



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE TEORIA ECONÔMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

FILIPPE CORREIA DE ALENCAR

**MATRIZ ELÉTRICA DO BRASIL E CEARÁ: ASPECTOS HISTÓRICOS E
REGULATÓRIOS**

FORTALEZA

2022

FILIPPE CORREIA DE ALENCAR

MATRIZ ELÉTRICA DO BRASIL E CEARÁ: ASPECTOS HISTÓRICOS E
REGULATÓRIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Ciências
Econômicas da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Antônio Kappes.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A353m Alencar, Filipe Correia de.

Matriz elétrica do Brasil e Ceará: aspectos históricos e regulatórios / Filipe Correia de Alencar. – 2022.
47 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Sylvio Antônio Kappes.

1. Matriz energética . 2. Política energética . 3. Fontes renováveis . 4. Regulação. I. Título.

CDD 330

FILIPPE CORREIA DE ALENCAR

MATRIZ ELÉTRICA DO BRASIL E CEARÁ: ASPECTOS HISTÓRICOS E
REGULATÓRIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Ciências
Econômicas da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Antônio Kappes.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sylvio Antônio Kappes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Jacqueline Franco Cavalcante
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Doutoranda Maria Analice dos Santos Sampaio
Universidade Federal do Ceará (UFC)

*A Deus,
Aos meus pais, Luciano e Maria de Jesus “Geo”,
A minha prima Isabel.*

AGRADECIMENTOS

À Deus que me trouxe até mais esse final de ciclo em minha vida, sempre ouvindo minhas orações e me dando forças para continuar, sem Ele tenho plena certeza de que não estaria realizando esse sonho.

À minha família, pelo apoio nas horas mais difíceis e por não deixarem de acreditar em mim.

Ao Prof. Dr. Sylvio Antônio Kappes, pela excelente orientação, dicas de livros, artigos e paciência ao longo deste semestre como orientador e semestre passado como professor de tópicos especiais em economia monetária.

Aos professores participantes da banca examinadora pela disponibilidade de tempo, pelas aulas sempre com entusiasmo.

RESUMO

Do ponto de vista da economia moderna o setor de energia é essencial. A ampliação da infraestrutura de produção demanda grandes investimentos. Com base na melhor experiência internacional, o governo participa estrategicamente no planejamento das atividades energéticas, que são implementadas em grande parte pela iniciativa privada. O problema de pesquisa proposto é observar a organização do setor elétrico e associar a institucionalidade com ganhos de produtividade com vista para sustentabilidade. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica e documental, em artigos da área de energia, bem como estudos técnicos de outras áreas além da economia, tendo em vista o caráter transdisciplinar do assunto abordado. O resultado encontrado foi que a matriz elétrica do Brasil e do Ceará, antes um monopólio estatal altamente verticalizado regulado por taxa de retorno, com as reformas da década de 90 se transformou em monopólio regulado desverticalizado com alta participação de empresas privadas regulado por preço limite. A matriz elétrica nacional com base hidrelétrica (65,2%), e a matriz do estado do Ceará em bases termoeólica (99%) com uma fronteira potencial grande para energias renováveis, principalmente energia solar/eólica.

Palavras-chave: Matriz energética, política energética, fontes renováveis, regulação.

ABSTRACT

From the point of view of the modern economy, the energy sector is essential. The expansion of production infrastructure demands large investments. Based on the best international experience, the government strategically participates in the planning of energy activities, which are largely implemented by the private firms. The proposed research problem is to observe the organization of the electricity sector and associate institutionality with productivity gains with a view to sustainability. The methodology used was bibliographic and documental research, in articles in the energy area, as well as technical studies from other areas besides economics, in view of the transdisciplinary nature of the subject addressed. The result found was that the electricity matrix of Brazil and Ceará, previously a highly integrated state monopoly regulated by a rate of return, with the reforms of the 90's became a outsourced regulated monopoly with high participation of private firms regulated by a price cap. The national electricity matrix based on hydroelectricity (65.4), and the matrix of the state of Ceará based on thermo-wind power (99%) with a large potential frontier for renewable energies, mainly solar and wind energy.

Keywords: Energy matrix, energy policy, renewable sources, regulation.

SIGLAS E ABREVIACÕES

ADECE	Agência de desenvolvimento do estado do Ceará
ANA	Agência nacional de águas
ANEEL	Agência nacional de energia elétrica
ANP	Agência nacional do petróleo
ARCE	Agência reguladora do Ceará
BID	Banco interamericano de desenvolvimento
BNDS	Banco nacional de desenvolvimento
CADE	Conselho administrativo de defesa econômica
CCEE	Câmara de comercialização de energia elétrica
CGH	Central geradora hidroelétrica
CHESF	Companhia hidrelétrica do São Francisco
CIPP	Complexo industrial do Porto do Pecém
CONAMA	Conselho nacional de águas
EPE	Empresa de pesquisa energética
IEA	International energy agency
IR	Indústria de rede
MDIC	Ministério de desenvolvimento industrial e comércio exterior
MME	Ministério de Minas e Energia
MS	Estado do Mato Grosso do Sul
MT	Estado do Mato Grosso
ONS	Operador nacional do sistema
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PCH	Pequena central hidroelétrica
PNE	Plano nacional de energia
SEDET	Secretaria do desenvolvimento econômico e trabalho
SEP	Sistema elétrico de potência
SIN	Sistema interligado nacional
SNIRH	Sistema nacional de informações de recursos hídricos
TEP	Toneladas equivalente em petróleo
UHE	Usina hidroelétrica
UTE	Central geradora termelétrica

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Figura 1	Estrutura básica do Sistema Elétrico de Potência	14
Figura 2	Sistema interligado nacional	16
Figura 3	Estrutura institucional do setor elétrico	17
Tabela 1	Evolução das fontes de consumo mundial 1900-2030	29
Gráfico 1	Matriz elétrica mundial 2021	31
Gráfico 2	Matriz elétrica do Brasil 2021	31
Figura 4	Infraestrutura elétrica brasileira	32
Tabela 2	Participação na geração de energia elétrica por fonte no Ceará	33
Figura 5	Disposição geográfica da geração eólica no Estado do Ceará 2017	35
Tabela 3	Importação do Estado do Ceará por países 2021	36
Figura 6	Disposição geográfica das principais termoeletricas do Estado do Ceará	37
Tabela 4	Tabela de impacto ambiental por fonte de geração elétrica 2017	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo	11
1.2	Justificativa	11
1.3	Estrutura do Trabalho	12
2	METODOLOGIA	13
3	ESTRUTURA DO SISTEMA.....	14
3.1	Estrutura física do sistema	14
3.1.1	Modelo brasileiro.....	15
3.1.2	Sistema interligado nacional.....	15
3.2	Estrutura institucional do sistema	17
3.2.1	ANEEL.....	18
3.2.2	ONS	18
3.2.3	EPE.....	19
3.2.4	CCEE.....	19
3.2.5	CMSE.....	19
3.2.6	Agências reguladores estaduais (ARCE).....	20
4	POLÍTICA ENERGÉTICA.....	21
4.1	Matriz de energia mundial	21
4.2	Eletricidade	22
4.3	Regulação	23
4.4	Monopólio	25
4.4.1	Formação de preços e regulação nos monopólios.....	25
4.5	Modelos de regulação.....	25
4.6	Reformas.....	27
5	MATRIZ ELÉTRICA.....	29
5.1	No mundo.....	29
5.2	No Brasil.....	29
6	MATRIZ ELÉTRICA DO CEARÁ.....	33

6.1	Base principal: usinas eólicas e térmicas.....	33
6.1.1	Termoceaná.....	34
6.1.2	Termofortaleza.....	35
6.1.3	Pécem I e II.....	35
6.2	Geração coadjuvante: usinas hidrelétricas, de ondas e solares.....	37
6.2.1	Hidrelétrica.....	37
6.2.2	Usina de energia das ondas	38
6.2.3	Energia Solar Fotovoltáica	38
6.3	Comparativo de impacto entre as diferentes fontes de geração elétrica	38
6.4	Novos projetos.....	40
6.4.1	Eólica offshore.....	41
6.4.2	Solar.....	41
6.4.3	Hidrelétrica.....	41
6.4.4	Gás natural.....	42
6.3.5	HUB de hidrogênio verde.....	42
7	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Energia se mostra essencial para o desenvolvimento econômico e social dos países. As formas de produção e organização social estão relacionados com as políticas governamentais de energia, que também são importantes para tomada de decisões dos agentes e nas estratégias empresariais. Para os economistas o tema energia se mostra difícil, devido em muitas situações, se mostrar necessário um conhecimento mais técnico sobre indústria energética. A economia da energia é considerada aplicada, de modo que tenta encontrar respostas dentre elas o tema do atual trabalho que vê na institucionalidade, uma forma de otimizar a produção de energia elétrica no país conjugando análise econômica com dimensões políticas e institucionais que abrangem o problema energético (BACELLAR, 2021).

Desde a revolução industrial que o mundo possui bases na disponibilidade de energia e seu desenvolvimento econômico depende diretamente dos recursos energéticos. Essas bases são as mais variadas e com o passar dos anos são descobertas novas bases mais viáveis com menores custos, outras com custos maiores e outras sustentáveis (ALMEIDA et al, 2016). A sustentabilidade vem se tornando tema em diversas reuniões entre as nações como tema de elevada importância tendo em vista doenças associadas com o efeito estufa, mudanças climáticas e degradação de biosistemas (COSTA, 2018). Alguns exemplos de fontes de energia renováveis são as energias solar, eólica, hidráulica, biomassa, geotérmica, hidrogênio verde etc. E as não-renováveis são petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear. (EPE, 2021)

Hoje no Brasil e no mundo as fontes de energia não-renováveis têm protagonismo entre as fontes de energia, sobretudo os derivados de petróleo representando 33,1 % e 31,1% da matriz de energia brasileira e mundial respectivamente. Podemos notar que a participação do petróleo na matriz de energia brasileira está bem próxima da média mundial. No caso da matriz elétrica, no Brasil, vemos outro cenário com ênfase na energia limpa vindo da hidroelétrica e biomassa representando 65,2% e 9,1% e avançando para as energias eólica e solar que já representam juntas mais de 10% da geração de energia elétrica do país (EPE, 2021).

