



XIX ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR
Blumenau - SC - Brasil

ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTOS, VULNERABILIDADES E ADAPTAÇÃO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Eunice Ferreira Carvalho (UFRN) - elocarvalho12@gmail.com

Formada em Economia, Mestre em Economia Regional pela UFCG . Doutoranda em Estudos Regionais e Urbanos pela UFRN.

Zoraide Souza Pessoa (UFRN) - zoraide.pessoa@ufrn.br

Doutora em Ambiente e Sociedade pela Universidade Estadual de Campinas (2012) com Mestrado (2003) e Graduação (2000) em Ciências Sociais e Especialização em Demografia (2005) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Atualmente é professora

ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTOS, VULNERABILIDADES E ADAPTAÇÃO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**INTRODUÇÃO**

A história da industrialização mundial e o subsequente desenvolvimento econômico e tecnológico, baseado no uso intensivo de matérias-primas, aumentou a velocidade de utilização de recursos naturais, especialmente os recursos energéticos e conseqüentemente, a degradação do meio ambiente (BURSZTYN; BURSZTYN, 2012). Isso traduz um processo de degradação socioambiental resultantes de práticas inadequadas dos recursos naturais baseado em um modelo depredador de crescimento e de padrões tecnológicos que tem gerado custos sociais sobre os sistemas naturais (LEFF, 2006).

Todavia, os estudos sobre o clima e seu comportamento ao longo dos anos têm se intensificado e, não raro, têm mostrado que o nível do mar vem aumentando, que as geleiras vêm diminuindo e que a temperatura média do planeta tem subido desde que se registram as primeiras atividades industriais. Realmente ao se considerar o conhecimento científico sobre o clima mundial, consolidado pelos relatórios do IPCC (2007) e por estudos recentes de observação sobre a variabilidade climática de longo prazo e as mudanças climáticas futuras, chega-se à conclusão de que o clima, de fato, está mudando, global e regionalmente.

Neste contexto se insere o semiárido do Nordeste brasileiro que é uma região marcada por múltiplas vulnerabilidades naturais, como chuvas irregulares, estiagens e secas recorrentes (CORREIA *et al.*, 2011). O semiárido brasileiro apresenta uma realidade complexa, tanto no que se refere aos aspectos geofísicos quanto a ocupação humana e a exploração dos recursos naturais. E o desconhecimento dessa complexidade tem conduzido à introdução de práticas agropecuárias inadequadas, provocando ou agravando os desequilíbrios ambientais (SILVA, 2008).

Assim, em um cenário de fragilidade, evidencia-se a necessidade imediata de iniciativas para a redução das múltiplas vulnerabilidades da região. A permanência de graves problemáticas ambientais e socioeconômicas no

semiárido remete a preocupação demonstrada por Silva (2008), ao indagar sobre as estratégias de desenvolvimento que, considerando as especificidades e características socioeconômicas e ambientais do semiárido, possibilita uma nova dinâmica para a superação das problemáticas presentes nesses territórios.

O recurso energético assume extrema importância para a humanidade, uma vez que seus serviços são considerados básicos. A energia é necessária para atender às demandas do ser humano como: iluminação, aquecimento/ventilação, refrigeração etc., são essenciais para promover o crescimento econômico devido a demanda de energia dos setores industrial, comercial e de serviços. E mudanças tecnológicas na direção de padrões que degradem menos o meio ambiente é uma condição necessária para que o crescimento econômico, através das chamadas tecnologias ambientais, promova um racionalização dos recursos naturais e caminhe para o desenvolvimento sustentável (LUSTOSA, 2010; D'AVIGNON, 2010).

A região Nordeste, apesar de apresentar cenários de vulnerabilidades e desigualdades, como já citados, é também uma região com grande potencial, principalmente no que se refere a produção de energia renovável. Essa fonte de energia, que tem se mostrado como alternativa na geração de energia “limpa”, é abundante na região devido às condições naturais favoráveis para sua instalação a exemplo da: energia solar, energia da biomassa e a energia eólica. A região semiárida do Nordeste oferece grande potencialidade principalmente nas fontes: fotovoltaica e eólica, por ser uma região que se apropria de muitos ventos e raios solares.

Diante disso, esse artigo tem como objetivo principal abordar, a partir de um levantamento bibliográfico na área, as vulnerabilidades do semiárido nordestino face as mudanças climáticas a partir de uma reflexão sobre as medidas de mitigação e adaptação climática com destaque para o setor de energias renováveis, grande potencialidade da região.

1 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E SEUS IMPACTOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA

Na contemporaneidade as mudanças climáticas associadas às emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) constituem-se em uma das principais questões a serem enfrentadas, tornando-se então o maior desafio ambiental da humanidade pois coloca em risco a estabilidade social, econômica e ambiental global, com profundas alterações na disponibilidade de recursos naturais.

Os recentes resultados das pesquisas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2021) da Organização das Nações Unidas – ONU, mostram que a ação humana tem comprometido ainda mais o sistema climático e que mudanças do clima rápidas já estão acontecendo, afetando todas as regiões do mundo.

É inequívoco que o aumento do CO₂, metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) na atmosfera durante a era industrial é o resultado das atividades humanas e essa influência humana é o principal impulsionador de muitas mudanças observadas na atmosfera, oceano e biosfera (IPCC - AR6, 2021, p.1).

Tais estudos vislumbraram cenários com tendências preocupantes pois apontam o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera e da temperatura média global. Entre as várias consequências, tem-se a elevação do nível do mar, intensificação de inundações e eventos extremos (BURSZTYN & BURSZTYN, 2012; IPCC, 2021).

