

AUGUSTO POÇAS DA CUNHA
CHARLES FERNANDO VASCONCELOS DE ARAÚJO
EUGENIO ALBUQUERQUE MARQUES
JOSÉ MAX ARAÚJO BEZERRA
MÁRCIO SÉRGIO OLIVEIRA DE QUEIROZ
NARCISO CAMPOS FILHO

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO:
um enfoque na infraestrutura

Trabalho de Conclusão de Curso – Relatório de pesquisa apresentado ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Santiago Spiller
Coorientador: Prof. Dr. Paulo César M. Cabrita

Rio de Janeiro
2021

C2021ESG

Este trabalho, quanto à legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (ESG). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade dos autores e não expressam qualquer orientação institucional da ESG.

AUGUSTO POÇAS DA CUNHA

CHARLES FERNANDO V. DE ARAÚJO

EUGÊNIO ALBUQUERQUE MARQUES

JOSÉ MAX ARAÚJO BEZERRA

MÁRCIO SÉRGIO OLIVEIRA DE QUEIROZ

NARCISO CAMPOS FILHO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento sustentável no Semiárido Brasileiro: um enfoque na infraestrutura / Augusto Poças da Cunha ... [et al.].- Rio de Janeiro: ESG, 2021.

115 f.

Orientador: Eduardo Santiago Spiller

Coorientador: Paulo César Monteiro Cabrita - Cel R/1 EB

Trabalho de Conclusão de Curso – Relatório de pesquisa apresentado ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos Política e Estratégia (CAEPE), 2021.

1. Água potável. 2. Desenvolvimento de recursos hídricos – Brasil. 3. Abastecimento de água – Regiões áridas – Brasil. I. Araújo, Charles Fernando Vasconcelos de. II. Marques, Eugenio Albuquerque. III. Bezerra, José Max Araújo. IV. Queiroz, Márcio Sérgio Oliveira de. V. Campos Filho, Narciso.

CDD –333.91115

Às nossas famílias,
pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela iluminação de nossos caminhos.

Aos nossos orientadores, Coronel (R1) Paulo César Monteiro Cabrita e Prof. Dr. Eduardo Santiago Spiller, nossos agradecimentos pelas precisas orientações.

Ao Comando, Corpo Docente e demais oficiais e servidores da ESG, pelo ambiente cortês e pela maneira fidalga no trato desse TCC durante todo o ano de 2021.

Aos estagiários da Turma “Superação Nacional, A Turma das Galáxias”, pela amizade, companheirismo, cumplicidade e pelo inestimável intercâmbio de experiências.

Não restará uma única joia na Coroa, mas
nenhum nordestino morrerá de fome.

Pedro II, Imperador do Brasil

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar soluções para promover o desenvolvimento sustentável da região do Semiárido Brasileiro, a partir do incremento da infraestrutura, a fim de gerar bem-estar para a população e integrar a economia da região, tendo como consequência a elevação dos indicadores socioeconômicos ao nível médio da economia brasileira. Para atingir esse objetivo, buscou-se compreender a situação atual do Semiárido Brasileiro por meio de pesquisa bibliográfica realizada a partir de políticas, legislações, documentos oficiais disponíveis para acesso, livros, artigos e trabalhos acadêmicos. A partir desse levantamento de dados e informações, buscou-se estabelecer uma correlação entre o investimento em infraestrutura, com destaque para a infraestrutura hídrica, energética e de transportes, o desenvolvimento sustentável e os impactos gerados nos indicadores socioeconômicos em questão. Os estudos apontaram maior potencial de desenvolvimento sustentável, com significativas melhorias nos indicadores socioeconômicos, a partir do investimento prioritário e integrado nas infraestruturas hídricas, energéticas e de transporte elencadas e sugeridas para a região do Semiárido Brasileiro.

Palavras-chave: Semiárido Brasileiro. Infraestrutura hídrica. Infraestrutura energética. Infraestrutura de transportes. Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

This study aimed to identify solutions to promote the sustainable development of the Brazilian semi-arid region, with the increase of infrastructure, in order to generate well-being for the population and integrate the region's economy, resulting in the rise of socioeconomic indicators to the average level of the Brazilian economy. To achieve this goal, we sought to understand the current situation of the Brazilian semi-arid region through bibliographic research based on policies, legislation, official documents available for access, books, articles and academic papers. From this data and information survey, we sought to establish a correlation between investment in infrastructure, with emphasis on water, energy and transport infrastructure, sustainable development and the impacts generated on the socioeconomic indicators in question. The studies pointed out greater potential for sustainable development, with significant improvements in socioeconomic indicators, from the priority and integrated investment in water, energy and transport infrastructure listed and suggested for the Brazilian Semi-arid Region.

Keywords: *Brazilian semi-arid. Water infrastructure. Energy infrastructure. Transport infrastructure. Sustainable development.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da região do Semiárido Brasileiro	15
Figura 2 - Cisterna tipo placa construída no Semiárido Brasileiro	39
Figura 3 - Evolução das retiradas de água no Brasil por setor usuário	46
Figura 4 - Repartição da matriz energética brasileira em 2020	60
Figura 5 - Estrutura do sistema elétrico brasileiro	61
Figura 6 - Inventário das usinas hidrelétricas brasileiras 2020	62
Figura 7 - Evolução da geração de energia eólica brasileira 2007-2020, em GWh..	63
Figura 8 - Vista do Complexo Eólico União dos Ventos de propriedade da Serveng Energias, localizado no distrito de Enxu Queimado/Pedra Grande (RN) .	65
Figura 9 - Evolução do cenário eólico brasileiro - 2020-2050.....	67
Figura 10 - Áreas aptas para a instalação de usinas fotovoltaicas.....	69
Figura 11 - Usina Solar de Nova Olinda (PI) – maior fazenda solar da América Latina	72
Figura 12 - Consumo de energia na indústria - 2020	77
Figura 13 - Capacidade instalada de geração de biogás por UF (MW).....	78
Figura 14 - Ilustração Projeto Dom Helder Câmara – Gás ecológico semiárido brasileiro	79
Figura 15 - Perspectivas tecnológicas ligadas à biomassa	79
Figura 16 - Evolução do consumo final do biodiesel 2005-2020	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos de desenvolvimento sustentável.....	25
Quadro 2 - Eixo 1: perímetros implantados	35
Quadro 3 - Eixo 2: conclusão e ocupação	36
Quadro 4 - Eixo 3: conclusão e ocupação	36
Quadro 5 - Eixo 4: estudos de novos perímetros	36
Quadro 6 - Dimensões da segurança hídrica	45
Quadro 7 - Valores recebidos pelo CMNE para execução da operação carro-pipa .	53
Quadro 8 - Proposta de mudança do perfil de investimentos da OCP	54
Quadro 9 - Desafios principais	66
Quadro 10 - Resumo principais desafios mercado eólico 2020-2030	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial eólico dos Atlas Estaduais Brasileiros.....	64
Tabela 2 - Potencial eólico offshore.....	64
Tabela 3 - Produção de etanol total no nordeste	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASA - Articulação no Semiárido Brasileiro

BEN - Balanço Energético Nacional

BEV - Veículos que têm propulsão puramente elétrica alimentados por baterias que são recarregadas na rede elétrica

CCS - Sequestro e Armazenamento de Carbono

CGH - Central Geradora Hidrelétrica

EOL - Usinas eólicas

FOS - Usinas termelétricas a combustíveis fósseis

FHEV - Veículos híbridos-pletos

GD - Geração Distribuída

GEE - Gases de Efeito Estufa

ICE - Veículos que podem ter propulsão plenamente a combustão interna

IoT - Internet das coisas

MMBtu - Milhões de Btu

NDC - Contribuição Nacionalmente Determinada

NUC - Usina Termonuclear

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PDE - Plano Decenal de Energia

PD&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PNE - Plano Nacional de Energia

PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética

PNLT - Plano Nacional de Logística em Transportes

PPP - Parceria Público Privada

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia

RED - Recursos Energéticos Distribuídos

RENNH - Fontes Renováveis Não Hídricas (inclui Biomassa, Eólica e UFV)

RSU - Resíduo Sólido Urbano

TI - Terras Indígenas e Quilombolas

UC - Unidades de Conservação

UHE - Usina Hidrelétrica

UFV - Usinas Fotovoltaicas

UTE - Usina Termelétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 PESQUISA E CAMPO DE ESTUDO	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Escopo e delimitações do estudo.....	18
3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	21
3.1 Uma abordagem conceitual.....	22
3.2 Desafios do Semiárido Brasileiro	27
4 INFRAESTRUTURAS	32
4.1 Infraestrutura hídrica	32
4.1.1 Tipos e projetos de infraestruturas hídricas.....	33
4.1.1.1 Práticas de Irrigação.....	34
4.1.1.2 Potenciais hidráulicos.....	37
4.1.1.3 Conservação do solo e da água.....	37
4.1.1.4 Aproveitamento da água das chuvas	38
4.1.1.5 Reuso de esgoto sanitário.....	40
4.1.1.6 Poços artesianos.....	41
4.1.2 Infraestrutura hídrica e desenvolvimento sustentável.....	43
4.1.2.1 Agenda 2030 das Nações Unidas e sua ligação com a segurança hídrica ...	43
4.1.2.2 Segurança hídrica e a crescente demanda por recursos hídricos.....	44
4.1.2.3 Transformando uma fraqueza em oportunidade – o caso de Israel	48
4.1.2.4 Infraestruturas de irrigação ao longo da transposição do rio São Francisco .	50
4.1.2.5 Operação carro-pipa.....	51
4.2 Infraestrutura energética	54
4.2.1 Estrutura do setor elétrico brasileiro.....	58
4.2.2 Histórico e evolução da matriz elétrica	59
4.2.3 Energia eólica	62
4.2.4 Energia solar.....	69
4.2.5 Energia nuclear	74
4.2.6 Bioenergia.....	77
4.3 Infraestrutura de transportes	81
4.3.1 Infraestrutura de transportes aéreo e aquaviário	85
4.3.2 Modal rodoviário.....	88

4.3.3 Modal ferroviário	93
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS.....	104

1 INTRODUÇÃO

O clima semiárido no Brasil está presente na região nordeste e na parte norte do Sudeste do País. Essa região do semiárido é definida pela Lei Federal n.º 7.827, de 27 de setembro de 1989, delimitada atualmente pelo Ministério do Desenvolvimento Regional e historicamente tem sido fonte de atenção em virtude dos longos períodos de estiagem e suas consequências para a população local.

As ações voltadas para mitigar os efeitos negativos da má distribuição pluviométrica datam do Brasil Império por meio de diversas iniciativas a exemplo da construção do açude Cedro, no município de Quixadá, pertencente ao estado do Ceará, após a grande estiagem de 1877, por ordem do Imperador Dom Pedro II, momento em que cunhou a célebre frase: “Não restará uma única joia na Coroa, mas nenhum nordestino morrerá de fome” (BARRETO, 2009).

Posteriormente, em 1909, houve a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS) - atual Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) - pelos primeiros governos republicanos; do Banco do Nordeste, em 1952, por Getúlio Vargas; e da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em 1959, por Juscelino Kubitschek.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Semiárido Brasileiro é composto por 1.262 municípios dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a parte norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (figura 1). Os critérios para delimitação do semiárido foram a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800mm; o índice de aridez de *Thornthwaite* maior que 0,21 e menor que 0,50; e o percentual médio diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

As iniciativas de desenvolver a região do Semiárido Brasileiro tem obtido sucesso em mitigar os efeitos da estiagem e promovido relativo crescimento econômico no espaço estudado, gerando diversas “ilhas de sucesso”, a exemplo do Vale do São Francisco, da geração de energia limpa nos parques eólicos e fotovoltaicos, das grandes áreas de fruticultura para exportação etc. Contudo, desenvolver o Semiárido Brasileiro ainda é um grande desafio, uma vez que carece de políticas setoriais voltadas para o aumento do índice de desenvolvimento humano

(IDH) daquela área, considerado um dos menores do País, contendo ainda bolsões de pobreza, baixos níveis educacionais, insegurança hídrica e alimentar associados a condições precárias para os pequenos e médios produtores rurais.

Figura 1 - Mapa da região do Semiárido Brasileiro



Fonte: IBGE, 2015.

De outro lado, nas últimas décadas, a região nordeste, maior parte do Semiárido Brasileiro, tem crescido a taxas superiores à média do País, graças à exploração sustentável de diversas atividades vocacionadas na região, a exemplo do extrativismo, da fruticultura, do turismo, dentre outras.

Em artigo publicado na Fundação Joaquim Nabuco, vinculada ao Ministério da Educação, verifica-se que:

[...] mais da metade (59,1%) dos brasileiros em situação de extrema pobreza estão no Nordeste. Destes, mais da metade (52,5%) vivem em áreas rurais da região. Olhando para a faixa etária, 4 em cada 10 pessoas extremamente pobres têm entre 0 e 14 anos (IBGE, 2010). Em 60,09% dos municípios do semiárido, com mais de nove milhões de habitantes, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) varia de muito baixo a baixo. O IDH leva em consideração indicadores de longevidade, educação e renda. Todos os municípios do semiárido apresentaram IDHM inferior à média do País (0,727). (FUNDAJ, 2018).

Diante do exposto, faz-se necessário traçar estratégias que viabilizem oportunidades de desenvolvimento sustentável na região, contemplando, por exemplo, o preenchimento de gargalos de infraestrutura, avanços de base jurídica e regulatória, incentivos fiscais, dentre outras, de modo a mitigar riscos corporativos e reduzir custos dos investimentos privados, atraindo tais investimentos, oriundos de capital nacional e externo, especialmente em projetos voltados à geração de emprego e renda.

2 PESQUISA E CAMPO DE ESTUDO

Apresenta-se a seguir o objetivo geral a ser abordado ao longo deste estudo, definindo o escopo e delimitando o seu campo de estudo.

2.1 Objetivo geral

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo geral identificar soluções adequadas que respondam ao seguinte problema: como promover o desenvolvimento sustentável da região do Semiárido Brasileiro, a partir do incremento da infraestrutura, gerando bem-estar da população e integrando a economia da região, de modo a promover as condições necessárias à elevação dos indicadores socioeconômicos ao patamar médio da economia brasileira?

Na abordagem do tema “Desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro – um enfoque na infraestrutura”, serão apontadas questões relevantes para a região, tais como agropecuária, meio ambiente, iniciativas de ciência, tecnologia e inovação e as parcerias público-privadas, dentre outras voltadas para o desenvolvimento daquela área do território nacional. Tais temas serão descritos e analisados a partir do enfoque principal que será dado ao longo do trabalho especificamente nos eixos da infraestrutura hídrica, energética e de transporte.

A hipótese central adotada, a ser demonstrada ao longo deste compêndio, é a de que intervenções estruturantes, por meio de investimentos, públicos ou privados, em infraestruturas hídricas, energéticas e de transportes, influenciam positivamente o patamar de desenvolvimento sustentável na região do semiárido em análise.

Uma vez levantada a hipótese, segue-se o conceito estrito utilizado ao longo deste estudo, que se baseia em dois alicerces básicos: crescimento econômico e desenvolvimento sustentável. A definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é a daquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação

ambiental, com apoio do *World Wide Fund for Nature* (WWF). Por sua vez, o conceito de sustentabilidade, o meio sustentável, é composto por três pilares: econômico, ambiental e social.

2.2 Escopo e delimitações do estudo

A delimitação do semiárido, de responsabilidade da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, que estabelece que cerca de 90% de sua área está localizada na região Nordeste, vale-se das informações das instituições do governo federal, tal qual descrito no Art. 2º da Lei Complementar nº 125, de 3 de Janeiro de 2007, conforme segue:

A área de atuação da SUDENE abrange os Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia; e os municípios da região norte do Estado de Minas Gerais de que tratam as Leis nº. 1.348, de 10.02.1951, nº. 6.218, de 07.07.1975, e nº. 9.690, de 15.07.1998 (os municípios de Águas Formosas, Angelândia, Aricanduva, Arinos, Ataléia, Bertópolis, Campanário, Carlos Chagas, Catuji, Crisólita, Formoso, Franciscópolis, Frei Gaspar, Fronteira dos Vales, Itaipé, Itambacuri, Jenipapo de Minas, José Gonçalves de Minas, Ladainha, Leme do Prado, Machacalis, Monte Formoso, Nanuque, Novo Oriente de Minas, Ouro Verde de Minas, Pavão, Pescador, Ponto dos Volantes, Poté, Riachinho, Santa Fé de Minas, Santa Helena de Minas, São Romão, Serra dos Aimorés, Setubinha, Teófilo Otoni, Umburatiba e Veredinha, todos no Estado de Minas Gerais) e, ainda, os municípios do Estado do Espírito Santo relacionados na Lei nº. 9.690, de 15.07.1998, bem como o município de Governador Lindenberg. (BRASIL, 2007).

O presente estudo se pauta pelos princípios fundamentais de nossa Carta Magna, a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), que em seus incisos II e III, do Art. 3º, versam sobre a garantia do desenvolvimento nacional e a erradicação da pobreza e a marginalização e a redução das desigualdades sociais e regionais.

Assim, entende-se que o presente trabalho tem enorme relevância, na medida em que pode contribuir com o subsídio de propostas de políticas públicas, após serem apreciadas, aperfeiçoadas e colocadas em prática como política de Estado pelo Poder Nacional, no sentido de que o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro produza o bem-estar para a população daquela região, uma vez que gera estabilidade local nos campos social e econômico, mitigando as desigualdades, assegurando condições sustentáveis de fixação das famílias no campo e minimizando o deslocamento dessa população para outras regiões e grandes centros urbanos do País.

No campo da Defesa, os pontos salientados neste estudo se associam, indiscutivelmente, com o desenvolvimento científico e tecnológico de todo o semiárido, por meio do fomento estatal e privado nos centros acadêmicos, na indústria, inclusive a de Base Industrial de Defesa (BID), e na infraestrutura da região, além do fato de seu ambiente operacional ser única e exclusivamente brasileiro (predominantemente a caatinga), estando geograficamente localizado no saliente nordestino, o que lhe confere um alto valor estratégico do ponto de vista geopolítico.

Na análise do ambiente que circunda as várias atividades econômicas, sejam do setor primário, secundário ou vinculadas ao comércio e serviço, a infraestrutura desempenha um papel central dado sua característica estruturadora e alavancadora do desempenho dessas atividades. Também contribui para a criação de uma atmosfera positiva para os investimentos, públicos ou privados, na medida em que mitiga diversos riscos e reduz os custos de implantação de novos projetos ou expansão e modernização dos empreendimentos existentes.

No setor agropecuário, a infraestrutura hídrica, por exemplo, viabiliza que um empreendimento agrícola seja de maior porte - denominado de agricultura de resultado (agronegócio) -, seja de subsistência, possa se desenvolver de forma economicamente sustentável. Da mesma forma, as estradas vicinais e as de maior circulação permitem o escoamento da produção, sendo essenciais para o sucesso do negócio no ambiente rural.

Já no setor industrial, pode-se destacar como exemplo de infraestrutura o da geração e distribuição de energia, dada a elevada dependência do setor da matriz energética disponível, sobretudo a hidrelétrica, ainda prevalente, considerada uma energia "limpa" apesar de seu relativo impacto ambiental nas áreas de inundação destinadas à acumulação hídrica voltada para a geração.

Além desta, também se evidencia a energia eólica, a qual recentemente vem assumindo um protagonismo cada vez maior na oferta de energia da região, com a vantagem de ter impacto ambiental extremamente baixo, assim como, em menor proporção, a energia fotovoltaica. Aqui também a infraestrutura de transporte desempenha papel fundamental, seja no acesso aos insumos utilizados no processo produtivo, seja no escoamento da produção industrial.

O setor terciário, representado pelo comércio e serviço, da mesma forma, é altamente impactado pela infraestrutura, sobretudo pela de transporte. Como

exemplo, cita-se o comércio que recepciona o produto a ser vendido pelas mais variadas vias de acesso nos diversos modais de transporte. No turismo, pode-se afirmar que o sucesso do setor tem forte correlação com os canais de acesso ao local visitado, sobretudo pelas vias rodoviária e aérea, mas também pela infraestrutura voltada especificamente para o serviço turístico – estruturas que constituem a oferta de equipamentos de lazer e entretenimento à disposição dos visitantes.

Neste trabalho, serão identificadas e apresentadas propostas de melhorias e/ou implantação de infraestruturas de recursos hídricos, energéticos e de transporte com o intuito de promover o desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro.

Será realizado um inventário, de forma geral, do que já existe, buscando o conhecimento do *status* em que se encontra a região em questão, a fim de dimensionar os avanços necessários nas condições socioeconômicas da população com o intuito de alavancar as principais atividades produtivas para as quais a região do semiárido tem uma vocação natural.

Dentre essas atividades, destacam-se o turismo, a agricultura de subsistência e a de resultado, bem como a indústria, examinadas superficialmente, dedicando um maior detalhamento a determinados segmentos selecionados em cada atividade.

Diante do levantamento de dados e informações no âmbito do escopo deste trabalho, será estabelecida uma correlação entre o investimento nos eixos de infraestrutura abordados e os impactos nos indicadores socioeconômicos no crescimento esperado nas atividades produtivas selecionadas.

3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Neste capítulo, será apresentada, de forma geral, uma revisão das pesquisas e discussões feitas por outros autores sobre o tema desenvolvimento sustentável, bem como sobre as infraestruturas urbanas selecionadas para impulsionar o desenvolvimento sustentável da região do semiárido, que serão abordadas ao longo deste trabalho.

O conceito de desenvolvimento é bem amplo e vem, ao longo do tempo, passando por uma evolução, sendo associado a termos como econômico, social, socioeconômico, sustentável, entre outros, e possuindo diversos teóricos que tratam desse assunto.

Sobre a teoria do desenvolvimento, Moretto e Giacchini (2006) descrevem que:

[...] na literatura duas correntes de pensamento completamente distintas: uma, de inspiração mais teórica, que considera o crescimento como sinônimo de desenvolvimento e, outra, mais voltada para a realidade empírica, que entende que o crescimento é condição indispensável para o desenvolvimento, mas não é condição suficiente (SOUZA, 1997 apud MORETTO; GIACCHINI, 2006).

Bresser-Pereira (2008, p.11), tratando sobre os modelos de desenvolvimento, afirma:

O ramo da economia que estuda o desenvolvimento econômico é a teoria econômica do desenvolvimento (*development economics*), que, embora tenha suas origens nos economistas mercantilistas e clássicos, surgiu como área autônoma nos anos 1940, em meio à crise da teoria econômica neoclássica, e tendo como bases teóricas as obras dos mercantilistas, Smith, Marx, Schumpeter e Keynes. Na medida em que essa teoria busca compreender um fenômeno histórico, os modelos que constrói são necessariamente históricos, ou seja, modelos que buscam definir as características e dificuldades principais que os processos de crescimento enfrentam.

As ideias primordiais a respeito do desenvolvimento sustentável se deram durante a primeira conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) de 1972 sobre o meio ambiente e o desenvolvimento em Estocolmo. No transcorrer da conferência, o termo ecodesenvolvimento foi criado em decorrência da insatisfação de pesquisadores, sobretudo de ciências sociais, com a progressiva deterioração das condições de existência da maior parte da população e da crescente

degradação ambiental. As discussões sobre o ecodesenvolvimento evidenciaram a preocupação com os aspectos econômicos, porém não dissociados da problemática social e da ambiental. Este termo foi o embrião do que hoje se conhece como desenvolvimento sustentável.

Em 1983, a chefe da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, Gro Harlem Brundtland, então primeira-ministra da Noruega, teve a missão de estruturar propostas mundiais na área ambiental. A comissão concluiu, em 1987, os trabalhos a partir dos quais foi elaborado o documento intitulado *Nosso Futuro Comum*. Este documento é também conhecido como Relatório Brundtland, no qual a expressão “desenvolvimento sustentável” foi utilizada pela primeira vez, com a seguinte definição: “forma como as atuais gerações satisfazem as suas necessidades sem, no entanto, comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987).

3.1 Uma abordagem conceitual

O termo que surgiu, em 1987, no documento intitulado “*Nosso Futuro Comum*”, popularmente chamado de Relatório Brundtland, lançado pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (*Word Commission on Environment and Development apud World Bank, 1992*), é a definição mais usada de desenvolvimento sustentável, que defende que as necessidades geradas no presente devem ser atendidas, sem deixar de ser atendidas também as necessidades do futuro. Portanto, trata-se do desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações (WCED, 1987).

[...] desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras [...] é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988).

O conceito de desenvolvimento sustentável implica uma nova definição de crescimento econômico que traria justiça e oportunidades a todos no mundo, sem continuar a destruir os recursos naturais (PRONK; HAQ, 1992).

Muitos de nós vivemos além dos recursos ecológicos, por exemplo, em nossos padrões de consumo de energia. No mínimo, o desenvolvimento sustentável não deve pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos. Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas. (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988).

Para Silva (2007), o conceito de desenvolvimento sustentável não se limita apenas à noção de preservação do meio ambiente, representa uma transformação na tomada de decisões:

Desenvolvimento Sustentável é um processo em que estão integradas e equacionadas as dimensões econômicas, ambientais e sociais, e tem sido considerado chave para a sustentabilidade da vida no planeta. Num cenário em desenvolvimento, como o que se verifica nas cidades brasileiras, os problemas advindos do crescimento desordenado e das desigualdades sociais ampliam os desafios da esfera pública.

Para Chipanski (2006):

A falta de entendimento deste conceito como um todo, tem levado, no entanto a interpretações e posturas errôneas. Parece óbvio, mas nem sempre compreendido, que a degradação é consequência e não causa dos problemas ambientais. Este equívoco associado à carência de informações conduz a ações ineficazes e dispendiosas, pois acabam tratando as consequências e não a causa do problema ambiental.

O WWF-Brasil, em seu site, destaca que:

[...] Para ser alcançado, o desenvolvimento sustentável depende de planejamento e do reconhecimento de que os recursos naturais são finitos.
[...] Muitas vezes, desenvolvimento é confundido com crescimento econômico, uma vez que este último depende do consumo crescente de energia e recursos naturais. Esse tipo de desenvolvimento tende a ser insustentável, pois leva ao esgotamento dos recursos naturais dos quais a humanidade depende.

A grande diferença deste pensamento está em promover o equilíbrio entre os objetivos de desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e a conservação ambiental. Atividades econômicas podem ser encorajadas em detrimento da base de recursos naturais dos países. Desses recursos depende não

só a existência humana e a diversidade biológica, como o próprio crescimento econômico (WWF-Brasil).

Sede de duas importantes conferências internacionais que trataram sobre o tema sustentabilidade, Rio92 e Rio+20, o Brasil, considera como prioridade os objetivos do desenvolvimento sustentável que orientam as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional.

Com base nos princípios estabelecidos nos tratados internacionais sobre meio ambiente e nas diretrizes da Ordem Econômica e da Ordem Social da Constituição Brasileira de 1988, notadamente o disposto nos artigos 170, inciso VI, 174, 182, 186 e 225, verifica-se que o papel do Estado na defesa do ambiente e na busca da realização da justiça ambiental é crucial (JAPIASSÚ; GUERRA, 2017).

Em 2015, o Brasil participou da reunião dos 193 representantes dos Estados-membros da ONU, em Nova York, “e reconheceram que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável”. Naquela ocasião, adotaram o documento “Transformando o nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2015).

A Agenda 2030 lançou 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Quadro 1), com 169 metas para serem alcançadas nos próximos quinze anos. “São objetivos e metas claras, para que todos os países adotem de acordo com suas próprias prioridades e atuem no espírito de uma parceria global que orienta as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas, agora e no futuro”. (PNUD Brasil/ IPEA, 2015).

Quadro 1 - Objetivos de desenvolvimento sustentável

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades
Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.
Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.
Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.
Objetivo 9. Construir infraestruturas robustas, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resistentes e sustentáveis.
Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. (*)
Objetivo 14. Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
Objetivo 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.
Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.
(*) Reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima.

Fonte: site institucional do Ministério das Relações Exteriores (BRASIL, 2021).