Para Bacellar (2021) o setor de energia elétrica no Brasil é estratégico para o país, já que, se trata também da melhor alocação dos recursos naturais e regime de águas. Estratégico também do ponto de vista econômico já que essa indústria tem um enorme potencial de investimento em P&D e por meio de regulações de incentivo de política industrial pode-se extrair ganhos de produtividade e competitividade para o país.

De acordo com Krugman (1989), política industrial é vista como um esforço governamental em dar prioridade a investimentos para setores vistos como estratégicos para o crescimento econômico do país. Aumentar a competitividade e promover a melhor alocação de recursos.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo fazer um levantamento da matriz energética como fonte de potencialidades estratégicas para um país que almeja se desenvolver, seja através de políticas industriais de incentivo, regulação no setor para investimentos mínimos em P&D e inovação, seja pela fronteira ainda a ser explorada de potencial energético do Brasil.

Além disso, descrevemos as potencialidades e os desafios do estado do Ceará em alcançar padrões de sustentabilidade nacionais, tendo em vista a utilização de energia de fontes não-renováveis e emissoras de CO₂.

1.2 Justificativa

O presente trabalho se justifica pela necessidade de expor, de uma forma sistemática, tanto do ponto de vista geográfico quanto temporal a organização da matriz de energia. O conhecimento das características de cada uma das fontes e da experiência internacional de políticas nos diversos cenários econômicos permitem melhor planejamento para implementação de políticas que viabilizem a melhor alocação de recursos a partir do conhecimento de impactos ambientais, dificuldades de implementação, exploração e financiamento do setor elétrico.

1.3 Estrutura do Trabalho

A seção introdutória tem a tarefa de estabelecer a relação de crescimento econômico e consumo de energia elétrica. Descreve-se o comportamento atual de exploração das fontes e estratégias dos países para melhor alocar seus recursos, pelas políticas industriais. Na Seção 2, é apresentada a metodologia utilizada para realização deste trabalho. Na seção seguinte, é apresentado de forma simples a estrutura do setor elétrico no Brasil do ponto de vista físico e institucional. No capítulo 4 é mostrado alguns aspectos peculiares do setor elétrico, o motivo de operar em monopólio natural, porque deve ser regulado, as políticas de regulação, e depois as reformas de desregulação do setor elétrico implementadas na Inglaterra que influenciaram o resto do mundo posteriormente. Na seção seguinte vemos um pouco da história de como a exploração de combustíveis fósseis foi importante e até hoje o mundo é dependente desse tipo de fonte, comparamos a matriz elétrica do Brasil de como está hoje, com dados de 2021, com a matriz de energia do estado Ceará, que apesar de explorar o potencial eólico ainda é menos sustentável do que a matriz nacional. Na conclusão citamos as mudanças regulatórias pela qual o Brasil passou e a grande fronteira potencial que Ceará possui, em especial nas fontes eólica e solar.

2. METODOLOGIA

Realiza-se um levantamento de bibliografia ao redor do tema de sustentabilidade e setor elétrico mais voltado para o aspecto regional e regulatório, buscando abranger termos da economia e ampliar a visão sobre o sistema elétrico do país.

O levantamento bibliográfico foi realizado através de pesquisas em plataformas acadêmicas como Scielo e CAPES periódicos com buscas para “matriz energética do Ceará”. Utilizou-se também o material do grupo de estudos do setor elétrico (GESEL) vinculado à UFRJ onde foram encontrados mais artigos abrangendo a matriz de energia brasileira, e o livro Economia da Energia que deu sólida base para o trabalho.

Posteriormente, foram realizadas buscas para o tema “nova economia institucional” com finalidade de enriquecer o trabalho associando o aspecto peculiar do setor elétrico de monopólio natural com a regulação.

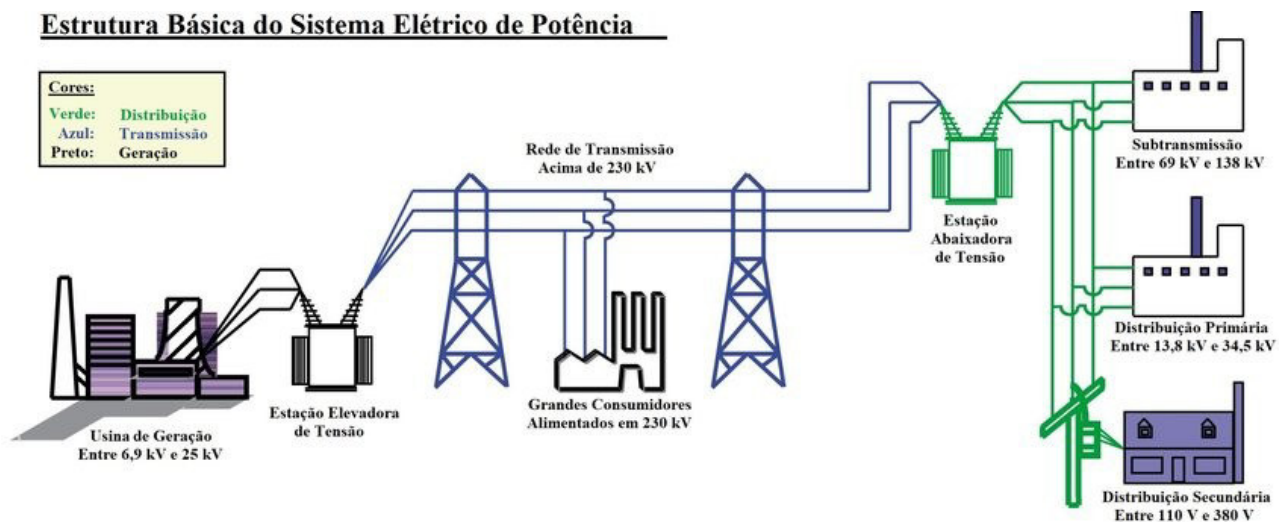
3. ESTRUTURA DO SISTEMA ELÉTRICO

3.1 Estrutura física do sistema

As centrais geradoras – hidráulica, eólica e térmica - produzem energia em baixa tensão e enviam para transformadores que elevam a tensão a fim de percorrerem grandes distâncias nas linhas de transmissão. Ao chegar próximo o destino final a energia chega a transformadores que baixam a tensão para a etapa de distribuição que se divide em consumidores primários e secundários. Os consumidores primários são os consumidores que exigem maior tensão de rede como comércios e indústrias, já os secundários são em geral as residências, conhecidos também como consumidores “cativos”.

O conjunto de geração, transmissão, e distribuição de energia forma o sistema elétrico de potência (SEP).

Figura 1 – Estrutura Básica do SEP



Fonte: CUNHA (2011)

3.1.1 Modelo brasileiro

De acordo com Almeida (2016) o modelo brasileiro até 1973 foi o de monopólio estatal verticalizado regulado por tarifas por custo de serviço, esse modelo foi o pilar do sucesso da expansão da indústria elétrica do Brasil. O desafio atualmente é atrair investimentos para alavancagem do setor face a demanda crescente. Frente a isso temos algumas dificuldades por exemplo a dimensão territorial que demandam elevados investimentos em transmissão.

A estrutura industrial é constituída por empresas concessionárias de serviço público de energia elétrica, que podem ser agrupadas em três categorias:

- Supridoras regionais: subsidiárias da Eletrobrás que operam usinas geradoras de grande porte de acordo com a área. Entre elas destacamos: CHESF no nordeste, FURNAS para o sudeste e parte do centro-oeste, ELETROSUL para o sul e parte do MS, ELETRONORTE para a região norte parte do MT e Maranhão.
- Concessionárias verticalizadas: Essas empresas produzem, transmitem e distribuem. Alguns exemplos são CEMIG, COPEL, CEEE e etc.
- Empresas distribuidoras: Voltadas aos consumidores finais, embora algumas possuam usinas geradoras. Fazem parte as concessionárias públicas e privadas.

O mercado elétrico é dividido em regiões (Norte, Nordeste, Sudeste / Centro-oeste, Sul) pelas grandes supridoras e são operadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS).

3.1.2 Sistema interligado nacional – SIN

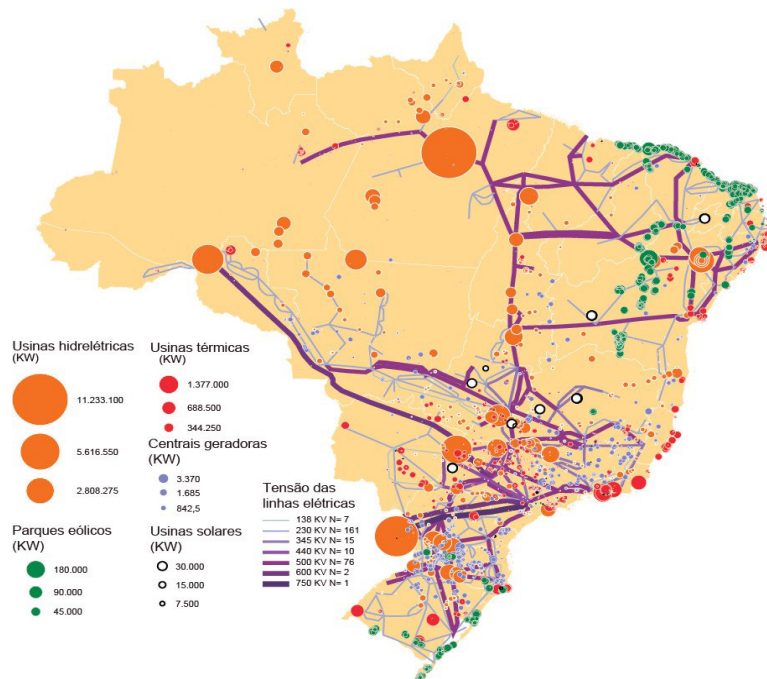
Criado em 1996 o SIN é a parte físico-estrutural do sistema de energia elétrico brasileiro, a parte de equipamentos e linhas de transmissão conectados entre si, sendo composto por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/centro-oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. Tem predominância de usinas hidrelétricas com múltiplos proprietários, além destas fazem parte do sistema usinas eólicas e térmicas (ALMEIDA et al, 2016). O sistema é considerado hidrotérmico com predominância de hidroelétricas. O objetivo principal é aproveitar ao máximo a produção de energia do país através da comunicação entre as geradoras, alcançando áreas mais distantes. Um exemplo dessa alta integração é a notícia de

janeiro 2022 em que o Operador Nacional do Sistema (ONS) recomendou a redução na produção de energia de termelétricas – inclusive Pecem 1 e Termoceará – devido elevada produção das hidrelétricas, sobretudo na Usina Hidrelétrica (UHE) binacional Itaipú (VENTURA, 2022).

