



Mudanças climáticas nos biomas brasileiros e sua influência em empreendimentos de geração de energia

Cleir Ferraz Freire¹

Paulo Augusto Zaitune Pamplin²

Gabriel Alberto Trevizan³

Mudanças Climáticas

Resumo

A aptidão dos biomas do país para implantação de geração de energia já é utilizada no planejamento energético, entretanto, com uma matriz altamente marcada por fontes dependentes do clima, estas aptidões podem ser modificadas em um cenário de mudanças climáticas. Neste estudo foram confrontadas as aptidões atuais com as projeções de mudanças climáticas para cada bioma e apontando possíveis modificações futuras. As projeções atuais apontam queda de produção em hidrelétricas na Amazônia, mas com possibilidade de considerar um potencial solar. A desertificação na caatinga deve levar ao crescimento de energia solar e eólica, mas deve prejudicar a produção de energia hidrelétrica. No cerrado as PCHs devem ter seu potencial reduzido. Para o Pantanal as projeções climáticas são ainda pouco confiáveis, mas regiões do alto pantanal podem ter potencial de produção de energia eólica e solar. A Mata Atlântica nordeste deve ter uma estabilidade, mantendo a boa produção eólica que já caracteriza a região. A região sul/sudeste deve favorecer empreendimentos hidrelétricos, mas nas interfaces com o Cerrado esta situação é inversa. No Pampa se aponta para uma boa produção de energia eólica. Embora as projeções de mudanças climáticas não apontam inviabilidade de empreendimentos de geração de energia, este fenômeno precisa ser considerado no planejamento, especialmente nos cálculos de produtividade e os órgãos ambientais precisam considerar nas suas normativas a inclusão do fenômeno das mudanças climáticas nos licenciamentos e o modelo de investimento em geração no país precisa ter maior regulação no estabelecimento de modalidades e locais para construção de novas usinas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; empreendimentos energéticos; planejamento.

¹Doutorando. Universidade Federal de Alfenas – Programa de Pós graduação em Ciências Ambientais, cleirfreire@gmail.com.

²Professor Doutor Universidade Federal de Alfenas – Programa de Pós graduação em Ciências Ambientais, paulo.pamplin@gmail.com

³Geógrafo. Neoenergia S.A. gatrevizan@gmail.com

INTRODUÇÃO

Em um país de dimensões continentais como o Brasil com variados biomas e condições climáticas e ambientais diversas o planejamento energético relacionado à modalidade de geração deve ter lugar de destaque no planejamento. A aptidão de cada região do país para implantação de geração de energia já é bem conhecida, e obviamente utilizada no planejamento, entretanto, com um cenário de mudanças climáticas em vista, estas aptidões podem ser modificadas, especialmente se considerarmos que a matriz energética brasileira é altamente marcada por fontes dependentes do clima.

As recentes modificações observadas na matriz demonstram a aposta no aumento de novas modalidades de geração, como solar e eólica, diminuindo o protagonismo de geração hidrelétrica, cujo potencial vem demonstrando um esgotamento, além deste potencial estar justamente no norte e centro oeste, regiões nas quais a implantação de grandes empreendimentos é bastante questionada (MME, 2007). Essas novas modalidades também encontram vantagem perante a sociedade, pois são vistas como ambientalmente corretas e não carregam estigmas que a geração hidrelétrica sofre, especialmente se considerarmos questões sociais, inclusive com grupos organizados que combatem a instalação destas usinas.

Mesmo considerando as novas modalidades de geração que ganham espaço a matriz continua com alto grau de dependência climática, e não raro é preciso acionar termelétricas, que são poluentes e produzem energia de alto custo. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, em 2018 a potência instalada de geração de energia elétrica no Brasil ficou assim dividida: hidrelétrica, 60,33 %; termelétrica, 26,21%; eólica, 7,91%; nuclear, 1,26%; e solar, 0,71%, sendo que termelétricas que utilizam matéria prima de origem fóssil representam 17, 18% do total. Isso demonstra a necessidade de planejamento para produção de energia limpa e de baixo custo e neste planejamento a inclusão das projeções das mudanças climáticas é imprescindível.

Infelizmente grande parte das projeções de mudanças climáticas no país tem algum grau de incerteza, porém, as projeções indicam tendências importantes. As principais bases estão calcadas nos modelos climáticos ETA MIROC 5 e HadGEM2, os quais são utilizados

para previsões climáticas e nas adaptações regionais feitas pelos pesquisadores brasileiros, muito bem colocadas em “Base científica das mudanças climáticas”, que indicam previsões de efeitos das mudanças climáticas nos biomas brasileiros, que por sua vez são base de publicações temáticas relativas aos efeitos das mudanças climáticas em setores da economia, produção, agricultura, diversidade biológica entre outros.