O Relatório de Riscos Globais (2020), publicado pelo World Economic Forum, mostra que entre os riscos de maior probabilidade nos próximos dez anos, estão as condições meteorológicas extremas, falha de ação climática e danos ambientais causados pelo homem. E, entre os riscos de maior impacto, estão as doenças infecciosas seguidas por falhas nas ações climáticas e outros riscos ambientais. Essas análises reforçam que os riscos globais requerem coesão social, cooperação global e ações urgentes para aumentar a resiliência.

As Projeções feitas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (2007) sobre os impactos das mudanças climáticas em todo o mundo mostraram que os efeitos das mudanças climáticas, na América Latina, região com países em desenvolvimento e economia preponderantemente agrícola, são os mais vulneráveis. De fato, Thomas & Twyman (2004) afirmam que, “os países em desenvolvimento são frequentemente considerados mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas do que aqueles que são mais desenvolvidos”, isso ocorre devido a uma baixa capacidade de adaptação desses países em

desenvolvimento. Esses autores afirmam ainda, que altos níveis de vulnerabilidade e baixa capacidade de adaptação no mundo em desenvolvimento têm sido associados, entre outros, a uma série de fatores que incluem uma alta dependência de recursos naturais.

Isso indica portanto que o Brasil é um dos países que se encontra bastante vulnerável principalmente por possuir um território que já registra impactos adversos da variabilidade natural do clima, como secas, estiagens, inundações e deslizamentos. Todos os países do planeta serão afetados porém, com maior intensidade, serão os países em desenvolvimento (THOMAS & TWYMAN, 2004; BURSZTYN & BURSZTYN, 2012; BARBI, 2014).

O Brasil é um país conhecido por sua biodiversidade e, estudos conduzidos até o momento, sobre os impactos das mudanças do clima em todo o mundo, pressupõe que o país sofrerá consequências de certa magnitude. O IPCC (2007) prevê potencialmente, perda de biodiversidade e impactos nos sistemas agrícolas pois com o aquecimento global, a produtividade de algumas culturas agrícolas importantes pode decrescer bem como a produtividade da pecuária gerando consequências para a segurança alimentar e etc.

A *região* semiárida do Nordeste é considerada uma das mais vulneráveis às variações climáticas devido a irregularidade das chuvas, deficiência hídrica, baixa capacidade de adaptação e pobreza da população (MARENGO, 2008). É uma região onde juntam-se as preocupações sobre impactos adversos da mudança do clima com vulnerabilidades sociais já existentes (OBERMAIER, 2011).

Entende-se assim que os efeitos das mudanças climáticas não são homogêneos, dado que existem grupos sociais com diferentes graus de vulnerabilidade. De forma geral, em condições climáticas adversas as populações mais pobres, isto é, aquelas que vivem sem poder satisfazer as necessidades básicas, são as mais vulneráveis à alteração das condições climáticas (MARTINS, 2010).

O Nordeste brasileiro por exemplo, convive há séculos com o problema das secas, que perdurando por anos desarticula lentamente toda a estrutura produtiva local, o que causa efeitos sociais devastadores. Durante as longas estações de secas, a população não dispõe da infraestrutura adequada para conviver com tal fenômeno climático, o que leva muitas pessoas, que dependem

da chuva para retirar da terra o seu sustento e para a criação de animais, a abandonarem suas residências habituais para não morrerem de sede e de fome (MATOS; MOTA, 2016; SANTOS et.al., 2021)

Apesar de o problema ser antigo, o Brasil continua sofrendo as suas consequências, cujo agravamento foi sendo sentido em razão das alterações climáticas. Outrossim, verifica-se que o Nordeste está dentre as regiões brasileiras que potencialmente poderão ser mais afetadas pelas mudanças drásticas de temperatura, considerando o seu clima predominante, qual seja o semiárido, cuja marca é a escassez hídrica. Os impactos consequentes do aumento de temperatura e anomalias na precipitação afetarão a produção agrícola, os recursos hídricos, a demanda de irrigação, a biodiversidade, a modificação do bioma caatinga e a aceleração do processo de desertificação (IPCC, 2007; SANTOS, et. al. 2021)

O semiárido brasileiro abrange porções de áreas de oito estados da região Nordeste, compreendendo, assim, a maior parte do polígono da seca no qual incluem também o norte do estado de Minas Gerais, localizado na região Sudeste. As principais características dessa região são irregularidade de precipitações pluviométricas e ocorrência de vegetação de caatinga, geralmente com aspecto fisionômico diversificado. Esse aspecto se refere não apenas às variações climáticas regionais ou locais e à composição florística, mas também a outros fatores relacionados com topografia, tipos de solo e impactos de atividades humanas (MELO; RODRIGUES, 2004, *apud* RAMALHO, 2018).

Dentre as consequências das mudanças climáticas apresentadas pelo IPCC e descritas no trabalho Matos & Mota, (2016), aponta-se: a transformação de regiões de vegetação semiárida em vegetação árida; mudança nos padrões de chuva, implicando em impactos significativos sobre a utilização de água para o consumo humano, para o consumo agrícola e o dirigido à produção de energia elétrica; risco à segurança alimentar, na medida em que as condições para a produção agrícola ficarão intensamente prejudicadas.

Estima-se o aumento da média de temperatura no Nordeste de 2°C a 5°C até o final do séc. XXI, modificando os ciclos hidrológicos da região, na medida em que altera o regime de precipitação e a distribuição espaço-temporal das chuvas, aumento nas taxas de evapotranspiração, associados as práticas de uso

de solos e a remoção da vegetação caatinga e susceptibilidade a processos de aridização e desertificação (BRASIL, 2007).