A integração do sistema pela malha de transmissão permite a obtenção de várias vantagens, entre elas, melhor exploração dos recursos naturais disponíveis, explora a diversidade desses recursos, ganhos sinérgicos etc... Atende ao mercado com segurança e economicidade (ONS, 2022).

A rede hidrelétrica está distribuída em dezesseis bacias hidrográficas pelo país. Mas também com participação de usinas eólicas se expandindo distribuídas pelo litoral, sobretudo na região Nordeste e algumas no Sul, aumentando a capacidade total e a relevância desse tipo de energia no cenário brasileiro. As usinas térmicas se localizam próximas a grandes centros consumidores e de acordo com o posicionamento e gerenciamento da disponibilidade dos estoques e de fornecimento de energia da matriz principal que é a hidráulica, atendendo grandes centros de carga e trazendo confiabilidade para o SIN. Ver figura 2.

Figura 2: Sistema Interligado Nacional (SIN)



Fonte: Atlas do Brasil, 2017. Extraído de HERVÉ, Théry. Revista Franco-Brasileira de Geografia.

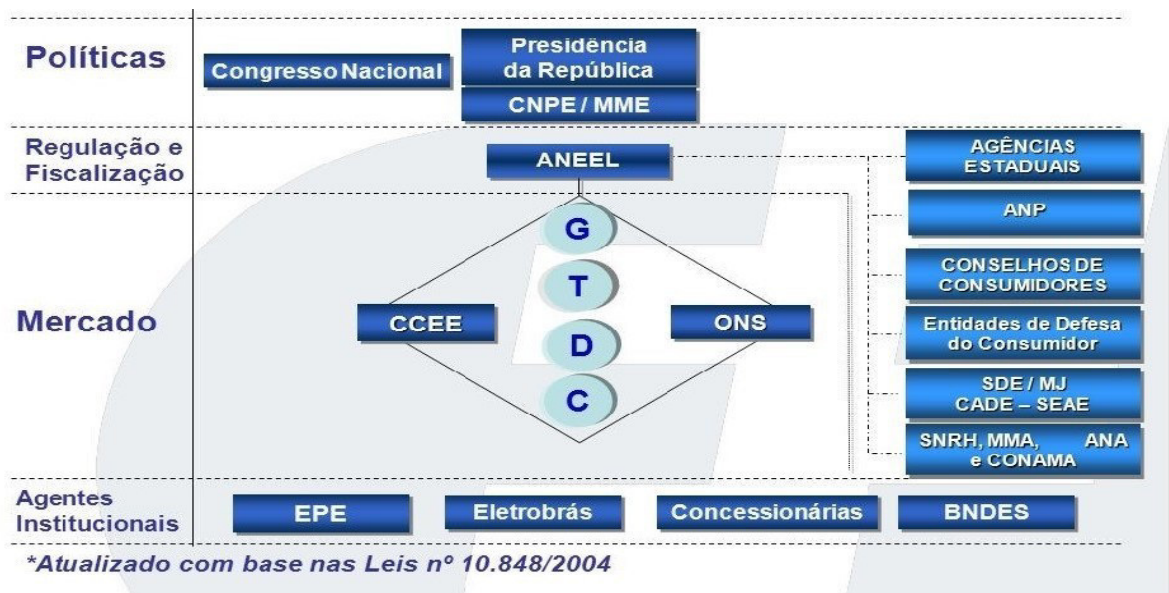
3.2 Estrutura institucional do sistema

O setor elétrico no Brasil passou por reformas institucionais recentes, ocorridas entre 1995 e 2004. Essas reformas nos levaram a atual estrutura de funcionamento do setor, idealizada no equilíbrio institucional entre agentes de governo, agentes públicos e privados.

Em 1992 foi criado pela segunda vez o Ministério de Minas e Energia (MME) que havia sido extinto 1990, quando sua pasta foi passada para o Ministério da Agricultura. Os assuntos que trata o MME são geologia, recursos minerais, metalurgia, petróleo e energia (CUNHA, 2011).

A partir dos anos 90 há essa característica de mudança institucional através da criação de novos mecanismos regulatórios que possibilitam ter uma maior entrada de agentes como podemos ver algumas classificações na figura a seguir. Importante lembrar que desregulamentação não significa ausência de regulamentação ou ausência de estado, mas uma maior clareza nas regras de modo a promover a entrada de novos agentes com fim de viabilizar mais concorrência e eficiência no mercado de energia elétrica (ALMEIDA et al, 2016).

Figura 3: Estrutura institucional do setor elétrico.



Fonte: CUNHA (2011)

Em 2004 as leis 10847 e 10848 alteraram o setor elétrico com criação da empresa de pesquisa energética (EPE) e a câmara de comercialização de energia elétrica (CCEE) e deu outras providências sobre o setor de energia. Os princípios que nortearam o modelo de 2004 foram: a segurança energética, a modicidade tarifária e a universalização do atendimento.

3.2.1 ANEEL

Em 1996 é criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) com a função de regular e fiscalizar a geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica de acordo com os princípios da administração federal, contribuindo para desenvolvimento do mercado de energia elétrica e para otimizar a relação entre agentes e sociedade (ANEEL, 2022).

No Brasil, é a responsável por fazer a regulação do mercado de energia elétrica. Cabe à agência regulamentar diretrizes do governo quanto à utilização e exploração dos agentes, bem como normas de segurança, viabilidade econômica e ambiental, qualidade de atendimento e através desses esforços promover o uso eficaz e eficiente de energia proporcionando também condições de livre concorrência de mercado. Existem três tipos de regulação praticadas pela agência são elas: Regulação técnica de padrões de serviços (geração, transmissão, distribuição, comercialização), Regulação econômica (tarifas e mercado) e Regulação de projetos (P&D e eficiência energética).

3.2.2 ONS

Criado em 1998 e regulamentado pelo marco de 2004 o operador nacional do sistema é o órgão responsável pela coordenação e controle de operações de geração e transmissão do SIN e planejamento de operações das macro regiões em que o Brasil se encontra subdividido. Está sob fiscalização e regulação da ANEEL.

3.2.3 EPE

Criada pela lei 10847/2004, a empresa de pesquisa energética subordinada diretamente ao MME presta serviços na área de estudos e pesquisas que servem para planejamento do setor de energia. Desenvolve estudos de impacto social, viabilidade técnico-econômica para empreendimentos de energia, efetua acompanhamento na execução de projetos. Habilitação técnica, cadastramento de empreendimentos que podem ser incluídos nos leilões de energia. Calcula o custo marginal de referência para base durante os leilões de compra (ALMEIDA et al, 2016).

3.2.4 CCEE

Criada pela lei 10848/2004, a câmara de comercialização de energia elétrica (CCEE) viabiliza a comercialização da energia elétrica do SIN. Possui as seguintes atribuições: promove leilões de compra e venda desde que solicitados pela aneel, mantém registros dos contratos de compra e venda de energia, mediação e registro de dados referentes a compra e venda e outros dados inerentes, apura preço de liquidação de diferenças de curto prazo, efetua contabilidade do montante de energia comercializado, apura descumprimento de contrato e infrações, e por delegação da ANEEL nos termos pode aplicar penalidades.

3.2.5 CMSE

O Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico foi criado pela lei 10848/2004 acompanha e avalia continuamente os estoques para segurança do abastecimento de energia em todo território do Brasil. Acompanha também atividades de geração e transmissão, avalia condições de abastecimento de reservatórios, identifica dificuldades de caráter técnico. Acompanha o desenvolvimento das atividades de comercialização, importação e exportação de energia elétrica, gás natural, petróleo e seus derivados. Elabora propostas de ajustes, ações preventivas ou saneadoras decorrentes de observações do setor elétrico, visando a manutenção, segurança, atendimento e abastecimento do sistema.

3.2.6 Agências reguladoras estaduais (ARCE)

As agências reguladoras estaduais são autarquias com autonomia administrativa e financeira, foram criadas para regular os serviços públicos realizados por empresas privadas por concessão. (FERREIRA, 1999)

ARCE foi criada pela lei Nº 12786/97, uma autarquia vinculada a procuradoria do estado, funciona como intermediadora entre Poder concedente, concessionário e usuários, atuando por meio de convênios firmados com a aneel, descentralizando a fiscalização e regulação do setor elétrico.

O poder concedente de serviços de energia elétrica é a União, por meio da instituição reguladora ANEEL. Através do decreto 2335 de 1997 transfere competência para agências reguladoras estaduais atuarem sob supervisão e controle da ANEEL. (ARCE, 2022).

As agências estaduais tornam a regulação do serviço de energia mais próxima e transparente possível. No Ceará a ARCE tem atribuições para fiscalização técnica, operacional e comercial, após Convênio de Cooperação nº 014/2010 passou a fiscalizar serviços de geração. (ARCE, 2022)

A ARCE atua no aspecto de qualidade do produto e serviço prestado ao consumidor. Atividades de planejamento, operação e manutenção dos sistemas da ENEL. São fiscalizadas também o âmbito comercial: arrecadação, faturamento e atendimento. O objetivo é elevar a qualidade do serviço prestado, garantindo a satisfação dos usuários.

A regulação de tarifa realizada pela ARCE é baseada no contrato de concessão de distribuição Nº01/98 ANEEL, com influência do modelo price cap.(FERREIRA, 1999).

O capítulo mostra que com o aumento da complexidade do sistema causada pela entrada de novos agentes e as imperfeições de mercado demandaram a introdução de agências reguladoras que viabilizassem o melhor ambiente institucional para governo, concessionários e consumidores.

O novo modelo institucional que vem se desenhando desde 1992 e ganha força de lei com o marco regulatório de 2004, buscou sobretudo implementar novos mecanismos de coordenação no mercado elétrico brasileiro (ALMEIDA, 2016).

4. POLÍTICA ENERGÉTICA

A agenda política dos países de forma esquematizada se articula em torno de segurança do abastecimento de energia e do uso racional e eficiente dos recursos naturais. Para esse objetivo o governo possui as seguintes ferramentas que são: políticas de tributação das fontes de energia, política de preços, subsídios e incentivos. Essas ferramentas permitem a promoção de exploração de certas fontes de energia em detrimento de outras. Os critérios podem ser os mais variados, hoje em dia se tem discutido, sobretudo a sustentabilidade, fonte de energia limpa e/ou renovável (ALMEIDA et al, 2016).