Para os Pampas, a Caatinga e Amazônia as projeções tem maior nível de certeza, porém, para os demais biomas, as projeções apontam incertezas, o que por si, também é um elemento importante a ser considerado em um planejamento de geração de energia.

Em relação à produção de energia os biomas brasileiros com suas características climáticas intrínsecas, possuem suas aptidões de geração.

A Amazônia é marcada pela geração hidrelétrica, devido a abundância de água neste bioma e atualmente o uso desta capacidade tem sido elemento de calorosas discussões. A alta nebulosidade da região reduz a capacidade de geração solar, mesmo com as altas temperaturas apresentadas durante todo o ano. O regime de ventos tampouco é promissor. A Caatinga brasileira está se destacando como produtora de energia eólica e mais recentemente vista como alto potencial para instalação de usinas solares. O Cerrado apresenta características para geração bastante semelhantes à Caatinga, com um diferencial importante, o alto número de Pequenas Centrais Hidrelétricas, devido especialmente aos desníveis apresentados nos cursos d’água. A Mata Atlântica nordeste já produz grande quantidade de energia eólica, sendo essa uma inegável aptidão da região, mas também apresenta grande potencial para produção solar. A outra porção da Mata Atlântica, sul/sudeste, possui razoável quantidade de Pequenas Centrais, devido também a sua dinâmica ocupacional e ocupação da terra, e a produção de energia solar distribuída é crescente neste local. O Pantanal possui especialmente PCHs em sua parte alta e os Pampas são marcados pela produção de energia eólica.

No país a questão das mudanças climáticas ainda é largamente tratada no âmbito da redução de emissões, estando a questão das adaptações ainda em seu início nos estudos, planejamentos e políticas públicas, por isso todas contribuições, ainda que em nível mais lato são importantes para moldar ações e delineamentos futuros.

Este estudo objetivou apontar futuras vulnerabilidades e novos caminhos para a geração de energia nos biomas brasileiros de acordo com as projeções climáticas.

METODOLOGIA

Tabela 1 – Mudanças climáticas esperadas para os diversos biomas brasileiros, em precipitação e temperatura, para os períodos 2011 a 2040, 2041 a 2070 e 2071 a 2100 durante o verão e inverno. (adaptado de: Base científica das mudanças climáticas, 2014)

Amazônia						
Verão	Precipitação (mm)			Temperatura (Celsius)		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 10	- 25	- 40	1	3	5
Inverno	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 10	- 30	- 45	1,5	3,5	6
Caatinga						
Verão	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 10	- 25	- 40	0,5	1,5	3,5
Inverno	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 20	- 35	- 50	1,0	2,5	4,5
Cerrado						
Verão	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 10	- 20	- 35	1,0	3,0	5,0
Inverno	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 10	- 20	- 35	1,0	3,5	5,5
Mata Atlântica NE						
Verão	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 10	- 20	- 30	0,5	2,0	3,0
Inverno	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 10	- 25	- 35	1,0	3,0	4,0
Mata Atlântica S/SE						
Verão	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	10	20	30	0,5	2,0	3,0
Inverno	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	05	15	25	1,0	2,0	3,0
Pampa						
Verão	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	10	20	40	0,5	1,0	2,5
Inverno	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	05	15	35	1,0	1,5	3,0
Pantanal						
Verão	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 05	- 10	- 20	1,0	2,5	3,5
Inverno	Precipitação			Temperatura		
	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100	2011 - 2040	2014 - 2070	2071 - 2100
	- 15	- 25	- 35	1,0	3,0	4,5

Neste estudo foi realizado uma análise das aptidões atuais de geração de energia para os biomas brasileiros e confrontadas com as projeções de mudanças climáticas para cada bioma e assim apontado como esta aptidão pode se modificar, no intuito de apontar a importância de inserir no planejamento energético brasileiro essas modificações e também apontar a necessidade de inserir estas questões também nos processos de licenciamento ambiental.