Seguindo as recomendações estabelecidas pela Comissão Agenda de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da ONU, com as adaptações à nossa realidade, o Brasil, por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), publicou os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2015, que:

Fornecem subsídios para o acompanhamento da sustentabilidade do padrão de desenvolvimento brasileiro nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional, oferecendo um panorama abrangente de informações necessárias ao conhecimento da realidade do País, ao exercício da cidadania e ao planejamento e formulação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável. (IBGE, 2015).

Nas quatro dimensões citadas na publicação do IBGE, de um total de 63 indicadores, os quais muitas das vezes se correlacionam entre si, para fins deste trabalho, destacam-se os seguintes:

- No campo da dimensão ambiental, o saneamento – com o acesso a abastecimento de água e esgotamento sanitário e tratamento de esgoto.
- No campo social, a educação – por meio das taxas de frequência escolar, alfabetização e escolaridade da população adulta.
- No campo econômico, a intensidade energética – o consumo de energia per capita e a participação de fontes renováveis na oferta de energia.
- No campo institucional, os comitês de bacias hidrográficas.

A ONU evidencia que a temática da educação é um fator crucial ao desenvolvimento sustentável, incluindo-a no objetivo nº. 4 da Agenda 2030: “Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos”, garantindo alfabetização aos jovens e adultos de modo que adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável (PNUD, 2015).

Trazendo à luz os objetivos 6, 7 e 9, que tratam sobre a gestão sustentável da água e do saneamento básico, o acesso à energia limpa e a construção de infraestruturas que auxiliam na promoção da industrialização e inovação, percebe-se que os investimentos em infraestruturas são indutores de desenvolvimento sustentável (PNUD, 2015).

Sobre esse enfoque, Medeiros e Ribeiro (2019) avaliam:

O alargamento e aperfeiçoamento das infraestruturas de transportes, energia, telecomunicações e saneamento proporcionam não apenas um impacto direto sobre a economia ao possibilitar a instalação de novas atividades produtivas, mas também diversos impactos indiretos, ou complementariedades, que variam desde maior durabilidade do capital privado e ganhos de produtividade do trabalho, até o aumento no grau de diversificação produtiva e redução dos efeitos perversos advindos da especialização primário-exportadora caracterizadora das economias periféricas como o Brasil. Dessa forma, uma maior oferta de infraestrutura em áreas como irrigação, eletricidade, telecomunicações e estradas aumentam a produtividade, reduzem custos de comércio e estimulam a atividade industrial, promovendo assim uma mudança estrutural na economia capaz de impulsionar o crescimento da renda e do emprego de forma sustentável. Investimentos em infraestrutura também contribuem de forma significativa para a redução da desigualdade de renda e da pobreza.

Dessa forma, conclui-se parcialmente que o desenvolvimento sustentável, orientado pela Agenda 2030 da ONU e que estabelece seus objetivos, estando em

harmonia com os objetivos fundamentais da Constituição Federal do Brasil de 1988, é promovido, entre outros fatores, pela educação e pela infraestrutura, sendo esta última aprofundada nos capítulos seguintes. Esse mesmo nível de desenvolvimento sustentável pode ser mensurado por meio de indicadores estabelecidos conforme a realidade de cada estado.

3.2 Desafios do Semiárido Brasileiro

A ideia presente no imaginário coletivo que responsabiliza a natureza como a grande vilã de todos os desafios e adversidades enfrentados no Semiárido Brasileiro, fruto de um histórico de desvalorização e esquecimento que, há muitos anos, foi sendo construído pela mídia, a literatura e o cinema, contribuiu para propagar uma imagem negativa e restritiva da região. Tais elementos divulgados com frequência, a partir de um ângulo inalterado, tornaram invisíveis as características plurais da vegetação, do ambiente, da cultura, da história, dos costumes (SOUZA, 2021).

A escola, por sua vez, na maioria das vezes, reproduz a ideia que responsabiliza a natureza como a grande vilã de todos os desafios da região, quando esta é instalada em um lugar impróprio e com precárias condições de funcionamento, reforçando, assim, os preconceitos que vê a região como estéril, agressiva com um refinado nível de violência de quem nela vive, sendo poucos os mecanismos desenvolvidos para a convivência com essa realidade.

Para Silva (2007, p. 470), “[...] o semiárido tem sido histórica e socialmente marcado pelas duradouras contradições e injustiças sociais”. Albuquerque Júnior (1999) mostra que, desde quando a seca foi descoberta, em 1877, as ações implementadas para a região, tornaram-se meios para sustentar interesses políticos dos “coronéis”, políticos, grandes fazendeiros etc. com base nas ideias de “Combate à Seca” e “Indústria da Seca”.

Maciel e Pontes (2015, p. 23) afirmam que as elites políticas, culturais e científicas no Nordeste também “contribuíram para construir, ao longo do século XX, mitos e deformações acerca do semiárido, sustentando crenças sobre sua esterilidade, inadequação para o povoamento e irrelevância biológica”.

No entanto, segundo Rego e Lima (2015), indicadores vêm colocando em evidência o dinamismo econômico da região nordeste, que corresponde à maior porção territorial do semiárido:

[...] indicadores econômicos recentes vêm demonstrando que esta região vem apresentando uma considerável melhora em seu panorama. Tomando a variação percentual do PIB nominal de 2002 até 2009, o Nordeste avançou 128,46 por cento, ao passo que o Brasil cresceu 119,20 por cento, e utilizando o PIB *per capita* o avanço da região nordestina foi de 109,92, e o Brasil de 101,93. A taxa de crescimento do semiárido de 2000-2011 foi de 278% esse crescimento pode ser visto de forma mais clara quando comparamos o PIB médio de 2000-2002, R\$167.294.494, com o PIB médio de 2009-2011, R\$ 500.182.222.

Nessa mesma perspectiva, Buainain e Garcia (2013) afirmam que os indicadores socioeconômicos vigentes no semiárido, apesar do processo lento de mudança na situação e nas condições socioeconômicas, apontam para o desenvolvimento sustentável da região:

Esse processo tem sido impulsionado por um amplo conjunto de fatores, que incluem desde o próprio adensamento populacional, a democratização, a maior descentralização política e econômica estabelecida pela Constituição de 1988, a acumulação e maturação de investimentos públicos viabilizadores de importantes iniciativas privadas, como os polos irrigados, e a maior integração à própria economia nacional. No período mais recente os eixos dinamizadores da economia local no semiárido ganharam impulso e escopo, e estão produzindo profundas transformações na estrutura socioeconômica da região, que terão grande impacto na pobreza rural e nas perspectivas de superação dos graves déficits sociais que conformam as várias caras da pobreza no semiárido. Antes de tratar destes eixos e das políticas de combate à pobreza rural, é conveniente apresentar as características estruturais atuais da economia do Semiárido Brasileiro.

Apesar desse cenário favorável, a região conta com alguns desafios que precisam ser superados por meio de ações concretas que buscam a convivência harmônica com a natureza, potencializando as riquezas e as diversidades que se encontram no território do semiárido.

Ainda se deve notar que o semiárido não é um espaço econômico vazio e muito menos estagnado. Nos últimos anos, vários polos de dinamismo se consolidaram na região, entre os quais se podem mencionar, a agropecuária, a fruticultura irrigada, a cadeia do mel, as bacias leiteiras de Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba, um segmento de avicultura que tende a se consolidar com a maior facilidade de acesso aos grãos produzidos nos cerrados nordestinos, atividades de policultura alimentar vinculadas a áreas de assentamento de reforma agrária, entre outros (LIMA, 2004).

De acordo com Oliveira (2017):

As políticas públicas de convivência desenvolvidas na região do semiárido são disseminadas pelos órgãos estatais e apresentam uma nova perspectiva para a população local, principalmente aquelas pessoas que têm suas vidas afetadas direta ou indiretamente pelos efeitos da estiagem. Elas evidenciam principalmente a ação do Estado na busca por soluções para a boa vivência da população nessa faixa do nosso País, que nos últimos anos tais através a minimização dos prejuízos causados pelas secas.

Considerando a realidade do Semiárido Brasileiro para a melhoria da convivência com a seca e para a superação de limitações climáticas e ambientais, da deficiência logística e do acesso a mercados, várias são as soluções tecnológicas adequadas já disponíveis para o setor produtivo agropecuário. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) vem desenvolvendo várias soluções tecnológicas apropriadas ao contexto local que favorecem a ampliação do desenvolvimento regional e a inclusão da agricultura familiar em um sistema de produção mais moderno e eficiente (PORTO et al., 1999).

Nessa sequência, Porto *et al.* (1999), por exemplo, relatam que o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (CPATSA) criado em 1975 e vinculado à Embrapa Semiárido com sede em Petrolina, estado de Pernambuco, no Vale do São Francisco, que, por sua vez, pertence ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento, tem desenvolvido pesquisa sobre irrigação, captação e aproveitamento de água de chuva, cultivos, produção animal, mecanização agrícola, meio ambiente e socioeconômica, contribuindo na implementação de políticas públicas focadas no convívio com os ambientes áridos e semiáridos.

Organizações não governamentais (ONGs), igrejas e outros atores também têm contribuído com iniciativas de inclusão social, econômica e política no semiárido, beneficiando pequenos agricultores e agricultoras. Com tecnologias sociais, semeiam autonomia e promovem a construção de um sertão coletivo. Educando e capacitando, mobilizam os moradores e moradoras em prol do diálogo, da descoberta de necessidades e da busca proativa de soluções locais, como é o caso do Centro de Educação Popular e Formação Social – CEPFS, que atua no semiárido da Paraíba.

Um rápido levantamento dessas iniciativas permitiu identificar algumas ações que merecem destaque: Projeto Dom Helder Câmara; Polo Nordeste; Projeto Sertanejo; Programa Territórios da Cidadania; Pronat – Programa de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais; Programa Territórios

Rurais de Identidade; Rede ASA (Articulação no Semiárido), que inclui o P1MC – Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais; Programa uma Terra e duas Águas para um Semiárido Sustentável – P1+2; Programas de Combate à Pobreza Rural – PCPR, cofinanciados pelo Banco Mundial, entre outras iniciativas locais. (BUAINAIN; GARCIA, 2013).

Para fazer acontecer mudanças no cenário do semiárido, algumas políticas emergenciais foram implementadas nos últimos anos, por exemplo, a construção de cisternas financiadas por meio de programas em articulação com a Cáritas (Organização da Igreja Católica) e a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA). Além disso, Montenegro e Montenegro (2012, p. 5-19) apontaram como política pública para a convivência com a seca no semiárido:

A prática tradicional da açudagem, a perfuração de poços como meio natural de proteção para agentes poluidores e evaporação, ainda apresenta a construção de cisternas rurais como forma de captar, armazenar e fazer o manejo da água da chuva, implantação de barragens subterrâneas, dessalinização e aproveitamento de água salobra, reaproveitamento de águas servidas (águas domésticas) e o transporte de água e grandes distâncias – Adutoras e Canais.

A ASA adotou alguns meios para favorecer a população local, como a estocagem de água, auxiliando na aprendizagem da convivência com o semiárido, contribuindo para a transformação da realidade local, oferecendo à população mais condições para melhorar sua qualidade de vida (ASA, 2011).

Como explicam Silva *et al.* (2020):

[...] é necessário que a imagem negativa do Semiárido Brasileiro seja apagada, pois ele é rico em diversidade ambiental. O conhecimento pelo Poder Público de mecanismos eficientes e sustentáveis revela-se essencial para a promoção de políticas públicas voltadas para a convivência com o clima semiárido e mais perfeita gestão sustentável dos recursos naturais como os recursos hídricos subterrâneos e superficiais de modo que envolva a toda a sociedade.

Para Silva *et al.* (2020), para que o desenvolvimento sustentável do semiárido aconteça:

O ideal, portanto, é a conexão entre o conhecimento técnico e científico, interação com as leis da natureza, valorização das suas culturas, seus povos e tradições, buscando então, uma cidadania coerente, interligada, como uma semente inovadora, diferente. Além disso, a escola deveria incentivar e preparar os jovens para serem autores de novos saberes, no campo, mostrar que ele pode e tem condições de dar oportunidades para eles crescerem e se desenvolverem em diversos sentidos, e o principal: ser um autor constante do seu trabalho, promovendo uma maior qualidade de vida e incentivando a agricultura familiar, tão importante.

Diante de tais desafios e conscientes de que são várias as áreas que contribuem para o desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro, este estudo ateve-se aos investimentos em infraestruturas consideradas mais relevantes pelo grupo.

4 INFRAESTRUTURAS

Segundo o portal e-civil, a definição de infraestrutura é:

O conjunto de obras que constituem os suportes do funcionamento das cidades e que possibilitam o uso urbano do solo, isto é, o conjunto de redes básicas de condução e distribuição: rede viária, água potável, redes de esgotamento, energia elétrica, gás, telefone, entre outras, que viabilizam a mobilidade das pessoas, o abastecimento e a descarga, a dotação de combustíveis básicos, a condução das águas, a drenagem e a retirada dos despejos urbanos.

Com o intuito de promover o desenvolvimento sustentável da região do Semiárido Brasileiro em sintonia com a agenda 2030 da ONU, cuja meta é erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir a paz e a prosperidade para as pessoas, serão apresentadas algumas propostas de desenvolvimento de infraestruturas hídrica, energética e de transporte.

4.1 Infraestrutura hídrica

Ao abordar a infraestrutura hídrica, percebe-se que grandes civilizações se desenvolveram às margens de grandes rios, foi assim com a egípcia no Nilo, a da Mesopotâmia entre o Tigre e o Eufrates, e a hindu ao longo do Ganges. Assim, identifica-se a água como um recurso estratégico para o desenvolvimento e a manutenção de um povo e, nesse sentido, infraestruturas foram sendo desenvolvidas pela engenhosidade humana a fim de garantir a disponibilidade de água para as cidades, mover a força de moinhos, ofertar água para a agricultura, entre uma diversidade de funções.

Atualmente, a crescente demanda de água doce e a escassez em áreas de baixa pluviosidade e locais de assentamentos humanos, como no Semiárido Brasileiro, carecem de infraestruturas eficientes e modernas que garantam o seu uso de forma sustentável.

Segundo Benitez (2009), infraestrutura pode ser caracterizada como um “capital social fixo” que possui uma relação de desenvolvimento regional, que exige investimentos de altos custos promovidos por recursos públicos. É um complemento ao capital privado, sendo, em sua grande parte, imóveis – além de não ter o caráter de mercado, e sim político, é um instrumento de política pública.

Com efeito, infraestruturas são parte dos ativos, que independentemente de mercado, recebem recursos públicos de um País e que têm por finalidade promover o bem comum à sua população, bem como gerar condições para o desenvolvimento de uma comunidade, região ou nação (BENITEZ, 2009).

Por ser um indutor direto de desenvolvimento, a infraestrutura hídrica, sobretudo no Semiárido Brasileiro, ganha destaque, conforme o Ministério do Desenvolvimento Regional (2018) cita:

O Projeto de Integração do rio São Francisco é a maior obra de infraestrutura hídrica do País, dentro da Política Nacional de Recursos Hídricos. Com 477 km de extensão em dois eixos (Leste e Norte), o empreendimento vai garantir a segurança hídrica de 12 milhões de pessoas em 390 municípios nos estados de Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

Assim, o trabalho se propôs a identificar infraestruturas hídricas importantes e necessárias para alicerçar o desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro, com lastro em experiências exitosas em regiões onde se fizeram necessárias tais infraestruturas e de indicadores que comprovem esta relação de causa e efeito.

4.1.1 Tipos e projetos de infraestruturas hídricas

Segundo Rodrigues (2010), os municípios do Semiárido Brasileiro, de acordo com o antigo Ministério da Integração Nacional (MI), atual Ministério do Desenvolvimento Regional, são classificados de acordo com três critérios técnicos assim identificados: uma precipitação anual média inferior a 800 mm; índice de aridez igual a 0,5, calculado pelo balanço hídrico¹; e risco de seca superior a 60%. Após estudos deste ministério, 1.133 municípios, de onze estados, enquadram-se neste perfil. Conclui-se, obviamente, que há uma carência de água e que esta falta gera consequências indesejáveis para essas localidades, como o subdesenvolvimento. Nesse contexto, há a necessidade de investimento em infraestruturas hídricas, a fim de mitigar este problema (RODRIGUES, 2010).

A questão está em como definir infraestrutura e delimitar o que são infraestruturas hídricas. Sendo uma parte do capital global e tendo como principal característica a combinação de caracteres “capital” e “público”, a infraestrutura

¹ Balanço hídrico ocorre quando a disponibilidade hídrica é maior que a demanda hídrica, considerando a infraestrutura crítica instalada (BRASIL, 2019).

apresenta, como categorias, redes de abastecimento de energia, redes de água e esgoto, sistemas de comunicações, entre outros. Criada por meio de investimentos e apresentando uma simultaneidade entre as propriedades de bens de capital e de uso público, a infraestrutura apresenta, ainda, um conjunto de serviços, que devem ser criados por um processo de investimento de longo prazo (RODRIGUES, 2010).

4.1.1.1 Práticas de Irrigação

Constituindo-se como o principal usuário dos recursos hídricos, a irrigação é responsável por cerca de 70% do consumo de água no mundo. Porém, a demanda expressiva por irrigação costuma ocorrer quando o déficit hídrico é maior, no período da seca. Assim sendo, o aumento da eficiência no uso da água em sistemas de irrigação merece atenção específica, não apenas por meio de práticas de manejo adequadas, que aumentem esta eficiência, como também da utilização de ações que maximizem o aproveitamento da água em locais onde ela seja o fator restritivo à produção agrícola, utilizando a irrigação com déficit. Vale lembrar que quanto maior o volume de água empregada na irrigação, objetivando maximizar a produtividade, menor é a eficiência de uso desta água (PRUSKI, F. F.; PRUSKI, P. L.; 2011).

Dentre as várias iniciativas que surgiram na esteira da utilização da irrigação estão os exemplos dos “Perímetros Irrigados”, criados por meio da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964, O Estatuto da Terra, a partir da desagregação dos campos de irrigação fundiária, transformados em projetos de engenharia, sendo uma das muitas linhas de trabalho do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF).

No seu Art. 86, item I, são citados, embrionariamente, os conjuntos para irrigação e perfuração de poços. Em 1979, foi promulgada a Lei nº 6.662, de 25 de junho de 1979, conhecida como Lei da Irrigação, que foi revogada pela Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação (COSTA *et al.*, 2011).

Nys *et al.* (2005) destacam que:

Os perímetros irrigados são sistemas complexos que associam recurso de água, equipamentos hidráulicos, aspectos fundiários e atores. Esses últimos podem ser desdobrados em três tipos: os agricultores que se beneficiam do serviço da água, a gerência do perímetro e os operadores externos

(prestadores de serviço, elos finais das cadeias de produção e poderes públicos).

Um exemplo de perímetro irrigado quem vem obtendo bastante êxito é o de Tabuleiro de Russas, localizado na região do Baixo Jaguaribe, cerca de 170 km de Fortaleza. Responde por uma área irrigável de mais ou menos 14.365 hectares (ha), sendo que o loteamento prevê trechos que vão de 8ha até 30ha, divididos entre pequenos irrigantes, técnicos agrícolas, agrônomos e empresas. Apresentam relevo suave e forte declividade no sentido longitudinal, além de solos com boa drenagem e profundidade, com textura média e razoável permeabilidade. Vale lembrar que a precipitação média anual é de aproximadamente 700mm, com temperatura variando entre 22°C e 28°C. A administração da manutenção e operação é realizada pela associação de irrigantes assentados, denominada Distrito de Irrigação do Projeto Tabuleiros de Russas (DISTAR) (COSTA *et al.*, 2011).

Entre os projetos de infraestruturas hídricas que já estão em franca implementação, destacam-se os projetos que envolvem práticas de irrigação. “A adoção e a aplicação de metodologias atualizadas de classificação de terras para a irrigação podem permitir o planejamento do uso da terra com vistas ao desenvolvimento sustentável” (FRANCISCO *et al.*, 2019).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), estão sendo estabelecidas Parcerias Público-Privadas (PPP) para serviços de irrigação levando em consideração os perímetros públicos identificados dentro do Programa Nacional de Irrigação Pública para o Semiárido Brasileiro (PISAB), sob a responsabilidade do Ministério da Integração Nacional, DNOCS e CODEVASF, abaixo relacionados nos quadros 2, 3, 4 e 5:

Quadro 2 - Eixo 1: perímetros implantados

Eixo 1: Perímetros Implantados			
	Perímetros	Área (ha)	Área Ociosa (2011)
1	Formoso (BA)	12.558	5.891
2	Jaguaribe- Apodi (CE)	5.658	2.517
3	Gorutuba (MG)	5.286	2.304
4	São Gonçalo (MG)	2.404	582
5	Nilo Coelho (PE)	18.058	365
6	Moxotó (PE)	8.596	4.958
7	Baixo Açu (RN)	5.168	3.729
	Total	57.728	20.346

Fonte: ANA, 2021, p. 4.

Quadro 3–Eixo 2: conclusão e ocupação

Eixo 2: Conclusão e Ocupação		
Conclusão e Ocupação		Área (ha)
1	Salitre (BA)	20.000
2	Tabuleiros de Russas (CE)	6.376
3	Jaíba (MG)	25.750
4	Pontal (PE)	7.717
5	Platôs de Guadalupe (PI)	10.632
Total		70.745

Fonte: ANA, 2021, p. 5.

Quadro 4 - Eixo 3: conclusão e ocupação

Eixo 3: Conclusão e Ocupação		
Conclusão e Ocupação		Área (ha)
1	Baixio do Irecê (BA)	48.000
2	Tabuleiro São Bernard (MA)	5.598
3	Jequitaí (MG)	18.000
4	Canal Sertão Pernambucano (PE)	45.000
Total		116.598

Fonte: ANA, 2021, p. 5.

Quadro 5 - Eixo 4: estudos de novos perímetros

Eixo 4: Estudos de Novos Perímetros		
Perímetros		Área (ha)
1	Canal do Sertão Alagoano – Inhapi (AL)	4.300
2	Itapecur/Cruzeiro (BA)	10.500
3	Ibicutinga (CE)	15.000
4	Baixada Maranhense (MA)	5.000
5	Boa Esperança/Rio Balseiro (MA)	5.000
6	Iuiu (BA)	30.000
7	Vertente Litorânea (PB)	3.000
8	Trecho IV - PISF (PE)	34.000
9	Serra Negra (PE)	6.000
10	Terra Nova (PE)	8.000
11	Platôs de Guadalupe (3ª. Etapa) (PI)	5.000
12	Salinas (PI)	2.000
13	Mendubin (PI)	8.300
14	Canal Xingô (SE)	10.800
Total		146.900

Fonte: ANA, 2021, p. 5.

Os perímetros atualmente se encontram funcionando em diferentes estágios de desenvolvimento, consequência de diversos fatores: razão da implantação, tamanho, perfil dos irrigantes, características da infraestrutura, estrutura de produção e renda dos agricultores (ANA, 2021).

4.1.1.2 Potenciais hidráulicos

Considerando as precipitações chuvosas como a fonte principal do potencial hídrico de uma região, pode-se aduzir que o volume médio anual de águas pluviais representaria o máximo de água possível para uso com finalidades úteis teoricamente, se houvesse 100% de eficiência. Contudo, o Semiárido Brasileiro se caracteriza, entre outros matizes, pela alta taxa de evaporação e variabilidade chuvosa, dentro de um mesmo ano ou através dos anos (CAMPOS, 2011).

Nesse sentido, vale lembrar que uma bacia hidrográfica tem como fonte de alimentação de seu sistema, a precipitação média anual. Essa precipitação será dividida em várias partes. A primeira parte, que permanecerá nas depressões do solo e na superfície deste, além de uma determinada quantidade que será retida nas folhas das vegetações, evaporará. Uma segunda parte escoará para córregos, riachos e para o rio principal. A terceira parte se infiltrará no solo e será absorvida pelas raízes das plantas. Por fim, uma quarta parte se infiltrará no solo e atingirá o lençol freático, escoando-se no subterrâneo (CAMPOS, 2011).

Apenas como exemplo, cabe observar os potenciais hidráulicos da bacia do rio Jaguaribe, do estado do Ceará. Na bacia do Jaguaribe, que dispõe de uma área de cerca de 72.000 km² e uma precipitação média de 700 mm, a quantidade precipitada de água é da ordem de $5,04 \times 10^{10}$ m³ por ano. Porém, devido aos escoamentos superficial e subterrâneo, o valor do potencial hidráulico fixo, ao final, será de 46,34 bilhões de metros cúbicos, ou seja, 92% do volume precipitado são alocados pela natureza no potencial hidráulico fixo, e 8% do volume devido aos escoamentos. No Nordeste, 88% do volume precipitado se transforma em evapotranspiração, e 12% é o que sobra, sendo 9% para o escoamento superficial e 3% para o escoamento subterrâneo (CAMPOS, 2011).

4.1.1.3 Conservação do solo e da água

Com vistas à redução da erosão presente nos reservatórios de água e nos mananciais, trazendo como consequência a redução da capacidade de armazenamento, a redução do potencial de geração de energia elétrica, a elevação dos custos de tratamento da água, o desequilíbrio no balanço de oxigênio dissolvido na água, além de prejuízos para o desenvolvimento de espécies aquáticas e o

aumento do custo com dragagens, a ANA criou o programa “Produtor de Água”, direcionado para a melhoria da qualidade e da quantidade de água produzida em áreas agrícolas, onde é prevista a remuneração aos produtores que, por meio de manejos e práticas conservacionistas, contribuam para a melhoria das condições dos recursos hídricos (PRUSKI, F. F.; PRUSKI, P. L., 2011).

Convém destacar que:

Para a construção das estradas são necessárias a eliminação da cobertura vegetal e a compactação do solo, o que reduz a infiltração da água e, conseqüentemente, aumenta a propensão ao escoamento superficial. Quando atinge determinada vazão, tecnologia e inovação frente a gestão de recursos hídricos, este escoamento assume grande potencial para provocar o desprendimento e o transporte do solo, causando problemas para a manutenção da estrada, ao danificar acostamentos, taludes e o próprio leito da estrada (PRUSKI, F. F.; PRUSKI, P. L., 2011).

O Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (GPRH), do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), desenvolveu o Programa “Hidros”, composto por um conjunto de softwares que disponibilizam metodologias para o dimensionamento de projetos hidroagrícolas, tais como Plúvio 2.1, Canal, Dreno 2.0, Terraço 3.0, Estradas, Hidrograma 3.1, entre outros, todos disponíveis no sítio da internet da UFV (PRUSKI, F. F.; PRUSKI, P. L., 2011).

4.1.1.4 Aproveitamento da água das chuvas

Sendo a única fonte de água disponível para a subsistência dos produtores rurais e suas famílias, a água resultante da chuva torna-se fator relevante para o desenvolvimento das atividades agropecuárias. Torna-se então, fator imprescindível, dispor desta água proveniente da precipitação, quando de sua ocorrência (PORTO *et al.*, 2011).

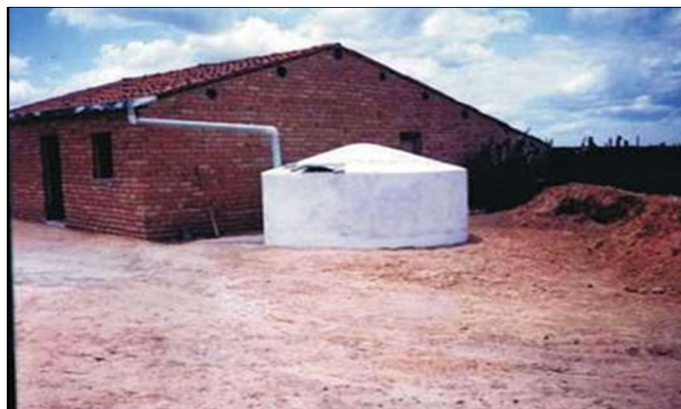
Nesse sentido, existem técnicas para aproveitar a água oriunda de precipitação natural, desde que certos requisitos sejam observados, entre eles, procurar evitar o desperdício e realizar cultivos de baixo consumo. Considerando que a prioridade a ser seguida pelos produtores, principalmente os de pequeno porte, deve ser, nesta ordem, o consumo humano, seguido do consumo pelos semoventes e, finalmente, a produção vegetal, há que haver um eterno cuidado no aproveitamento máximo desta água de chuva (PORTO *et al.*, 2011).