Uma fonte de energia pode ser limpa sem ser renovável como no caso da matriz nuclear que ao “quebrar” o átomo de Urânio produz plutônio ao invés carbono, porém o Urânio é finito na natureza logo se classifica como energia limpa não-renovável (ALMEIDA et al, 2016)

Um critério fortemente adotado para promover a exploração de fontes energéticas no estado do Ceará de acordo com novos projetos previstos, que veremos mais a frente, é de maior potencial da fonte de energia sustentável, associado a parcerias privadas, e associado a Hubs que permitirão melhora logística do setor por exemplo o Complexo industrial do Porto do Pecém (CIPP).

De acordo com MARTIN (1992) mesmo os países mais liberais fazem política de energia de acordo com suas características físicas, culturais e posição internacional, para melhor alocar recursos, investem em determinadas matrizes em detrimento de outras como no caso da França que investiu pesadamente em energia nuclear e Japão que deslocou suas indústrias intensivas em energia para outros países.

4.1 Matriz de energia mundial

Segundo dados de 2019 da IEA as energias não-renováveis têm protagonismo e podem até ampliarem a utilização, como no caso do carvão mineral (ALMEIDA et al, 2016). Atualmente 27% da energia gerada no mundo provém do carvão mineral, 23% gás natural e 31% petróleo e derivados (EPE, 2021).

O petróleo tem o protagonismo graças aos motores de combustão interna, ou seja, os automóveis, barcos, aviões, trens, caminhões, carros e motocicletas que são movidas a petróleo e seus derivados. O restante da matriz de energia grande parte é utilizado para ser transformado com fins de geração elétrica.

4.2 Eletricidade / características

A principal característica do produto eletricidade é a de não estocabilidade e a principal características dos processos é a de alta interdependência entre eles temporal e espacial. Essas características influenciam nas formas de organização industrial para a comercialização da eletricidade Para gerenciar essas características é necessário que o operador possua as seguintes informações: previsibilidade da demanda e sobrecapacidade planejada. Isso somado aos longos prazos de maturação dos investimentos levam os operadores a buscar confiabilidade e segurança levando a ser montada uma estrutura industrial verticalizada que opera em regime monopólio (ALMEIDA et al, 2016).

A estrutura industrial de energia é identificada pelas seguintes características temporais e físicas. As temporais são simultaneidade, instantaneidade, intensidade, regularidade e duração. As espaciais são: integridade, densidade, homogeneidade e extensão.

Simultaneidade e instantaneidade são princípios, o primeiro afirma que o processo que gera e o processo que consome ambos ocorrem de forma simultânea, não podendo ocorrer de outra forma. O segundo princípio caracteriza a relação de efeito, qualquer evento gera consequência instantânea no outro e vice-versa.

Intensidade, regularidade e duração são características temporais. Intensidade do fluxo elétrico entre geração e consumo, regularidade de forma simples é a intensidade no tempo e a duração é continuidade dos dois processos anteriores.

Integridade é a conexão física para que o processo de geração e consumo possa ocorrer. Densidade é a quantidade de energia envolvida nos dois processos por unidade de área. Homogeneidade está relacionado com a regularidade espacial, intensidade do fluxo elétrico nos processos de geração e consumo. Extensão é a distância física percorrida pelo fluxo elétrico.

A indústria elétrica, pelas características já mencionadas, serviço de utilidade pública com alta verticalização, interdependência das etapas e importância estratégica para o desenvolvimento econômico dos países justifica a necessidade de regulação estatal no segmento.

4.3 Regulação

Apesar das institucionalidades e legislações dos países serem as mais diversas, existem dois modelos, que podemos destacar, de regulação para indústrias de rede. O modelo norte-americano que tem como principal ideia a defesa do interesse público e controle dos monopólios privados das indústrias de rede por meio do arcabouço jurídico institucional, ¹common law e legislações antitruste. A legislação antitruste tem o objetivo de supervisionar a concentração de mercado, buscando proteger o consumidor dos monopólios, no caso, dos que operam em indústrias de rede (ALMEIDA et al, 2016).

No modelo americano, as empresas que operam no mercado de indústrias de rede (IR) de utilidade pública são em maior parte privadas, elas operam com rendimentos crescentes e externalidades positivas, que do ponto de vista econômico, justificam operarem em monopólio natural e com alta verticalização do mercado. Então o estado entra apenas como mediador de conflitos que surgirem do embate de interesses individuais, entre os agentes, consumidores e fornecedores de energia.

Na Europa no período pós-guerra o Estado, na maioria dos países, entrou como financiador, operador e gestor da infraestrutura econômica. O modelo de infraestrutura europeu se caracterizou por grandes empresas estatais que atuavam em monopólios territoriais com forte verticalização. Os investimentos em empresas estatais no setor de infraestrutura de utilidade pública na data foram responsáveis por alavancar o crescimento e realocar recursos de forma a proteger o interesse coletivo.

¹Common Law é um sistema de Direito cujas normas e regras não estão escritas, mas aplicadas pelo costume ou pela jurisprudência. Essa forma jurídica tem origem no sistema Anglo Saxão que toma por base comportamentos e tradições contemporâneos. Até hoje esse modelo é presente na Inglaterra e locais colonizados por ela. Difere do direito romano germânico que para executar uma sentença faz necessário estar escrito em lei e não através de precedentes.

Como o Estado possui decisão das diretrizes das empresas por meio da centralização das esferas de decisão, justifica-se a quase inexistência de agências reguladoras, diferente dos EUA.

Esse modelo foi amplamente adotado por países em desenvolvimento pelas seguintes razões: a infraestrutura como um vetor de transformação estrutural (industrialização), setor com forte presença de externalidades positivas para economia geral e o modelo de financiamento, dado que os países não tinham capital interno, poupança interna para investir, precisavam de investimento externo o qual não veio por razões de risco e incerteza, restou ao estado o papel central de financiador, operador, gestor da indústrias de infraestrutura pública na Europa. Principalmente as condições de financiamento induziram esses países a adotarem esse modelo.

Desse modo constitui-se a diferença entre os modelos implementados é de que nos Estados Unidos as empresas atuantes no setor eram em sua maioria de capital privado, tendo o Estado que atuar como mediador de possíveis abusos. Já na Europa as IR de utilidade pública eram estatais e tinham diretrizes voltadas ao interesse coletivo.

No modelo norte americano de Estado regulador existe a possibilidade da regulação agir de forma benevolente com a firma regulada sendo “capturada” por interesses privados. Stigler, Peltzman e Becker deram importante centralidade ao estudo da teoria da captura em que implica a agência reguladora agir com viés para benefício de uma parte em detrimento da outra, sendo capturada por interesses privados. Pode intervir no equilíbrio de interesses entre as partes, ou interferindo para benefício de um dos lados (FERREIRA, 1999).

No Brasil vem ocorrendo uma transição desde 1990, em que indústrias de rede estão mudando a natureza do capital de público para privado. A transferência desses ativos do estado para o setor privado não altera a natureza do serviço público (ALMEIDA et al, 2016).

4.4 Monopólio

As indústrias elétricas como visto anteriormente operam em monopólio e se beneficiam de economias de escala e de escopo. Vender um produto essencial, de favorável localização, difícil estocagem, economias de escala e obrigatoriedade do fornecimento são características da indústria elétrica e portanto operam nesse padrão. Dizemos economia de escala quando os custos médios se comportam de forma decrescente ao aumentar a quantidade produzida, custos unitários menores para produção maior. Dizemos economia de escopo quando existe a redução dos custos médios com a diversificação da produção. A estrutura de custos é determinante para definir a estrutura de mercado sob o qual a empresa vai operar. No caso dos custos de produção da indústria elétrica, são menores se levada por apenas uma empresa em detrimento de outras, chama-se então monopólio “natural”.

4.4.1 Formação de preços e regulação nos monopólios

De acordo com a literatura quando há um regime de monopólio o poder público deve atuar para que não haja apropriação de lucros extraordinários pela empresa monopolista. Dessa forma, os princípios básicos de regulação das IR são: correções de imperfeições de mercado, incentivo à eficiência, garantia da qualidade aceitável do serviço e manutenção do equilíbrio financeiro da concessão. Esses princípios estão associados ao principal instrumento de regulação que é a formação de tarifa. Ao se utilizar de ferramentas de controle o estado pode minimizar a perda de bem-estar gerada ao consumidor final causada pelo monopólio.

4.5 Modelos de regulação de tarifas em monopólios

Até 1980 eram utilizados geralmente na indústria elétrica dois modelos a tarifação a custo de serviço e a custo marginal. Com vista a experiência internacional se difundiu a regulação por incentivos e regulação *price cap*.

A tarifação a custo de serviço ou regulação pela taxa de retorno funciona similar a um investimento financeiro onde é estipulada uma taxa de remuneração do capital. É fixada uma taxa considerada “justa” pelo regulador, ou seja, as receitas devem cobrir as despesas de transporte, custos operacionais e manutenção, administrativos, impostos e taxas e de capital

imobilizado na construção da infraestrutura. As tarifas são calculadas nessa taxa, com nível de consumo estimado.

Esse modelo demanda estabilidade e previsibilidade de oferta (custos) e demanda, quando estes não variam em um espaço curto de tempo. Ele foi adotado no período pós-guerra até o choque do petróleo em 1973.

A racionalidade desse modelo é encontrada na exploração de economias de escala e um dos problemas desse modelo é a taxa de remuneração ter que ser elevada, gerando impacto nas tarifas, para que a empresa regulada possa operar frente ao custo de oportunidade de investir o capital em outro negócio. Caso a taxa seja inferior ao custo de oportunidade ela é induzida a sobreinvestir gerando má alocação de recursos. Esse trade off da taxa de retorno regulada é chamado efeito Averch Johnson (ALMEIDA et al, 2016). Outro problema desse modelo consiste em assimetria de informação por parte do regulador de conhecer a estrutura de custos da firma, diminuindo sua capacidade de tomada de decisão.

O método taxa de retorno tem a desvantagem de não incentivo para diminuição de custos e melhora de eficiência, pelo contrário beneficia com matriz de custos elevada. Por causa disso, foi necessário implementar novos modelos (FERREIRA, 1999).