Nesse contexto, os agricultores familiares (dedicados a produção de subsistência: feijão, milho, mandioca etc.) são ainda mais vulneráveis – pois além de serem dependentes de recursos naturais, sofrem impactos na produção agrícola causados pela deficiência hídrica. Portanto, a agricultura é a atividade econômica que possui fortemente uma dependência do tempo e do clima da região, com isso ela torna-se uma atividade de grande risco. E se a mesma não possui a capacidade de dar resposta frente aos perigos, como consequência pode gerar uma situação de alta vulnerabilidade (WEHBE et al., 2005).

As mudanças climáticas poderão trazer também alterações na distribuição dos recursos energéticos no território nacional e conseqüentemente na região semiárida pois hidroelétricas e mudanças climáticas estão estritamente relacionadas. Estudos mostram que a principal vulnerabilidade à mudança climática identificada no setor de energia é a redução do potencial de produção de energia.

A assimetria da distribuição regional de emissões do Brasil é uma realidade e em virtude disso, tornam-se necessárias ações que aumentem a capacidade da população de enfrentar essas mudanças. Construir uma estrutura sólida em que o tema mudanças climáticas é debatido entre representantes da academia, de institutos de pesquisa, do governo, da iniciativa privada e demais cidadãos interessados no assunto.

1.1 Impactos das mudanças climáticas no setor de energias renováveis

Esforços para limitar as emissões de GEE pelas atividades humanas têm levado as pesquisas muito no sentido da busca por tecnologias mais eficientes e fontes de energias renováveis e/ou não emissoras, já que globalmente a maior parte das emissões de GEE são oriundas da queima de combustíveis fósseis com fins energéticos (EPE, 2018). O papel das energias renováveis nesta missão ficou evidente para líderes políticos, para a indústria e para a opinião pública mundial.

A produção de energia a partir de fontes renováveis, por outro lado, depende muito das condições climáticas, que são e serão cada vez mais

impactadas pelos efeitos das mudanças climáticas globais (MME, 2007). Esses impactos das variáveis climáticas no setor energético, no entanto, serão mais acentuados nos países que tiverem uma alta dependência de energias renováveis na sua matriz energética como a energia hidráulica, eólica, biomassa e solar, ou seja, os países com alto grau de inserção de recursos energéticos renováveis são mais vulneráveis às variações climáticas, devido a sua dependência do tempo e do clima (MORENO, 2021; LIMA, 2021; MOREIRA, 2021).

O resultado de um importante estudo realizado por Lucena (2009), mostrou uma crescente vulnerabilidade energética das regiões mais pobres do Brasil às mudanças climáticas globais, principalmente a região Nordeste. Isso ocorre devido à forte dependência das usinas hidrelétricas na geração de energia do País.

O esforço necessário para minimizar a amplitude das mudanças climática terá consequências na quantidade e tipo de recursos energéticos que deverão ser usados pela sociedade. Por isso e por contar com grande participação de fontes renováveis (que dependem intrinsecamente do comportamento das variáveis climáticas) o sistema energético brasileiro precisa se preparar em relação a vulnerabilidades decorrentes de variações nos padrões de temperatura, precipitação, vento e insolação ao longo do território nacional que podem, também, impactar a distribuição dos recursos renováveis (IPCC, 2007: IPCC, 2014).

O setor de energia inclui transporte, eletricidade e calor, edifícios, manufatura e construção etc. e é considerado a maior fonte de emissões de gases de efeito estufa causadas pelo homem (GE; FRIEDRICH, 2020). Por isso, embora os impactos sobre a oferta e demanda de energia sejam os mais imediatos, as mudanças climáticas também podem afetar vários outros aspectos do setor de energia ou ter efeitos indiretos através de outros setores econômicos, comprometendo a segurança energética, a segurança hídrica e segurança alimentar (SCHAEFFER et.al., 2012).

Os impactos das mudanças climáticas poderão trazer alterações sobre o fornecimento das diferentes fontes de energia renováveis. Podem trazer alterações na geração hidrelétrica, que é dependente de regularidade no regime de chuvas e por sua vez poder comprometer a disponibilidade hídrica. Na

energia eólica, que é suscetível à mudança climática global por causa das mudanças nos padrões dos ventos e etc. (EPE, 2018).

As mudanças climáticas podem ocasionar diminuição na intensidade e frequência dos ventos provocando efeitos também na energia solar, que poderão variar, dependendo da localização e do tipo de usina. A produção de biocombustíveis líquidos é vulnerável e estar relacionada aos impactos na produtividade das culturas, causados por modificações no clima e nas concentrações atmosféricas. A menor disponibilidade de água causada pelo aumento da evapotranspiração (devido ao aumento das temperaturas e/ou níveis mais baixos de precipitação) pode reduzir a produtividade da cultura (SCHAEFFER et al. 2012; EPE; 2018).

Quanto as usinas termelétricas estas,

Estão submetidas à riscos devido à mudança no clima, uma vez que sua eficiência e desempenho dependem da densidade do ar, temperatura ambiente e parâmetros meteorológicos. Além disso, essas usinas são vulneráveis a possíveis danos ocasionados por fenômenos violentos incomuns causados por mudanças climáticas, como enchentes e furacões (EPE, 2018, p.12).

Os impactos das mudanças climáticas no sistema de energia não se restringem ao lado da oferta, pois o uso final de energia também pode ser influenciada por variações nos padrões de temperatura e precipitação. O efeito mais evidente é que temperaturas mais altas implicam maior demanda por resfriamento. Na Austrália em 2016, por exemplo, uma pesquisa identificou uma correlação entre os picos de demanda de energia e o aumento da temperatura diária registrada devido às ondas de calor, tendo um aumento médio na demanda de eletricidade (CLARKE, 2018).