Entre as alternativas de aproveitamento das águas oriundas das chuvas, existem as cisternas, que são uma alternativa à captação de água de barreiros. Estes são formados pelo acúmulo da água de chuva, formando pequenos reservatórios. Todavia, retirar água deste tipo de reservatório pode ser prejudicial à saúde, pois dele se servem os animais, indiscriminadamente, e o risco de contaminação é muito alto.

A Embrapa Semiárido tem realizado pesquisas sobre a utilização de cisternas desde o final dos anos 1970 a fim de viabilizar a utilização desses dispositivos na área rural do semiárido, focando no material das cisternas a ser utilizado e como implementá-las. Dessa forma, é importante destacar a necessidade de se cobrir a cisterna, sob pena de perder grande quantidade da água da chuva armazenada por meio da evaporação.

Entre as ideias para tampar o reservatório, uma das mais eficazes, tem sido a utilização de folhas de isopor, sobre o espelho d'água do reservatório (figura 2). Considerando que o recolhimento da água da chuva a partir dos telhados das edificações era insuficiente, foi projetado um sistema que capta água tanto dos telhados como do solo, conhecido como cisterna tipo placa (PORTO *et al.*, 2011).

Figura 2 - Cisterna tipo placa construída no Semiárido Brasileiro



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO, 2011.

Porto *et al.* (2011) enfatizam que:

Em geral, tem-se sugerido que a cisterna tenha capacidade de armazenamento de 16 m³, o que é suficiente para atender a uma família de 5 pessoas com o uso de 14 l de água por dia durante o período de 240 dias, que correspondem ao período de estiagem.

Outras iniciativas como a construção de barreiros para utilização da irrigação de salvação também podem ser aplicadas, embora a taxa de evaporação nesses dispositivos seja muito alta, inviabilizando-os em curto espaço de tempo, após o final do período chuvoso.

A captação *in situ* é outra opção para a captação de água da chuva e consiste na modificação da superfície do terreno por meio de construção de planos inclinados e sulcos, induzindo o escoamento superficial até a bacia ao redor das plantas a fim de irrigá-las.

Por fim, a utilização de barragens subterrâneas, para armazenar água de chuva no interior do solo, normalmente construídas próximas aos leitos de rios. O armazenamento ocorre por meio do fluxo superficial e subterrâneo em um aquífero já existente ou confeccionando uma parede de argila ou outro material disponível para o produtor (PORTO *et al.*, 2011).

4.1.1.5 Reuso de esgoto sanitário

Com o intuito de aumentar a eficiência do ciclo da água nas áreas urbanas do Semiárido Brasileiro, é necessário realizar o gerenciamento integrado dos três sistemas de saneamento básico, ou seja, o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e o manejo das águas pluviais.

Especificamente, citando o segundo sistema, esgotamento sanitário, observa-se que, apesar de ser uma obrigação dos municípios a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição do esgoto nos pontos de recepção, observa-se, com pesar, que isso não é comum no Nordeste, havendo grande deficiência da prestação deste serviço. Inclusive, riscos de contaminação são reais, mesmo em locais onde existem estações de tratamento. Nesse contexto, a reutilização de águas servidas, advindas dos sistemas de tratamento de esgoto, torna-se complexa, exigindo ações nos campos tecnológico, cultural, legal e educacional (GONÇALVES, 2011).

O reuso de esgotos sanitários tratados é, sem sombra de dúvidas, uma das principais soluções a serem adotadas na reversão do estresse hídrico, em qualquer região do planeta e, em especial, no semiárido. Esta prática assume papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, por liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários. Além do importante reforço na disponibilidade de água, o reuso também pode assegurar o aporte essencial de nutrientes para culturas agrícolas estratégicas (GONÇALVES, 2011).

Convém destacar que países industrializados como os EUA e várias nações europeias são usuários deste sistema, utilizando o reuso de esgotamento sanitário para outras finalidades, e não apenas na agricultura. Pode-se inferir que o desenvolvimento sustentável do semiárido exigirá um maior esforço na busca pela reutilização de águas servidas face a sua escassez.

Entre os critérios estabelecidos pela Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o uso sustentável da água em particular deixa claro que o reuso da água se constitui em prática de racionalização e conservação, de acordo com os princípios estabelecidos na Agenda 21, sendo esta prática utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos, entre outras ações (GONÇALVES, 2011).

Gonçalves (2011) enfatiza que, ao fazer a reutilização da água, ocorre naturalmente uma redução da descarga de agentes poluidores em locais de recepção, conservando os recursos de abastecimento do público onde a exigência de qualidade é maior.

No Brasil, através da norma NBR 13.969/97, a ABNT estipula que o esgoto tratado a níveis sanitariamente seguros deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, tais como irrigação dos jardins, lavagem de piso e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens etc. (GONÇALVES, 2011).

Entretanto, o investimento para montar um sistema de tratamento de esgoto é significativo. Se considerarmos um prédio de apartamentos ou mesmo uma moradia comum, será necessária uma rede de abastecimento dupla, dois reservatórios de água, sendo um para a água potável e outro para a água não potável, além de um sistema de tratamento de água não potável, pós uso.

4.1.1.6 Poços artesianos

Na busca para diminuir a problemática da falta de água no Semiárido Brasileiro, uma das formas mais antigas é a captação de água a partir de poços artesianos. “Poços tubulares ou poços artesianos são perfurações verticais no solo realizadas por perfuratrizes que podem ser à percussão, rotativas ou roto-pneumáticas, com um pequeno diâmetro e revestido por uma tubulação de PVC ou de ferro” (ALVES JUNIOR, 2021).

O solo do semiárido é considerado raso como lençol freático próximo à superfície. Esta característica, ou seja, solos pouco profundos, trazem limitações para as atividades agrícolas. Porém, por serem mananciais subterrâneos, as águas do lençol freático, estão protegidas contra os agentes poluidores da superfície do solo, além de não sofrerem influência da evaporação (ROSA, 2017).

Nesse sentido, o Exército Brasileiro (EB) também deu sua contribuição, em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Regional, desenvolvendo um projeto de captação de água de poços artesianos, utilizando a energia solar para movimentar o motor que aciona a bomba de recalque da água e, com isso, evitar a necessidade da estrutura elétrica necessária ao funcionamento tradicional do dispositivo de retirada da água do poço. Com esse projeto, o EB pretende atingir pontos mais distantes dentro do semiárido, pois não havendo a necessidade de fornecimento de energia elétrica e utilizando o princípio da insolação, abundante o ano todo no semiárido, muitas famílias dos pequenos produtores rurais serão beneficiadas (ROSA, 2017).

Dispondo de 4 (quatro) bacias hidrográficas (Rio Parnaíba, Atlântico do Nordeste Oriental, São Francisco e Atlântica do Leste), graças a elas e à formação de microbacias, o lençol freático do semiárido está sempre abastecido, mesmo contando com os rios não perenes das citadas bacias.

As bacias por seu grande aporte formam lençóis freáticos que reservam água no subsolo, sendo possível o acesso destas águas pela perfuração de poços artesianos, política de caráter público adotada pelo Estado, ao identificar estes lençóis (SILVA; LIMA, 2017).

Entretanto, a não ocorrência de chuvas somada à ação degradadora do homem e à evaporação, reduz drasticamente a quantidade de águas nessas microbacias. A característica do solo raso apresenta outro problema: a salinização da água (ROSA, 2017). Sobre esse assunto, Silva e Lima (2021) realçam que:

Uma das tecnologias utilizadas para sanar o problema é a perfuração de poços artesianos, que em sua maioria possui água salina. Estes por ter um tratamento de alto custo, a água e seus resíduos salinos, quase sempre não os são realizados, impossibilitando o consumo familiar e o cultivar.

A responsabilidade pela execução e implantação dos poços pertence a instituições como a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) e o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), pois o apoio

governamental é necessário para desenvolver e alavancar a produtividade (SILVA; LIMA, 2021).

A perfuração de poços é uma alternativa de água que pode ser utilizada na irrigação e ajudar a conviver com a seca, porém alguns poços produzem água com teores de sais totais em níveis elevados, avaliada como salobra. Para uma efetiva utilização desta água seria preciso dessalinizar, processo que exige alto custo (SILVA; LIMA, 2021).

A fim de solucionar essa questão, técnicas estão sendo desenvolvidas, utilizando os chamados “destiladores solares”, de baixo custo de implantação e manutenção, que aquecem a água a partir da radiação solar que evapora e se condensa dentro do destilador. As altas temperaturas conseguem, ao mesmo tempo, tornar a água potável e eliminar microrganismos patogênicos, além de permitir a retirada dos sais (SILVA *et al.*, 2021).

4.1.2 Infraestrutura hídrica e desenvolvimento sustentável

De acordo com o Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste (PRDNE/MDR, 2019), a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que consta da Lei nº 9433, de 1997, em seus objetivos, informa que estes buscam, entre outras coisas, a garantia da segurança hídrica, e tal política está sintonizada com a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

Sendo a segurança hídrica o objetivo central da Política Nacional de Recursos Hídricos e estando ela de acordo com a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável da ONU, as ações do Estado, no sentido de ampliar a segurança hídrica brasileira por meio de infraestruturas e marcos regulatórios, atendem em especial ao objetivo 6 (“Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”), bem como tem desdobramentos em outras metas na mesma agenda.

4.1.2.1 Agenda 2030 das Nações Unidas e sua ligação com a segurança hídrica

No que tange às infraestruturas hídricas, entre os 17 ODS da Agenda 2030, o objetivo 6 - assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos - tem vínculo direto com a temática de segurança hídrica, coadunado com o objetivo 9 - construir infraestruturas robustas, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação - e indireto com os

objetivos 1 - acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares - e 2 - acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável (BRASIL, 2015, p. 15.).

Para o atingimento do objetivo 6, observa-se a necessidade de o Estado perseguir as seguintes metas descritas na Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável:

6.1 Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos.

6.2 Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade.

6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.

6.4 Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.

6.5 Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado.

6.6 Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.

6.a Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso.

6.b Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento (BRASIL, 2015, p. 20 e 21).

Ratificados pelo Estado Brasileiro, os ODS da Agenda 2030 quando buscados por meio de ações e investimentos, principalmente os de infraestrutura e, no caso alvo deste estudo as infraestruturas hídricas, serão impulsionadores de produção econômica e gerarão bem-estar, saúde, emprego e renda.

4.1.2.2 Segurança hídrica e a crescente demanda por recursos hídricos

A segurança hídrica, de acordo com o conceito da Organização das Nações Unidas (ONU), existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um

nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões (quadro 6) como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um País (PNSH, 2021, p. 13).

A segurança hídrica é condição indispensável para o desenvolvimento social e econômico, especialmente quando se verificam os impactos causados pelos eventos hidrológicos extremos ocorridos na atual década no Brasil (PNSH, 2021, p. 9), particularmente no Semiárido Brasileiro.

Segundo o Plano Nacional de Segurança Hídrica:

Para reverter um quadro de Insegurança Hídrica, é possível atuar de modo tradicional mediante a implantação de infraestrutura hídrica e o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos (planejamento, controle do uso da água, monitoramento, operação e manutenção de sistemas hídricos, etc.). Adicionalmente, é importante incorporar medidas para gestão de riscos, em detrimento da resposta a crises, o que envolve um conhecimento aprofundado da vulnerabilidade e da exposição do ambiente diante de algum evento, visando à proposição de ações dirigidas ao aumento da resiliência da área envolvida. Deve-se buscar, em síntese, um cenário ideal de Segurança Hídrica, em que a infraestrutura esteja planejada, dimensionada, implantada e gerida adequadamente, atendendo tanto ao equilíbrio entre a oferta e a demanda de água quanto a situações contingenciais, fruto da vulnerabilidade a eventos climáticos extremos (PNSH, 2021, p. 13).

Quadro 6 - Dimensões da segurança hídrica

DIMENSÕES DA SEGURANÇA HÍDRICA (adaptado da <i>United Nations Water</i>)	
Garantia do acesso à água adequado às necessidades básicas e bem-estar da população	Preservação dos ecossistemas e da água em benefício da natureza e das pessoas
Garantia de suprimento para atividades produtivas e usos múltiplos	Resiliência a eventos extremos, como secas e inundações

Fonte: PNSH, 2021, p. 13.

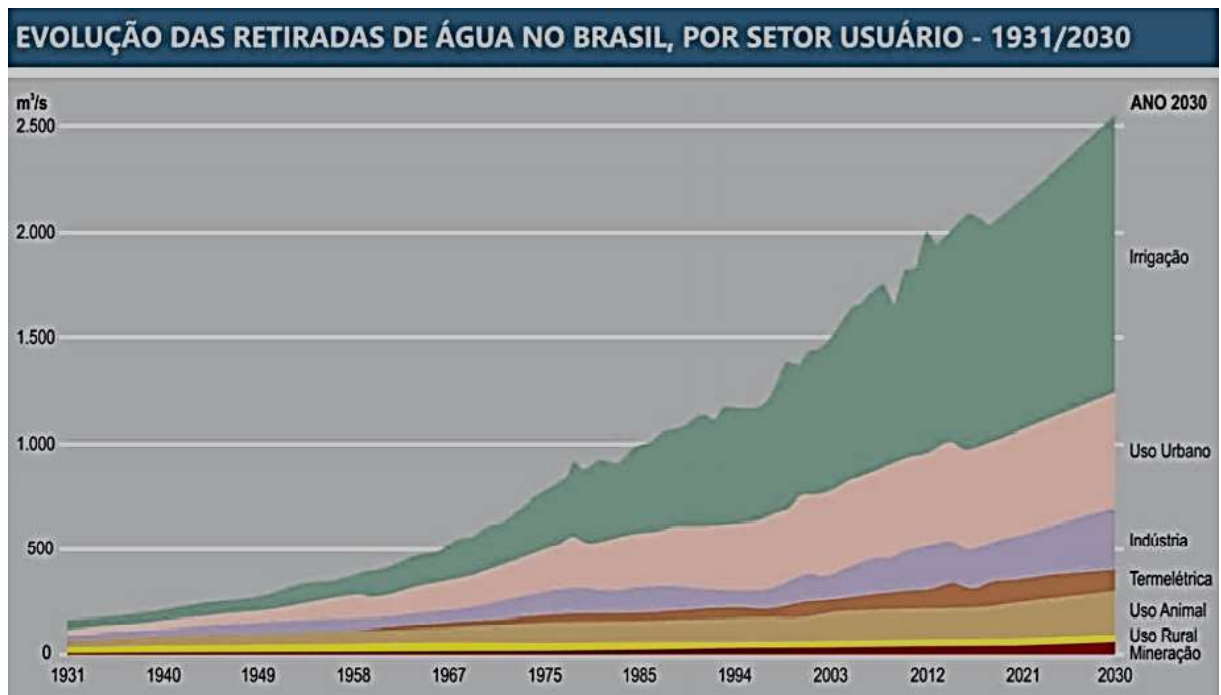
A crescente demanda de água é notória nos diversos setores da economia, como no setor primário (agricultura e pecuária) e no setor da indústria, além do abastecimento urbano. Segundo a ANA, “a agricultura irrigada, o abastecimento urbano e a indústria de transformação são responsáveis por 85% das retiradas de água em corpos hídricos, o que equivale a 2,083 milhões de litros por segundo” (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

Ainda, todos os usos continuarão se expandindo nos próximos anos, com exceção do abastecimento humano rural, em virtude da redução da população nessas regiões. De um modo geral, o uso da água deverá crescer 24% até 2030, superando a marca de 2,5 milhões de litros por segundo (figura 3) (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

Segundo projeções da ANA:

[...] as demandas hídricas de retirada para suprimento de água a diversos setores usuários, incluindo a população e as atividades econômicas pode alcançar cerca de 2.600 m³/s no Brasil, em 2030, representando um aumento de quase 2.000% em relação às demandas estimadas para o ano de 1931, ou seja, num período de 100 anos. Tal condição resulta em riscos de ocorrência de balanço hídrico entre oferta e demanda de água negativo em diversas regiões do País. (PNSH, 2019, p. 16).

Figura 3 - Evolução das retiradas de água no Brasil por setor



Fonte: PNSH, 2021.

No que se refere aos resultados da pressão do crescimento demográfico, particularmente o urbano, nos recursos hídricos:

[...] assinala-se um rápido crescimento da taxa de urbanização do Brasil entre as décadas de 60 e 80. Em 2010, ela era de 84% e as expectativas são de que deverá chegar próximo a 90% em 2020, contribuindo para ampliar conflitos pelo uso dos recursos hídricos nas áreas urbanas e para piora da qualidade das águas, caso não sejam adotadas medidas preventivas ou corretivas. (PNSH, 2019).

Apesar de menor, a taxa de urbanização do Semiárido Brasileiro acompanha essa tendência de aumento da média nacional de urbanização, segundo Buainain e Garcia (2013): “Em 2010, a população do semiárido brasileiro era de 21,7 milhões de pessoas (11,4% da brasileira), densidade demográfica de 24,2 hab./km² e uma população rural de 13,5 milhões de pessoas, taxa de urbanização de 62% (IBGE, 2010)”.

Assim o PNSH cita que:

Durante as recentes crises hídricas que se instalaram severamente no Brasil, com impactos que ainda se fazem sentir, várias medidas foram tomadas, muitas delas de caráter contingencial, incluindo racionamento, alocação negociada de águas armazenadas em reservatórios, implantação de obras emergenciais e casos extremos de suspensão de usos da água. (PNSH, 2019, p. 16)

Nesse sentido, sendo o Semiárido Brasileiro recorrentemente sujeito a períodos de estiagem, “em dezembro de 2016, 132 cidades do Nordeste Setentrional, com uma população total de 1,5 milhão de habitantes encontravam-se em colapso de abastecimento e 812 municípios eram abastecidos por carros-pipa, gerando custos de mais de 1 bilhão de reais ao Governo Federal nesse ano” (PNSH 2019, p. 16).

Em relação às infraestruturas de saneamento básico, Buainain e Garcia (2013) expõem que:

[...] o Plano Nacional de Saneamento Básico encontra-se em discussão. O plano é composto basicamente por três programas: i) saneamento básico integrado; ii) saneamento rural; iii) saneamento estruturante – o foco é prover apoio à gestão pública dos serviços (Ministério das Cidades, 2011). O SB não sofre apenas com a falta de acesso aos serviços básicos; o mais grave é que a população tenha que conviver com a escassez “natural” de água, independentemente da existência da infraestrutura de abastecimento público. Em 2004, o governo federal lançou o Programa Água Doce, cujo objetivo é atender comunidades difusas do Nordeste e do SB que abriguem entre mil e três mil pessoas, e que não tenham acesso à água encanada. A ideia central é a conscientização da população de que a partir de práticas relativamente simples é possível melhorar a qualidade da água.

Infere-se parcialmente que sendo a segurança hídrica um fator primordial para o desenvolvimento sustentável, conforme a Agenda 2030 da ONU, a crescente demanda por água potável para as atividades produtivas, como irrigação, uso na indústria e na geração de energia, bem como, em atividades básicas de abastecimento e de saneamento (com fins de reuso e preservação dos ecossistemas), associada à resiliência a eventos extremos, como secas e

inundações, é um forte indicador para que o Estado seja proativo em relação à implementação de infraestruturas hídricas de vulto a fim de suprir carências, presentes e futuras, e desenvolver regiões menos favorecidas por meio desse tipo de infraestrutura, tal qual o Semiárido Brasileiro.

4.1.2.3 Transformando uma fraqueza em oportunidade – o caso de Israel

Israel é um país localizado no oriente médio com uma área de extensão de 22.770 km². Em 2020, o país tinha 8.655.541 habitantes; em 2019 teve um PIB de 395.099 bilhões de dólares; no mesmo ano, uma renda per capita de 46.376 dólares; em 2019, a esperança de vida ao nascer teve uma média de 83 anos (IBGE, 2021), tais índices são todos superiores à média dos do Brasil, e a diferença aumenta se comparados aos do Semiárido Brasileiro.

Israel está situado em uma região árida, com índices pluviométricos semelhantes aos do Semiárido Brasileiro, sendo que:

O clima de Israel é caracterizado por muito sol, com a estação de chuvas de novembro a abril. A precipitação anual total varia de 500 a 700mm no Norte a cerca de 25mm no extremo sul. As condições climáticas regionais variam consideravelmente: verões quentes e úmidos e invernos chuvosos e moderados na planície costeira; verões secos e quentes e invernos moderadamente frios, com chuva e neve ocasional nas regiões montanhosas; verões secos, quentes e invernos agradáveis no vale do Jordão e condições semiáridas, com dias quentes e noites frias no sul. (EMBAIXADA DE ISRAEL EM PORTUGAL, 2021).

Um artigo intitulado “Dia da Água: no deserto, Israel virou exemplo de agricultura sustentável”, publicado pela Revista Eletrônica Canal Rural (2020) aponta que:

Por estar situado em uma região árida e com grande escassez de água, o Estado de Israel precisou recorrer à tecnologia também na área do campo [...] Dessa forma, o País se tornou referência em agricultura de precisão e líder mundial em agricultura em condições áridas graças ao uso dessa inovação criada a partir da necessidade.

Nesse sentido, os assuntos relacionados aos recursos hídricos em Israel são assim abordados:

A escassez de água na região tem gerado esforços intensos para maximizar o uso dos recursos disponíveis e a busca por novos. Nos anos 60, as fontes de água potável de Israel foram reunidas em uma rede integrada, cuja artéria principal, o Aqueduto Nacional, traz água do norte e do centro até o

sul semiárido. Projetos em andamento para a utilização de novos recursos incluem o bombardeio de nuvens, a reciclagem da água de esgotos e a dessalinização da água do mar. (EMBAIXADA DE ISRAEL EM PORTUGAL, 2021).

Nessa mesma perspectiva:

Para entender o tamanho da escassez de água, em Israel, são consumidos 45% mais de água do que precipita de chuva. Dessa maneira, por não ser possível depender exclusivamente da água que vem dos céus, os israelenses desenvolveram uma avançada tecnologia de dessalinização da água para consumo da população. E, para a agricultura, é destinada apenas água reutilizada: 91% do esgoto é coletado e tratado, sendo 75% recuperado para a irrigação. (DIA..., 2020)

As tecnologias utilizadas no setor agropecuário buscam eficiência e o aproveitamento máximo no uso da água, conforme artigo citado:

Uma famosa invenção israelense, a irrigação por gotejamento, traz grande economia de água. A tecnologia utiliza a quantidade precisa de água, pois irriga a planta e não o solo, e otimiza as suas condições de umidade e aeração. Além disso, ela reduz a liberação de gases na atmosfera e aumenta o rendimento e a produtividade.

Hoje, cinco décadas após a criação da irrigação por gotejamento, o País atrai mais de US\$670 milhões de investimentos em sua tecnologia agrícola e aposta em soluções além da economia de água, como drones autônomos que colhem frutas do pé na hora certa, software que fornece dados em tempo real sobre colmeias para polinização inteligente e o uso de satélites para saber onde e quanto irrigar a lavoura.

Na etapa pós-colheita, Israel desenvolveu um aparelho de enxágue de alimentos que reduz perdas de cítricos de 15% para 2%. Além de um tratamento apropriado que aumenta o frescor dos alimentos por mais tempo e uma embalagem que minimiza a perda e mantém os valores nutricionais. (DIA..., 2020).

A maneira com que Israel lida com uma fraqueza, neste caso a escassez de água, demonstra além da resiliência, o quão estratégico é esse recurso, pois garantida a segurança hídrica por meio de tecnologias e infraestrutura, proporcionou um desenvolvimento do setor agro, competitivo e mundialmente reconhecido, evidenciando o poder de arrasto aos demais setores da economia (como o desenvolvimento de novas tecnologias e do setor industrial) gerando divisas ao país.

Em se tratando de Brasil, algumas dessas iniciativas, como a irrigação por gotejamento, já são usadas em algumas áreas do semiárido brasileiro, como na região de Petrolina, que possui uma fruticultura pujante, ou a dessalinização de água salobra em algumas localidades do interior.

4.1.2.4 Infraestruturas de irrigação ao longo da transposição do rio São Francisco

Conforme a descrição do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), o Projeto de Integração do rio São Francisco levará água para 12 milhões de pessoas nos estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, e serão contemplados 390 municípios. O empreendimento hídrico é composto por dois eixos de transferência de água: norte, com inicialmente 260 km de extensão; e leste, com 217 km. As estruturas captam a água do rio São Francisco, no interior de Pernambuco, para abastecer adutoras e ramais que vão perenizar rios e açudes existentes na região.

O Eixo Norte terá uma extensão de cerca de 400 km, a partir do município de Cabrobó, em Pernambuco, e transferirá água para os rios Salgado e Jaguaribe no Ceará; Apodi, no rio Grande do Norte; e Piranhas-Açu, na Paraíba e no Rio Grande do Norte. O Eixo Leste captará água a partir do lago da barragem de Itaparica, localizado no município de Floresta, também em Pernambuco, e terá uma extensão de 220 km até o rio Paraíba, na Paraíba, deixando parte da oferta de água, por meio de um ramal de cerca de 70 km de comprimento, para as bacias dos rios Pajeú, Moxotó e para o Agreste de Pernambuco. O projeto previa, inicialmente, a retirada contínua mínima de uma vazão de 26 m³/s, equivalente a 1/4% da vazão da barragem de Sobradinho, podendo ser ampliada para 167 m³/s. (IPEA, 2010).

A região do Vale do São Francisco se destaca por possuir uma agricultura de precisão voltada principalmente para a fruticultura, segundo o IBGE (2019):

Nos anos 60, tiveram início os primeiros projetos públicos de irrigação na região, feitos com estudos húngaros e israelenses. O polo de irrigação mais desenvolvido do Vale está situado em torno das cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE). De acordo com informações da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codevasf), na região encontram-se instalados sete Projetos Públicos de Irrigação (PPI), sendo dois em Pernambuco: Senador Nilo Coelho e Bebedouro; e cinco na Bahia: Curaçá, Maniçoba, Tourão, Mandacaru e Salitre.

Hoje em dia, a tecnologia utilizada já é outra, sendo usadas, principalmente, as técnicas de microaspersão e gotejamento. “A água sai direto no pé da planta, o que racionaliza o uso”, completa a pesquisadora. Na mesma direção, a Codevasf também tem procurado enfatizar o uso eficiente da água e do solo. “Junto com o Ministério da Integração Nacional foram elaborados e entregues aos produtores projetos de modernização da irrigação parcelar. De posse desses projetos, o agricultor poderá buscar financiamento para proceder à conversão do sistema de irrigação convencional para o sistema de microaspersão, o que em alguns casos pode gerar economia de até 60%”, explica a gerente de apoio à produção da Codevasf, Andrea Rachel Sousa.

“No eixo Petrolina-Juazeiro está o maior polo de fruticultura do Brasil, com destaque para a produção de uva, manga, goiaba e cana-de-açúcar”, afirma Ricardo Chaves, professor da Universidade Federal de Pernambuco e Phd em economia agrícola. Por ano, a região produz cerca de 604 mil toneladas de manga e 252 mil toneladas de uvas, de acordo com informações da Vale Export. As frutas são vendidas no mercado interno e também exportadas. Os principais importadores dessas frutas são Holanda, Reino Unido, Estados Unidos, Espanha, Alemanha, Canadá, e Argentina, segundo dados do Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (AliceWeb), em 2017. (IBGE, 2019).

Nesse sentido, projetos de irrigação similares aos do Polo de Petrolina e parcerias e lições aprendidas de como Israel lida com a questão hídrica voltada para a irrigação, poderiam ser aplicados junto aos municípios que água oriunda da transposição do rio São Francisco.

A irrigação é uma opção extremamente viável, para garantir o desenvolvimento sustentável do semiárido, que já apresenta exemplos exitosos, como o caso do Vale do São Francisco. Quando o sistema de irrigação, que surgirá com a consolidação da obra da transposição do rio São Francisco, após a conclusão da construção dos reservatórios, ao longo da linha do canal, estiver em operação, espera-se que haja uma considerável melhora na qualidade de vida dos habitantes do semiárido, em particular, dos pequenos produtores rurais, que praticam a agricultura de subsistência para si e suas famílias, permitindo, inclusive, a possibilidade de geração de renda a partir da comercialização da safra excedente, principalmente de frutas, verduras e legumes.