Para buscar trazer o monopólio para um mercado de concorrência perfeita artificialmente seria igualando os preços aos custos marginais. Esse tipo de regulação a custos marginais ou *second best* de forma simples estipula um valor razoável para lucros e reservas de emergência e desvincula, podendo incidir a taxa de forma setorial, diferente do anterior que o total de capital estava associado a uma taxa s . A dificuldade do regulador nesse modelo é prever a demanda e minimizar perdas de excedente devido a variação dos custos marginais (ALMEIDA et al, 2016).

Um dos principais desafios encontrados pelos reguladores é a assimetria de informação. As restrições informacionais e administrativas sobre a firma regulada pode levar a riscos de seleção adversa e risco moral. A seleção adversa acontece quando o regulador tem conhecimento de menos variáveis que a firma regulada, o que pode atrapalhar ações efetivas de resultado. O risco moral acontece quando a firma regulada “maquia” variáveis com a finalidade de ganhos.

No decorrer do tempo se percebeu que muitos problemas eram gerados na regulação devido a assimetria de informação entre o regulador e as empresas. Uma alternativa a isso é a regulação *price cap*, preço limite ou preço teto. Essa abordagem é uma das principais frente ao modelo de taxa de retorno ROR (Rate of return). Foi proposto pelo professor Stephen Littlechild em 1983 e implementado no Reino Unido em setores de infraestrutura, com destaque para telecomunicações (British Telecom). Esse modelo baseia-se na fixação de um preço teto, também conhecido como modelo Retail Price Index (RPI-X), que fixa um preço limite com base no índice de preços do varejo (inflação) e deduz um fator X de ganhos de produtividade e eficiência. O preço é ajustado conforme período determinado e pode ainda ser somado um fator Z de efeitos exógenos (FERREIRA, 1999). A principal diferença desse modelo é a desvinculação de custos a preço. A empresa pode buscar uma redução dos seus custos para auferir lucros. O que já reduz o problema de assimetria de informação, mas pode gerar uma redução na qualidade dos serviços. Nesse ponto o poder público entra “pelo outro lado” regulando a qualidade dos serviços. A regulação de *price cap* tem o incentivo de busca pela eficiência com a apropriação de parte dos lucros ocasionada pela redução dos custos (FERREIRA, 1999)

Em resumo a regulação por taxa de retorno estipula uma taxa pré-fixada, de modo a rentabilizar a base de capital, sendo o mais conhecido. O *Price cap* define limites para aumento dos preços de acordo com a inflação e produtividade e a regulação por incentivos permite lucros conforme o regulador definir em linha com a estratégia de política energética.

Essas regras apresentam vantagens e desvantagens e não se tem consenso sobre qual é a melhor. Em todas elas incidem, de uma forma ou outra, a assimetria de informação (ALMEIDA et al, 2016)..

4.6 Reformas

Na Inglaterra foram implementadas reformas substanciais durante a administração de Margareth Thatcher que influenciaram o processo de reestruturação das indústrias de rede (IR) de outros países. A base da implementação era a premissa de que a falta de concorrência e a má gestão das empresas estatais geravam ineficiência no mercado de energia elétrica. Alguns traços das reformas foram: desverticalização da cadeia produtiva, introdução de

concorrência, abertura da rede a terceiros, criação de órgão para gerenciamento da eletricidade, privatização e novos mecanismos reguladores (ALMEIDA et al, 2016).

A tarefa de regulação hoje requer ferramentas de regulação que incidam simultaneamente nos segmentos das indústrias em que há concorrência e nos que ainda são monopólios naturais. Novos órgãos de regulação setorial foram desenvolvidos. Algumas das suas atribuições são: supervisionar poder de mercado, organizar entrada de novos operadores, arbitrar conflitos, estimular eficiência e inovação, zelar pelo interesse dos consumidores. Introduzir a concorrência no mercado de eletricidade dando acesso a rede gera a quebra da verticalização, da integração histórica entre geração e transmissão (ALMEIDA et al, 2016).

Um mercado de concorrência, para Possas, Fagundes e Pondé (1998), de livre entrada e saída, precisa não haver ²sunk costs, ter a tecnologia acessível a todos e não haver retaliações para novos entrantes.

²Sunk costs é o termo usado na economia para os custos irre recuperáveis, por exemplo a instalação de longas linhas de transmissão como no caso brasileiro. Se esses custos fossem ser recuperados inviabilizaria a modicidade tarifária da energia.

5. MATRIZ DE ENERGIA E ELÉTRICA

5.1 Energia no mundo

Até metade do século XX a fonte de energia predominante era o carvão e a partir da segunda metade torna-se o petróleo a principal fonte de energia. Apesar de substituído como principal fonte de energia ainda possui grande relevância nos dias atuais de acordo com dados de 2016, e segundo as estimativas da IEA (ver tabela 1), pode até passar novamente o petróleo nos próximos anos, sobretudo pelo aumento da exploração de outras fontes em substituição ao petróleo (ALMEIDA et al, 2016).

Tabela 1: Evolução das fontes de consumo mundial (em milhões de tep)

	1900	1950	1973	1989	2000	2011	2020	2035
Carvão	506	947	1.538	2.405	2.357	3.773	4.483	5.435
Petróleo	20	504	2.755	3.095	3.664	4.108	4.546	5.094
Gás	7	153	961	1.508	2.073	2.787	3.335	4.369
Eletricidade Primária	3	76	338	901	901	974	1.245	1.491
Biomassa	429	419	589	868	1.016	1.300	1.472	1.729
Total	965	2.099	6.181	8.777	10.071	13.070	15.359	18.646

Fonte: ALMEIDA et al (2016) a partir 2020 projeção IEA (2013).

5.2 Elétrica no Brasil

No Brasil, desde o início do século XX, já se tinha a visão da fronteira potencial hidrelétrica a ser explorado, por isso podemos observar desde o período citado, o investimento nessa fonte de energia no Brasil. Mais de 120 anos de geração e estima-se que o país explora apenas 26% do potencial hidráulico (PEREIRA, 2015).

Primeiras hidrelétricas surgem no estado de Minas Gerais no início do século, criação da CHESF em 1945, criação de FURNAS em 1957, grandes concessionárias subsidiárias da Eletrobrás, criação em 1952 do BNDES como um das colunas de financiamento para o setor de infraestrutura, que até os dias atuais financia projetos privados como no caso das UTEs do CIPP (PEREIRA, 2015).

Em 1974 se inicia a obra da UHE binacional de Itaipu ficando pronta somente em 1984 que seria a maior hidrelétrica do mundo, perdendo a posição somente em 2003 para a UHE chinesa de três gargantas.

Os grandes investimentos no setor de geração das UHE Itaipú, UHE Tucuruí e do plano nuclear brasileiro durante os anos 80, levaram a interrupção de novas obras por insuficiência de recursos financeiros (CUNHA, 2011).

Em 1995 inicia-se o processo de leilões no setor elétrico, o objetivo dos leilões de privatização era a retomada de investimento no setor a fim de viabilizar a modernização e interligação do sistema elétrico nacional, no entanto esses investimentos possuem o prazo de maturação longo (caros e custosos), que seria repassado nas tarifas. Dessa forma, para tornar possível a entrada de agentes privados no setor, o governo continuou com a infraestrutura de geração para regular o valor das tarifas (ALBUQUERQUE, 2008).

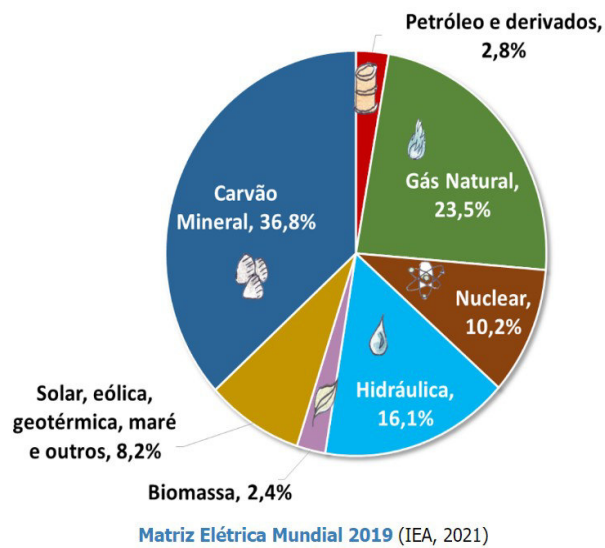
Esses investimentos com prazo de maturação longo são os chamados *sunk costs* ou custos irrecuperáveis, sendo necessário o estado entrar com os valores com objetivo de viabilizar o fornecimento do serviço de utilidade pública, como no caso do setor elétrico que possui *sunk costs* nos setores de geração e ainda mais evidente na transmissão.

De acordo com Pereira (2015), em 1999 se inicia um programa de investimento em centrais geradoras termelétricas (UTES) para garantir a segurança do abastecimento, já prevendo os possíveis problemas que viriam implodir em 2001 com a crise de abastecimento causando o racionamento de energia.

Com a entrada de novas empresas privadas o setor elétrico se reestruturou levando a um aumento da complexidade do sistema. Para diminuir os riscos de assimetria de informações foram criados vários mecanismos reguladores como a CCEE responsável pela comercialização de energia promovendo leilões.

A mudança física pode ser observada na interligação entre macro regiões formando o sistema interligado nacional SIN, capaz de promover o abastecimento das regiões que operam em déficit, ou seja, são dependentes de energia de outros estados.