Foram observadas as recentes projeções de mudanças climáticas para os biomas brasileiros, presentes na “Base científica das mudanças climáticas”. As principais bases estão calcadas nos modelos climáticos ETA MIROC 5 e HadGEM2, os quais são utilizados como base para previsões climáticas e utilizados nas adaptações regionais feitas pelos pesquisadores brasileiros. Foram observadas as aptidões atuais de geração de energia para cada bioma e então confrontada esta aptidão com as projeções a fim de verificar mudanças relacionadas a eficiência e quantidade na geração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a região amazônica as projeções apontam queda na distribuição de chuvas, especialmente na parte oriental. Atualmente a Amazônia é a nova fronteira hidrelétrica do Brasil, com quatro das cinco maiores usinas em operação no país (Castillo, 2019). Estudos da Empresa Brasileira de Energia Elétrica apontam que a Bacia do Amazonas concentra 42,2% do potencial hidrelétrico do país, sendo que 70% já é inventariado. São dezenas de grandes empreendimentos e centenas de pequenas centrais hidrelétricas planejadas para construção na região (BRASIL, 2018).

Com isso, temos uma situação que coloca este potencial em risco. Uma redução no volume de chuvas deverá prejudicar empreendimentos hidrelétricos nesta região, inclusive reduzindo o potencial de geração das usinas já instaladas. Essa situação deve exigir que as hidrelétricas da região sejam de grande área alagada, com reservatórios capazes de grande armazenamento de água, para garantia de energia firme, o que gera problemas sociais e ambientais e grandes entraves em processos de licenciamento, como visto na hidrelétrica de Belo Monte, até os dias atuais controversa.

Em favor de algum potencial energético existe a possibilidade que com esta

diminuição de chuvas o microclima possa ser alterado com queda na nebulosidade, podendo viabilizar geração de energia solar, atualmente pouco viável na região pela baixa insolação. Isso é particularmente importante no potencial de energia solar distribuída, que pode aliviar pressão nos centros urbanos. Ventos resultantes de diferenças térmicas entre massas de ar e de água podem ser melhor estudadas para determinar se este potencial pode ser também explorado.

Para a caatinga a projeção climática é de desertificação, inclusive em ritmo acelerado. Esta condição pode levar ao incremento da implantação de energia solar, já em grande ascensão na região. Apesar do grande potencial atual e futuro, a região ainda tem relativamente poucos empreendimentos, tanto na modalidade comercial como em geração local ou distribuída. Esse potencial pode inclusive alavancar empreendimentos locais para qualquer fim, minimizando a dependência do sistema integrado. A desertificação da região deve demandar maior quantidade de sistemas de captação e irrigação, que podem ser total ou parcialmente atendidos com produção de energia solar.

A instabilidade do clima na caatinga causada pela desertificação também pode colaborar para incremento de ventos. No início instaladas mais próximas do litoral nordestino, agora estes empreendimentos dominam as diversas regiões do bioma caatinga, em especial em regiões com elevações, morros e serras. Vale lembrar que esta modalidade de geração vem batendo recordes de produção, devido tanto ao aumento da instalação de empreendimentos como também do fator de capacidade das usinas instaladas.

Também é preciso lembrar que existem hidrelétricas neste bioma, sendo quatro no rio São Francisco. Essas hidrelétricas já tem um vasto histórico de dificuldades de produção por baixa disponibilidade hídrica, e devem competir pelos recursos com outros usos, como lazer, irrigação e transposição. A instalação de painéis solares na lâmina d'água de reservatórios já é uma realidade e pode se intensificar ainda mais.

O cerrado também tem projeção de redução do número de chuvas, o que pode levar a um prejuízo na produtividade das hidrelétricas da região, desde as grandes hidrelétricas, como as dos rios Araguaia, Tocantins e até Jequitinhonha, mas principalmente pelas pequenas, as chamadas PCHs, pois a grande maioria delas funciona a fio d'água, ou seja, não possuem capacidade de acumulação de água, ficando a produção à mercê da vazão do

corpo hídrico, tornam-se reféns da sazonalidade para sua produção. Por outro lado, espera-se uma maior produtividade para empreendimentos eólicos e solares, cujo já alto potencial deve aumentar.

A região do pantanal também tem projeção de diminuição de chuvas e aumento de temperaturas, entretanto, para esta região as projeções ainda são pouco confiáveis, pois se trata de uma configuração de paisagem bastante diferenciada e peculiar. As baixas declividades da região não a tornam muito atraente para empreendimentos hidrelétricos, mas nas regiões do chamado alto pantanal existem algumas, especialmente PCHs, que pelas razões citadas anteriormente são muito susceptíveis na sua produção devido a sazonalidade.

É preciso considerar potencial de produção de energia eólica e solar, embora para estas modalidades a região não apresente alto potencial, mas a sequência de secas anormais da região já demanda uma observação mais acurada para estes potenciais.