4.1.2.5 Operação carro-pipa

Um dos principais modelos de acesso à água de boa parte da população rural do Semiárido Brasileiro é a distribuição por meio de carros-pipa, sobretudo nos períodos de estiagem em que os municípios declaram estado de emergência.

Conforme descreve o Escritório Nacional da Operação Carro-Pipa (OCP, 2021), a atividade em tela:

Compreende Ações Complementares de distribuição de água potável por meio de carros-pipa, prioritariamente às populações rurais atingidas por estiagem e seca no Semiárido Nordeste, Norte de MG e ES, cujos municípios se encontram em situação de emergência ou de calamidade pública, devidamente reconhecidas por ato do Governo Federal.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para Infância (UNICEF) sugerem que cada pessoa tenha acesso a um volume mínimo entre 20 e 50 litros de água limpa para beber, cozinhar e manter a higiene mínima por dia (ESCRITÓRIO OCP, 2021).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), 110 litros de água é a média ideal de consumo para atender às necessidades de uma pessoa diariamente. No Brasil, a média é de 187 litros por pessoa (ESCRITÓRIO OCP, 2021).

Nesse contexto, em junho de 1998, foi instituído o Programa de Combate aos Efeitos da Seca por meio da Medida Provisória nº 1667, sendo a SUDENE designada responsável pela execução do programa. A responsabilidade foi atribuída ao Exército Brasileiro em agosto de 1998 por meio de convênio formalizado com a SUDENE. Atualmente, a operação é regulada pela Portaria Interministerial nº 01 MI/MD, de 25 de julho de 2012, alterada pela Portaria Interministerial nº 02 MI/MD, de 27 de março de 2015, com a denominação Operação Carro-Pipa (ESCRITÓRIO OCP, 2021).

Sua execução é realizada pelo Comando Militar do Nordeste (CMNE) por meio do Escritório Nacional da Operação Carro-Pipa em Recife, 05 Escritórios Regionais e 33 Organizações Militares Executoras (OME) (ESCRITÓRIO OCP, 2021).

O Semiárido Brasileiro possui uma área de cerca de 1 milhão de km², equivalente a 3 (três) Alemanhas ou 2 vezes a França ou a Espanha. Sua população é de aproximadamente 25 milhões de habitantes distribuídos em 1.262 municípios (ESCRITÓRIO OCP, 2021).

Já a OCP extrai água de 247 mananciais, sendo 42% oriunda de poços artesianos, 31% de estações de tratamento de água (ETA) e 27% de mananciais de superfície, que abastecem 43.794 postos de abastecimentos (em abril de 2021), com uma população atendida estimada em 2 milhões de pessoas e 3.814 pipeiros contratados (em abril de 2021), em 571 municípios, conforme dados do CMNE (ESCRITÓRIO OCP, 2021).

Com a atual gestão do Governo Federal, foi reformulado o Ministério de Integração (MI) passando a ser intitulado Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), assumindo também todas as atribuições no combate emergencial dos efeitos da estiagem no Semiárido Brasileiro, onde ocorrem o repasse de recursos do MDR

para o Ministério da Defesa (MD) para execução da OCP, conforme dados dos últimos cinco anos mais 2021, a seguir (quadro 7):

Quadro 7 - Valores recebidos pelo CMNE para execução da operação carro-pipa

Ano	Valor em reais (vezes 1.000)	Número de Postos de Abastecimentos
2016	1.021.682	66.187
2017	960.633	60.855
2018	729.772	47.622
2019	701.523	45.624
2020	592.492	42.107
Média dos últimos 5 anos	801.220,40	53.679

Fonte: ESCRITÓRIO DA OCP, 2021.

Dessa forma, a Operação Carro-Pipa, apresentada resumidamente, pode ser considerada uma das maiores operações logísticas do mundo, por suas dimensões e números, a qual garante o abastecimento de água potável a uma grande parcela da população rural brasileira daquela região.

A proposta de mudança desse formato de acesso à água nessa região, de forma assistencial, poderia ser alterada para um processo de investimentos em infraestruturas hídricas que atendessem às populações rurais do semiárido. Basicamente, cerca de 10% da média de recursos alocados para a OCP, de forma anual e crescente, seriam destinados ao aparato de obras, tecnologias e instalações de cunho hídrico, ao passo que o valor em investimentos iria aumentando, e os valores voltados para as situações de emergências iriam diminuindo, conforme o exposto no quadro 8:

Quadro 8 - Proposta de mudança do perfil de investimentos da OCP

Ano (A)	A+1	A+2	A+3	A+4	A+5	A+6	A+7	A+8	Obs.
Percentual de valor (média dos últimos cinco anos) alocado para OCP aos municípios do semiárido (situação de emergência provocada por estiagem).	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	20% ficariam fixos para eventuais emergências e locais ainda não atendidos pelas infraestruturas hídricas
Percentual de valor (média dos últimos cinco anos) do total gasto na OCP revertido para Infraestrutura Hídricas no semiárido.	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	80% fixos em investimentos em obras, tecnologias e instalações hídricas.

Fonte: AUTORES, 2021.

Como exemplo, em obras de infraestruturas hídricas voltadas para resiliência a eventos como o da estiagem, ter-se-ia a construção de açudes e cisternas para captação de chuvas, perfuração de poços, desenvolvimento/aperfeiçoamento de tecnologias de dessalinização, construção de adutoras e redes de distribuição, estações de tratamento de esgoto (água para reuso), entre tantas outras opções para garantir o acesso à água às populações rurais do semiárido, pondo fim à indústria da seca.

4.2 Infraestrutura energética

No campo da infraestrutura energética, constata-se que o mundo contemporâneo clama por energia, preferencialmente, as provenientes de fontes renováveis, com vistas à adequação aos novos panoramas energéticos mundiais e à preservação do meio ambiente e da biodiversidade.

A autossuficiência energética é fundamental para que ocorra o desenvolvimento econômico de uma localidade. O Brasil é um País de dimensões continentais, com um enorme potencial de geração de energia de diversas fontes, tendo como preponderante a hídrica.

A maior porção da Matriz Elétrica Brasileira (MEB) é de fontes renováveis, de acordo com o Planejamento Nacional de Energia (PNE 2050). A participação é liderada pela hidrelétrica, seguida da eólica, biomassa e biogás e solar centralizada. O planejamento da MEB tem sido de extrema importância com vistas a alcançar uma matriz diversificada, evitando problemas de sazonalidade.

Os dados publicados no Balanço Energético Nacional, pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), mostraram a evolução da MEB do Semiárido Brasileiro, no período de 2010 a 2020. As Projeções de crescimento populacional do Semiárido Brasileiro até 2030 alertam para a necessidade de planejamento da capacidade de geração de energia elétrica.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE), do PNE 2050 e da Matriz Energética Nacional 2030, evidencia como será o crescimento de cada fonte energética brasileira. Então, como é evidente a necessidade de expansão de formas alternativas à energia hídrica, apresenta-se uma perspectiva da geração centralizada com usinas eólicas e fotovoltaicas.

Até porque, no Semiárido Brasileiro, este potencial é promissor, assim como a possível utilização da implementação dual dos futuros Reatores Multipropósitos Brasileiros (RMB), que estão sendo desenvolvidos pela Marinha do Brasil, com vistas à viabilidade de polos industriais em áreas remotas do Semiárido Brasileiro.

Um grande problema que a região do Semiárido Brasileiro apresenta também é relativo à transmissão e distribuição de energia elétrica, sendo necessário que sejam realizados investimentos nestas áreas com fins de proporcionar segurança energética capaz de viabilizar o desenvolvimento desta região.

O PNE 2050 ressalta que é fundamental utilizar todo o potencial de fontes renováveis disponíveis, não só pelo aspecto tecnológico e ambientalmente sustentável, mas também pelas questões socioeconômicas em relação à geração de emprego e renda voltadas para a população do Semiárido Brasileiro.

Assim, as populações se manterão em suas cidades de origem, gerando um ciclo virtuoso, mediante o desenvolvimento sustentável alcançado a partir de uma maior oferta de infraestrutura energética.

Ressalta-se que a energia possui um papel fundamental no mundo contemporâneo e é um fator vital para a vida, sendo a grande responsável pelo equilíbrio do universo. Com a elevação da capacidade tecnológica, há em contrapartida, uma maior demanda de energia, sendo necessária a utilização de

fontes não renováveis, sobretudo nas nações mais desenvolvidas. A energia proveniente de fontes não renováveis é também conhecida como energia suja e é, em sua maioria, decorrente de combustíveis fósseis.

Convém destacar que a utilização de combustíveis fósseis foi, durante muito tempo, necessária ao desenvolvimento humano e impactou a sociedade com transformações na agricultura, na indústria, no transporte, nas armas, na comunicação, na economia, na urbanização, na qualidade de vida, na política e no meio ambiente.

De modo geral, é possível afirmar que o atual desenvolvimento social está intrinsecamente ligado ao aumento da utilização da energia, e a razão do seu consumo e o crescimento econômico são considerados indicadores socioeconômicos. Portanto, fica evidente que fontes energéticas sustentáveis promovem a melhoria da qualidade de vida do indivíduo e da sociedade como um todo.

Nesse sentido, verifica-se que a infraestrutura energética é um dos principais alicerces para o desenvolvimento socioeconômico de uma nação, sendo um dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) da Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável de 2015, como já discutido neste trabalho e, por isso, requer um constante planejamento.

Uma grande contribuição ao desenvolvimento sustentável de geração de energia no Brasil foi o Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Este plano foi uma reação brasileira à grave crise mundial do petróleo que ocorreu nos anos de 1970 e foi provocada, entre outros fatores, pelo descobrimento de que as fontes de petróleo iriam se esgotar em um tempo menor do que se esperava e pela criação da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), que unificou o preço do petróleo e controlou a oferta do produto no mundo.

Nesse contexto, o Brasil importava aproximadamente 60% do petróleo que consumia e todo combustível veicular então utilizado era derivado do petróleo, uma grande vulnerabilidade. Com a criação do Proálcool, em 1975, o governo tinha o objetivo de estimular a utilização do etanol como combustível automotivo com o intuito de diminuir a dependência brasileira do petróleo. Uma das grandes vantagens do etanol combustível é o fato de ser proveniente de fontes renováveis e sustentáveis, tornando o Proálcool um marco mundial. Hoje, graças ao Proálcool, o

Brasil produz, além do etanol, biocombustíveis à base de óleos vegetais e gordura animal adicionados ao diesel (ALISSON; ELTON, 2016).

No que tange à geração de energia elétrica, o Brasil com suas dimensões continentais e um enorme potencial energético e de variadas fontes, tem como principal matriz energética a hidroeletricidade, que mesmo sendo considerada uma fonte de energia limpa, necessita de construção de barragem com grandes volumes de água e extensões de terra para inundação, o que gera grandes impactos culturais e ambientais.

Nesse sentido, a região do Semiárido Brasileiro possui limitada disponibilidade de recursos hídricos, uma vez que há poucas quedas de água e rios perenes, com exceção da região do médio São Francisco, que conta com as usinas de Sobradinho, Apolônio Sales, Paulo Afonso (I, II, III e IV), Luiz Gonzaga e Xingó, que se encontram com a capacidade de geração de energia no limite, sendo necessário o uso de outras fontes para geração de energia elétrica, sobretudo a energia solar e eólica, tendo em vista o potencial de insolação, regime de ventos e outras características da região (PNE 2050, 2020).

A região do Semiárido Brasileiro possui peculiaridades psicossociais e naturais que aumentam o desafio para a implementação de políticas governamentais e privadas para o planejamento energético sustentável.

De acordo com as projeções de crescimento populacional da região de estudo, faz-se necessário um planejamento da capacidade de geração de energia, principalmente a elétrica, bem como a expansão de fontes complementares à hidrelétrica, com integração a diferentes tipos de usinas geradoras de energia, como por exemplo, fotovoltaicas, eólicas, termelétricas, nucleares, além da ampliação/implementação de fontes energéticas renováveis, tais como etanol, biodiesel e hidrogênio verde.

Tendo como balizador o desenvolvimento sustentável da região do Semiárido Brasileiro, foi realizado um levantamento sobre o histórico e a estrutura do Setor Energético Brasileiro, com o foco na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na região, apresentando as instituições participantes e suas funções, a partir de dados publicados no Plano Nacional de Energia 2050, no Balanço Energético Nacional pelo Ministério de Minas e Energia e pela Empresa de Pesquisa Energética, no período de 2002 a 2021.

Foi realizada também uma breve contextualização de algumas tecnologias alternativas à hidreletricidade para geração de energia elétrica viáveis para a região do Semiárido Brasileiro, e é importante frisar as tecnologias aqui estudadas, a saber: energia eólica, energia solar, energia nuclear e energia de biomassas, lembrando que elas não esgotam outras opções tecnológicas.

4.2.1 Estrutura do setor elétrico brasileiro

No Brasil, a reestruturação do setor elétrico nos anos 1990, conforme as diretrizes do Plano Nacional de Desestatização (PND), transformou radicalmente o modelo vigente no setor, passando a coexistir a iniciativa pública e a privada, resultando em uma incerteza entre os agentes nesse mercado e culminando na redução dos investimentos privados.

Em 1996, a ANEEL foi criada pela Lei nº 9.427, para regular e fiscalizar as relações no mercado de energia, em respeito às políticas e diretrizes do governo federal quanto à exploração da energia elétrica com outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos no setor, bem como no estabelecimento das tarifas, evitando assim a penalização dos clientes em suas relações de compra de energia elétrica.

Foi instituído, em 1998, o Operador Nacional do Sistema (ONS) pela Lei nº 9.648, cuja tarefa principal é garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o País pelas operações de despacho no Sistema Interligado Nacional (SIN), garantindo o equilíbrio entre geração e consumo de energia.

Em 2001, ocorreu o episódio que ficou conhecido como a crise do apagão. Essa crise, de âmbito nacional, ocorreu em virtude, entre muitos fatores, da geração de energia e da crescente defasagem entre o aumento da demanda e o incremento da oferta, ou seja, o consumo cresceu em uma velocidade superior àquela apresentada pelo setor de geração.

Com isso, a margem de folga que o sistema de geração apresentava em relação ao consumo acabou sendo reduzida, o que resultou na necessidade de realizar o racionamento de energia elétrica no Brasil, demonstrando a urgência de melhorias no âmbito do planejamento e confiabilidade do setor elétrico, provocando logo em seguida incentivos à construção de unidades de UTE para dar flexibilidade

e manter a operacionalidade do sistema, reduzindo as consequências da sazonalidade da disponibilidade hídrica.

Em 2003, foi desenvolvido um novo marco regulatório, que em 2004 foi aprovado e implantado, instituindo novas regras sobre os leilões de energia elétrica, políticas de comércio de energia elétrica no mercado livre e a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com o objetivo de resgatar a responsabilidade constitucional do Estado nacional de assegurar as bases para o desenvolvimento sustentável da infraestrutura energética do País.

A partir desse marco regulatório, começaram as buscas setoriais por aportes de capital, com longos prazos de maturação, com o intuito de minimizar riscos e atrair investidores. Esses planos visaram promover a estabilidade política e econômica, bem como os avanços tecnológicos, a transparência do modelo e a previsibilidade da regulamentação desse mercado.

A criação da Câmara de Comercialização de energia Elétrica (CCEE) em 2004, instituída pela Lei nº 10.848/04 e regulamentada pelo Decreto nº 5.177/04, viabilizou a comercialização de energia elétrica no mercado de energia brasileiro no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

O Ministério de Minas e Energia (MME), mediante políticas públicas, como o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) de 2007, reestruturou significativamente o setor energético brasileiro. Em dezembro de 2020, o governo brasileiro aprovou o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) com vistas a favorecer um maior desenvolvimento do mercado energético nacional para que o Brasil deixe de ser um País importador de energia para se tornar um País exportador.

4.2.2 Histórico e evolução da matriz elétrica

O planejamento da Matriz Elétrica Brasileira (MEB) foi estruturado de forma diversificada, explorando a abundância das fontes energéticas (hidrelétricas, biomassa, gás natural, fotovoltaica, eólica, termoeletrica e nuclear) e, assim, o País evita problemas de sazonalidade dos rios brasileiros, que pode ocorrer por falta de chuvas ou pelo assoreamento (PNE 2050, 2020).

Nesta oportunidade, cabe diferenciar matriz energética de matriz elétrica. Resumidamente, a matriz energética representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para movimentar os carros, preparar a comida no fogão e gerar eletricidade, enquanto a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica. Dessa forma, a matriz elétrica é parte da matriz energética, que integra várias fontes. As renováveis (menos poluentes e de menor viabilidade econômica) e as não renováveis (mais poluentes e de maior viabilidade econômica).

No Brasil, as principais fontes não renováveis de energia são provenientes de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural) e nucleares. A Matriz Energética do Brasil, segundo o BEN 2021 é composta por 48,4% de fontes de energia renováveis (figura 4) com uma expressiva participação da energia hidráulica.

Atualmente, mais de 64% do total da energia elétrica consumida no Brasil é proveniente de usinas hidrelétricas. Entretanto, o PNE 2050 demonstra que haverá um aumento de outras fontes renováveis, principalmente as energias eólica, solar e de biomassa.

Figura 4 - Repartição da matriz energética brasileira em 2020

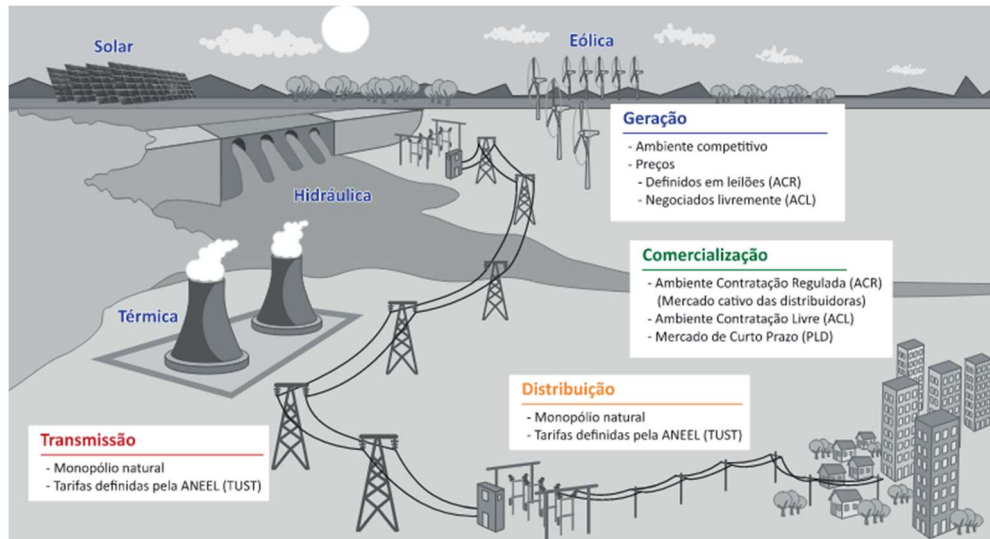


Fonte: BEN, 2021, p. 16.

O sistema elétrico brasileiro está estruturado sobre três processos: a geração (produção da energia), a transmissão (o transporte da energia até centros consumidores) e a distribuição (nos centros consumidores, é distribuída para todos os consumidores). No Brasil, até o presente momento, os processos de concessões e as parcerias público-privadas (PPP) têm sido mais bem-sucedidos no setor da distribuição (PNE 2050, 2020).

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte (figura 5), com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários (instituições, empresas nacionais e internacionais).

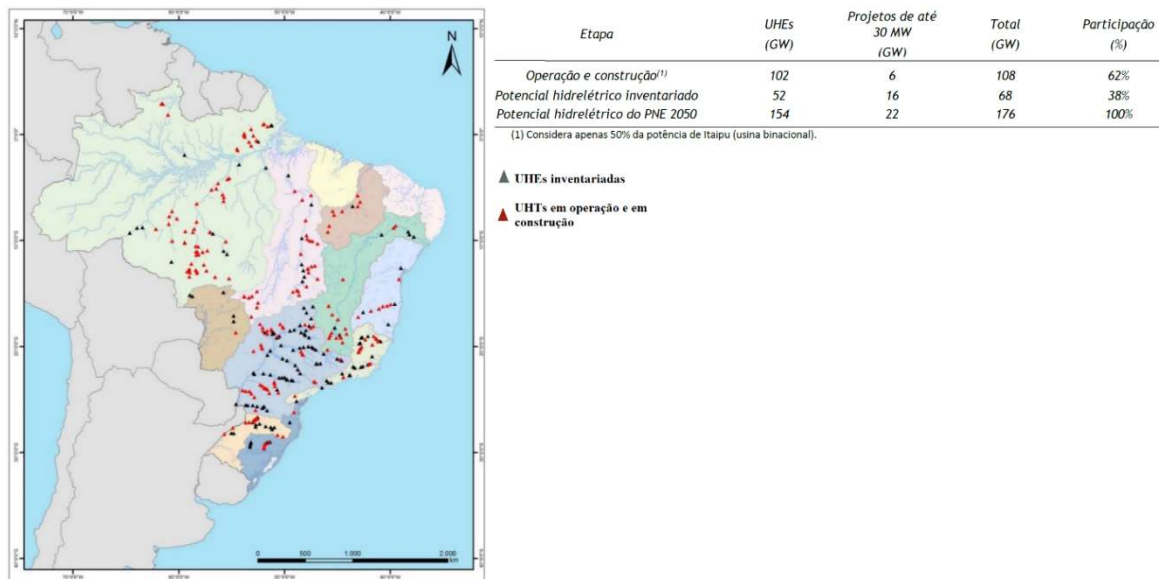
Figura 5 - Estrutura do sistema elétrico brasileiro



Fonte: Adaptado da ANEEL, 2021.

É relevante apontar que apenas a Bacia Amazônica tem uma grande disponibilidade. As bacias dos rios Paraná e São Francisco já estão saturadas, ou seja, não comportam mais novas hidrelétricas. As demais bacias têm disponibilidade limitada (PNE 2050, 2020).

A figura 6 demonstra os potenciais elétricos brasileiros (hidreletricidade):

Figura 6 - Inventário das usinas hidrelétricas brasileiras 2020

Fonte: PNE 2050, 2020, p. 78.

As usinas térmicas, em geral localizadas nas proximidades dos principais centros de carga, são bem empregadas no Semiárido Brasileiro (PNE 2050, 2020).

Paralelamente, a realidade econômica e tecnológica requer que o mercado energético seja regulado por normas. Então, no Brasil, a Lei Geral de Concessões Públicas (Lei 8.987/1995), a Lei das Parcerias Público-Privadas (11.079/2004) e a criação das agências reguladoras precisam ser modificadas, porque as vicissitudes já são relevantes (FGV, 2014).

A seguir será feita a contextualização a respeito das principais fontes brasileiras de energia elétrica com forte potencial para a região do Semiárido.

4.2.3 Energia eólica

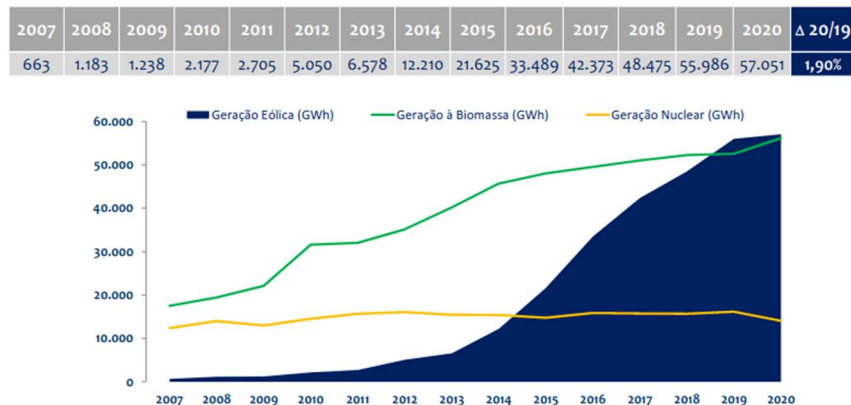
Em virtude das discussões sobre mudanças climáticas e da consequente necessidade da busca de redução da emissão dos gases de efeito estufa e de outros gases poluentes, a energia eólica tem sido uma das fontes renováveis que mais crescem no mundo (China, Inglaterra, Finlândia, EUA, Alemanha, Espanha e Índia). No Brasil, o estado do Rio Grande do Norte (RN) se destaca.

Desde 2014, este estado é autossuficiente na produção de energia elétrica (fonte eólica), inclusive sendo o maior produtor de energia eólica do País em 2020, porém deve ser ultrapassado pelo estado da Bahia (BA) nos próximos anos, em

razão dos variados incentivos governamentais (PNE 2050, 2020). Esse crescimento cumpre os objetivos do SIN, que são a diversificação na matriz energética e a universalização do atendimento energético (ANEEL, 2014).

No Brasil, a fonte eólica foi a terceira fonte de energia elétrica, contribuindo com 8,8% da energia elétrica gerada em 2020. Essa expansão se refere somente a projetos *onshore* (figura 7). Entretanto, há um mapeamento preliminar do potencial eólico *offshore* para as águas jurisdicionais brasileiras, possibilitando novas perspectivas para a exploração desse recurso energético no País (PNE 2050, 2020).

Figura 7 - Evolução da geração de energia eólica brasileira 2007-2020, em GWh



Fonte: BEN, 2021, p. 41.

Segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro:

A distribuição geral dos ventos sobre o Brasil é controlada pelos aspectos da circulação geral planetária da atmosfera próxima [...]. Dentre esses aspectos, sobressaem os sistemas de alta pressão Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e do Atlântico Norte e a faixa de baixas pressões da Depressão Equatorial. Uma síntese dessas características em menores escalas sobre a distribuição dos regimes de vento é apresentada a seguir, organizada em sete regiões geográficas: (1) Bacia Amazônica Ocidental e Central; (2) Bacia Amazônica Oriental; (3) Zona Litorânea Norte-Nordeste; (4) Zona Litorânea Nordeste-Sudeste; (5) Elevações Nordeste-Sudeste; (6) Planalto Central; (7) Planaltos do Sul (CRESESB-CEPEL, 2001, p. 23).

Conforme o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (CEPEL, 2017), há um potencial instalável de 143 GW para todo o País, ou seja, o Brasil tem um enorme potencial eólico *onshore* a ser explorado na tabela 1.

Tabela 1 - Potencial eólico dos Atlas Estaduais Brasileiros

Estados	Data da Publicação	Potência Instalável (MW)			Energia Anual (GWh)		
	Altura	75m 80m* 70m**	100m	150m 140m*	75m 80m* 70m**	100m	150m 140m*
Alagoas	2008	336	649	n.d.	822	1.340	n.d.
Bahia	2013	38.600*	70.100	195.200	150.400*	273.500	766.500
Ceará	2019	23.144*	41.770	94.274	82.660*	153.065	362.162
Espírito Santo	2009	448	1.143	n.d.	1.073	2.397	n.d.
Minas Gerais	2010	24.742	39.043	n.d.	57.812	92.076	n.d.
Paraíba	2017	6.000**	14.700	42.100	23.690**	58.770	167.880
Paraná	2007	1.363	3.375	n.d.	3.756	9.386	n.d.
Pernambuco	2017	6.600*	10.725	20.830*	25.775*	42.100	84.159*
Rio de Janeiro	2002	1.524	2.813	n.d.	4.835	8.872	n.d.
Rio Grande do Norte	2003	19.431	27.080	n.d.	55.901	69.293	n.d.
Rio Grande do Sul	2014	n.d.	102.800	245.300	n.d.	382.000	911.000
São Paulo	2012	15	564	n.d.	48	1.753	n.d.
Total dos Atlas		122.203	314.762	597.704	406.772	1.094.552	2.291.701

Fonte: PNE 2050, 2020, p. 99.

Embora Maranhão, Piauí e Sergipe não tenham atualmente atlas próprios, são estados com elevada disponibilidade de recurso eólico (CEPEL, 2017). Quanto ao potencial eólico *offshore*, a EPE conduziu um estudo baseado na ERA5 (ECMWF). Essa base possui dados horários com resolução de 30 km para toda a Zona Econômica Exclusiva (período entre 2000 e 2017) e os resultados constam na tabela 8, demonstrando um potencial favorável.