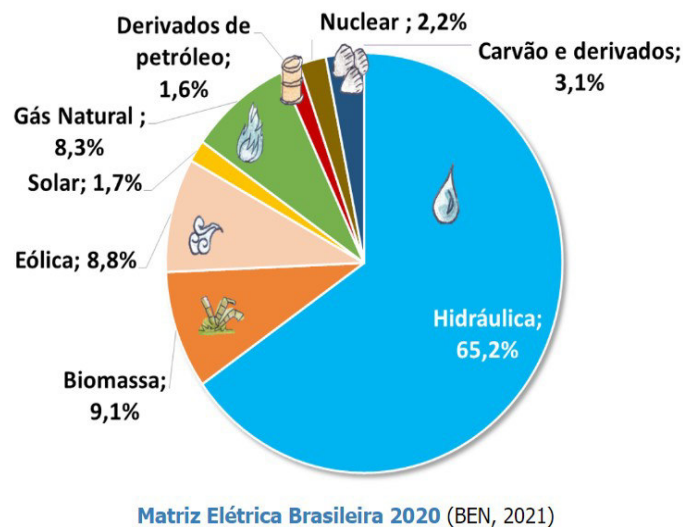
Gráfico 1: Matriz elétrica mundial 2019



Fonte: EPE (2021)

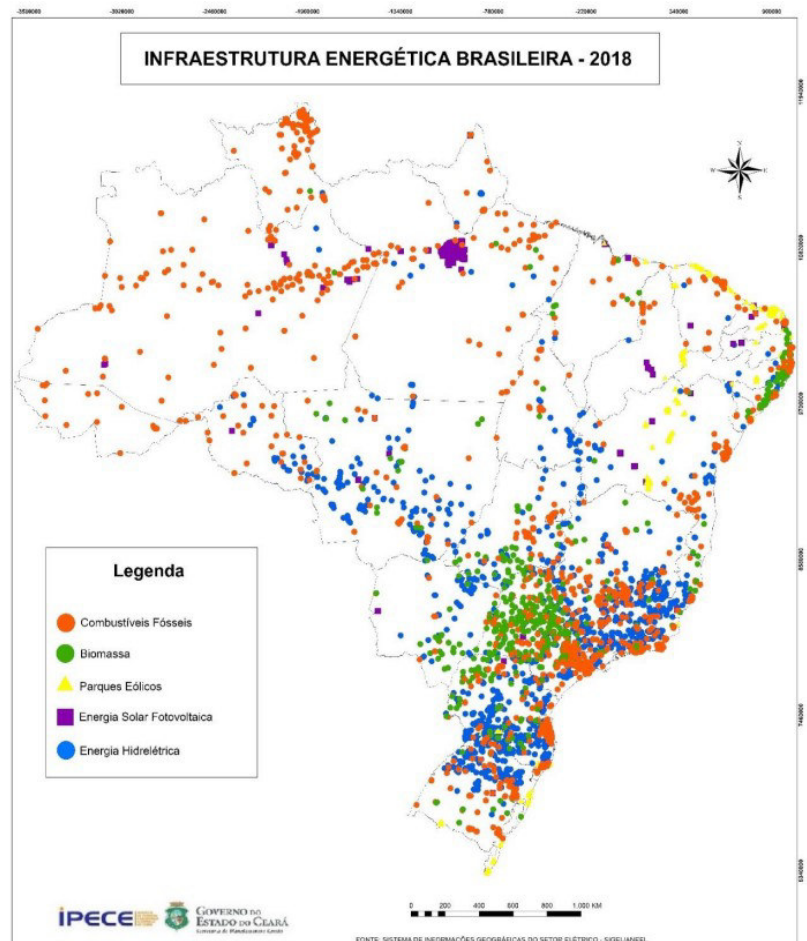
De acordo com os gráficos 1 e 2 podemos observar a diferença entre a utilização de fontes entre Brasil e Mundo, as fontes de energia limpa no Brasil ocupam mais de 85% da matriz de geração total (inclui hidrelétricas, biomassa, eólica, solar e nuclear), constituindo assim como exemplo de sustentabilidade no setor de geração elétrica. No mundo, como visto no início desta seção, o carvão mineral possui protagonismo sobretudo por duas características, a disponibilidade alta do recurso e a viabilidade financeira por ser ainda competitivo explorar a utilização do carvão mineral.

Gráfico 2: Matriz elétrica brasileira 2021



Fonte: EPE (2021)

Figura 4: Infraestrutura elétrica brasileira 2018



Fonte: IPECE 2018

Podemos ver no mapa a predominância de geração hidráulica predominante nas regiões sul e sudeste devido ao clima e relevo da região, que proporcionam quedas de água de alto potencial gerador. Na região norte existe grande quantidade de UTEs que usam combustíveis fósseis. No entanto existe alta produtividade de geração hidrelétrica mesmo com poucas UHEs devido ao porte elevado das usinas de Tucuruí e Belo Monte (IPECE, 2018).

As UTEs que têm como fonte o bagaço da cana-de-açúcar são as chamadas geração por biomassa, que no Brasil possuem grande relevância (9,1%) da matriz de geração elétrica do país. De acordo com o mapa há grande presença dessa fonte nos Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Litoral do Nordeste compreendendo os estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas.

6. MATRIZ ELÉTRICA DO CEARÁ

No Ceará a matriz elétrica já se diferencia claramente da matriz brasileira, sobretudo no que diz respeito a utilização de energias provenientes de matriz hidráulica. Devido às características físicas geográficas, escassez de grandes bacias hidrográficas e taxas baixas de pluviosidade. Temos então a predominância de energias de fontes térmicas e eólicas. (EPE, 2021).

Tabela 2: Participação da geração elétrica por fonte no estado do Ceará 2018

Tipo	Quantidade de usinas	Potência (KW)	% de participação na matriz estadual
Central Geradora Hidrelétrica - CGH	02	1.263	0,03
Eólica – EOL	76	1.956.264	47,54
Solar Fotovoltaica – UFV	01	5.000	0,12
Termelétrica – UTE	36	2.153.158	52,30
Total	116	4.115.735	100,00

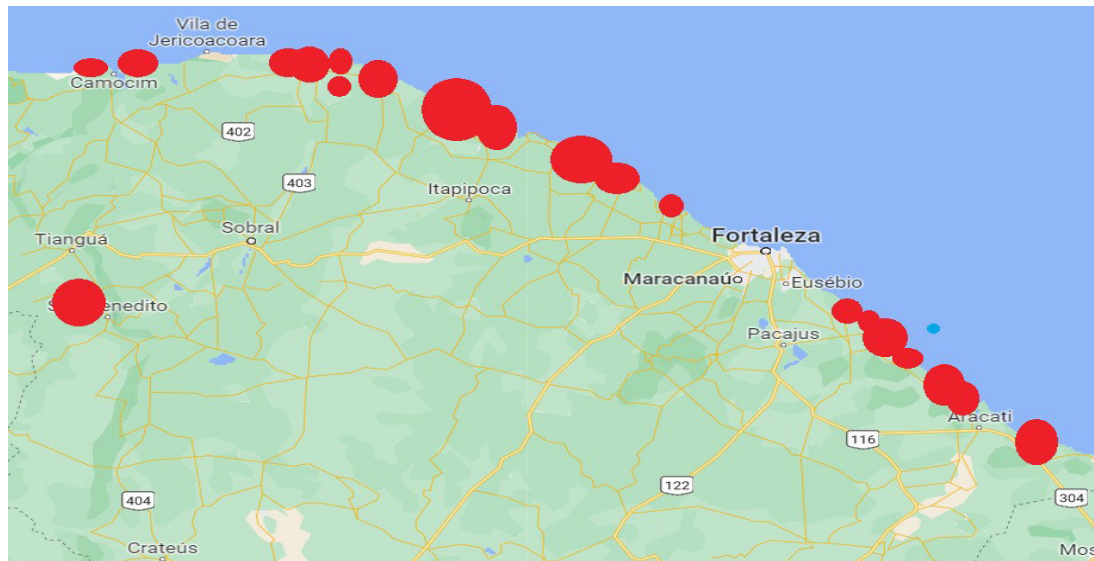
Fonte: IPECE 2018

6.1 Base principal: usinas eólicas e térmicas

A energia eólica se localiza pelo litoral – leste e oeste – e novas plantas nas serras da região da Ibiapaba, e ainda mais 36 centrais de geração termelétricas (UTES) das quais 26 são localizadas na região metropolitana, próximas aos centros de maior demanda, com destaque para as UTES TermoFortaleza, Termoceará e Energia pecém I e II. As usinas térmicas do Ceará em são movidas principalmente a óleo diesel, gás natural e carvão respectivamente, indo na contramão do desenvolvimento de geração térmica do Brasil tendo como principal fonte usada a biomassa, resíduos do bagaço da cana de açúcar (IPECE, 2018). Têm destaque na produção de energia eólica os municípios de Aracati, Beberibe, Aquiraz, São Gonçalo do Amarante, Paracuru, Amontada, Acaraú, Trairi, Camocim e Ibiapina (COSTA, 2017).

A energia eólica do Ceará possui alto potencial de expansão , estimado em 35 mil megawatts (MW), sendo 25 mil MW em terra (on shore) e 10 mil MW no mar (off shore), de acordo com Atlas Eólico do Estado (ADECE, 2017). Possui no Ceará 76 usinas eólicas em operação representando 47,54% da matriz estadual (IPECE, 2018).

Figura 5: Disposição geográfica da geração eólica no estado do Ceará 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do artigo (COSTA, 2017).

6.1.1 Termoceará

Localizada no município de Caucaia, outra grande termelétrica do estado do Ceará. Pertence ao grupo de termelétricas da Petrobras e tem capacidade de produção de 220 MW. Outras termelétricas da petrobras são: Termobahia-BA, Vale do Açu-RN, Termomacaé-RJ, Termorio-RJ, Três lagoas-MS, Piratiniga-SP e outras sete distribuídas no eixo sul-sudeste.

A UTE Termoceará tem como insumo base o Gás natural, no entanto em 2021 teve problemas com o fornecimento, vem operando com diesel, e em regime excepcional, o que eleva muito os custos por megawatt.

A Termoceará pertencia a MPX até 2005 quando foi adquirida pela Petrobras pelo valor de 137 milhões de dólares.

6.1.2 TermoFortaleza

Usina termelétrica Fortaleza movida a gás natural, localizada no CIPP, pertencente a ENEL Geração Fortaleza, passou por problemas de fornecimento de gás natural em 2021 assim como a Termoceará, vendida para ENEVA no dia 10/06/2022, gera para a rede elétrica 327 MW.

6.1.3 Energia pecém I e II

A termelétrica está localizada no complexo industrial do Pecém (CIPP), possui 2 caldeiras com capacidade de 360 MW totalizando 720 MW, equivalente a metade do parque gerador do estado. Tem como principal objetivo trazer segurança de fornecimento de energia para o porto, estado e ainda exportar o excedente para outros estados por meio do SIN.

A obra se iniciou em 2008 e entrou em operação em 2012. Foi financiada mais de 70% pelo BNDES e BID. Porto do Pecém geração de energia S/A, Pecém I ou energia Pecém tem sua licença pela ANEEL e começa a operar sua primeira caldeira no final de 2012 e a segunda em maio 2013.