Dessa maneira, ocorrências evidentes da vulnerabilidade do setor energético mostram que o planejamento, considerando as mudanças climáticas, não deve ser só de longo prazo, mas de curto e médio prazos. Não se deve entender mudanças climáticas como um problema distante, devendo haver um comprometimento atual de recursos financeiros e humanos, tanto para a mitigação quanto para a adaptação (ARROYO, et. al., 2020; LIMA, 2021). E avaliar as vulnerabilidades dos sistemas de energia e incorporá-los ao planejamento e operação de energia de longo prazo é, portanto, um imperativo

para o desenvolvimento de políticas que visam lidar com as mudanças climáticas.

2 VULNERABILIDADE, MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Em abril de 2007, o Presidente da República, acatando proposta do Ministério de Meio Ambiente (MMA) e da secretaria-executiva do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FMBC), colocou na pauta de atividades do governo a elaboração de um plano. Em 2008, foi lançado o Plano Nacional de Mudanças Climáticas, que tem como objetivo o incentivo ao desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil, bem como a criação de condições internas para enfrentar os impactos negativos do aquecimento global. Ele se estrutura em quatro eixos: oportunidades de mitigação; impactos, vulnerabilidade e adaptação; pesquisa e desenvolvimento; e educação, capacitação e comunicação. No PMMC devem ser contemplados os setores de geração e distribuição de energia elétrica, transporte público, indústria de transformação e bens como serviços de saúde e agropecuária (BURSZTYN & BURSZTYN, 2012; JURAS, 2011).

A análise da vulnerabilidade socioambiental traz demandas a partir da emergência das mudanças climáticas. “Será necessário entender os riscos e as vulnerabilidades do sistema todo a partir da análise de suas partes constitutivas e, dessa forma, incorporar dimensões políticas, sociais, culturais e contextuais na análise das interações ambiente-sociedade” (OJIMA, 2012, p. 118). Nessa direção, o autor reforça que o conceito de vulnerabilidade tem sido frequentemente utilizado para representar uma propriedade específica à localidade, ou seja, geograficamente localizada, mas com efeitos diferentes de acordo com as características sócio demográficas e econômicas da população desta região, e da mesma forma, a sua capacidade de resposta.

Nesse contexto, a vulnerabilidade é considerada como uma condição interna de um determinado sistema que são determinadas por fatores físicos, sociais, econômicos ou ambientais que influenciam ou aumentam a suscetibilidade do sistema aos riscos (UNISDR, 2009; ADGER, 1999). E no contexto das mudanças climáticas, fatores como o crescimento populacional,

pobreza, degradação ambiental, escolaridade, habilidades, condições de saúde, idade e outras características culturais e sociais são citadas como fatores que ampliam a vulnerabilidade aos riscos das mudanças climáticas. A vulnerabilidade é tida como um fator que favorece o risco, assim, reduzir a vulnerabilidade das populações é uma das medidas mais efetivas de operar respostas às mudanças climáticas globais.

O sentido de vulnerabilidade está relacionada a disposição de sensibilidade em que os sistemas estão suscetíveis ou expostos ao risco e assim possui em sua definição o enfoque risco-perigo. O perigo neste sentido, é a ameaça em si, nos dois sistemas, social e natural, de tal maneira como se apresenta um estabelecido evento, o risco corresponde a probabilidade futura de um determinado evento ocorrer. Risco, de modo geral, está associado à noção de probabilidade, magnitude e de incerteza da concretização de impactos adversos e de um estado indesejável (IWAMA et.al., 2016; RAMOS, 2017). Os riscos climáticos representam ameaças para o abastecimento de água, a segurança alimentar, segurança energética, saúde pública e a biodiversidade, comprometendo a qualidade de vida e o desenvolvimento das atividades econômicas (BARBI, 2014).

Os especialistas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC), através de um relatório divulgado em 2007, afirmaram que seria possível responder aos desafios das mudanças climáticas e para isso aponta opções de adaptação e mitigação dos impactos, que podem ser colocada em curto e longos prazos.

A *mitigação*, compreende todas as atividades humanas que visam reduzir as emissões ou aumentar os sumidouros de gases efeito estufa, ou seja, são ações no sentido de promover a diminuição e estabilização das emissões de GEE (IPCC 2007; BARBI, 2014). Já a *adaptação*, termo usado para qualificar a capacidade de um dado sistema de modificar suas características ou comportamento, de forma a lidar melhor com as vulnerabilidades já existentes (BROOKS, 2003). No contexto das mudanças climáticas, adaptação se refere a capacidade de um sistema de ajustar-se à variabilidade do clima e aos episódios extremos (riqueza, saúde, tecnologia, educação, instituições, informação, infraestrutura, capital social). Está relacionada ao processo de ajuste de sistemas naturais e humanos ao comportamento do clima (IPCC, 2014).

A adaptação pode ser planejada, autônoma, reativa ou antecipatória, envolver sistemas humanos, físicos ou naturais, depender de decisões individuais, políticas públicas ou do setor privado, e integrar diferentes escalas (local, regional, nacional ou internacional) e as suas interações assim como uma visão sistêmica (OBERMAIER, 2011, p. 4).

Pressupõe considerar, de forma integrada, aspectos de vulnerabilidade. Nesse viés, é necessário que seja incorporada a perspectiva de antecipação aos cenários de incertezas múltiplas voltados para ampliar condições de adaptação. E, a abordagem sobre adaptação está sempre ligada às abordagens sobre resiliência (FARRAL, 2012), conceito é abordado nas diversas áreas do conhecimento. Porém, o termo aqui considerado refere-se a 'resiliência ambiental' no sentido de aptidão de um sistema a retornar ao seu equilíbrio depois de ter suportado uma perturbação, ou ainda como a capacidade de reestruturação de um sistema.