As análises não consideraram restrições nas áreas exploráveis, como por exemplo: áreas de proteção ambiental, rotas comerciais, rotas migratórias de aves, áreas de exploração de petróleo ou outras áreas com usos conflitantes.

Tabela 2 - Potencial eólico offshore

Velocidade (m/s)	Batimetria (m)							
	GW				TWh			
	0-20	20-50	50-100	>100	0-20	20-50	50-100	>100
>6.0	628	641	531	9.100	1.789	2.048	1.576	30.140
>6.5	522	591	467	8.420	1.582	1.949	1.450	28.793
>7.0	276	421	237	5.833	1.008	1.528	902	21.872
>7.5	129	209	159	4.014	566	890	667	16.101
>8.0	100	147	137	2.056	456	664	587	8.934
>8.5	63	81	87	993	308	398	383	4.612
>9.0	15	28	7	399	82	149	38	1.929
>9.5	3	2	1	11	16	12	3	63

Fonte: PNE 2050, 2020, p. 100.

A altura das torres, a área de varredura das pás, a logística da matéria-prima dos aerogeradores e da potência nominal dos aerogeradores são os principais vetores de redução dos custos, associados aos projetos eólicos (figura 8).

Figura 8 - Vista do Complexo Eólico União dos Ventos de propriedade da Serveng Energias, localizado no distrito de Enxu Queimado/Pedra Grande (RN)



Fonte: ZANFERDINI, 2014.

A característica mais marcante dos projetos eólicos *offshore* é o uso de aerogeradores ainda maiores, com diâmetro do rotor médio de 150 m e potência nominal superior a 6 MW.

Em relação à altura das torres dos parques eólicos *onshore*, analisando a base de dados de projetos cadastrados nos leilões do ambiente regulado, nota-se uma tendência de crescimento na média da altura dos aerogeradores, atingindo a maior média em 2019 com 112 metros.

A digitalização permite a coleta, o armazenamento e processamento de dados referentes aos parques eólicos, possibilitando que o monitoramento dos indicadores de desempenho seja executado remotamente. Ela gera a perspectiva de otimização do sistema e de novas oportunidades de negócios, a exemplo de usinas virtuais (*Virtual Power Plants*). Resumidamente, os principais desafios desse mercado constam no quadro 9.

Quadro 9 - Desafios principais

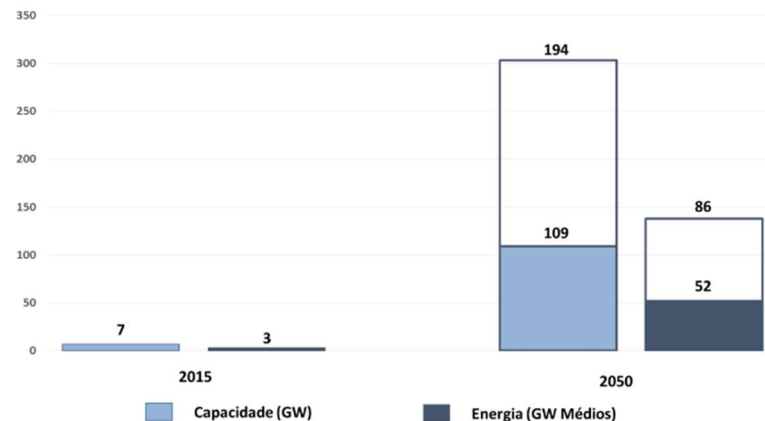
<p>1. Adequação de uma matriz elétrica variável e de menor controle</p> <p>O Brasil terá que lidar com a grande penetração de fontes solar e eólica, otimizando a operação da sua matriz existente (predominantemente hidrelétrica), que introduzem maior variabilidade e menor previsibilidade na geração elétrica de curto prazo.</p>
<p>2. Logística de transporte dos equipamentos eólicos</p> <p>A logística de transporte dos componentes dos aerogeradores continua representando uma preocupação aos fabricantes e aos empreendedores, especialmente porque as infraestruturas viárias e marítimas do País são precárias, principalmente na região Nordeste, em relação às necessidades requeridas para o transporte e a manutenção dos equipamentos eólicos.</p>
<p>3. Capacidade portuária com vistas ao desenvolvimento eólico offshore</p> <p>Atualmente, mesmo para atendimento a projetos eólicos <i>onshore</i>, a infraestrutura portuária existente é considerada deficiente ou subdimensionada para o porte dos componentes eólicos. Projetos eólicos <i>offshore</i> são altamente dependentes de infraestrutura portuária, tanto na fase de instalação quanto para o atracamento de embarcações especiais utilizadas na operação e na manutenção dos aerogeradores.</p>
<p>5. Promoção do arcabouço jurídico para expansão da eólica offshore</p> <p>Há diferentes percepções relativas à regulação brasileira atual que não são suficientes para atender às necessidades e exigências específicas para a instalação, no País, de EOL em ambiente marítimo.</p>
<p>4. Repotenciação e descomissionamento dos parques eólicos</p> <p>Os primeiros parques eólicos instalados no País carecem de repotenciação dos aerogeradores, cujo objetivo é estender o tempo de operação dessas usinas. Outra opção seria o descomissionamento desses parques eólicos, porém o Brasil não dispõe de regramento específico para essa atividade. Carecem de estudos ambientais, que regulam a atividade empreendedora desse mercado, no Brasil.</p> <p>Entretanto, a desativação de parques eólicos é uma realidade já para os empreendimentos contratados no PROINFA, podendo acarretar diferentes impactos ambientais sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. Nesse sentido, o estabelecimento de diretrizes e normas voltadas para o contexto de projetos eólicos pode trazer maior segurança aos empreendedores quanto à tomada de decisão e avaliação dos riscos a ela associados.</p>

Fonte: Adaptado de PNE 2050, 2020.

Conforme estudos da EPE, a fonte eólica atingirá entre 110 e 195 GW, em termos de capacidade instalada, e entre 50 e 85 GW médios, em termos de energia, em 2050 (figura 9), sendo relevante na matriz elétrica no horizonte (em torno de 22% a 33% da capacidade instalada total ou de 27% a 40% em termos de energia total em 2050).

Considerando a tendência de implantação de múltiplos projetos eólicos em localidades próximas, torna-se cada vez mais necessário incorporar a identificação e a avaliação dos impactos ambientais cumulativos nos estudos submetidos ao licenciamento ambiental de projetos eólicos (PNE 2050, 2020).

Figura 9 - Evolução do cenário eólico brasileiro - 2020-2050



Fonte: PNE 2050, 2020, p. 102.

A inclusão desses parâmetros de avaliação de impacto nos estudos fornece importantes subsídios para a tomada de decisão quanto à implantação de empreendimentos eólicos e, por sua vez, favorece a proposição integrada de medidas de controle ou mitigação de impactos para os projetos que venham a ser implantados em uma mesma região.

A tendência de ampliação da participação da geração eólica na matriz elétrica brasileira demandará atenção especial dos órgãos ambientais no licenciamento desses empreendimentos, conforme preconiza a Resolução Conama 462/2014.

Adicionalmente, visando a reduzir os impactos ambientais decorrentes da instalação de novos projetos eólicos *onshore* em ambientes sensíveis, como dunas e mangues, faz-se necessária a adoção de boas práticas que já vêm sendo implementadas pelo setor, como é o caso de ajustes ao *micrositing* de torres eólicas (PNE 2050, 2020).

Paralelamente, o fortalecimento dos órgãos ambientais no licenciamento ambiental é a questão central nesse processo. Assim, destaca-se a capacitação pessoal nos órgãos ambientais para desburocratizar um grande volume de novos projetos e atenuar os impactos socioambientais.

O recurso eólico possui alta variabilidade horária e sua integração em larga escala deve ser acompanhada por inovações no planejamento e na operação do SIN. Em particular, há necessidade de redimensionar a rede elétrica básica, especialmente na região nordeste, onde está o grande potencial eólico brasileiro.

Ressalta-se também que os maiores centros de carga estão nas regiões sul e sudeste, reforçando a necessidade de que ocorram os intercâmbios elétricos entre os subsistemas, sempre que possível (PNE 2050, 2020).

Os principais desafios do mercado eólico 2020-2030 podem ser vistos no Quadro 10.

Quadro 10 - Resumo principais desafios mercado eólico 2020-2030

Desafios	2020 - 2030	2030 - 2040
<i>Preparar-se para uma matriz com grande percentual de geração variável não controlável</i>	<i>Aprimorar a previsão de geração eólica para fins de operação do sistema elétrico pelo ONS</i>	
	<i>Incorporar melhorias aos estudos socioambientais desenvolvidos para projetos eólicos em uma perspectiva de questões ambientais decorrentes de efeitos cumulativos</i>	
	<i>Integrar as perspectivas de expansão da geração eólica e o planejamento da expansão da transmissão</i>	
<i>Logística de transporte dos equipamentos eólicos</i>	<i>Articular com diferentes atores governamentais e setoriais para destravar gargalos logísticos associados ao transporte de equipamentos eólicos.</i>	
<i>Avaliar a capacidade portuária com vistas ao desenvolvimento eólico offshore</i>	<i>Articular com diferentes atores governamentais e setoriais para destravar capacidade portuária suficiente para a expansão eólica offshore</i>	
<i>Repotenciação e Descomissionamento dos parques eólicos</i>	<i>Estabelecer regras de descomissionamento</i>	
<i>Necessidade de construção de um arcabouço legal e regulatório que remova barreiras para que a eólica offshore possa ser candidata para a expansão, com segurança jurídica</i>	<i>Aprimorar o marco regulatório existente visando possibilitar a exploração do recurso eólico offshore</i>	

Fonte: PNE 2050, 2020, p. 108.

Resumidamente, o quadro 10 traduz alguns desafios para que o setor eólico cresça ainda mais no Brasil. Entretanto, o avanço tecnológico dos aerogeradores, juntamente com o desenvolvimento de plantas de geração híbrida (eólico-solar) poderão representar um grande desafio para o planejamento da expansão da transmissão (PNE 2050, 2020).

Além disso, nota-se a importância do desenvolvimento de parâmetros referentes ao regramento de utilização dos espaços marítimos de domínio da União e demais atividades sujeitas à competência normativa da Marinha do Brasil, que podem impactar o mercado eólico *offshore*, no Brasil (PNE 2050, 2020).

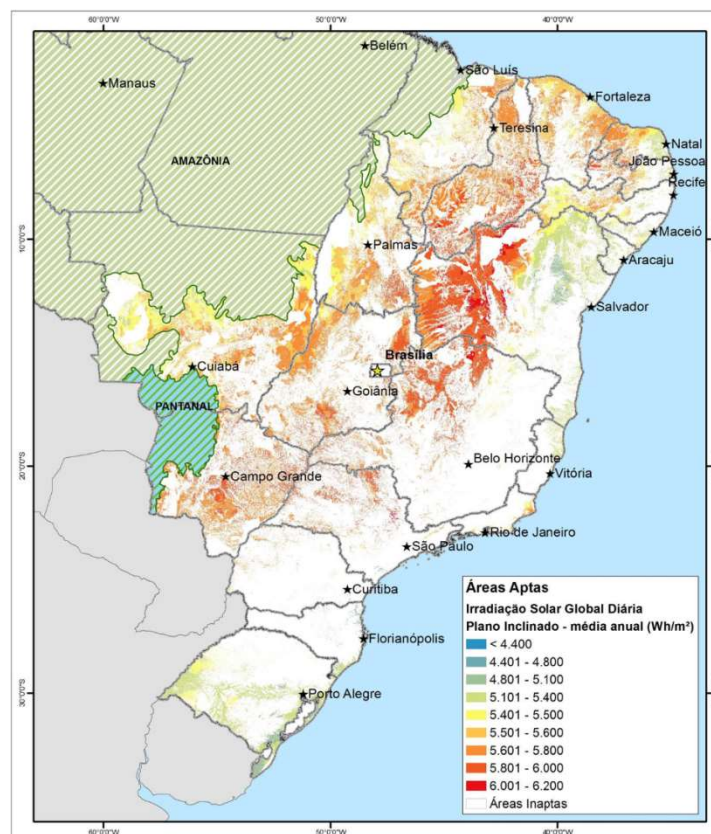
Por fim, destaca-se a futura elaboração das regras para participação nos leilões de energia, especialmente no contexto da modernização do setor elétrico.

4.2.4 Energia solar

O Semiárido Brasileiro tem um excelente índice de insolação, sendo a área de maior potencial para a implantação de usinas de energia solar, micro e minigeração distribuída (MMGD) fotovoltaica e fazendas solares do País, conforme o PNE 2050.

O Brasil é um País com grande incidência solar (figura 10), portanto tem um grande potencial para a geração de energia fotovoltaica. No entanto, segundo dados do IBGE, 1,5% dos brasileiros não têm luz em casa, perfazendo um total de 2,7 milhões de pessoas, o que equivale à população total de Salvador (BA) vivendo às escuras.

Figura 10 - Áreas aptas para a instalação de usinas fotovoltaicas



Fonte: PNE 2050, 2020, p. 110.

Apenas 170 cidades brasileiras têm fornecimento de energia elétrica em todas as casas de seus moradores. Nos outros 5.394 municípios, uma parcela da população vive sem energia elétrica, segundo dados do Censo 2010, último

realizado no País. A situação é pior em quatro cidades do Semiárido Brasileiro que, segundo dados do IBGE, têm menos de 50% de seus domicílios com fornecimento de energia elétrica. São cidades com menos de 10 mil habitantes e um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baixo. São elas: Dom Inocêncio, Capitão Gervásio Oliveira e São Lourenço do Piauí e Dirceu Arcoverde, todas localizadas no estado do Piauí.

Políticas públicas e incentivos governamentais são fundamentais para que ocorra um grande incremento da utilização da energia solar fotovoltaica, que além de ser uma energia renovável e de fonte inesgotável, as suas usinas garantem redução das emissões de gases de efeito estufa e baixo impacto ambiental (PNE 2050, 2020).

Segundo Shayani, Oliveira e Camargo (2006) “a forma de utilização preponderante da energia elétrica é a geração centralizada em grandes usinas, as quais transportam a eletricidade por extensas linhas de transmissão até os centros de consumo”. Geralmente, os projetos de geração centralizada de energia são aqueles contratados por intermédio dos leilões de energia, com contratos celebrados no ambiente de contratação regulada (NASCIMENTO, 2017).

No Leilão A-4/2017, houve 574 empreendimentos cadastrados. Destes, 20 foram contratados, com uma potência total de 574 MW. Em 2018, no Leilão A-4/2018, dos 620 projetos cadastrados, 29 ganharam, somando uma potência total de 807 MW (EPE, 2018).

Até ano 2018, inclusive, o Brasil produzia 1.940,9 MW de energia solar fotovoltaica (0,93% do total de energia elétrica produzida no Brasil), sendo a fonte que apresenta o maior incremento de capacidade instalada anualmente no mundo (IRENA, 2020).

Assim, com a crescente redução de custos, a fonte solar fotovoltaica se apresenta como alternativa competitiva no fornecimento de energia, podendo contribuir com os compromissos nacionais de redução de gases de efeito estufa.

Adicionalmente, a modularidade da tecnologia fotovoltaica permite o desenvolvimento de projetos de diferentes escalas, centralizados e distribuídos. O desafio será desenhar um modelo que reconheça em que situações o valor locacional da geração distribuída supera os ganhos de escala propiciados pela geração centralizada.

Por fim, cabe ainda mencionar uma linha de desenvolvimento tecnológico que busque integrar as células fotovoltaicas em materiais construtivos, como telhas e vidros, conhecida como *building-integrated photovoltaics* (BIPV). Esse é um conceito que dialoga com a geração distribuída, mas também pode ser entendido como uma forma de eficiência energética, ajudando a reduzir o consumo líquido das edificações (PNE 2050, 2020).

Associada à energia fotovoltaica, a utilização das potencialidades da radiação solar como a tecnologia heliotérmica (energia termosolar ou energia solar concentrada) tem se expandido no Brasil, sendo que a primeira usina heliotérmica brasileira foi instalada no município de Petrolina (PE). Em poucas palavras, a energia heliotérmica é obtida a partir de painéis que concentram, por reflexão, os raios solares em um único ponto, resultando em calor, que é acumulado e utilizado para aquecer um fluido para produzir vapor, que por sua vez irá movimentar as turbinas do gerador que transformará em energia elétrica.

Em relação à energia heliotérmica, entretanto, sob o aspecto econômico, ainda não se vê, em um espaço temporal de dez anos, uma grande evolução dessa tecnologia no País. Entretanto, as características da fonte, a possibilidade de armazenamento e despacho atribuem a esse mercado uma excelente oportunidade para o desenvolvimento científico-tecnológico no Semiárido Brasileiro.

Retornando à geração fotovoltaica, novas variações de células de silício são adotadas a cada ano, seja com mudança nas características intrínsecas e construtivas do material, seja aumentando progressivamente a eficiência e reduzindo os custos de produção. Novos materiais, em substituição aos tradicionais módulos de silício cristalino, como é o caso do telureto de cádmio (CdTe), têm sido desenvolvidos.

Nos últimos anos, os módulos aumentaram seu tamanho padrão, de cerca de 1,6m² para 2m², o número de células foi incrementado e novas configurações foram propostas, com uso de células cortadas ao meio e com o polímero posterior sendo substituído por um segundo vidro, permitindo o aproveitamento da radiação nesta face nos chamados módulos bifaciais. Esses módulos podem aumentar a geração em até 50% em relação aos módulos convencionais (EPRI, 2016).

Muitos desses avanços causarão, em alguma medida, a diminuição da demanda de área das chamadas fazendas solares, reduzindo os impactos ambientais relacionados ao desmatamento.

Uma fazenda solar é uma grande área equipada com placas fotovoltaicas, responsáveis por produzir energia elétrica que poderá abastecer uma casa, uma pequena empresa e até grandes indústrias, dependendo do tamanho da fazenda. As fazendas solares são excelentes exemplos de sustentabilidade e têm se mostrado viáveis, sob os pontos de vista técnico, econômico e socioambiental. Além disso, reduz a emissão de dióxido de carbono (figura 11).

Elas ampliam o uso de energia solar, descentralizando e possibilitando que mais pessoas consumam esse tipo de energia. Cabe destacar que a geração compartilhada permite que consumidores se reúnam e criem uma fazenda solar. Assim, é possível que cada um adquira uma cota de energia e utilize seus créditos para reduzir o valor final da conta.

No Brasil, o número de projetos de usinas solares se espalha pelo País, principalmente, no Nordeste. Atualmente, elas são mais evidentes em Minas Gerais, conforme o BEN 2021, Resolução Normativa ANEEL nº 482/2021. Elas são uma boa alternativa para empresas e indústrias que querem reduzir os custos com energia.

Figura 11 - Usina Solar de Nova Olinda (PI) – maior fazenda solar da América Latina até 2017



Fonte: CAMARGO, 2017.

A Resolução Normativa nº 687/2015 estabeleceu critérios para que as redes de mini e microgeração pudessem funcionar. As fazendas são instaladas em locais propícios com grande incidência solar. A eletricidade gerada será transmitida para a rede pública de distribuição que irá gerar energia e convertê-la em créditos. Esses créditos têm a validade de 60 (sessenta) meses, de acordo com as normas da

ANEEL, e são ajustados mensalmente para cada consumidor optante por essa modalidade.

Portanto, a fazenda solar é uma alternativa de energia que democratiza o uso da energia do sol e colabora para a descentralização da produção. Além disso, é uma fonte mais acessível que as demais, em que os painéis solares geram energia que se tornam créditos energéticos. São soluções tecnológicas voltadas à diminuição da demanda de água para a limpeza dos painéis fotovoltaicos, o que favorece o Semiárido Brasileiro, que deverá concentrar a maior parte da expansão da fonte até 2050 (PNE 2050, 2020).

A evolução tecnológica citada é um exemplo da capacidade da indústria fotovoltaica de se reinventar, e o setor espera manter a trajetória de queda no custo da energia produzida com o aproveitamento da radiação solar, aumentando sua competitividade e seu potencial de inserção na matriz elétrica mundial.

A utilização da energia solar para geração de energia elétrica fotovoltaica fornece o elemento essencial para a produção de alimentos e seu processamento atender a mercados consumidores. A geração distribuída de energia elétrica fotovoltaica tem um grande potencial para ser um dos pilares para a geração de emprego e renda, com foco no desenvolvimento econômico sustentável de base socioeconômica familiar (LACERDA *et al.*, 2020).

Entre os muitos casos de sucesso dessa tecnologia está o projeto Ecolume, que qualificou mais de 700 pessoas em tecnologia de energia solar, reuso e tratamento de água cinza e preta, mudas e produção de alimentos, usando o sistema aquaponia. Ou seja, na região do Semiárido Brasileiro, a energia solar é uma das principais alternativas sustentáveis de desenvolvimento (LACERDA *et al.*, 2020).

Além disso, é considerada pouco poluente entre as fontes primárias, além de ser inesgotável, como no caso da fonte eólica. Espera-se uma expansão significativa da fonte solar fotovoltaica na perspectiva de evolução de sua competitividade nos próximos 10 anos.

4.2.5 Energia nuclear

Energia nuclear é a energia consumida ou produzida com a modificação da composição de núcleos atômicos proveniente de reações de fissão com efeito em cadeia de modo controlado em um reator.

Além do uso bélico já conhecido por todos, a energia nuclear tem forte aplicação na geração de eletricidade. Apesar das controvérsias, é fonte de energia barata e limpa, mas por causa do perigo de vazamento de radiação como ocorreu em Fukushima no Japão (2011) e Chernobyl, na antiga União Soviética (1986), causando desastres em larga escala e de contaminação, geram muita resistência de ambientalistas e populares. Entretanto, desde a primeira usina nuclear instalada há quase 70 (setenta) anos, os benefícios para a humanidade foram muito maiores que os malefícios.

Um outro fator controverso de usinas nucleares é o seu elevado custo de construção, porém, em longo prazo, se torna viável devido ao fato do preço do combustível nuclear ser relativamente baixo se comparado com o da usina termelétrica. Por exemplo: uma pastilha de 10g de urânio 235 equivale a 700kg de óleo diesel, conforme dados da INB (2017).

Hoje, com melhorias nas tecnologias de geração de energia nuclear e dos sistemas de segurança, a nuclear é vista por muitos pesquisadores como uma energia alternativa viável ao uso de combustíveis fósseis.

Globalmente, a geração nuclear pode evitar a cada ano, entre 1,2 GT e 2,4 GT em emissões de CO₂. De outro modo, seriam produzidos aproximadamente 500g de CO₂/kWh pela queima de gás e 1000g de CO₂/kWh pela queima de carvão (BONES; SCHIRMER; CEOLIN, 2017).

O Brasil é signatário do Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares desde 1998, portanto, todas as instalações brasileiras relacionadas à produção e ao enriquecimento de urânio, bem como as áreas de desenvolvimento de reatores nucleares entre outras são periodicamente vistoriadas de forma que sejam mantidas apenas pesquisas e desenvolvimento para o uso de energia nuclear somente para fins pacíficos.

Atualmente, a energia nuclear é responsável por aproximadamente 10% da produção de energia elétrica mundial. Está mais comercialmente associada à geração de eletricidade, mas tem um amplo leque de produtos e serviços relevantes

para outros setores, tais como: medicina nuclear, alimentos, controle de pragas, monitoramento de erosão de solos, marcadores industriais, fornecimento de vapor residual (calor de processo), dessalinização (muito relevante para a região do semiárido), geração de hidrogênio, defesa (submarino com propulsão nuclear) e outros.

A Política Nuclear Brasileira (PNB), estabelecida pelo Decreto nº 9.600, de 5 de dezembro 2018, consolida um conjunto de diretrizes norteadoras com a finalidade de orientar o planejamento, as ações e as atividades nucleares e radioativas no País, em observância à soberania nacional, com vistas ao desenvolvimento, à proteção da saúde humana e do meio ambiente.

O PNB elenca 19 objetivos gerais para a área nuclear, cinco objetivos específicos do setor de mineração nuclear e sete objetivos específicos relativos à indústria do setor nuclear. Também há a perspectiva contínua de evolução tecnológica durante os próximos anos, abarcando as dimensões de segurança, eficiência e adaptação à operação conjunta às fontes variáveis.

A indústria nuclear, frente aos atuais desafios do setor energético, oferece uma alternativa de atendimento da demanda dos sistemas elétricos por capacidade, tendo em vista que o Brasil possui consideráveis recursos de urânio, ainda que grande parte do território nacional não tenha sido prospectado. O País domina toda a tecnologia do ciclo do combustível nuclear, desde a mineração até a montagem do elemento combustível.

Atualmente, uma única etapa do ciclo do combustível (a conversão e parte do enriquecimento) tem sido realizada no exterior (Canadá) por questões de escala. A empresa Indústrias Nucleares do Brasil (INB) é a única fornecedora de combustível para as usinas nucleares brasileiras. Segundo o Plano Estratégico INB 2017-2026, ela tem como visão: “Ser uma empresa reconhecida internacionalmente como fornecedora no mercado de urânio, com excelência na gestão empresarial, em busca da autossuficiência”.

Cabe destacar que o urânio é minerado pela INB no município de Caetité (BA) pertencente ao Semiárido Brasileiro, sendo que as atividades englobam as operações de mina e beneficiamento mineral.

Atualmente, os países com maior potencial de recursos de urânio são: Austrália, Cazaquistão, Canadá, Rússia, Namíbia, África do Sul, China, Níger e Brasil (*WORLD NUCLEAR ASSOCIATION*, 2021). O Brasil possui recursos

significativos de urânio, o que leva o País a ocupar posição de destaque no ranking mundial.

Os recursos são da ordem de 244.788 toneladas de urânio contido (U₃O₈), distribuídas entre os estados da Bahia, do Ceará e outros. A região norte do País tem potencial para abrigar mais de 300 mil toneladas de urânio, sendo que já foram identificadas potenciais áreas em Pitinga (Amazonas), onde o urânio encontra-se associado a outros minerais, e no Pará.

No entanto, percebe-se que o Semiárido Brasileiro pode se beneficiar com o fomento da mineração de urânio na região, proporcionando a geração de empregos e renda, seja direta ou indiretamente.

Paralelamente, o Brasil desenvolve pesquisas em reatores e aplicações da energia nuclear, tais como o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e o submarino com propulsão nuclear (SN-BR).

Os RMBs poderiam ser empregados em algumas regiões do Semiárido Brasileiro com a finalidade de prover energia elétrica com fito industrial, inclusive. Poderiam substituir algumas UTEs obsoletas e as que teriam que ser descontinuadas ou desligadas do SIN.

Também se espera o desenvolvimento e a implantação dos primeiros reatores pequenos modulares (SMR), atualmente em processo inicial de licenciamento em diversos países. São reatores da chamada geração IV, que estão em fase de concepção, sendo ainda considerada uma tecnologia disruptiva.

No Brasil, a opção tecnológica foi por reatores à água pressurizada (do inglês *pressurized water reactor* – PWR), a tecnologia mais adotada em todo o mundo, com mais de 60% das usinas em operação.

Após 2030, novos projetos poderão se basear em tecnologias de PWR, SMR e reatores de quarta geração, caso essas últimas alcancem maturidade tecnológica e competitividade.

Além disso, são necessários aportes em P&D das tecnologias de gerenciamento, processamento e armazenamento de combustíveis usados, bem como ações de CT&I para se obterem combustíveis de alto desempenho de Geração III+.

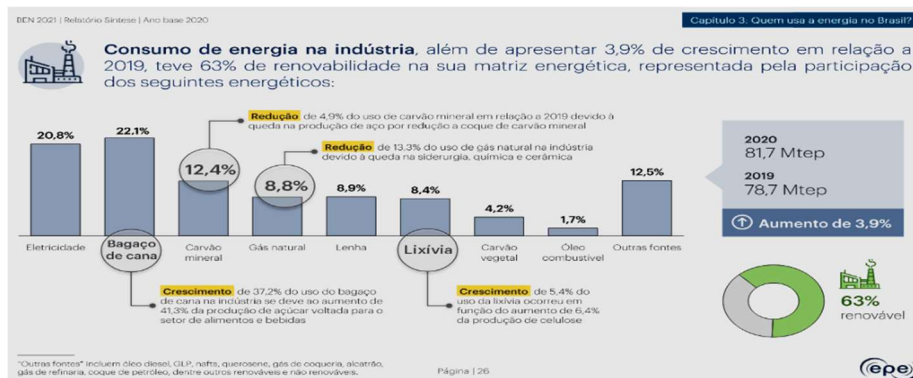
Portanto, o Brasil deverá se beneficiar do grande desenvolvimento das tecnologias de desmantelamento por conta do expressivo número de projetos que serão descomissionados no mundo até a década de 2040.