A energia produzida pela usina é repassada ao sistema elétrico por meio de uma linha de transmissão que se conecta a uma subestação da CHESF localizada a 2 km de distância da usina. A termelétrica permitiu ao estado do Ceará aumentar sua produção e passar de importador de energia para exportador.

O principal insumo utilizado pela usina é o carvão mineral importado da Colômbia. Que por esse fato, já se classifica como terceiro maior parceiro comercial do estado em importações com base em dados do comércio internacional do Ceará. Revelando assim a natureza centralizada do comércio exterior do estado. Ver tabela 3.

Tabela 3: Importação do Estado do Ceará por países 2021

Resumo da consulta			
Ano inicial: 2021	Ano final: 2021	Mês inicial: Janeiro	Mês final: Dezembro
Quantidade de linhas: 97	Tipo de operação: Importação	Tipo de consulta: Por Município	Tipo de ordenação: Valores

País	2021 - Valor FOB (US\$)
Estados Unidos	\$1.051.772.629
China	\$935.013.263
3º Colômbia	\$370.271.441
Argentina	\$253.869.574
Índia	\$172.078.681

Fonte : Comex stat / MDIC

Fonte: Ministério da indústria, comércio exterior e serviços, MDIC 2021

O carvão chega no porto do Pecém e é levado por correia transportadora fechada, que possui 12,5 km de extensão, do porto até a usina. A correia de transporte é fechada para evitar dispersão de partículas durante o trajeto. Chegando na usina o carvão é armazenado de forma a evitar impactos ambientais, como por exemplo umedecer para evitar propagação de partículas e solo impermeável para não contaminação do lençol freático. Toda essa política ambiental tem contrapartida no orçamento da usina que durante a construção foi investido cerca de 30% em equipamentos que proporcionam maior controle ambiental.

A Pecém I é controlada pela EDP Brasil holding que controla vários ativos no setor elétrico desde a geração até distribuição. A EDP possui uma subsidiária UTE Pecém encarregada de gerenciar a usina.

A UTE Pecém II é controlada pela eneva e possui capacidade instalada de 360 MW. Construída para reforçar a matriz de energia do porto do Pecém. Possui as mesmas propriedades da Pecém I como localização e movida a carvão mineral. Ambas são interligadas ao SIN e sujeitas as diretrizes do ONS.

Figura 6: Disposição das principais termoelétricas do Estado do Ceará



Fonte: Elaborada pelo autor com dados do artigo (COSTA, 2017)

6.2 Geração coadjuvante: usinas hidrelétricas, de ondas e solares.

Como dito anteriormente 99% da geração de energia do Ceará provém das matrizes citadas: eólicas e térmicas (COSTA, 2017). No entanto, 1% remanescente, este por sua vez se distribui entre hidrelétricas, centrais de ondas e solar. Com destaque para o crescimento da Fonte Fotovoltáica (FV) que representam 0,12% e as hidrelétricas representado 0,03% (IPECE, 2018).

6.2.1 Hidrelétrica

No que tange à hidrelétrica, o Ceará possui duas centrais geradores hidrelétricas (CGH) com potência de até 1 MW, são elas a de Figueiredo localizada no açude Figueiredo, município de Iracema, bacia do rio Jaguaribe, e a CGH Taquara localizada no município de Cariré, bacia do rio Acaraú, ambas com potência de geração de 403 KW e 860 KW respectivamente. (ADECE, 2011)

6.2.2 Usina de energia das ondas

Além das termelétricas, no CIPP localiza-se a primeira unidade geradora de energia elétrica da América Latina que utiliza como fonte de energia as ondas do mar proporcionando mais uma alternativa limpa para o estado. É utilizado um sistema de alta pressão para movimentar a turbina e o gerador, o sistema é formado por um flutuador, um braço mecânico que joga água e armazena em uma bomba que vai jogar a água com pressão na turbina com força equivalente a da queda d'água de 400 m equivalente a das usinas hidrelétricas de grande porte.

6.2.3 Energia solar

Pode-se destacar a alta taxa crescimento dessa fonte no Brasil, sobretudo a geração individual de energia, esse tipo já está presente em 94% dos municípios do estado (ABSOLAR, 2020) porém o único empreendimento de energia solar fotovoltaica em operação no Estado é a usina Tauá, no Sertão dos Inhamuns, que pertence a MPX Tauá Energia Solar Ltda. A usina em Tauá tem capacidade de 5000 kW correspondendo a 0,12% da produção do Estado do Ceará. (IPECE, 2018).

6.3 Comparativo de impactos das diferentes fontes elétricas no estado do Ceará

Silva (2016) destaca que as sociedades e organizações contemporâneas vivem um dilema entre avanços tecnológicos, científicos e econômicos e do outro lado lidar com problemas de aspetos culturais, ecológicos e sociais.

A seguir temos uma tabela com as principais fontes de energia elétrica do estado. Com base nas características de impactos ambientais e sociais. As emissões de CO₂ - causadores do efeito estufa – e utilização de recursos naturais, com ênfase para uso da água no estado com escassez desse recurso natural. As termelétricas utilizam elevados volumes durante a operação para seu resfriamento (COSTA, 2017). O impacto hídrico das termelétricas reduz o índice de sustentabilidade do estado. A UTE Pecém I consome o equivalente a uma cidade de 200 mil habitantes (CAVALCANTE, 2016 apud COSTA, 2017).

Tabela 4: Tabela de impacto ambiental por fonte de geração elétrica 2017

TECNOLOGIA	EMIÇÃO CO₂ KgC/MWh	ÁREA IMOBILIZADA M²	USO DE RECURSOS NATURAIS	MORBIDADE ESTIMADA/ TWh
SOLAR	0,09	12000	0	0
CARVÃO	645	573000	334	225
EÓLICA	20	188085000	0	0
GÁS NATURAL	356	192898	287	30
HIDRELÉTRICA	31	23800	0	0
PETRÓLEO	616	121071	250	161

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do artigo (COSTA,2017)

Pela tabela 4 nota-se que na questão de imobilização de áreas a energia eólica se destaca pela grande área ocupada pelos aerogeradores, pois precisam de uma distância segura obrigatória entre as turbinas de geração. Já em relação aos painéis solares, são instalados de forma distribuída, principalmente em telhados, dessa forma, geram impacto quase nulo em ocupação de áreas.

As fontes renováveis, pela própria definição, não consomem recursos naturais. Ao contrário das não renováveis, no caso do Ceará, as termelétricas, que além de consumir recursos naturais ainda existem estudos que relacionam mortes ocasionadas pela emissão de gases prejudiciais a saúde, sobretudo nas regiões próximas onde essas usinas estão instaladas. Dentre as fontes fósseis o gás natural apresenta a menor morbidade por ser de menor potencial poluente que petróleo (diesel) e carvão (COSTA, 2017).

As fontes renováveis emitem CO₂ em sua fase de implantação, enquanto as fósseis geram em toda a cadeia produtiva: instalação, produção, transporte e operação.

As fontes solar e eólica são ditas intermitentes devido a dependência de condições meteorológicas. Essas fontes têm grande potencial no Ceará devido a constância de sol e ventos presentes no estado. Diminuindo o nível de intermitência de geração intrínseco dessas fontes e aumentando assim a segurança no fornecimento de geração (COSTA, 2017).

6.4 Novos projetos

A inovação se apresenta como uma das bases estruturantes das economias industrializadas. De acordo com dados da OCDE (2015) a inovação é responsável por até 50% do crescimento econômico de longo prazo dos países desenvolvidos. O papel de novas tecnologias é fundamental para transformações que possibilitem a competitividade de um país (SILVA, 2016).

Schumpeter em seus estudos aborda sobre a tecnologia na sociedade, estabelecida como motor do desenvolvimento e afirma que o mecanismo econômico atua sobre 3 bases: propriedade privada, divisão do trabalho e livre concorrência. Para os neo-schumpeterianos o desenvolvimento tecnológico promove inovação, diferencial competitivo, preserva a posição de mercado e a conquista de novos (SILVA, 2016)

Pela abordagem de Schumpeter os processos de inovação são diferentes de setor para setor, pelas diferentes estruturas organizacionais, fatores institucionais, acesso ao conhecimento, mudanças exógenas e desenvolvimento.

A lei de Nº 9991/2000 dispõe sobre a obrigatoriedade da realização de investimentos das empresas do setor de energia elétrica - concessionárias, permissionárias e autorizadas – em projetos de inovação tecnológica, preservação do meio ambiente e capacitação de recursos humanos.

O artigo primeiro estabelece a aplicação mínima anual de 0,75% da receita operacional líquida para P&D do setor elétrico e 0,25% para desenvolvimento de programas de eficiência energética para empresas que atuam com concessionárias ou permissionárias de serviço público na distribuição de energia elétrica. A artigo segundo trata das empresas que atuam na geração que ficam obrigadas a aplicar 1% da receita operacional líquida em P&D, com exceção para empresas que produzam exclusivamente a partir de instalações eólicas, solares, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. O artigo terceiro estabelece a mesma cota de 1% para P&D de empresas que atuem como concessionárias no serviço público de transmissão.

6.4.1 Eólica offshore

Uma das novas fronteiras de exploração de energia é a eólica offshore, ou seja, torres de geração de energia eólica localizadas no mar. No Ceará existem projetos de instalação desse modelo. A empresa norueguesa Equinor, que já atua como pioneira nesse segmento e fornece energia para países como EUA, Alemanha, Reino Unido e Polônia, visitou a secretaria de desenvolvimento econômico e trabalho (SEDET, 2022). Esta empresa já atua no Ceará no segmento de energia limpa através da usina Complexo Apodi de produção de energia solar que já tem potencial de 162 MW com 500 mil painéis solares no município de Quixeré. O complexo Apodi é operado pela também norueguesa ScatecSolar e possui participação brasileira pelo Consórcio ApodiPar. Os representantes já visitaram o CIPP onde receberá a primeira torre eólica offshore do país com capacidade para geração de energia de até 15MW.

6.4.2 Solar

EDP e Qair formam joint venture e estudam viabilidade para investimento em complexo solar no Ceará.

O campo da energia solar é bastante recente no Brasil e tem-se apenas dados recentes das empresas que atuam no mercado de pequena geração individual que vem se expandindo consideravelmente. De acordo com dados da associação brasileira de energia solar ABSOLAR o estado do Ceará já é o segundo maior produtor do Brasil, atrás apenas do Piauí (ABSOLAR, 2020).