Considerando a sensibilidade do Nordeste às variações climáticas, e diante da potencial de mudança do clima nessa região, considerada como a mais vulnerável às reduções de chuva e aumento das temperaturas, é necessária uma ação coordenada do governo para enfrentar a mudança de clima (MORENGO, 2008). É recomendável que exista sinergia entre ações de mitigação e adaptação para aumentar a relação custo-efetividade dos benefícios sociais e tornar o sistema socioeconômico menos intensivo em carbono e ao mesmo tempo mais resiliente. Enfim, combinar ações de curto prazo, para apoiar estratégias de longo prazo.

As ações de adaptação, no entanto, tem a possibilidade de influenciar o risco por meio da redução da vulnerabilidade e/ou exposição dos sistemas. Possuem diversos condutores, como o desenvolvimento econômico e a redução da pobreza e são incorporadas ao desenvolvimento mais amplo e exige iniciativas de planejamento setoriais, regionais e locais, tais como: gerenciamento de recursos hídricos, planejamento energético, gerenciamento costeiro, estratégias de redução de desastres e riscos (IPCC, 2007).

3 MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E A ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA O SEMIARIDO NORDESTINO

Identificadas as principais atividades que contribuem para as mudanças climáticas, as alternativas têm caminhado no sentido de ações para minimizar

os seus efeitos numa gestão preventiva dos riscos climáticos, de modo que as incertezas e vulnerabilidades sejam minimizadas. Possuem diversos condutores, como já mencionada anteriormente, e que precisam ser direcionadas de acordo com as características e realidades locais, através de planos e programas que garantam acesso equitativo a recursos e tecnologias voltadas para a realidade do semiárido.

De qualquer modo, a ampliação e o fortalecimento da infraestrutura hídrica, com uma gestão adequada, constituem requisitos essenciais para a solução do problema, servindo como elemento básico para minimizar o êxodo rural e promover a interiorização do desenvolvimento. Pensar água enquanto território, situada em um contexto histórico, social, político e econômico, cultural, ambiental, isto é, formular políticas públicas permanente adequadas ao local (NASCIMENTO, 2012).

Em meio a esse contexto uma estratégia esperada há mais de um século, na última década, ganhou destaque porque se concretiza através da execução do Projeto de Integração de Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, destacando a importância da gestão dos recursos hídricos com foco na conservação e uso sustentável. Neste sentido, Cristofidis (2011), nos lembra que a lei 9,433/97, traz a gestão integrada e participativa nos seus fundamentos tendendo a definir uma dinâmica que permite que os atores integrem e ajustem suas práticas, tendo como base uma lógica de negociação.

Esse modelo de gestão significa um processo interativo no qual as demandas são definidas para encontrar a sustentabilidade e traz em seu princípio a busca de novos instrumentos de gestão visando alcançar resultados mais de longo prazo, dentro de uma perspectiva de adaptação.

A rigor, os recursos hídricos devem ser estudados em um contexto amplo de planejamento e gestão ambiental, atinando a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial para que possam ser mais bem entendidos no domínio ciclo hidrológico como elemento fundamental à vida ou como recurso natural nas mais variadas etimologias da relação sociedade x natureza (NASCIMENTO, 2012, p. 82).

O déficit hídrico no semiárido brasileiro é uma de suas principais características e está diretamente relacionado à irregularidade das chuvas e ao grau elevado de evapotranspiração (SÁ *et al.*, 2012). Nesse sentido, o armazenamento da água da chuva nesse território é fundamental. No entanto,

por muitas décadas os projetos de desenvolvimento para a região semiárida do Brasil estavam pautados em práticas descontextualizadas e voltadas a grandes obras de combate à seca, desconsiderando que o problema da escassez hídrica no Nordeste brasileiro não é a falta de chuva, mas de políticas de armazenamento, distribuição e gestão, além de tecnologias adequadas e a integração das políticas com os saberes da população nordestina.

Dessa maneira, as tecnologias sociais que são, de acordo com Malvezzi (2007), definidas como “produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas em interação com a comunidade; devem representar efetivas soluções de transformação social”. São alternativas que facilitam a convivência com o semiárido e evitam o deslocamento das populações para outras regiões, com estratégias simples de aproveitamento ou reaproveitamento de recursos naturais de fácil acesso no dia a dia das famílias de forma inteligente (SÁ *et al.*, 2012).

Algumas das tecnologias sociais de convivência e capazes de favorecer a diminuição de vulnerabilidades e condicionar a mitigação e adaptação no semiárido, baseadas nos Recursos Hídricos são, de acordo com Malvezzi (2007): cisternas (domiciliar, cisterna calçadão e cisterna enxurrada); barreiros trincheira; barragem subterrânea; poços artesianos; bomba d’água popular e etc. Em síntese, as tecnologias sociais visam o amplo envolvimento da comunidade, garantem uma perspectiva holística e permitem que, com uma única solução integrada, se enfrentem diversos problemas sociais e ambientais encontrados no semiárido brasileiro. Essas tecnologias, associadas à formulação de políticas públicas e ações de desenvolvimento sustentável, vêm contribuindo para mudança da realidade da região, alcançando grandes conquistas para o desenvolvimento dos territórios.

Com isso, há a compreensão de que há uma convergência entre as agendas do paradigma da convivência com o semiárido com a agenda de adaptação climática, principalmente pelas contribuições das tecnologias sociais para diminuição das vulnerabilidades da região semiárida em questão. Considera-se que essas contribuições estão sendo resgatadas e fortalecidas no período recente, com o advento da questão ambiental e de uma perspectiva de valorização dos territórios e culturas locais, fundamentando a construção de alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido brasileiro.

