11 permite observar as interligações energéticas do Brasil, e nota-se que os países de análise deste estudo se interligam por meio de acordos binacionais.



Figura 11 - Interligações internacionais de alta tensão
Fonte: CIER, 2013.

As integrações energéticas, que iniciaram na década de 70, visavam o aproveitamento do potencial hidrelétrico estabelecido pela geografia das regiões de fronteira. Essas empresas binacionais, desde o sua idealização, possuem políticas próprias acordadas previamente sobre o uso e venda de energia gerada. A Tabela apresenta os dados atuais do montante do processo de importação e importação por país.

Tabela 1 - Exportação e importação de eletricidade entre Argentina, Brasil e Paraguai

País	Exportação (TWh)	Importação (TWh)	Obsevação (TWh)
Argentina	0,001	9,735	Importação do Paraguai (8,461) e Brasil (0,003) Exportação para o Brasil (0,001)
Brasil	0,003	33,779	Importação do Paraguai (32,939) e Argentina (0,001) Exportação para a Argentina (0,003)
Paraguai	41,4	0	Exportação para a Argentina (8,641) e Brasil (32,939)

Fonte: CIER, 2013.

É notável que a maior parte da energia importada pelo Brasil e Argentina é proveniente do Paraguai, chegando a totalizar 97,5% e 86,9% dos montantes, respectivamente. Enquanto isso, o Paraguai não importa energia de nenhum país da América do Sul.

5.0 CONCLUSÕES

No caso da Argentina, as consecutivas crises econômicas prejudicaram os investimentos públicos, assim como a política estatizante inibiu os investimentos privados. No caso paraguaio, a abundância histórica de biomassa fez com que não houvesse uma preocupação com o colapso das matas nativas, causando um grande desflorestamento devida à ausência de leis ambientais e ao tardio e ainda insuficiente programa de reflorestamento.

No caso dos recursos hídricos que precisam de uma antecedência maior para a construção de hidrelétricas, o início necessário para a construção da usina binacional de Corpus na fronteira de Paraguai e Argentina já está em atraso em relação ao prazo necessário para entrada em funcionamento para suprir as futuras demandas dos 2 países.

Portanto, Paraguai e Argentina precisam melhorar o planejamento de longo prazo. A razão mais evidente desta falha pode ser o fato de ainda não terem sofrido uma grande crise energética. No caso do Brasil, a grande crise de racionamento de energia de 2001 fez com que fosse criada a Empresa de Planejamento Energético, solucionando o problema de planejamento a longo prazo para que sejam evitadas novas crises, reduzindo o risco.

Concluimos ainda, que existe a necessidade de melhoria no planejamento e no marco regulatório desses países, a fim de atrair investimentos e mitigar as crises políticas e econômicas comuns nesses países.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AGUERO, C. R. Projeção de Cenários: República do Paraguai. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2019.
- (2) ALBÁ, D. P. et al. Balance Energético Nacional – Série histórica - Indicadores. Buenos Aires: Secretaría de Gobierno de Energía, 2019.
- (3) ALVES, T. M. Interconexões e Intercâmbio de Energia Elétrica na América do Sul. FGV Energia, abril de 2019.
- (4) Balance Energético Nacional 2018 / Secretaría de Energía. – Buenos Aires: SE, 2018.
- (5) Balance Energético Nacional 2018 / Viceministerio de Minas y Energía. – Asunción: VMME, 2018.
- (6) Balanço Energético Nacional 2019: Ano base 2018 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2019.
- (7) CASTILLO, T. et al. Panorama Energético de América Latina y el Caribe. OLADE – Organización Latinoamericana de Energía. Ecuador, 2019.
- (8) CIER. Síntesis Informativa Energética de los Países de la CIER. Información del sector energético en países de América del Sur, América Central y El Caribe. Comisión de Integración Energética Regional, 2013. Disponível em <<https://cier.org>>.
- (9) EPE [Empresa de Pesquisa Energética] Balanço Energético Nacional (BEN) 2020. Ano base 2019, 2020. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em maio/2021.
- (10) EPE [Empresa de Pesquisa Energética] Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2030 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em <<https://www.epe.gov>>. Acesso em maio/2021.
- (11) ESPINASA, R. et al. Dossier Energético: Paraguay. Asunción: Banco Interamericano de desarrollo, 2017.
- (12) PINTO, R. T. S. Integração dos mercados de eletricidade da América do Sul por meio da comercialização de energia elétrica. Dissertação de Mestrado. Santo André, SP: Universidade Federal do ABC, 2017.
- (13) RIVEROS, R. South America beyond 2020. Asunción: SUPEHR'19, 2019.

7.0 DADOS BIOGRÁFICOS



(1) Mirian Luana Mayer é graduanda em engenharia elétrica na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, com ênfase em sistemas de potência, e com estágio na divisão de engenharia eletromecânica da usina hidrelétrica Itaipu Binacional.

(2) Marcelo Miguel é engenheiro sênior da Itaipu Binacional, graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, mestre em engenharia de produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, especialista em eficiência energética pela Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI e em gestão da

qualidade e produtividade pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.