4.2.6 Bioenergia

O Brasil é beneficiado pelas características edafoclimáticas e pela profícua oferta de biomassa. Então, a bioenergia é outra alternativa promissora para o futuro energético sustentável do País, preservando as florestas nativas e mantendo a sustentabilidade do meio ambiente (PNE 2050, 2020).

A utilização da biomassa ocorre mediante rotas tecnológicas diversas, que são consideradas características dos insumos, como poder calorífico, estado físico e aplicação. As termelétricas brasileiras produzem energia, de forma direta, pela combustão da lenha, do bagaço da cana-de-açúcar, da lixívia (ou licor negro, resíduo da indústria de papel e celulose) e das cascas de arroz (figura 12).

Figura 12 - Consumo de energia na indústria - 2020



Fonte: BEN, 2021, p. 26.

O Brasil também produz biocombustíveis mediante o processo de transformação, ou seja, os açúcares da cana dão origem ao etanol e os óleos das oleaginosas (soja, algodão e as gorduras animais) são insumos para o biodiesel.

Além dessas, há outras biomassas disponíveis para o aproveitamento energético no País, como resíduos da cana-de-açúcar (palhas e pontas, vinhaça e torta de filtro), resíduos da indústria madeireira (cavaco), palhas das culturas de soja e milho, cascas de arroz e café, resíduos de coco, feijão, amendoim, mandioca e cacau, resíduos agroindustriais e pecuários de confinamento, lodo de estação de tratamento de esgoto e resíduos sólidos urbanos (RSU), entre outros, que podem ser utilizados para combustão direta ou produção de biogás.

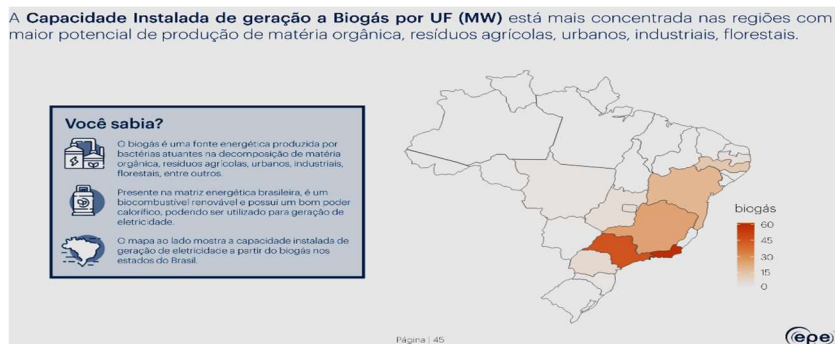
Convém destacar que um biodigestor é um equipamento usado para processar matéria orgânica, gerando o biogás e o biofertilizante, produzidos por

bactérias em condição anaeróbica, em ausência de oxigênio, que, ao digerirem matéria orgânica, provocam reações químicas de origem biológica. A matéria orgânica usada pode ser as fezes e a urina de criações de gado bovino, suíno e/ou de aves, bem como das sobras de vegetais da produção agrícola.

A queima do biogás permite a geração de energia elétrica, o aquecimento de ambientes, seja para pessoas, seja para animais, e queima nas cozinhas para produção de alimentação. Obtém-se também um excelente fertilizante com qualidade superior aos fertilizantes químicos industrializados.

Também gera vantagens ecológicas, tais como: evita a poluição do meio ambiente por dejetos orgânicos; reduz a emissão de gases de efeito estufa, devido à concentração de 75% de gás metano no biogás se for despejado naturalmente na atmosfera; reduz o volume dos dejetos a serem tratados; elimina os maus odores característicos dos dejetos de animais e da matéria orgânica em decomposição. A figura 13 destaca onde a indústria brasileira utiliza o biogás.

Figura 13 - Capacidade instalada de geração de biogás por UF (MW)



Fonte: BEN, 2021, p. 45.

O Projeto Dom Helder Câmara visa a obter gás a partir do esterco bovino nas áreas ilustradas na figura 14 para que os agricultores do Semiárido Brasileiro possam promover a sustentabilidade e ter uma alternativa energética para a população dessas regiões. Tudo ocorre mediante a utilização de biodigestores, equipamentos que produzem biogás por meio da fermentação anaeróbica (sem a presença do oxigênio) do esterco bovino (um gado produz seis quilos de esterco a cada 12 horas). O gás gera energia elétrica e ainda é utilizado nas cozinhas dos moradores atendidos pela ação.

Figura 14 - Ilustração Projeto Dom Helder Câmara – Gás ecológico semiárido brasileiro

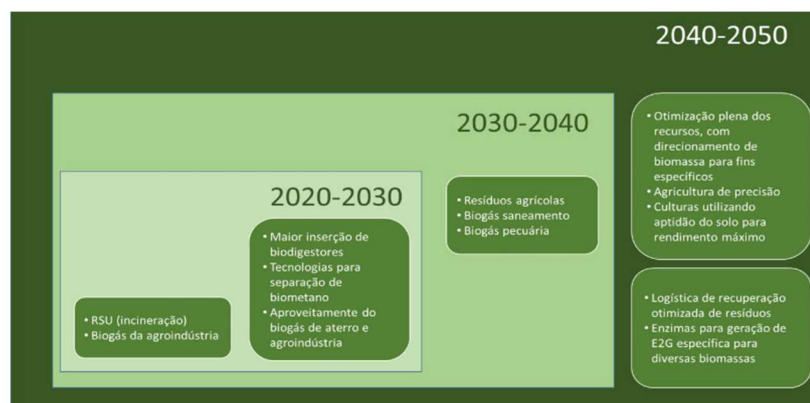


Fonte: EMATER-MG, 2017.

O projeto do biodigestor evita que o sertanejo queime a lenha, diminuindo a emissão de CO₂ para a atmosfera. Além disso, há a redução de emissão do gás metano, oriundo da decomposição de matéria orgânica. A construção do biodigestor ocorre em parceria com as famílias, sendo que o projeto fornece o biodigestor e auxilia às famílias na construção, bem como treina-as para realizarem manutenção.

Convém destacar que o projeto atende 15 mil famílias em seis estados do Semiárido Brasileiro: Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Em Pernambuco, a ação atinge o Sertão do Araripe e do Pajeú, isso é, uma tendência preconizada pelo PNE 2050 (figura 15).

Figura 15 - Perspectivas tecnológicas ligadas à biomassa



Fonte: PNE 2050, 2020, p. 118.

Além do biogás, as biomassas são outra forma de bioenergia que faz parte da matriz energética brasileira. Elas são sazonais, principalmente, as do setor agrícola. Então, esse aproveitamento energético deve considerar as variações da

oferta. O potencial nacional de biomassa é bastante significativo, e o País tem condições de aumentar a participação de biocombustíveis no mercado doméstico e internacional de maneira sustentável.

Contudo, o etanol surge como uma opção junto ao mercado externo, que pode ser impulsionado, caso haja maior demanda pelo produto, diante de uma provável mudança da matriz energética mundial.

Atualmente, cerca de 80% da produção global é atendida por apenas dois países: Brasil e Estados Unidos. Na tabela 9, é possível verificar que a região nordeste contribui, significativamente para a produção nacional de etanol, sendo a produção alagoana um destaque na região.

No setor de transporte, espera-se que a demanda por biocombustíveis aumente progressivamente, em consequência da implementação, a partir de 2020, da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).

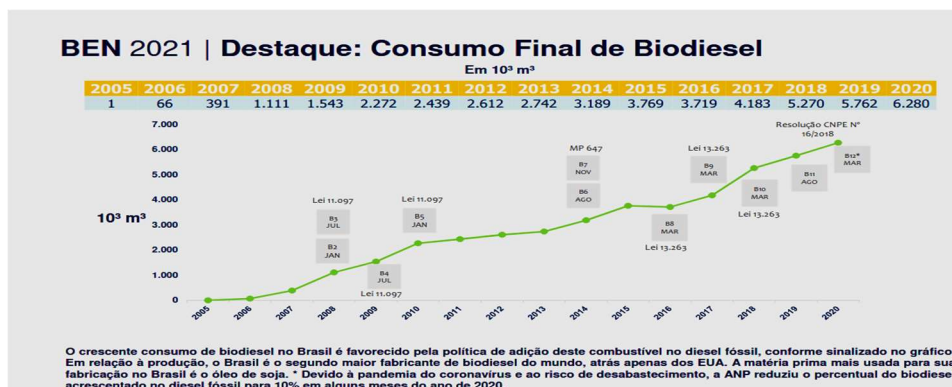
Tabela 3 - Produção de etanol total no nordeste

Unidade geográfica	Produção (Em mil t)		
	2018/19	2019/20	2020/21(1)
Maranhão	147.916,0	168.061,0	150.183,1
Piauí	37.480,0	46.457,0	28.034,2
Ceará	-	-	-
Rio Grande do Norte	104.977,0	124.398,0	100.054,6
Paraíba	382.000,0	442.746,0	407.447,4
Pernambuco	431.893,0	450.730,0	297.088,9
Alagoas	490.409,0	522.528,8	332.116,6
Sergipe	100.902,0	111.163,0	101.690,2
Bahia	245.698,0	249.021,0	262.868,4
Nordeste	1.941.275,0	2.115.104,8	1.679.483,4

Fonte: VIANA, 2019.

O Brasil destaca-se no cenário mundial de produção e uso de biocombustíveis, especialmente, quando o assunto é etanol produzido a partir de cana-de-açúcar e o biodiesel derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais. Na figura 16 é mostrado, como exemplo, o consumo final de biodiesel no Brasil, no período de 2005-2020.

Figura 16 - Evolução do consumo final do biodiesel 2005-2020



Fonte: BEN, 2021, p. 23.

Nesse contexto, novas matérias-primas deverão surgir como opção no processo produtivo, e a biotecnologia poderá proporcionar um ganho de eficiência na produção de biocombustíveis, tanto na parte agrícola quanto industrial, aumentando a produtividade global deste segmento (PNE 2050, 2020).

Tais ações fazem parte da Agenda 2030 da ONU, cujo principal objetivo é o desenvolvimento sustentável (IMO, 2020) e que estabeleceu novos limites de emissão de enxofre para o meio ambiente, os quais vigoram desde o início de 2020.

Ainda há ações a realizar para a disseminação e o desenvolvimento desses novos biocombustíveis, tais como: regulamentação, desenvolvimento tecnológico e competitividade de preços frente aos substitutos fósseis. Contudo, ressalta-se uma excelente oportunidade para a região do semiárido por apresentar muitos requisitos para aumentar a exploração de bioenergia.

4.3 Infraestrutura de transportes

Por fim, no tocante à infraestrutura de transportes, ao longo deste trabalho, serão abordados os diversos modais de transporte disponíveis no País, focando naqueles que fazem ligação com a área em estudo. De antemão, apresentam-se as características principais desses modais, cujos dados e informações serão detalhados ao longo deste estudo.

Iniciando pela infraestrutura de transporte rodoviário, que se constitui das rodovias federais, estaduais e municipais, de um total de 1,6 milhão de quilômetros de rodovias em todo o País, o Nordeste, região que abriga a maior parte do

Semiárido Brasileiro, conta com aproximadamente 27% dessa malha rodoviária (VIANA, 2019).

No transporte aéreo, em especial a infraestrutura aeroportuária, conforme dados de 2018 da Associação Nacional de Aviação Civil – ANAC, o Brasil possuía mais de 2.600 aeroportos e aeródromos homologados, públicos e privados, dos quais cerca de 380 se localizam no Nordeste, sendo um em cada três públicos.

No modal aquaviário, marítimo e de navegação interna, em seus diversos pontos de embarque e desembarque de cargas, segundo a Associação Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, em 2019, o País dispunha de 235 terminais portuários, entre portos públicos e terminais de uso privativo, tanto em mar aberto e região costeira quanto em águas internas. Desse total, 14% dos terminais portuários estão na região nordeste.

Por último, o transporte ferroviário, é onde está o maior desafio, em virtude da pequena participação desse modal no conjunto da infraestrutura de transporte do País, sobretudo quando se considera a extensão do nosso território nacional. Segundo dados da Confederação Nacional de Transportes – CNT, de 2015, a densidade da malha ferroviária brasileira é de menos de 4 km por 1.000 km², muito baixa quando comparada com países com tamanhos semelhantes ao nosso, a exemplo dos EUA, Índia ou China e, também, abaixo de nossos vizinhos, como Argentina, Chile e México. Estas informações serão corroboradas pelos números que serão apresentados ao longo deste compêndio.

Os estudos existentes formam um consenso do quão importante é a infraestrutura para a economia. Nos países desenvolvidos, os governos buscam, no limite de seus orçamentos, priorizar recursos para esse setor em razão do efeito estruturante que tem sobre outros setores da atividade econômica.

No Brasil, no entanto, os recursos destinados à infraestrutura têm variado bastante ao longo do tempo. Conforme Afonso e Biasoto Júnior (2006), o Brasil precisa da oportunidade para combinar crescimento econômico com a promoção de políticas econômicas de combate à pobreza e à desigualdade e, para que sejam bem-sucedidas, é necessário remover obstáculos cruciais ao crescimento econômico. Completam os autores ressaltando que se deve focar em investimentos, especialmente em infraestrutura, os quais são muito importantes para aumentar sistemicamente a competitividade e sustentar um novo ciclo de crescimento.

Como menciona Ferreira (1996), o capital em infraestrutura afeta o retorno dos insumos privados e, dessa forma, estimula investimento e trabalho. Segundo o autor, o mecanismo de transmissão pode ser demonstrado a partir de uma dada quantidade de fatores privados que, com a oferta de melhores estradas, energia e comunicação abundante e barata, elevam o nível de produção e, conseqüentemente, implicam maior produtividade e retorno do capital investido.

O setor de transportes, em especial, desempenha um papel estruturador e alavancador de diversas atividades produtivas. Assim como a infraestrutura energética, a de transporte impacta diversos outros setores, sendo seus efeitos percebidos tanto no contexto econômico como social.

Neste último, o acesso aos serviços públicos de saúde e educação, como exemplo, por parte da população mais carente, em muitos casos, por morarem mais distantes dos grandes centros urbanos, dependem de vias rodoviárias que possibilitem o deslocamento até os respectivos locais de prestação desses serviços. Pode-se citar ainda o suprimento de insumos necessários à execução desses serviços, tais como medicamentos e material didático, respectivamente, que é realizado utilizando-se desse mesmo modal em conjunto com outros meios de transporte, como o aeroviário e o aquaviário.

De outro lado, como afirma Caixeta Filho e Martins (1998), dada a inserção do setor de transporte na economia, este tem efeitos benéficos sobre a disponibilidade de bens, a extensão de mercados, a concorrência, os custos das mercadorias e a renda da terra.

Como observam Bertussi e Ellery Jr. (2012), o investimento público no setor de transporte provoca efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o desempenho econômico de longo prazo dos estados brasileiros e contribui para a redução da desigualdade de renda entre eles.

Diante das evidências levantadas em seu trabalho, Silva, Jayme Jr. e Martins (2009) concluem que a importância dos investimentos em infraestrutura, especialmente no setor de transporte, para o crescimento econômico é nuclear e capaz de gerar aumentos na capacidade produtiva suficiente para garantir eventuais gargalos na oferta. Finalizam afirmando que, de fato, sem a elevação dos gastos em infraestrutura pública, as possibilidades de crescimento de longo prazo ficam reduzidas.

Cabe destacar ainda que são vastas as evidências dos impactos positivos de investimentos em infraestrutura, desde intervenções em saneamento básico até estruturas gigantes de geração e distribuição de energia, todas, cada uma em seu segmento, contribuem de forma decisiva no sentido de destravar gargalos, alavancar o desenvolvimento econômico e aumentar a qualidade de vida da população em geral.

A infraestrutura de transportes, em especial, possui características que agregam condições favoráveis em diversos campos, seja econômico-financeiro, de justiça social e até mesmo de ordem política, dentre outros, propiciando benefícios diretos e indiretos, este último ao criar um ambiente positivo para atração de outros investimentos subsequentes, sobretudo oriundos de capital privado, essencial em economias com reduzida capacidade de investimento público.

Como frisam Caixeta Filho e Martins (1998), “a infraestrutura de transporte tem uma série de impactos benéficos sobre a sociedade, tendo, por isso, papel vital no alcance de alguns elementos prioritários em políticas de promoção de desenvolvimento”. Assim, seguem os autores:

[...] dada a forma de inserção econômica como atividade-meio, a infraestrutura de transporte tem uma variedade de efeitos benéficos sobre a sociedade, tais como aqueles referentes à disponibilidade de bens, à extensão dos mercados, à concorrência, aos custos das mercadorias, à especialização geográfica e à renda da terra. (CAIXETA FILHO; MARTINS, 1998).

Chamam a atenção para uma outra função econômica, qual seja a de viabilizar a expansão dos mercados de bens e serviços ao permitir o acesso de produtos produzidos em locais diversos de onde são comercializados, contribuindo, assim, por exemplo, para romper monopólios sustentados pelo isolamento geográfico. Segundo Locklin (1954 apud CAIXETA FILHO; MARTINS, 1998), “o mais importante efeito de reduções nos custos de transporte está na redução do custo dos bens, seja na comercialização, seja na aquisição de insumos [...]”.

Por fim, Fair e Williams (1959 apud CAIXETA FILHO; MARTINS, 1998) enfatizam a função social desempenhada pelos transportes, na medida em que “permitem a mobilidade das pessoas, estimulando a disseminação de informações e ideias”.

4.3.1 Infraestrutura de transportes aéreo e aquaviário

Todos os modais de transporte proporcionam os benefícios aqui elencados, sobretudo quando considerada sua característica de complementariedade. Nesse sentido, vale acentuar a importância da existência de diversos modais de transporte: rodoviário, aeroviário, ferroviário e aquaviário (marítimo e fluvial).

Nesta subseção, apresentar-se-á um compilado de dados secundários e informações colhidas no âmbito da infraestrutura de transportes, abordando, superficialmente, os modais aeroportuário e aquaviário, e, nas duas subseções seguintes, de forma mais aprofundada, respectivamente, os modais rodoviário e ferroviário, nestes últimos apresentando o resultado das investigações e estudos realizados por outros autores sobre o tema.

Do ponto de vista da prestação dos serviços de transporte, é fundamental a disponibilidade de uma matriz de modais que se complementem, propiciando aos diversos usuários, passageiros e cargas, opções de combinação de modais considerados eficientes em termos de qualidade e custo. Em outras palavras, mais importante que ter uma determinada infraestrutura forte e plena é ter o conjunto das infraestruturas de transporte disponíveis estrategicamente de modo a preencher as lacunas existentes, gerando assim um sistema mais eficiente para a economia em seus diversos setores.

Nesse contexto, inclui-se o transporte aéreo, muitas vezes lembrado pela sua capacidade de deslocamento de pessoas com interesses diversos, como turismo, negócios, saúde etc. de determinado ponto ao destino de forma rápida e segura, esse tipo de modal também é responsável pelo transporte de grande parcela das cargas.

Em razão de seus custos de operação mais elevados, é considerado um meio mais caro, mas imprescindível quando a carga são produtos de maior valor, como eletrônicos ou perecíveis, a exemplo de flores e vacinas, além de chegar a determinados locais muitas vezes inacessíveis para os outros meios de transporte, como em áreas desabitadas da Amazônia.

Como menciona Viana (2019), no artigo “Panorama da infraestrutura no nordeste do Brasil: transporte”, publicado no Caderno Setorial ETENE/BNB, “a infraestrutura relacionada ao transporte aéreo é composta de duas partes principais: a infraestrutura aeroportuária e a infraestrutura aeronáutica, sendo esta última

formada pelas instalações de controle e segurança do espaço aéreo e de proteção ao voo”. O autor segue afirmando que “no Brasil, o forte crescimento da demanda por transporte aéreo observado nos últimos anos, trouxe a necessidade de investimentos em aumento da capacidade operacional dos principais aeroportos do País”.

Conforme a Agência Nacional de Aviação Civil (2018 apud VIANA, 2019), em 2018, o Brasil contava com 2.605 aeroportos e aeródromos homologados, públicos e privados. O autor destaca que “desse total, 377 estão localizados no Nordeste, sendo 134 públicos e 243 privados”, completando que “do conjunto de aeroportos homologados pela ANAC, destacam-se aqueles que possuem movimentação com certa regularidade de passageiros e cargas, que totalizam 65 aeroportos, dos quais 16 estão localizados na região Nordeste”, área de interesse geral deste compêndio.

Com relação ao transporte aquaviário, constituído pelas embarcações que utilizam as vias marítimas e fluviais, no Brasil, esse modal é utilizado, predominantemente, para o transporte de carga, sendo o deslocamento de passageiros muito restrito.

Apesar da extensão continental e de sua ampla rede fluvial, o Brasil utiliza muito pouco suas hidrovias que, junto com o transporte marítimo costeiro, conhecidos como de cabotagem, compreendem a navegação de interior, excluindo o comércio exterior.

Segundo levantamento feito por Viana (2019), em 2016, a participação do transporte aquaviário (marítimo e fluvial) na matriz de transporte de cargas do País, que incorpora apenas as cargas movimentadas internamente, foi de somente 12,6%, “relativamente pequena frente ao potencial desse modal”. Esse percentual baixo também é observado quando comparado à participação de outros modais, a exemplo do ferroviário (21%) e do rodoviário, responsável por 62,8% de todo o transporte de carga brasileiro.

Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2019 apud VIANA, 2019), em 2018, os 235 terminais portuários, marítimos e fluviais, movimentaram 1,1 bilhão de toneladas. “Em termos de perfis das cargas movimentadas em 2018 nos portos brasileiros, 63,8% foram graneis sólidos, 21% graneis líquidos e gasosos, 10,1% carga containerizada e 5,1% carga geral”.

O autor complementa que “a região Nordeste possui um total de 32 terminais portuários registrados na ANTAQ”. Conforme a ANTAQ (2019 apud VIANA, 2019), “os portos nordestinos movimentaram, em 2018, um total de 335,29 milhões de toneladas [...]. Desse total, 21,5% foram movimentadas em portos públicos e 78,5 em terminais de uso privativo”. Conclui informando que “no que diz respeito aos perfis das cargas movimentadas, em 2018, nos portos nordestinos, 76,2% foram graneis sólidos, 16,8% graneis líquidos e gasosos, 4,1% carga containerizada e 2,9% carga geral”.

Como ilustração desse importante modal, pode-se citar a Hidrovia do São Francisco. Com cerca de 2.750 km de extensão, o rio São Francisco apresenta uma bacia que corresponde a aproximadamente 640 mil km² do território brasileiro ou quase 7,5% do território nacional, percorrendo os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. Banha 91 municípios, com destaque para Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), e possui quatro trechos bem definidos: Alto São Francisco, da Serra da Canastra em Pirapora (MG), Médio São Francisco, entre Pirapora e Remanso (BA), Submédio São Francisco, entre Remanso e Paulo Afonso (BA) e o Baixo São Francisco, entre Paulo Afonso e a foz, no Oceano Atlântico, divisa entre Alagoas e Sergipe. Apresenta seu maior volume de águas entre os meses de dezembro e abril, com uma vazão de 2.600 m³/s na foz (DNIT, 2021).

Conhecido como o “Rio da Integração Nacional”, a hidrovia do São Francisco abarca os seguintes afluentes: Paraopeba, Indaiá, Pará, Abaeté, das Velhas, Jequitaí, Paracatu, Urucuia, Verde Grande, Carinhanha, Corrente e Grande. Do ponto de vista comercial, o trecho navegável do São Francisco, utilizado para transporte de produtos, é de apenas 560 km, iniciando-se no município de Ibotirama (BA) e terminando em Juazeiro (BA). É utilizada no transporte de grãos e algodão de áreas cultiváveis do oeste da Bahia e do sul do Piauí, além da cultura de frutas e de cana-de-açúcar, dos perímetros irrigados do vale do São Francisco (DNIT, 2021).

A produção aviária dos centros produtores de Feira de Santana (BA), Caruaru (PE), Recife (PE) e Fortaleza (CE) também é escoada pela hidrovia, como também produtos minerais como a gipsita, produzida em Araripina (PE). Os produtos selecionados para exportação são levados por rodovia até Petrolina/Juazeiro, seguindo pelo modal fluvial até Ibotirama. Daí, segue via modal ferroviário até o Porto de Aratu, na Baía de Todos os Santos. No modal fluvial, são utilizados

comboios de balsas de até 120 metros de comprimento por 16 a 22 metros de boca e 1,5 metro de calado, deslocando entre 2.000 e 3.000 toneladas (DNIT, 2021).

Gestões foram realizadas no período de 2007-2017, utilizando-se recursos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), da ordem de R\$100 milhões para aumentar o calado dos comboios entre 1,8 e 2 metros e um deslocamento de 5.000 toneladas (CODEVASF, 2021).

De acordo com a Administração da Hidrovia do São Francisco (AHSFRA), a manutenção das condições de navegabilidade do rio São Francisco visa garantir a segurança, a agilidade e a confiabilidade deste modal de transporte. São tarefas previstas em estatutos e imprescindíveis para a administração hidroviária, exigidas por lei e fiscalizadas pela Marinha do Brasil (no âmbito de operacionalidade e segurança) e pelo IBAMA (no âmbito dos impactos ao meio-ambiente), destacando-se a sinalização fixa de margem e balizamento flutuante, desassoreamento de canal de navegação, operação e manutenção da Eclusa de Sobradinho-BA, operação e manutenção do Porto Fluvial de Pirapora-MG, monitoramento e gestão ambiental das atividades de manutenção da hidrovia, realização de estudos para a expansão da hidrovia e do transporte de cargas por esta hidrovia, realização de projetos e execução de intervenções estruturais na calha do rio com a finalidade de melhorar as condições atuais de navegação, tais como derrocamentos, obras hidráulicas para manutenção de calado, estruturas de contenção de margens, dentre outras.

Tais serviços, associados à regularização de vazões promovida pelos reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Três Marias e de Sobradinho, asseguram a manutenção permanente da navegabilidade do rio São Francisco durante todo o ano.

Estima-se uma carga de 4 milhões de toneladas por ano. Espera-se também uma economia de cerca de 50 milhões de reais com a inclusão do modal hidroviário, se comparado ao modal rodoviário. A exploração do modal hidroviário permitirá mais um incremento no desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro.

4.3.2 Modal rodoviário

“Governar é construir estradas”. Esta seção é iniciada com a célebre frase de Washington Luís, presidente do Brasil (1926-30), para enfatizar a relevância desse modal de transporte na estratégia de desenvolvimento econômico e social

presente em diversos governos ao longo da história do Brasil. O que se levanta, no entanto, é que o Brasil ainda tem um grande desafio a ser superado pela frente, com muitas lacunas em nossa matriz de transportes, com ênfase para o modal rodoviário, prevalente entre todos os tipos de transporte existentes no País.

Conforme apontam Afonso e Biasoto (2006), avaliando indicadores físicos do estoque de infraestrutura básica, o Brasil mostra-se deficiente. Os autores mencionam estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV) realizado em 2006, no qual o País se posiciona muito mal no ranking, quando comparado com outros 200 países no âmbito do desenvolvimento de infraestrutura no início deste século.

Em 2000, “com uma malha rodoviária de extensão total de 1,7 milhão de km, o Brasil apresentou um índice de 202 km de estradas por mil km² de área, o que o posicionou na 90^a colocação entre 181 países”. Quando “considerada a extensão rodoviária por mil habitantes, de 10,3 km, o Brasil situou-se em posição melhor (32^a), mas ainda abaixo de vários países em desenvolvimento, tais como Namíbia, Estônia, Hungria e República Tcheca”.