Há necessidade do levantamento de soluções em caráter participativo para um alcance mais justo e igualitário das ações. E, além do viés participativo, no desenvolvimento de medidas adaptativas, os planos de adaptação devem apresentar propostas e estratégias em diferentes escalas, segundo Coutinho et al. (2021). Nesse sentido, o aumento das áreas verdes, a conservação e preservação das bacias, as estratégias de reuso de água, podem ser citados como ações de cunho adaptativo que atingem as várias escalas de atuação e implementação das medidas de adaptação (ADAPTACLIMA, 2018; COUTINHO et al., 2021).

Na construção de uma agenda adaptativa para gestão de vulnerabilidades e riscos às mudanças climáticas, destaca-se a identificação de ações setoriais de mitigação o que inclui, o setor energético, a partir de um 'Planejamento energético' pautado nos princípios da justiça ambiental.

3.1 O Papel do setor energético para Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas

As energias renováveis, assumem o papel na eficiência energética¹ como uma das ações para mitigação de emissões de CO₂. A necessidade de transição para um sistema energético global menos intensivo em carbono e mais justo é irrefutável até porque a energia é de extrema importância para o desenvolvimento humano e econômico. Reduzir as emissões de combustíveis fósseis e fornecer acesso à energia limpa, mas com um processo de transição que assegure políticas, planos e programas com acesso justo e equitativo a recursos e tecnologias.

Algumas alternativas têm sido propostas com o objetivo de minimizar os efeitos das mudanças climáticas tais como: manejo adequado na agropecuária e cultivo, controle de queimadas, mudanças no padrão de consumo e, principalmente, eficiência energética. Ações no sentido de promover a

¹“Significa a utilização racional de energia, com melhores práticas e tecnologias, atuais e futuras, assumindo contínua postura inovadora. Consiste em usar de modo eficiente a energia considerando a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização” (ABESCO, 2021, p.1).

diminuição e estabilização das emissões de GEE, significar mitigar o problema (BARBI, 2014).

Para o setor energético, especificamente, o IPCC, 2007, destaca como política de adaptação a) Fortalecimento de infraestrutura aérea de transmissão e de distribuição; b) Cabeamento subterrâneo para serviços públicos; c) Eficiência energética; d) Utilização de fontes renováveis de energia; e) Redução da dependência de fonte única de energia.

A Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), instituiu o Plano Decenal de Energia (PDE), como o plano setorial de mitigação e adaptação à mudança do clima do setor de energia. Além do compromisso para o ano 2025, a NDC (Contribuição Pretendida Nacionalmente Determinada) brasileira elencou também medidas indicativas para o horizonte 2030, específicas para a produção e uso da energia, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Medidas indicativas para o setor de energia no horizonte 2030, conforme anexo NDC brasileira

Medida/Indicador	Contribuição indicativa para 2030
Bioenergia (etanol, biomassa de cana, biodiesel, outras biomassas)	Aumentar participação para 18% da matriz energética
Matriz de energia elétrica	- Alcançar 23 % da geração a partir de eólica, solar e biomassa, incluindo geração distribuída e autoprodução - Atingir 66% de geração hidrelétrica no SIN
Participação de renováveis na matriz energética	Expandir participação de fontes renováveis na matriz energética para um patamar entre 28 e 33% (exceto hidrelétricas)
Eficiência Energética	Alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico
Matriz Energética	Alcançar a participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética nacional

Fonte: (EPE, 2018, p.3)

A incorporação das mudanças climáticas no planejamento energético brasileiro evidencia o setor como parte da agenda de mitigação e adaptação nacional, para minimizar os impactos negativos provocados pelas Mudanças Climáticas diante dos compromissos firmados na NDC do Brasil ao Acordo de Paris até 2030 (MARQUES, 2018). E para o processo de adaptação incluir o setor de energias renováveis como setor estratégico na promoção do desenvolvimento. Assim, os planos de adaptação devem estar integrados,

considerando as políticas do clima e as políticas setoriais, com foco em três eixos centrais dos sistemas socioecológicos: água, energia e segurança alimentar.

O desenvolvimento do Planejamento Energético em âmbito local, de forma descentralizada, pode-se converter em uma forma de alcançar o desenvolvimento local a partir da busca pela eficiência e conservação de energia de forma realmente limpa.

O planejamento energético,

Apresenta um elevado grau de utilidade. Pelo lado da oferta de energia, ele permite identificar as fontes energéticas mais adequadas em termos tecnológico, econômico, social e ambiental para atender as demandas da sociedade. Pelo lado da demanda, ele permite identificar as tecnologias de uso final capazes de tornar mais eficiente e racional o uso das fontes de energia. Através da construção de cenários futuros sobre o comportamento das demandas, o planejamento energético é de fundamental importância na resolução de conflitos envolvendo oferta e demanda de energia, meio ambiente e desenvolvimento econômico (SILVA & BERMANN, 2002).

Esse elevado grau de utilidade torna o planejamento energético uma ferramenta indispensável para auxiliar não apenas as tomadas de decisão, mas também a elaboração de políticas energéticas sustentáveis. Uma gestão energética descentralizada pode se constituir em uma peça-chave para possibilitar a participação social e permitir também maior transparência das ações dos governantes. O desenvolvimento de um planejamento participativo torna-se condição para que um governo seja considerado efetivamente democrático.

Enfim, políticas públicas apropriadas e que sejam capazes de responder às demandas do povo da região semiárida de forma justa e igualitária. Isso inclui portanto a gestão das mudanças climáticas voltadas para as características específicas da região semiárida. Dessa forma, se faz necessário a adoção de medidas de adaptação às mudanças climáticas, principalmente no que se refere à conservação dos recursos naturais, à produtividade agrícola e à qualidade de vida da população.