A mata atlântica brasileira pode ser dividida em duas porções: nordeste e sul/sudeste, sendo que as projeções são diferentes para as duas porções. Na porção nordeste as projeções apontam um leve aumento de temperaturas e menor decréscimo de precipitação que nas demais regiões, mantendo de certa forma uma estabilidade. A região apresenta bom potencial solar, tanto em usinas como em geração distribuída, muito importante em um local de crescente população urbana. O altíssimo potencial eólico natural, dado por ventos que não devem se modificar, continua a ser o mais promissor eixo de planejamento de geração na região.

A outra porção da Mata atlântica, sul/sudeste, também tem projeção de pouco aumento de temperatura, entretanto, é previsto nesta região um aumento nas precipitações, o que deve favorecer instalação de empreendimentos hidrelétricos, ou ao menos garantir a boa produção dos já instalados, o que é extremamente importante, considerando a quantidade de pequenas centrais presentes na região. Nas regiões de interface com o Cerrado, entretanto, a projeção de secas mais prolongadas já está causando redução significativa de produção de energia e planejar otimização nesta geração, com melhores turbinas, dentre outras possibilidades, é imperioso.

Neste bioma a produção de energia solar não deve ser menosprezada, especialmente pelo fato de que existe uma crescente busca por geração distribuída, pois o valor da terra

nesta região pode inviabilizar grandes empreendimentos solares. Esta modalidade é importante como alívio para uma demanda urbana crescente, já que neste bioma se concentra a maior parte da população brasileira.

A energia eólica neste bioma está concentrada em locais específicos, onde já se conhece o potencial de ventos, como no estado do Rio Grande do Sul, mas a possibilidade de crescimento de ventos, especialmente no sul do país, mesmo que concentrada em determinadas épocas do ano não deve ser menosprezada.

Por último, nos pampas as projeções indicam leve aumento de temperatura e aumento das precipitações, favorecendo hidrelétricas, porém, o relevo da região não favorece tanto estes empreendimentos, especialmente de grande porte. Estas mudanças não devem prejudicar a já boa vocação da região para produção de energia eólica, a modalidade mais promissora para este bioma no momento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, entendemos que embora as projeções de mudanças climáticas não apontem inviabilidade de empreendimentos de geração de energia, prontos, em implantação ou futuros, este fenômeno precisa ser considerado no planejamento energético do país de forma contundente, uma vez que devem influenciar muito diretamente na produtividade dos empreendimentos.

É de extrema importância que as regiões da Amazônia, caatinga e pampa recebam atenção imediata nos seus planejamentos de potencial de geração, inclusive nos empreendimentos em aprovação, pois as projeções de mudanças climáticas para estas regiões têm maior confiabilidade e devem ser utilizados como conhecimento. Nas demais regiões, cujas projeções ainda tem menor confiabilidade, deve-se usar precaução na aprovação de empreendimentos e inserir as projeções no planejamento futuro.

Também é de extrema importância que as instituições planejadoras atualizem as metodologias de cálculo de produtividade, fator de capacitação, inserindo as informações disponíveis coletadas pelas usinas atuais e inserindo as projeções futuras advindas destes dados, a fim de ter maior acuidade nos números para embasamento de projetos.

Os órgãos ambientais licenciadores devem inserir em suas normativas estas

projeções climáticas, desde da requisição de inserção desta variável nos estudos ambientais para emissão de licenças como também capacitar as equipes nesta observação.

É recomendável que qualquer possibilidade de aumento de geração sem necessidade de construção de novas usinas seja sempre avaliada, como troca de turbinas ou qualquer modernização disponível que aumente a produção.

Por fim, também é preciso alertar para a fragilidade do modelo brasileiro de produção de energia com o capital privado realizando as escolhas para construção de usinas. Embora o modelo em si não seja prejudicial, ele requer forte regulamentação, pois os interesses de investimento e sustentabilidade ambiental podem estar muito desalinhados em um cenário de rápidas mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, T., ANDERSSON, G., SÖDER, L., "Distributed generation: a definition", 2001.
PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Base Científica das Mudanças Climáticas. Vol. I. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. 2014.

BRASIL. Anuário Estatístico de Energia Elétrica, ano base 2017. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética, 2018. BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. Mapa e Fichas. Brasília, 2003.

BRASIL. MME - Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia ; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília : MME : EPE, 2007.

BIG - Banco de Informações de Geração». www2.aneel.gov.br. Em 02 de março de 2021.

FREIRE, C. F. Conflitos ambientais e Áreas Prioritárias para Conservação em regiões de potencial para implantação de Usinas Solares Fotovoltaicas. IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Florianópolis, 2014.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos, 1º edição, 2006; 64 p.