6.4.3 Hidrelétrica

Com a ideia de ampliar o uso de energia limpa no estado, existe o projeto para construção de uma pequena central hidrelétrica (PCH), a PCH Castanhão no município de Alto Santo, no Vale do Jaguaribe. A PCH Castanhão tinha previsão de conclusão para o ano de 2020, conforme informações do MME.

6.4.4 Gás natural

Existe um projeto já aprovado pelos órgãos ambientais para construção de uma termelétrica a gás natural onde seria a refinaria premium da petrobrás através do consórcio Portocem. A estrutura fica localizada a 14 km do porto, o projeto prevê também a construção de gasodutos para transportar a matéria-prima que chagaria nos navios gaseiros pelo porto. O leilão realizado pela CCEE foi vencido pelo consórcio Portocem que fazem a empresa Ceiba Energy e Ponte Nova energia. De acordo com o governador Camilo Santana será o segundo maior investimento privado da história do estado do Ceará ficando atrás apenas da CSP. A norte americana Ceiba energy por meio do consórcio tem previsto um aporte de 5 bilhões de reais na termelétrica.

6.4.5 HUB de hidrogênio verde

Desde 2013 o vem se discutindo sobre o potencial de viabilidade de desenvolver a produção de hidrogênio verde no Ceará. O mundo, sobretudo países da Europa, buscam adequar a matriz energética no sentido de redução das emissões de carbono na atmosfera e vêm encontrando uma alternativa no hidrogênio verde para a energia no sentido estrito, por exemplo carros, trens, caminhões poderão no futuro serem movidos a hidrogênio verde.

No Ceará vem sendo assinados acordos com empresas que atuam no setor para a exploração dessa fronteira. O porto do pecém está previsto para abrigar projetos que visam a produção de hidrogênio. Já que o hidrogênio é obtido através do processo de eletrólise, que consiste na utilização de energia elétrica para separar o hidrogênio do oxigênio na água. No caso a energia elétrica utilizada nesse processo sendo limpa – no caso do porto do pecém eólica, solar e ondas - se chama hidrogênio verde.

7. CONCLUSÃO

A elaboração deste trabalho permitiu ter uma visão dos fatores que levaram a construção do sistema elétrico brasileiro, no que diz respeito a composição da matriz elétrica no Brasil, no estado do Ceará e a atuação das agências reguladoras. O modelo brasileiro foi o muito similar ao promovido na Europa devido o financiamento ser limitado pelo alto risco do investimento. O monopólio verticalizado estatal regulado por tarifas de custo de serviço, sendo o pilar da expansão industrial do setor elétrico no Brasil. A mudança de função do estado passando de empreendedor para regulador. Tendo influência da tendência de reformas que tiveram início na Inglaterra. Então o modelo brasileiro foi modificado com a desregulamentação que teve início na década de 90 - desverticalização do sistema, promoção da concorrência, atuação de empresas privadas - foram algumas das mudanças ocorridas. Nesse contexto foram criadas as agências reguladoras federais e estaduais, incidindo de forma setorial (ANEEL) ou multi setorial (ARCE). Elas atuam para que o serviços de utilidade pública sejam prestado de forma adequada pelas empresas privadas. Essas regulações têm base no tipo de mercado o qual se organiza o setor elétrico, que pelas características físicas e temporais do produto (eletricidade), levam o serviço a ser prestado em regime de monopólio.

A segunda parte do trabalho tem centralidade as fontes de energia exploradas no Brasil desde o início do século aos dias atuais. A matriz brasileira tem como principal fonte a energia de geração hidráulica 64,5% com índice de sustentabilidade elevado levando em consideração emissão de carbono na atmosfera, porém no Ceará a produção hidráulica não possui protagonismo representando menos de 1%, sendo um estado de matriz termoeólica. Devido a alta interligação do sistema SIN os estados não necessariamente consomem a energia produzida. Por isso a conta de energia no estado do Ceará pode ser influenciada pela baixa nos reservatórios nacionais.

O Brasil e o estado do Ceará possui uma fronteira potencial enorme de geração de energia, que encontra dificuldades em atrair investimento em especial na transmissão, o papel do estado é gerenciar o mercado com o fim de atrair os investimentos necessários para o crescimento econômico e desenvolvimento da indústria nacional, promovendo a competitividade através da modicidade tarifária, expansão de investimentos para universalização e qualidade dos serviços prestados e a remuneração dos investimentos proporcional aos riscos e custos de oportunidade.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Geração de energia solar bate recorde no Ceará e aquece procura por especialistas**, 2020. www.absolar.org.br/https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-de-energia-solar-bate-recorde-no-ceara-e-aquece-procura-por-especialistas/ Acesso em: 04/07/2022
- ADECE, Agência do desenvolvimento do estado do Ceará, 2022 www.adece.ce.gov.br/https://www.adece.ce.gov.br/setores-da-economia/energia/ Acesso em: 22/06/2022
- ALBUQUERQUE, A. R., Fluxo de Caixa em Risco: **Uma Nova Abordagem para o Setor de Distribuição de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, Setembro de 2008. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
- ALMEIDA, Edmar et al. **ECONOMIA DA ENERGIA**, 2ª edição, Editora Elsevier, 2016
- ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA Atlas de energia do Brasil, ANEEL, Brasília, 2015. Disponível em http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf,2022.
- ARCE, Agência reguladora do Ceará, [www.arce.ce.gov.br, https://www.arce.ce.gov.br/coordenadorias/energia](http://www.arce.ce.gov.br/https://www.arce.ce.gov.br/coordenadorias/energia)
- BACELLAR, Roberto. OKSANDRO, Gonçalves. **Regulação do setor elétrico: Entre monopólios e liberdade de contratação**. Revista de Direito Brasileira, Volume 29, páginas 342-357, Florianópolis, SC, 2021.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Operador Nacional do Sistema, ONS, 2022. [www.ons.org.br ,http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin#:~:text=O%20Sistema%20Interligado%20Nacional%20%C3%A9,maior%20parte%20da%20regi%C3%A3o%20Norte](http://www.ons.org.br/http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin#:~:text=O%20Sistema%20Interligado%20Nacional%20%C3%A9,maior%20parte%20da%20regi%C3%A3o%20Norte). Acesso em: 10/06/2022
- Câmara dos deputados, 2000. [www.camara.leg.br https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9991-24-julho-2000-359823-publicacaooriginal-1-pl.html](http://www.camara.leg.br/https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9991-24-julho-2000-359823-publicacaooriginal-1-pl.html) Acesso em: 04/07/2022
- Câmara Brasil Portugal Ceará, [www.cbpcce.org.br . https://cbpcce.org.br/associados/ute-pecem-edp/](http://www.cbpcce.org.br https://cbpcce.org.br/associados/ute-pecem-edp/)

Canal energia, 2021, www.canalenergia.com.br
<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53184003/aneel-define-criterios-de-operacao-a-diesel-da-termocera> Acesso em 22/06/2022

COSTA, André Ribeiro et al. **Análise da sustentabilidade da geração de eletricidade do Ceará.** Revista Tecnologia, Fortaleza, ahead of print, 2018.

CUNHA, Raissa. **Operação do sistema elétrico de distribuição do estado do Ceará.** Fortaleza, CE. 2011.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética, Anuário estatístico de energia elétrica, 2021 EPE, ano base 2020 www.epe.gov.br
https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf#search=matriz%20el%C3%A9trica%20do%20cear%C3%A1

Eneva, 2020 www.eneva.com.br
<https://eneva.com.br/nossos-negocios/geracao-de-energia/pecem-ii/> Acesso em: 22/06/2022

Federação das indústrias de estado do Ceará, sFIEC, 2022, www.sfieci.org.br
<https://www1.sfieci.org.br/sites/numa/?st=noticia&id=139592> Acesso em: 22/06/2022

FERREIRA, Clóris. **Monopólio, Regulação e agências reguladoras.** Fortaleza, 1999

GALBIATTI, Paula Silveira. **Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira.** Opinião jurídica. Medellín, Colombia. Volume 17, N 33. páginas 123-147, junho de 2018.

GOLDEMBERG, José. MOREIRA, José Roberto. **Política energética no Brasil.** Revista de Estudos avançados. Páginas 215-228. São Paulo, 2005.

Governo do estado do Ceará, 2022 www.ceara.gov.br
<https://www.ceara.gov.br/2022/05/20/multinacional-norueguesa-pretende-investir-em-projetos-de-eolica-offshore-no-ceara/> Acesso em: 22/06/2022

HERVÉ, Théry. NELI, Aparecida de Mello-Théry. **O sistema elétrico brasileiro**, Confins [Online], 26 | 2016, Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/10797>; DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.10797>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Key Electricity Trends. Excerpt from: Electricity information. 2016.

IPECE, instituto de pesquisa econômica do Ceará, 2018. www.ipece.ce.gov.br https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/12/ipece_informe_141_12_Dez2018.pdf

MARTIN, Jean-Marie. **A economia mundial da energia**. Editora da Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1992.

Jornal O Povo, 2022 www.opovo.com/noticias/economia <https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2022/03/18/edp-e-qair-formam-joint-venture-para-geracao-de-energia-no-ceara.html> Acesso em 22/06/2022

Pecém geração de energia S/A . www.pecem.brasil.edo.com <https://pecem.brasil.edp.com/pt-br/power-plant> . Acesso em: 22/06/2022

PEREIRA, Geraldo M., **História das usinas hidrelétricas**. Revista brasileira de geologia e engenharia ambiental, Brasília, 2015.

PETROBRAS, 2021. www.petrobras.com.br Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/termoeletricas/termoceara.htm>

POSSAS, Mario et al. **Defesa da concorrência e regulação**. Revista de Direito Econômico, janeiro/julho, número 27, págs. 49-72, Rio de Janeiro, 1998.

Secretaria de desenvolvimento econômico e trabalho, SEDET, 2022, www.sedet.ce.gov.br <https://www.sedet.ce.gov.br/category/hub-de-hidrogenio-verde/>

SILVA, Maria et al. **Inovação e a Teoria institucional**. Revista Gestão.org, Vol. 14, n.1, 2016. pags 106-114. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/gestaoorg>

VENTURA, Manoel. Oglabo, 2022. www.oglobo.globo.com
<https://oglobo.globo.com/economia/macroeconomia/com-hidreletricas-jogando-agua-fora-aneel-pede-ao-ons-para-reduzir-geracao-de-termoeletricas-25366263>