Isso mostra a importância do desenvolvimento político e da gestão para o desenvolvimento da adaptação. Também mostra que a adaptação não é apenas relevante no contexto das mudanças climáticas, mas também para reduzir vulnerabilidades dos sistemas à variabilidade climática natural bem como às

mudanças climáticas induzidas pelas atividades humanas. “Os fatores econômicos, institucionais e tecnológicos influenciam na capacidade mitigatória que pode promover ações mitigatórias” (BARBI, 2014, p. 36).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações expostas aqui nesse artigo nos impulsionou a perceber que para um problema como as mudança climáticas, as soluções são bastante complexas, envolvendo diversos campos da atividade humana e diferentes atores e segmentos da sociedade, como agências multilaterais, governos dos estados, empresas, associações ou grupos de pressão e a sociedade em geral, de modo a esclarecer os fatos que desencadeiam os riscos e determinar as condições para seu enfrentamento.

No caso da região semiárida nordestina é possível perceber que “não é possível construir um projeto de nação sem que ele respeite a vocação e os limites de cada um dos nossos biomas. Não haverá futuro para o semiárido sem que seja compreendida sua lógica mais profunda. É preciso pensar o semiárido no seu contexto global e segundo as características que lhes são próprias e únicas” (MALVEZZI, 2007, p. 131).

A sociedade civil organizada, instituições de pesquisa, universidades, setor privado e demais envolvidos possuem um papel importante na produção de respostas à crise climática (BARBI, 2014). Além de desempenharem um papel fundamental na definição de regulações, instituições, normas e modos apropriados de governança climática, os governos são atores fundamentais na produção de respostas às mudanças climáticas.

Diante do cenário apresentado, os desafio para se estabelecer políticas de enfrentamento às mudanças climáticas são inúmeros. De toda forma, a ação e intervenção política nos níveis internacional, nacional e local terão um efeito decisivo no estabelecimento de limites ao aquecimento global, através da redução de emissões (mitigação) e na adaptação ao que já está em curso.

Há portanto, constante necessidade de controle e combate das mudanças climáticas, seja por meio da mitigação das emissões de GEE ou da adaptação aos efeitos dessas mudanças em curso. A transição energética trará efeitos

relevantes, dado a importância que o setor energético assume como posição estratégica para redução das vulnerabilidades da região semiárida e para a promoção da sustentabilidade.

Por isso, ações calcadas na mitigação e adaptação climática incluindo um planejamento estratégico com propostas de políticas a nível local, de forma a considerar as particularidades e dinâmica do território se faz urgente, uma vez que a intensificação e manutenção de uma matriz energética renovável pode exigir do atual sistema de planejamento inúmeras mudanças já que as energias renováveis, ocorrem no nível local, fazendo do município um ator importante para a implementação de uma nova forma de gestão.

REFERÊNCIAS

ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. 2021- <http://www.abesco.com.br/> Acesso em: 09/10/2021

ADAPTACLIMA. Plataforma de Conhecimento em Adaptação à Mudança do Clima. cidades no Contexto da Mudança do Clima. Disponível em: <<http://adaptaclima.mma.gov.br/cidades-nocontexto-da-mudanca-do-clima>>. acesso em: 30 nov. 2021

ADGER, W. N., J. Barnett, K. Brown, N. Marshall, and K. O'Brien. 2013. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. *Nature Climate Change* 3:112-117. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1666>

ARROYO, Eveline V.; SILVA, Fábio da; SANTOS, Alberto; CORDEIRO, Deborah; MARENGO, José Antônio; LUCENA, André F. P. **Impactos climáticos na segurança energética no Brasil: análise de eventos observados e opções de adaptação.** Sustainability em Debate - Brasília, v. 11, n.3, p. 177-196, dez/2020.

BARBI, Fabiana. **Governando as mudanças climáticas no nível local: riscos e respostas políticas.** Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Campina – SP, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. *Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil.* Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana, organizador. Brasília: MMA, 2007.

BROOKS, N. Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research. *Working Paper*, n.38, 2003.

BURSZTYN, Maria Augusta; BURSZTYN, Marcel. **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: caminhos para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CLARKE, L. et al. **Effects of long-term climate change on global building energy expenditures**. *Energy Economics*, v. 72, p. 667-677, 2018.

CORREIA, R. C. et al. A região semiárida brasileira. Embrapa Semiárido, 2011. Disponível em: <
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-regiao-semiarida-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf> > Acesso em: Jan. 2019

COUTINHO, S. M. V. et al. Adaptação às mudanças climáticas no Brasil: complexidade, incertezas e estratégias existentes. **Revista ClimaCom, Coexistências e Cocriações**. Ano 8, no. 20, 2021.

CRISTOFIDIS, Demetrios. Política Nacional de recursos hídricos: conquistas e perspectivas. In: THEODORO, Suzi Huf (Org.). **Os 30 anos da Política Nacional do Meio Ambiente: conquistas e perspectivas**. Rio de Janeiro: Garamond, 2011. p.102-120.

D'AVIGNON, Alexandre. Energia, inovação tecnológica e mudanças climáticas. In: MAY, Peter H. **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier. 2010, p. 221-243

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Mudanças Climáticas e Desdobramentos sobre os Estudos de Planejamento Energético: Considerações Iniciais**. Documento de Apoio ao PNE 2050, 2018

FARRAL, M. H. **O conceito de resiliência no contexto dos Sistemas Socioecológicos**. *Ecologia*, n. 6, p. 50-62, 2012. Disponível em:. Acesso em: 30 nov. 2021

GE, Mengpin; FRIEDRICH, Johannes. **4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors**. Washington: WRI, 06 fev. 2020. Disponível em: <<https://www.wri.org/blog/2020/02/greenhouse-gas-emissions-by-country-sector>>

LEFF, Enrique. **Racionalidade Ambiental: a reapropriação social da natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LUSTOSA, M. C. J. Industrialização, meio ambiente, inovação e competitividade. In: MAY, Peter H., **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier. 2010. p.205-220.