No mesmo estudo, citando dados do IBGE, os autores chamam a atenção para o declínio na participação do investimento em infraestrutura pelo setor público (administração direta e empresas estatais) em relação ao PIB, que caiu de 4,75% para 2,96% entre 1995 e 2003. Nesse mesmo período o setor privado também reduziu de 17,5% para 16,8% do PIB sua participação nos investimentos em infraestrutura, o que ajuda a explicar, ao menos em parte, o mal desempenho do País quando comparado com outros países em desenvolvimento.

Viana (2019), no artigo “Panorama da infraestrutura no nordeste do Brasil: transportes”, publicado no Caderno Setorial do ETENE, do Banco do Nordeste, destaca que do 1,72 milhão de km de rodovias, distribuídas no território nacional, apenas 12,4% das rodovias consideradas no Sistema Nacional de Viação são pavimentadas. A região nordeste, foco de atenção deste trabalho, detendo 26,6% da malha rodoviária brasileira existente, com seus 416,5 km de extensão, no ano de 2017, possuía apenas 14,4% de rodovias pavimentadas, percentual um pouco acima da média nacional, de 13,6%.

Para avaliar a adequação da infraestrutura rodoviária, o autor se utiliza da densidade da malha, uma relação entre a extensão da malha e a área do território da região em análise. Consoante dados de 2018 da Confederação Nacional de Transportes (CNT), “as maiores densidades de malha rodoviária federal

pavimentada estão localizadas nas regiões sul e sudeste, respectivamente, com 20,9 km/1.000 km² e 13,6 km/1.000 km². Já no Nordeste, a densidade da malha é de 13 km/1.000 km²”.

Segue Viana (2019) chamando a atenção para o estado de conservação das rodovias, que segundo pesquisa publicada em 2018 pela CNT, ao analisar mais de 100 mil km de rodovias federais e estaduais em todo o território nacional, chegou ao resultado de que “81,7% seriam rodovias administradas pelo setor público e 18,3% pelo setor privado, via concessões. Em termos de estado geral, considerando todos os fatores avaliados (pavimento, sinalização e geometria da via), 11,6% das rodovias pesquisadas estão em estado ótimo, 31,4% em estado bom, 35,2% em estado regular, 15,3% em estado ruim e 6,5% em estado péssimo”, estando o Nordeste em uma situação um pouco pior que a média nacional.

Por fim, utilizando dados publicados em 2018, no Fórum Econômico Mundial, o autor aponta que, no comparativo com outros países, o Brasil ocupa “a 112ª posição entre 140 países, com escore de 3, em uma escala de 1 a 7. Comparando-se apenas com os países da América do Sul, o Brasil só está em melhor posição do que a Venezuela (121ª posição) e o Paraguai (129ª)”.

Esse desempenho pode ser em parte explicado pelo baixo investimento em infraestrutura de transporte no Brasil. Conforme consta no artigo publicado por Bertussi e Ellery Jr. (2012) no *Journal of Transport Literature*, a taxa de investimento em infraestrutura de transporte no País no período investigado, de 2001 a 2008, fica em torno de 0,5% do PIB. Bertussi e Ellery Jr. (apud FRISCHTAK, 2008) mencionam que “dados de 2001 para o Chile e para a Colômbia (considerando apenas os setores rodoviário e ferroviário) revelaram taxas de investimento em infraestrutura de transporte de 1,96% e 0,89%, respectivamente. Em 2003, as Filipinas investiram 1,2% do PIB no setor, enquanto a Tailândia investiu 3,9%, a China 4% e o Vietnã 6%”.

Ressaltam ainda Bertussi e Ellery Jr. (apud FRISCHTAK, 2008) que, no caso brasileiro, a maioria dos recursos investidos no setor de transporte tem sido alocada no modal rodoviário. “No ano de 2001, por exemplo, do total de investimento em transportes, 76% foi para o subsetor rodoviário. Nos anos seguintes, entre 2002 e 2008, o modal rodoviário abocanhava entre 58% e 74% do total de recursos do setor de transportes. Em segundo lugar, vem o modal ferroviário, com uma média de 19,5% do total de gastos em transportes no período compreendido entre 2001 e

2008”. Nesse contexto, afirmam os autores que “a matriz de transporte de cargas no Brasil expõe a importância do modal rodoviário para a distribuição de riquezas produzidas internamente. 61,1% de tudo o que é transportado internamente é levado por meio de rodovias, e 20,7% utilizando-se as ferrovias”.

Diante do exposto, considerada a prevalência do modal rodoviário no total da infraestrutura de transporte no Brasil, será utilizada a investigação feita por Bertussi e Ellery Jr. (2012) para estabelecer a relação entre gastos públicos na área de transportes em geral e a taxa de crescimento de longo prazo dos estados brasileiros no período de 1986 a 2007, a partir de modelo específico para dados em painel, como uma *proxy* para a avaliação pretendida nesta seção.

Apesar do estudo dos autores utilizar os diversos modais de transporte, entende-se que, utilizando-se o princípio da indução matemática, tal aproximação não trará relevantes prejuízos ao resultado a ser alcançado nesta seção, qual seja o de avaliar o impacto do investimento em infraestrutura rodoviária na taxa de crescimento de uma região, vez que os gastos nesse modal giram em torno de 66% de todos os gastos em infraestrutura de transportes do país, no período em análise.

O modelo utilizado por Bertussi e Ellery Jr. (2012) divide os estados brasileiros em dois grandes grupos, com o primeiro constituído pelos estados das regiões norte, nordeste e centro-oeste (18 estados e o Distrito federal), e o segundo pelos estados das regiões sul e sudeste (7 estados).

A primeira estimação para todas as unidades federativas do País mostra que existe uma relação positiva e estatisticamente significativa entre os gastos públicos no setor de transportes e a taxa média de crescimento econômico dos estados brasileiros nos cinco anos seguintes. (BERTUSSI; ELLERY JR., 2012).

Cabe destacar que tal período foi definido no modelo para fins de avaliação do impacto dos gastos realizados sobre a taxa de crescimento nas respectivas regiões.

O resultado do estudo também aponta “que a mesma quantidade de gasto público tem impacto diferente dependendo de que região do País ele é aplicado”, ou seja, “os gastos públicos no setor de infraestrutura de transporte tendem a ser mais produtivos nas regiões menos desenvolvidas do País” (BERTUSSI; ELLERY JR., 2012).

Concluem os autores que “uma consequência desse argumento é que o governo, muitas vezes, pode não estar realizando seus gastos de maneira eficiente” (BERTUSSI; ELLERY JR., 2012), direcionando maior parcela de recursos em infraestrutura de transportes para as regiões mais desenvolvidas, onde, segundo o estudo, vigora a lei dos rendimentos marginais decrescentes.

Bertussi e Ellery Jr. (2012) afirmam ainda que esse resultado traz implicações importantes, vez que “se nas regiões menos desenvolvidas o gasto público em transporte é mais produtivo e, além disso, tem um impacto maior sobre o crescimento econômico de longo prazo, então o papel do Estado na redução das desigualdades regionais do País pode ser crucial”, concluindo que:

[...] investindo mais na infraestrutura de transporte nas regiões norte, nordeste e centro-oeste, o Estado pode acelerar o crescimento econômico dessas regiões, gerando um aumento na renda da população, atraindo maiores investimentos privados e diminuindo as disparidades econômicas e sociais com as regiões Sul e Sudeste do Brasil. (BERTUSSI; ELLERY JR., 2012).

Tais resultados apresentam-se em linha com outro estudo, de Silva; Jayme Jr. e Martins (2009), em que procuram demonstrar que gastos públicos com infraestrutura de transporte são produtivos e decisivos para a retomada do crescimento sustentado e mais equitativo, aprofundando a discussão existente sobre a importância estratégica do setor de transporte para o crescimento da economia brasileira com o objetivo de

[...] avaliar o argumento de que os gastos públicos com infraestrutura são determinantes na explicação da produtividade e, portanto, do crescimento de longo prazo dos estados brasileiros a partir de uma perspectiva teórica keynesiana, ou seja, de que gastos em investimentos são peças fundamentais na renda nacional e, por decorrência, para o crescimento econômico. (SILVA; JAYME JR.; MARTINS, 2009).

O modelo utilizado pelos autores para avaliar o efeito de gastos com infraestrutura sobre o produto e o crescimento da economia leva em consideração o longo prazo, nele considerado a média de crescimento do produto no período de cinco anos, extraído da econometria em painel para os estados em análise, com vistas a alcançar os objetivos propostos no artigo.

A amostra compreendeu todos os estados brasileiros, inclusive o Distrito Federal, para o período de 1986 a 2003, colhendo os dados sobre gastos públicos e

PIB estadual do Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas (IPEA) e do Tesouro Nacional (TN).

O resultado do estudo aponta que:

[...] um aumento no gasto com infraestrutura reduz o custo das empresas e, conseqüentemente, estimula o investimento, a produtividade e o crescimento da economia. O argumento implícito é que os governos estaduais não necessariamente geram emprego diretamente, mas criam um ambiente economicamente favorável para o investimento privado se instalar e produzir de forma competitiva. (SILVA; JAYME JR.; MARTINS, 2009).

Especificamente com relação aos gastos com infraestrutura de transporte, o modelo demonstrou ser positivo e significativo o coeficiente, estimando que se “um aumento de 10% dos gastos para o setor de infraestrutura pode gerar um aumento médio no crescimento de longo prazo do PIB per capita em torno de 1% em média”, e se “o gasto médio no setor de transporte é relativamente pequeno em relação à média das despesas totais e aos PIBs estaduais médios, cerca de 5,73% e 2,44%, respectivamente”, pode-se afirmar que “um aumento médio nos gastos com infraestrutura de transporte na ordem de 10% tem um impacto no PIB estadual médio na ordem de 1%, o que representa aproximadamente o dobro dos gastos realizados” (SILVA; JAYME JR.; MARTINS, 2009).

4.3.3 Modal ferroviário

Na perspectiva histórica abordada por Caixeta Filho e Martins (1998), os autores ressaltam a importância das ferrovias para o desenvolvimento econômico no século XIX. De acordo com os autores:

[...] seu sucesso ao fato de terem preenchido a lacuna deixada pelo transporte hidroviário, que não conseguia movimentar cargas pesadas a grandes distâncias e apresentava dificuldades em suplantar barreiras naturais, como montanhas, o que fazia com que nem sempre atingisse as localidades desejadas. (CAIXETA FILHO; MARTINS, 1998).

Segundo Fogel (1964 apud CAIXETA FILHO; MARTINS, 1998),

O rápido desenvolvimento das ferrovias no século XIX foi uma consequência do conhecimento adquirido no curso da revolução científica dos séculos anteriores, o qual forneceu base para uma multiplicidade de inovações, que foram aplicadas num amplo espectro de processos econômicos.

No Brasil, a implantação das ferrovias se deu ao longo de cinco décadas a partir de 1840. Conforme Ducan (1932, apud CAIXETA FILHO; MARTINS, 1998), “o método utilizado pelo governo para promover o desenvolvimento de ferrovias no País foi o subsídio ao capital privado, na forma de garantia de retorno sobre o capital investido”, destacando que “somente em 1854 entrou em operação a primeira ferrovia, que ligava Estrella, na baía do Rio de Janeiro, ao pé das montanhas, com cerca de 14 km de extensão”.

Cerca de um século após o término do período de implantação das ferrovias, “a malha ferroviária brasileira compreendia cerca de 29 mil km de extensão e podia ser resumida a quatro empresas [...]: Rede Ferroviária Federal – RFFSA, Ferrovia Paulista S. A. – FEPASA, Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM e Estrada de Ferro Carajás – EFC” (CAIXETA FILHO; MARTINS, 1998), estas duas últimas pertencentes à companhia Vale.

Das 13 malhas ferroviárias que compõem o sistema ferroviário brasileiro, regulado pela Agência de Transporte Terrestres (ANTT), a região nordeste abriga toda a malha da Ferrovia Transnordestina Logística – FTL, distribuída nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas; parte da malha da Ferrovia Centro-Atlântica – FCA, com 1.551 km na Bahia e 278 km em Sergipe; bem como partes da Estrada de Ferro Carajás – EFC (668 km) e da Ferrovia Norte-Sul – FNS (215 km), ambas no Maranhão (VIANA, 2019).

Segundo Silva, Bertoncini e Silva (2017), a Ferrovia Transnordestina Logística (FTL) está entre as principais obras de infraestrutura logística da região nordeste, destacando-se pela extensão regional prevista no projeto, com 1.757 km, ligando os estados do Ceará, Pernambuco e Piauí aos portos de Pecém (Ceará) e Suape (Pernambuco), percorrendo 81 municípios.

Segundo os autores “o objetivo do projeto é aumentar a competitividade da produção agrícola, além de permitir a exploração das jazidas minerais no interior do Nordeste” (SILVA; BERTONCINI; SILVA, 2017). Seguem enfatizando que a ferrovia, quando totalmente concluída, “estimulará investimentos em outros setores, como o de combustíveis, fertilizantes, além de ser uma nova opção para o escoamento de produção do polo de fruticultura irrigada de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)”, reiterando que “outra característica importante desse sistema logístico é a localização estratégica dos portos de Pecém (CE) e Suape (PE) em relação ao mercado europeu, um dos principais destinos da soja brasileira”.

Diante da magnitude dos recursos aportados em obras de infraestrutura ferroviária de grande porte, como o da FTL, Silva, Bertoncini e Silva (2017) se incumbiram de investigar o efeito desses investimentos sobre o nível de desenvolvimento econômico da região, utilizando para tal um modelo de dados em painel, tomando por base uma amostra do trecho da Ferrovia Transnordestina localizada dentro do estado de Pernambuco, totalizando 707 km, desde o município de Trindade até o porto de Suape, no período de 2005 a 2013.

Como referência para a seleção das variáveis do desenvolvimento econômico, os autores utilizaram o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM), disponibilizado pelo Sistema FIRJAN, que acompanha de forma anual o desenvolvimento socioeconômico de todos os municípios brasileiros em três áreas de atuação: Emprego & Renda, Educação e Saúde.

O estudo dos autores conclui que “a promoção de uma obra de infraestrutura de transporte ferroviário possui potencial de induzir o aumento de bem-estar da sociedade em geral, mesmo em um contexto regional menos desenvolvido” (SILVA; BERTONCINI; SILVA, 2017). Detalha ainda que “os resultados mostram que a construção desse modo de transporte ferroviário causou um efeito positivo sobre as taxas de desenvolvimento econômico dos municípios contemplados na análise”. Silva, Bertoncini e Silva (2017) afirmam que:

[...] em termos quantitativos, o processo de construção da Ferrovia Transnordestina causou em média um impacto positivo de 5,9% sobre a evolução do IFDM dos municípios analisados, evidenciando uma expansão no nível de desenvolvimento econômico das áreas onde o processo de construção ocorreu ou está ocorrendo.

Silva, Bertoncini e Silva (2017) finalizam seu estudo afirmando que o efeito do encadeamento causado por esse tipo de infraestrutura de transporte sobre investimentos em serviços básicos (saúde, saneamento, pavimentação etc.) “produz uma expansão no bem-estar da sociedade, promovendo, assim, um aumento do nível de desenvolvimento econômico da região em que a intervenção foi realizada”.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho foi confirmada a hipótese de que intervenções estruturantes, por meio de investimentos, públicos ou privados, em infraestruturas hídricas, energéticas e de transportes, influenciam positivamente o patamar de desenvolvimento sustentável na região do semiárido em análise, de acordo com a Agenda 2030 de ODS da ONU.

Entre as alternativas que foram apresentadas, cabe destacar que, como qualquer iniciativa, surgem prós e contras, ou melhor, vantagens e desvantagens. Mas, de fato, todas elas permitem que o desenvolvimento ocorra de modo natural e venha a retirar aquela sofrida região da estagnação e da falta de perspectivas de futuro.

Em relação à infraestrutura hídrica, segundo Rodrigues (2010), o comércio, a indústria, a agricultura e a pecuária e outras atividades têm na água um insumo fundamental para o seu desenvolvimento. Nesse sentido, a oferta de energia e o sistema logístico adequado também são fundamentais para o exercício dessas atividades humanas. Logo, sua ausência ou carência apresenta vários gargalos para a vinda ou a permanência de diversas atividades produtivas, o que gera prejuízos para as cidades e para a região como um todo.

Pruski, F. F e Pruski, P. L. (2010) enfatizam que, para bem gerir os recursos hídricos, é preciso compatibilizar as demandas com as disponibilidades. O Semiárido Brasileiro necessita aprender a otimizar o consumo de água pelos seus usuários, sendo imprescindível a adoção de métodos científicos e tecnologias no tocante ao máximo aproveitamento da água que se puder conseguir, explorando o potencial produtivo e econômico das bacias hidrográficas, porém sem colocar em risco o meio ambiente e evitar conflitos entre os beneficiários.

Observando as potencialidades no tocante a energias renováveis na região do semiárido, particularmente a eólica e a solar, identifica-se como uma oportunidade para o País consolidar-se como potência energética limpa, perfeitamente alinhada com os ODS da Agenda 2030. O fomento dessas formas de produção de energia, por investimentos públicos ou privados, irá gerar superávit energético, campo ideal para instalação de indústrias, redundando em criação de emprego, renda e bem-estar naquela região.

Com relação à infraestrutura de transporte, considerados os seus diversos

modais, este trabalho apurou o quão abrangente é o nível de influência desse serviço no plano econômico e social, propiciando benefícios diretos e indiretos, induzindo investimentos subsequentes, sobretudo de capital privado, propiciando também a expansão de mercados de bens e serviços ao permitir o acesso de produtos produzidos em locais diversos de onde são comercializados, contribuindo assim para a redução do isolamento geográfico.

No tocante às possibilidades de promover o desenvolvimento sustentável do semiárido, no que se refere a infraestruturas hídricas, ressaltam-se as seguintes iniciativas:

1. O aproveitamento das águas das chuvas e seu armazenamento em cisternas, garantindo o mínimo necessário para a sobrevivência do pequeno produtor rural e sua família, portanto sendo uma das ideias de sucesso e que apresenta como desvantagem os períodos de estiagem (sem a ocorrência das precipitações). Significa dizer que, em situações de seca prolongada, ou acima de três a quatro anos, não haverá como abastecer essas cisternas senão por meio de alternativas, como a utilização de caminhões-pipa e toda a sorte de problemas que essa opção apresenta.
2. Pode-se realizar a dessalinização da água do mar, seguindo o exemplo do Estado de Israel. Nesse ponto, a grande vantagem é que, com exceção do estado de Minas Gerais, todos os estados do nordeste brasileiro, além do Espírito Santo, são banhados pelo Oceano Atlântico, facilitando a colocação das usinas de dessalinização nas áreas costeiras desses estados. Apresenta, todavia, como desvantagens, o alto custo de instalação das usinas, a manutenção igualmente de alto valor, dada a necessidade de substituição de peças com uma enorme frequência, fruto da corrosão gerada pelo sal. Além dos gastos com a necessidade de armazenamento do resíduo dessa operação de separação do sal da água.
3. Aproveitamento de águas servidas ou a reutilização da água advinda do esgoto sanitário, mesmo que para outras utilizações que não o consumo humano ou animal, mas para a lavagem de automóveis, utilização na refrigeração de equipamentos, irrigação de jardins, combate a incêndios, entre outros, é necessário um aporte financeiro substancial, em virtude

dos altos custos de implantação, operação e manutenção das estações de tratamento de esgotos.

4. A construção de grandes açudes ou mesmo os pequenos, conhecidos como “barreiros”, apresentam o inconveniente da necessidade de precipitações para que possam receber e armazenar o precioso líquido. Contudo, a evaporação contribui para desqualificar esta solução, principalmente em relação aos barreiros, que em caso de secas prolongadas, praticamente deixam de existir ou passam a oferecer uma água de péssima qualidade, sendo foco de doenças após o consumo seja por seres humanos ou animais.
5. A perfuração de poços surge como outra modalidade de acesso à água, todavia, apresenta como desvantagem o custo dos equipamentos de perfuração, uma vez que, em alguns pontos do semiárido, o lençol freático está entre 100 e 300 metros de profundidade. Some-se a este gasto com as perfuratrizes, a qualidade da água, muitas vezes salobra, sendo necessários recursos adicionais para o tratamento, visando a torná-la potável.
6. Investimentos em irrigação de forma eficiente, aos moldes de Israel e com base em experiências exitosas no Brasil, tornam-se bastante viáveis e fortalecem uma potencialidade da região do semiárido que é o do setor agropecuário, que com sua quantidade de dias com sol, pode gerar de duas a três safras anuais de diversas culturas. A transposição do rio São Francisco levará água para muitos municípios, beneficiando significativamente uma grande quantidade de famílias que ali subsistem e que terão oportunidades de empreender no setor do agronegócio quando, com a água, chegarem as infraestruturas de irrigação adequadas à região.

Entretanto, Costa (2010) alerta para o fato de que há a necessidade das equipes técnicas dos distritos de irrigação e de assistência técnica e extensão rural trabalharem de forma integrada, juntando esforços para que a empreitada logre êxito, principalmente no que diz respeito à elaboração dos planos de cultivo e ao gerenciamento para a distribuição e aplicação da água. Pode-se racionalizar o uso desta água nos perímetros irrigados, a partir da reutilização da água de irrigação por superfície, em sistemas localizados, além das fontes obtidas em poços tubulares não

profundos.

Para o desenvolvimento sustentável da região do Semiárido Brasileiro, do ponto de vista da infraestrutura energética, é necessário e oportuno o investimento em fontes alternativas à hidrelétrica e à substituição dos combustíveis fósseis. As fontes de geração centralizada de energia elétrica a partir de usinas eólicas e fotovoltaicas (fazendas solares), além da intensificação da utilização da bioenergia e até mesmo do fomento da energia nuclear, apresentam-se bastante viáveis. Estas fontes diversificam a matriz energética, incrementam a industrialização, o agronegócio e o turismo no Semiárido Brasileiro.

O Semiárido Brasileiro tem uma infraestrutura deficitária no tocante à segurança energética, principalmente a elétrica, que seja capaz de suportar polos de desenvolvimento, quando comparada a outras regiões brasileiras já desenvolvidas, como, por exemplo, o estado de São Paulo e a cidade de Manaus (AM). Entretanto, com os devidos investimentos e a sua abundância de recursos energéticos, a região do semiárido tem plenas condições de se tornar competitiva para a implantação de polos industriais, agropecuários e de turismo, proporcionando que os rincões se desenvolvam de forma sustentável, melhorando os indicadores socioeconômicos.

Um fato de extrema importância para o desenvolvimento regional do semiárido é que aconteça algo semelhante ao que ocorreu no Vale do Silício nos EUA, “onde a dinâmica triádica começou na academia, mas logo se tornou uma série de intercâmbios de dupla hélice entre universidade-indústria e governo-indústria – e, por fim, uma Hélice Tríplice universidade-indústria-governo” (ETZKOWITZ, 2013).

Este modelo favoreceria o surgimento de polos industriais, em locais estratégicos do semiárido, de equipamentos e componentes utilizados nos parques geradores de energia, e estes polos seriam vetores de geração de emprego e renda, além de demandar a formação de recursos humanos e criação de cursos de nível superior e técnico, tornando-se em pilares alavancadores do desenvolvimento do semiárido, proporcionando o povoamento de áreas de baixa densidade demográfica, e contribuindo para fortalecer a soberania nacional.

Dentre as tecnologias para geração de energia elétrica disponíveis e viáveis para a região de semiárido, pode-se listar:

Energia eólica – energia limpa e renovável e tremendamente adequada dado o regime dos ventos da região.

Energia solar – assim como a energia eólica, é também um tipo de energia limpa e renovável e altamente recomendada para o semiárido já que é uma região com altos índices de insolação.

Energia nuclear – há muita controvérsia em torno da energia nuclear, mas por se tratar de uma fonte de energia limpa e barata (médio e longo prazo), seu uso torna-se bastante competitivo. Um outro fator que se deve levar em conta é que a região do semiárido é um dos locais brasileiros de maior abundância de urânio, que é a matéria-prima para o combustível utilizado nas usinas nucleares. O Brasil tem pleno domínio da tecnologia do ciclo do combustível nuclear, desde a mineração até a montagem do elemento combustível. A implantação de novas usinas nucleares no Brasil, em especial na região do semiárido levaria ao fomento da mineração de urânio na região, podendo favorecer o desenvolvimento socioeconômico regional.

Energia de Biomassa – a bioenergia é mais uma alternativa promissora para que a matriz energética esteja bem diversificada e sustentável. No que tange à preservação do meio ambiente, a utilização da biomassa é uma solução promissora para destinar grande parte dos dejetos da agropecuária, produzir biogás, que pode ser utilizado como combustível de usinas termelétricas na produção de energia elétrica. Esta tecnologia é associada muitas vezes ao agronegócio, já que a biomassa pode ser recuperada por meio dos resíduos agrícolas e pecuários. Este ciclo de geração de energia promoverá a criação de empregos e renda, além de fortalecer o próprio agronegócio da região.

Com respeito à infraestrutura de transporte, como abordado ao longo deste compêndio, observa-se que todos os modais de transporte proporcionam os benefícios descritos ao longo do trabalho, sobretudo quando considerada sua característica de complementariedade. Em outras palavras, mais importante que ter uma determinada infraestrutura forte e plena é ter o conjunto das infraestruturas de transporte disponíveis estrategicamente de modo a preencher as lacunas existentes, gerando assim um sistema mais eficiente para a economia em seus diversos setores.

Nesse sentido, vale acentuar a importância da existência de diversos modais de transporte: aeroviário, aquaviário (marítimo e fluvial), rodoviário e ferroviário. O primeiro, o transporte aéreo, com suas características específicas que propiciam o deslocamento de passageiros e cargas de forma rápida e segura, configura-se como

um modal fundamental sobretudo em destinos longínquos ou de difícil acesso por outros modais.

Como mencionado, a infraestrutura relacionada ao transporte aéreo é composta pela infraestrutura aeroportuária e a infraestrutura aeronáutica, constituída pelas instalações de controle e segurança do espaço aéreo e de proteção ao voo. Segundo a ANAC (2018 apud VIANA, 2019), em 2018, dos 2.605 aeroportos e aeródromos existentes no País, o Nordeste contava com 377, sendo 134 públicos e 243 privados.

Já no transporte aquaviário, constata-se a incongruência de um País com a extensão territorial, ampla rede fluvial e uma zona costeira de porte continental do Brasil, configurando-se em um enorme potencial de transporte de cabotagem e a não utilização deste de forma racional. Segundo a ANTAQ (2019 apud VIANA, 2019), em 2018, de um total de 235 terminais portuários, marítimos e fluviais, existentes no País, os 32 registrados na região nordeste movimentaram 335 milhões de toneladas, em sua maioria (76%) de granéis sólidos. Ressalte-se aqui o destaque dado neste trabalho à hidrovía do São Francisco que, apesar da grandeza dos 2.750km de extensão do rio São Francisco, banhando 91 municípios, atualmente se apresenta explorado apenas no trecho de 560 km, entre Ibotirama (BA) e Juazeiro (BA).

Verifica-se que é no meio rodoviário que o Brasil tem sua maior expressão na infraestrutura de transporte, consequência da relevância que esse modal teve ao longo de diversos governos na história do País. Viu-se que mesmo sendo prioritário na estratégia de desenvolvimento econômico e social, obtendo generoso percentual dos investimentos públicos por muitas décadas, ainda existe uma malha rodoviária insuficiente para as demandas nacionais.

Em 2000, com uma extensão de 1,7 milhão de km, apresentava apenas 10,3 km por mil habitantes, situando o Brasil na 32^a posição, entre 181 nações, abaixo de países como Namíbia, Estônia, Hungria e República Tcheca (Afonso e Bisoto, 2006). Em 2017, o Nordeste detinha cerca de 27% de toda malha rodoviária do País, aproximadamente 420km de extensão, das quais 14% pavimentadas. Quanto à densidade da malha, a região apresentava um indicador de 13km/1.000km², abaixo de regiões mais desenvolvidas, como Sul e Sudeste, respectivamente, com 20,9km/1.000km² e 13,6km/1.000km².