IPCC – *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007.

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade – Resumo para**

Decisores. Genebra: IPCC, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf>. Acesso em: 25 de abr. de 2021.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. 2021. Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>>. Acesso em: 27/10/ 2021

LIMA, José Wanderley M . Mudanças Climáticas e a Geração de Energia Elétrica Lima In: FGV ENERGIA. **As Questões Climáticas e os impactos nos negócios de energia**. Publicações FGV. Disponível em: [https:// fgv.br/energia](https://fgv.br/energia). Acesso em: 15/07/2021.

MALVEZZI, Roberto. **Semiárido: uma visão holística**. Brasília: Confea, 2007.

MARENGO, J. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. Parcerias Estratégicas**. Brasília, n. 27, 2008.

MARQUES, G. S.; PIMENTEL, P. E.; O. , VIANNA, J. N. **O Papel da Energia Solar na Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas**: Perspectivas para o Brasil 2030 “CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS” Barranquilla – Colombia – June 21st and 22nd – 2018.

MARTINS, Sérgio Roberto et.all. **Mudanças climáticas e vulnerabilidade na agricultura: desafios para desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais - Número 17 - Setembro/2010.

MATOS, Ana Carolina B. Pereira; MOTA , Catherine Rebouças. *Mudanças Climáticas, Refugiados Ambientais e Deslocados Internos: uma questão também Nordestina*. In: ARÚJO, Alana R. Araújo; BELCHIOR, Germana P. Neiva; VIEGAS, Thaís Emília de Sousa (Orgs). **Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro**. Fortaleza-CE: Fundação Sintaf / São Paulo-SP Instituto: O Direito por Um Planeta Verde. 2016.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília, 2007.

MOREIRA, José Roberto. Mudanças Climáticas e seus Impactos nos Recursos Energéticos do Brasil In: FGV ENERGIA. **As Questões Climáticas e os impactos nos negócios de energia**. Publicações FGV. Disponível via [https:// fgv.br/energia](https://fgv.br/energia). Acesso em: 15/07/2021.

MORENO, Bruno. Reflexões sobre o Tema: as questões climáticas e os impactos nos negócios de energia In: FGV ENERGIA. **As Questões Climáticas e os impactos nos negócios de energia**. Publicações FGV. Disponível em [https:// fgv.br/energia](https://fgv.br/energia). Acesso em: 15/07/2021.

NASCIMENTO, F. R. do. Os Recursos Hídricos e o trópico semiárido no Brasil. In: Geographia, v. 14, nº 28 (1012).

OBERMAIER, Martin. **Velhos e Novos Dilemas nos Sertões: mudanças climáticas, vulnerabilidade e adaptação no semiárido brasileiro.** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011, 154p. (Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro)

OJIMA, Ricardo. **A vulnerabilidade socioambiental como conceito interdisciplinar: avanços e potencialidades para pensar mudanças ambientais.** Cronos: R. Pós-Grad. Ci. Soc. UFRN, Natal, v.13, n. 1, p. 110-120, jan./jun. 2012, ISSN 1982-5560

RAMALHO, Maria Francisca de J. Lírio. **O risco climático da seca no semiárido brasileiro.** Revista Territorium, n.º 25 (I), 2018, © Riscos, ISSN: 0872-8941

RAMOS, Suellen Souza. **VULNERABILIDADE, RESILIÊNCIA E CAPACIDADE ADAPTATIVA EM SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS: uma análise dos impactos de fatores externos em famílias rurais.** – Belém, 2017. 171 f. (Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Tópico úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, da Universidade Federal do Pará)

SÁ, V. C.; SOUZA, B. I. Convivência com o semiárido: Desafios e possibilidades de uma comunidade rural. Revista de Globalizacion, Competitividad y Gobernabilidad , v. v.6, p. 46-65, 2012.

SCHAEFFER, Roberto; SZKLO, Alexandre S.; LUCENA, André F. P. de; BORBA, Bruno S. M. C.; NOGUEIRA, Larissa P. P., FLEMING, Fernanda P.; HARRISON, M.; TROCCOLI, Alberto; BOULAHYA,; Mohammed S. **Energy sector vulnerability to climate change: A review.** Elsevier Ltd: Energy 38, 2012. p. 1-12

SILVA, Marcos Vinicius da; BERMANN, Célio. **O planejamento energético como ferramenta de auxílio às tomadas de decisão sobre a oferta de energia na zona rural. Anais..** Campinas: UNICAMP / NIPE, 2002.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Fortaleza/CE: BNB/ETENE, 2008.

THOMAS, D. S. G.; TWYMAN, C. **Equity and justice in climate change adaptation amongst natural-resource-dependent societies.** *Global Environmental Change* 15:115-124. 2005.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.10.001>

UNISDR – United Nations Office For Disaster Risk Reduction. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2009): Risk and poverty in a changing climate.* United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Geneva, Switzerland: UNISDR, 2009.

WEHBE, M. et al. **Social Methods for Assessing Agricultural Producers: Vulnerability to Climate Variability and Change Based on the Notion of Sustainability**. AIACC Working Paper n. 19, 2005.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Os riscos globais**. Relatório 2021. 16ª Edição. Disponível online via endereço <http://wef.ch/risks2021>. Acesso em 07/08/2021.

YU IWAMA, Allan; BATISTELLA, Mateus; FERREIRA, Lúcia da Costa; ALVES, Diogenes S.; FERREIRA, L. da C. RISCO, VULNERABILIDADE E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR *Ambiente & Sociedade*, vol. XIX, núm. 2, abril-junio, 2016, pp. 95-118