Ainda no modal rodoviário, estudos realizados por Bertussi e Ellery Jr. (2012), e analisados no presente trabalho, que buscam estabelecer uma relação entre o indicador referente a gastos públicos na área de transportes em geral e a taxa de crescimento de longo prazo dos estados brasileiros, no período de 1986 a 2007, demonstra haver uma relação positiva entre tais indicadores. Referidos estudos demonstraram ainda haver maior impacto desses investimentos em regiões mais deprimidas quando comparadas com outras mais desenvolvidas, indicando haver maior eficiência dos gastos públicos quando tais investimentos são realizados em regiões como a do Semiárido Brasileiro.

Tais conclusões, de uma forma geral, parecem confirmar outro estudo, de Silva, Jayme Jr. e Martins (2009), em que os autores objetivaram demonstrar que os gastos públicos com infraestrutura de transporte são produtivos e decisivos para a retomada do crescimento sustentado. Utilizando, na pesquisa, todos os estados do País onde foram colhidos dados de gastos públicos e de PIB estadual, no período de 1986 a 2003, o resultado apontou que um aumento no gasto com infraestrutura reduz o custo das empresas e, conseqüentemente, estimula o investimento, a produtividade e o crescimento da economia. Segundo os autores, um aumento de 10% dos gastos para o setor de infraestrutura em geral pode gerar um aumento médio no crescimento de longo prazo do PIB per capita em torno de 1% em média. Como o gasto médio no setor de transporte é relativamente pequeno em relação à média das despesas totais e aos PIBs estaduais médios, cerca de 5,73% e 2,44% respectivamente, pode-se afirmar que um aumento médio nos gastos com infraestrutura de transporte na ordem de 10% tem um impacto no PIB estadual médio na ordem de 1% – relação bastante favorável.

Por fim, o modal ferroviário que, no Brasil, teve sua implantação a partir de 1840, iniciando a operação somente em 1854, um século depois, contava com cerca de 29 mil km de extensão em todo o País. Das treze malhas ferroviárias que compõem o sistema ferroviário brasileiro, conforme foi mostrado neste compêndio, a região nordeste abriga as malhas da Transnordestina (FTL), e parte da Centro-Atlântica (FCA), da Carajás (EFC) e da Norte-Sul (FNS), conforme levantamento feito por Viana (2019).

Com destaque para a Ferrovia Transnordestina Logística (FTL), que está entre as principais obras de infraestrutura logística da região nordeste, destacando-se pela extensão regional prevista no projeto, com 1.757km, ligando os estados do

Ceará, Pernambuco e Piauí aos portos de Pecém (Ceará) e Suape (Pernambuco), percorrendo 81 municípios.

Tamanha envergadura instigou Silva, Bertoncini e Silva (2017) a estudarem os efeitos desse investimento sobre o nível de desenvolvimento econômico da região nordeste, utilizando para tal o trecho dentro do estado de Pernambuco, de 707 km, entre os municípios de Trindade até o porto de Suape, no período de 2005 a 2013. O estudo conclui que a promoção de uma obra de infraestrutura de transporte ferroviário possui potencial de induzir o aumento de bem-estar da sociedade em geral, mesmo em um contexto regional menos desenvolvido.

Os resultados mostram que a construção desse modal de transporte ferroviário causou um efeito positivo sobre as taxas de desenvolvimento econômico dos municípios contemplados na análise e que, em termos quantitativos, o processo de construção da Ferrovia Transnordestina causou, em média, um impacto positivo de 5,9% sobre a evolução do IFDM dos municípios analisados, evidenciando uma expansão no nível de desenvolvimento econômico das áreas onde o processo de construção ocorreu ou está ocorrendo.

Diante do exposto, depreende-se a inequívoca correlação positiva entre investimentos em infraestrutura de transporte e o crescimento econômico e social da área beneficiada e que tais investimentos têm maior impacto em regiões deprimidas que em outras mais desenvolvidas, traduzindo-se em um importante fator de redução de desigualdade inter-regional.

Tais conclusões levam a propor que seja dado um maior direcionamento de recursos públicos e privados em infraestrutura de transporte na região de semiárido, gerando assim uma maior eficiência econômico-financeira desses gastos.

Por fim, valendo-se de experiências exitosas, no exterior e no próprio País, seguindo o compromisso com uma agenda de interesse dos brasileiros, alinhada com os 17 ODS da ONU, com vontade política, austeridade e parcerias com a iniciativa privada, considera-se que os investimentos em infraestruturas hídricas, energéticas e de transportes no Semiárido Brasileiro, com base em suas potencialidades, podem efetivamente alavancar esta região do País, que poderá crescer numa média superior à nacional, promovendo o equilíbrio entre as regiões brasileiras, além de mitigar de forma contundente a indústria da seca.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, J. R. R.; BIASOTO JÚNIOR., G. Oferta de infraestrutura e desenvolvimento econômico: os desafios do investimento público no Brasil. *In*: Teixeira, E. e Braga, M. (org.). **Investimento e crescimento econômico no Brasil**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Hórus**. Brasília, DF: ANAC, 2018. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/>. Acesso em: 5 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: ANEEL, [2012]. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Geração distribuída: micro e minigeração distribuídas**. Brasília, DF: ANEEL, 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (Brasil). **Estatístico aquaviário**. Brasília, DF; ANTAQ, 2019. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Anuário/>. Acesso em: 5 ago. 2021.
- AHSFRA – Administração da Hidrovia do São Francisco. **Diálogos hidroviáveis**, Pirapora, [202-]. Disponível em: http://hidroviaveis.com.br/adm_hidroviaria/ahsfra/. Acesso em 7 set. 2021.
- ALBUQUERQUE JÚNIOR, D. M. de. **A invenção do nordeste e outras artes**. São Paulo: Cortez, 1999.
- ALMEIDA, J. A. J. de. **P&D no setor elétrico brasileiro: um estudo de caso na companhia hidrelétrica do São Francisco**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4441/1/arquivo6061_1.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.
- ALISSON, E. Proálcool: uma das maiores realizações do Brasil baseadas em ciência e tecnologia. **Agência Fapesp**, 05 dez. 2016. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/proalcool-uma-das-maiores-realizacoes-do-brasil-baseadas-em-ciencia-e-tecnologia/24432/>. Acesso em: 28 ago. 2021.
- ALVES JUNIOR, M. C. **Poços tubulares como solução de abastecimento de água: o caso do município de Tamboril – CE**. 2021. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1143/1/Mauro%20Caualcante%20Alves%20Junior.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; de SÁ, A. L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2001.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Caminhos para a convivência com o semiárido**. 6. ed. Recife: ASA, 2010. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/117-acervo/publicacoes/278-caminhos-praconvivencia-com-o-semiarido>. Acesso em: 5 jul. 2021.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Tecnologias sociais para convivência com o semiárido: série estocagem de água para produção de alimentos**. 20. ed. Recife: ASA, 2011. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/117-acervo/publicacoes/284-tecnologias-sociais-paraconvivencia-com-o-semiarido-barragem-subterranea>. Acesso em: 5 jul. 2021.

AZEVEDO, J. Combustíveis fósseis: tipos e impactos. **Portal eCycle**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/combustiveis-fosseis/#Combustiveis-fosseis-sao-fontes-de-energia-formadas-ha-milhares-de-anos-a-partir-de-restos-de-animais-e-vegetais>. Acesso em: 2 set. 2021.

BARRETO, P. H.. ed. 48, 10/03/2009. Seca: fenômeno secular na vida dos nordestinos. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada – IPEA. **Desafios do desenvolvimento**, 2009, ano 6, ed. 48, 10 mar. 2009. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=1214:reportagens-materias. Acesso em: 23 abr. 2021.

BENITEZ, R. M. A infraestrutura, sua relação com a produtividade total dos fatores e seu reflexo sobre o produto regional. **Planejamento e políticas públicas**, n. 19, jun. 1999. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4026/6/PPP_n19_Infraestrutura.pdf. Acesso em: 27 jun. 2021.

BERTUSSI, G. L.; ELLERY JUNIOR, R. Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 4. 2012.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Itamaraty. **Agenda 2030**, 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf. Acesso em: 5 jun. 2021.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Itamaraty. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: MRE, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/desenvolvimento-sustentavel/agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 15 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Hidrovia do São Francisco**. Brasília, DF: DNIT, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/aquaviario/hidrovia-do-sao-francisco>. Acesso em: 7 set. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/hpnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)**, 2007. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia – 2050 – exercício 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Assessoria ao Programa de Desenvolvimento Institucional. **Produto 5 – Relatório preliminar de padrões de qualidade e seguros para concessões de irrigação**. Brasília, DF: MDR, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/estudos-sobre-o-pisf/fgv/produto-5.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Plano de desenvolvimento do nordeste: segurança hídrica e conservação ambiental**. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/pr-consolidado-seghidrica-pdf-pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BRASIL. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Plataforma Agenda 2030**, 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>. Acesso em: 06 JUN 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei Complementar nº 125, de 3 de janeiro de 2007**. Institui, na forma do art. 43 da Constituição Federal, a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE; estabelece sua composição, natureza jurídica, objetivos, áreas de atuação, instrumentos de ação; altera a Lei no 7.827, de 27 de setembro de 1989, e a Medida Provisória no 2.156, de 24 de agosto de 2001; revoga a Lei Complementar no 66, de 12 de junho de 1991; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp125.htm. Acesso em: 24 abr. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei Ordinária nº 9491, de setembro de 1997**. Altera procedimentos relativos ao Programa Nacional de Desestatização, revoga a Lei nº 8.031, de 12 de abril de 1990, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9491.htm. Acesso em: 16 ago. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei Ordinária nº 9648, 25 de maio de 1998**. Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9648cons.htm. Acesso em: 16 ago. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei Ordinária nº 10.848, 15 de março de 2004**. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.848.htm. Acesso em: 16 ago. 2021.

BRASIL. Senado Federal. Do ecodesenvolvimento ao conceito de desenvolvimento sustentável no Relatório Brundtland. **Jornal em Discussão**. ONU, 2021. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/temas-em-discussao-na-rio20/ecodesenvolvimento-conceito-desenvolvimento-sustentavel-relatorio-brundtland-onu-crescimento-economico-pobreza-consumo-energia-recursos-ambientais-poluicao.aspx>. Acesso em: 27 jun. 2021

BONES, U. A.; SCHIRMER, P.; CEOLIN, C. O papel da energia nuclear na matriz energética brasileira: aspectos socioeconômicos e ambientais. *In*: International Nuclear Atlantic Conference – INAC. **Anais [...]** 2017, Belo Horizonte, Brasil. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/49/020/49020751.pdf. Acesso em: 02 ago. 2021.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. **Crescimento e desenvolvimento econômico**. São Paulo: FGV, 2008. Disponível em: <http://www.bresserpereira.org.br/Papers/2007/07.22.CrescimentoDesenvolvimento.Junho19.2008.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2021.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. **Desenvolvimento rural do Semiárido Brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas**. Campinas, SP: UNICAMP, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.8633>. Acesso em: 16 jul. 2021

CAIXETA FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. O desenvolvimento dos sistemas de transporte: auge, abandono e reativação recente das ferrovias. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 6, n. 11., 1998. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rtee/article/view/4786>. Acesso em: 16 jul. 2021.

CAMPOS, J. N. B. Águas superficiais no Semiárido Brasileiro: desafios ao atendimento aos usos múltiplos. *In*: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande**: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap. 8, p. 249-267, Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MCTI/recursos-hidricos-em-regioes-aridas-e-semiaridas>. Acesso em: 2 ago. 2021.

CASTRO, M. A. L. **Análise dos riscos de uma distribuidora associados à compra e venda de energia no novo modelo do setor elétrico**. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5329/1/2004_MarcosAurelioLenziCastro.pdf. Acesso em: 18 ago. 2021.

CHIPANSKI, E. R. **Proposição para melhoria do desempenho ambiental à indústria de aglomerado no Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. **Investimentos na hidrovia do São Francisco**. Brasília, DF: CODEVASF, 2007. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/noticias/2007/investimentos-na-hidrovia-do-sao-francisco>. Acesso em: 7 set. 2021.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de ferrovias 2015**. Brasília, DF: CNT, 2015.

COSTA, R. F. **Ventos que se transformam?** Um estudo sobre o impacto econômico e social da instalação dos parques eólicos no Rio Grande do Norte/Brasil. 2015. 211f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/23017/1/RafaelFonsecaDaCosta_DIDISSE.pdf. Acesso em: 25 ago. 2021.

COSTA, R. N. T.; OLIVEIRA, V. R.; ARAÚJO, D. F. Planejamento, gerenciamento e uso racional de águas em perímetros públicos de irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap. 4, p. 87-111. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MCTI/recursos-hdricos-em-regies-ridas-e-semiridas>. Acesso em: 2 ago. 2021.

DIA da água: no deserto, Israel virou exemplo de agricultura sustentável. **Canal Rural**, 22 mar. 2020. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/dia-da-agua-no-deserto-israel-virou-exemplo-de-agricultura-sustentavel/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

ELECTRICAL POWER RESEARCH INSTITUTE. Bifacial Solar Photovoltaic Modules: Program on Technology Innovation. **Bifacial Photovoltaic Modules**, California, Sept. 2016.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Minas Gerais: EMATER, 2017. **Emater e Anater discutem retomada do projeto Dom Helder**. Disponível em: <http://fmimperial.com.br/noticias/16096/emater-e-anater-discutem-retomada-do-projeto-dom-helder>. Acesso em: 2 set. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2021**. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 2 ago. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos para a expansão da geração**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/dados-abertos>. Acesso em: 13 ago. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica DEA 19/14 – Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/resultado-de-busca?k=Nota%20T%C3%A9cnica%20DEA%2019%2F14>. Acesso em: 22 ago. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2027**. Rio de Janeiro: EPE, 2018b. 341p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/resultado-de-busca?k=Plano%20Decenal%20de%20Expans%C3%A3o%20de%20Energia%20%202027>. Acesso em: 2 ago. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Projetos fotovoltaicos nos leilões de energia: características dos empreendimentos participantes nos leilões de 2013 a 2018**. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes>. Acesso em: 2 ago. 2021.

ETZKOWITZ, H. **Hélice tríplice: niversidade-indústria-governo - inovação em movimento**. 1. ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2013.

EUROPEAN CENTRE FOR MEDIUM-RANGE WEATHER FORECASTS. **Advancing global NWP through international collaboration**. [United Kingdom]: ECMWF, [202-]. Disponível em: <https://www.ecMwf.int/>. Acesso em: 02 set. 2021.

FERREIRA, P.C. Investimento em infraestrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, p. 1. 1996.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) - 2018**. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2018. Disponível em <http://publicacoes.firjan.org.br/ifdm2018/>. Acesso em: 05 set. 2021.

FRANCISCO, P. R. M. *et al.* Potencial de irrigação dos solos da área de transposição do rio São Francisco no Estado da Paraíba. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, v. 2, n. 1, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Roberto-Francisco/publication/342109423_POTENCIAL_DE_IRRIGACAO_DOS_SOLOS_DA_AREA_DE_TRANSPOSICAO_DO_RIO_SAO_FRANCISCO_NO_ESTADO_DA_PARAIBA/links/5ee26aed92851ce9e7d9ff5d/POTENCIAL-DE-IRRIGACAO-DOS-SOLOS-DA-AREA-DE-TRANSPOSICAO-DO-RIO-SAO-FRANCISCO-NO-ESTADO-DA-PARAIBA.pdf#page=123. Acesso em: 11 jul. 2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Parcerias público-privadas no Brasil. **Projetos Cadernos**, ano 9, n. 23, jan. 2014. Disponível em:

<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/11647/PARCERIAS%20PUBLICO%20PRIVADAS%20NO%20BRASIL.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 ago. 2021.

GÁS ecológico marca presença no Sertão Nordestino. **Semear internacional**, Salvador, [201-]. Disponível em: <http://portalsemear.org.br/noticias/gas-ecologico-marca-presenca-no-sertao-nordestino/>. Acesso em: 2 ago. 2021.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional de água no meio urbano**: aspectos tecnológicos, legais e econômicos. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas, Instituto Nacional do Semiárido, cap. 6, p. 163 a 201, Campina Grande, PB, 2011. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MCTI/recursos-hdricos-em-regies-ridas-e-semiridas>. Acesso em: 02 ago. 2021.

GUIMARÃES, D. Sustentabilidade. **Meio sustentável**, 31 jun. 2019. Disponível em: <https://meiosustentavel.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

HAMAOKA, M. P. **Análise do potencial de demanda para exportação pelo Porto do Itaqui**. 2018. 69 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/20872>. Acesso em: 27 ago. 2021.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **IMO 2020**, 01 jan.2020. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/publications/Documents/Newsletters%20and%20Flyers/Flyers/l666E.pdf>. Acesso em: 2 set. 2020.

INFRAESTRUTURA urbana. **E-civil**, 2021. Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-infra-estrutura-urbana.html>. Acesso em: 25 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Mineração**. Rio de Janeiro: INB [201-]. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ur%C3%A2nio/Produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 15 ago. 2021.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Revisão do Plano Estratégico INB 2017-2026**. Rio de Janeiro; INB, [201-]. Disponível em: http://www.inb.gov.br/Portals/0/Arquivos/Plano_Estrategico_INB_20172026.pdf?ver=2019-03-08-165606-490. Acesso em: 15 ago. 2021.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable Capacity Highlights**. [S.l.]: IRENA, 2020. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Highlights_2020.pdf?la=en&hash=B6BDF8C3306D271327729B9F9C9AF5F1274FE30B. Acesso em: 15 ago. 2021.

ISRAEL, terra de leite e mel. Lisboa: Embaixada de Israel em Portugal, [2021]. Disponível em: <https://embassies.gov.il/Lisboa/AboutIsrael/Pages/AboutIsraelContent.aspx>. Acesso em: 15 ago. 2021.

JAPIASSÚ, C. E.; GUERRA, I. F. 30 Anos do Relatório Brundtland: nosso futuro comum e o desenvolvimento sustentável como diretriz constitucional brasileira. **Revista de Direito da Cidade**, v. 09, n. 4. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/30287/23220>. Acesso em: 16 jul. 2021.

JONG, P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Economic and environmental analysis of electricity generation technologies in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 725-739, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.064>. Acesso em: 20 jun. 2021.

LACERDA, F. *et al.* O Projeto Ecolume: o paradigma da abundância na convivência com o clima Semiárido no Nordeste brasileiro. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 207-221, 2020. Disponível em: <http://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/941>. Acesso em: 12 ago. 2021.

MACIEL, C.; PONTES, E. T. **Seca e convivência com o semiárido**: adaptação ao meio e patrimonialização da caatinga no nordeste brasileiro. Rio de Janeiro: Consequência Editora, 2015.

MALAGUETA, D. *et al.* Potential and impacts of Concentrated Solar Power (CSP) integration in the Brazilian electric power system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 223-235, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.01.050>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1-13, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172008000100005>. Acesso em: 18 jun. 2021.

MEDEIROS, V.; RIBEIRO, R. S. M. **Investimento em infraestrutura**: uma estrada para o desenvolvimento. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: https://www.abdib.org.br/wp-content/uploads/2019/01/CepalEnsaio2_03012019.pdf. Acesso em: 27 jun. 2021.

MENDES, G. O que é desenvolvimento sustentável? **Sustentável blog**, 24 jan. 2018. Disponível em: https://cebds.org/desenvolvimento-sustentavel/?gclid=EAlaIQobChMIhrK_sustentavel/?gclid=EAlaIQobChMIhrK_ii9Li8QIVRAPnCh1e4g2REAAYBCAAEgIUWfD_BwE#.YO7xVehKiUk. Acesso em: 14 jul. 2021.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos para o semiárido. *In*: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (org.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas**: estudos e aplicações. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p.

MORETTO, C. F.; GIACCHINI, J. **Do surgimento da teoria do desenvolvimento à concepção de sustentabilidade**: velhos e novos enfoques rumo ao desenvolvimento sustentável. [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?user=6BbdKSAAAAAJ&hl=pt-BR#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Dpt-BR%26user%3D6BbdKSAAAAAJ%26citation_for_view%3D6BbdKSAAAAAJ%3AZp%3Dh67rFs4hoC%26tzm%3D180. Acesso em: 23 jun. 2021.

NASCIMENTO, Luciano. Estudo prevê crescimento de 24% do consumo de água até 2030. **Agência Brasil**, Brasília, DF, 01. abr. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-04/estudo-preve-crescimento-de-24-do-consumo-de-agua-ate-2030>. Acesso em: 15 ago. 2021.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil**: situação e perspectivas. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação, Universidade Brasília, Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11348/1/2012_RodrigoLimpNascimento.pdf. Acesso em: 13 ago. 2021.

NOSSA História. **Itaipu Binacional**, [Paraná], 2018. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/nossa-historia>. Acesso em: 02 ago. 2021.

NYS, E. de *et al.* Um procedimento de consultoria para melhorar a gestão dos perímetros irrigados coletivos do nordeste brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 365-380, maio/ago. 2005. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8674>. Acesso em: 14 ago. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Apesar de baixa fertilidade, mundo terá 9,8 bilhões de pessoas em 2050**. Brasília, DF: ONU, 2017. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/76893-apesar-de-baixa-fertilidade-mundo-tera-98-bilhoes-de-pessoas-em-2050#:~:text=pessoas%20em%202050-,Apesar%20de%20baixa%20fertilidade%2C%20mundo%20ter%C3%A1%209%2C8,bilh%C3%B5es%20de%20pessoas%20em%202050&text=A%20popula%C3%A7%C3%A3o%20mundial%20tem%20atualmente,7%2C4%20bilh%C3%B5es%20em%202015.&text=Nesse%20ritmo%2C%20espera%2Dse%20que,11%2C2%20bilh%C3%B5es%20em%202100>. Acesso em: 11 ago. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos do desenvolvimento sustentável no Brasil**. Brasília, DF: ONU, [2018]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4>. Acesso em: 6 jun. 2021.

PIMENTA, M. F.F.; NARDELLI, A. M. B. Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, rio+20 e os desafios para os próximos 20 anos. **Perspectiva**, v. 33, n. 3, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/2175-795X.2015v33n3p1257>. Acesso em: 6 jun. 2021.

PORTO, E. R. *et al.* Captação e aproveitamento de água de chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do Semiárido Brasileiro: o que tem sido feito e como ampliar sua aplicação no campo. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais** [...]. Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130549/1/Paulo-Roberto.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

PORTO, E. R.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas. *In*: Salomão de Sousa Medeiros; Hans Raj Gheyi; Carlos de Oliveira Galvão; Vital Pedro da Silva Paz. (org.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande**: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap. 3, p. 59-84. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MCTI/recursos-hdricos-em-regies-ridas-e-semiridas>. Acesso em: 2 ago. 2021.

PRONK, J; UL HAQ, M. **Sustainable development**: from concept to action, the Hague Report. New York: United Nations Development Programme, 1992.

PRUSKI, F. F.; PRUSKI, P. L. Tecnologia e inovação frente a gestão de recursos hídricos. *In*: Salomão de Sousa Medeiros; Hans Raj Gheyi; Carlos de Oliveira Galvão; Vital Pedro da Silva Paz. (org.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap. 2, p. 27 a 57. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MCTI/recursos-hdricos-em-regies-ridas-e-semiridas>. Acesso em: 2 ago. 2021.

RAMPINELLI, G. A.; ROSA JÚNIOR, C. G. Análise da geração eólica na matriz brasileira de energia elétrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p. 273-302, 2012.

REGO, R. N.; LIMA, J. P. R. A Economia do nordeste e a heterogeneidade do semiárido. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23., 2015, Recife. **Anais** [...]. Recife: UFPE, 2015. Disponível em: https://www.ufpe.br/documents/616030/924120/A_economia_nordenstina_o_caso_d_a_dinamica_recente_da_regiao_semiarida.pdf/ff155197-2b7c-4825-87bd-2e50e475bfe7. Acesso em: 6 maio 2021.

RODRIGUES, N. M. **A trajetória da água em Caruaru e Garanhuns**: o papel da Infraestrutura Hídrica no Desenvolvimento dos Municípios. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública) - CCSA, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: 2010-dissertação-NyadjaMenezesRodrigues.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.

ROSA, D. F. M. **Um projeto sustentável de poços artesianos no sertão nordestino**. 2017. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação Latu Sensu em Gestão Empreendedora de Projetos) – UniCEUB/IPCD, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/115111/1/51600281.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

SANTOS, M. J. *et al.* Scenarios for the future Brazilian power sector based on a multi-criteria assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, Nov. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.145>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SCHMIDT, J.; CANCELLA, R.; PEREIRA JÚNIOR, A. O. An optimal mix of Schmidt PV, wind and hydro power for a low-carbon electricity supply in Brazil. **Renewable Energy**, v. 85, p. 137-147, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.010>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SEMIÁRIDO: é no semiárido que a vida pulsa. **Fundação Joaquim Nabuco**, Recife, 17 jul. 2018. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/conselho-nacional-da-reserva-da-biosfera-da-caatinga/6720-semiarido-e-no-semiarido-que-a-vida-pulsa>. Acesso em: 24 abr. 2021.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. de; CAMARGO, I. M. T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO, 5., 2006, Brasília, DF. **Anais [...]**, Brasília, 2006. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427159/mod_resource/content/1/solar.pdf. Acesso em: 5 ago. 2021.

SILVA, C. B. P. Desenvolvimento sustentável: uma abordagem em construção no transporte público. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v.2, n. 4, seção 4, ago. 2007. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/2007-inter-1.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2021.

SILVA, G. J. C.; JAYME JR, F. G.; MARTINS, R. S. Gasto público com infraestrutura de transporte e crescimento: uma análise para os estados brasileiros (1986-2003). **Economia & Tecnologia**, ano 5, v. 16, jan./mar. 2009. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/ret/article/view/27301/18190>. Acesso em: 14 ago. 2021.

SILVA, J. A. L. *et al.* Uso da energia solar para destilação de águas salinas no semiárido paraibano. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 15, n. 38, p. 65-78, maio/ago. 2021. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/4124/3409>. Acesso em: 20 set. 2021.

SILVA, J. P. S. da; LIMA, C. M. D. de. Uso de poços artesianos salinos em modelo produtivo de feijão de corda. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, AL., v. 6, n. 1, p. 1807-1817 jan./mar. 2021. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1706/1347. Acesso em: 20 set. 2021.

SILVA, R. M. A. da. Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 466-485, 2007.

SILVA, M. M. V.; FRANÇA, D. M. C.; SANTOS, P. R.; MOURA, M. S. B. Desafios e Paradigmas de Convivência com a Seca no Semiárido. In: Fernando da Silva Alexandre *et al.* (org.). **Biodiversidade, Etnoconhecimento e Produção Sustentável**. Ananindeua, PA: Editora Itacaiúnas, 2020.

SILVA, E. V. A.; BERTONCINI, B. V.; SILVA, F. G. F. da. Infraestrutura de transporte e desenvolvimento econômico: uma análise a partir da construção da ferrovia transnordestina. **Revista Espacios**, v. 38, n. 47, 2017.

SOUZA, N. S. **WEB TV Caatinga e o jornalismo contextualizado com o Semiárido Brasileiro**: um estudo de recepção no ambiente escolar. Dissertação (Mestrado em Educação, Cultura e Territórios Semiáridos) – Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, 2020. Disponível em: <http://ppgesa.uneb.br/wp-content/uploads/2021/05/NEUCIMEIRE-SANTOS-DE-SOUZA.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2021.

VIANA, F. L. E. Panorama da infraestrutura no nordeste do Brasil: transportes. **Caderno Setorial ETENE**, v.4, n.63, jan. 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4570889/63_Transporte.pdf/c038598c-fb08-43bd-e72d-a13cf2033794#:~:text=A%20Regi%C3%A3o%20Nordeste%20possui%20um,80%25%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202017. Acesso em: 17 ago. 2021.

VIDAL, M. F. Produção e uso de biocombustíveis no Brasil. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 4, n. 79, maio 2019. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/630>. Acesso em: 17 ago. 2021.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Supply of Uranium**. London: WNA, 2021. Disponível em: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/supply-of-uranium.aspx>. Acesso em: 2 set. 2021

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (Brasil). **Conceitos**: o que é o desenvolvimento sustentável? Brasília, DF: WWF, [202-]. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. Acesso em: 3 jun. 2021.