

Uma nota sobre a implementação de parques eólicos na região Nordeste do Brasil e seus impactos sobre a cota parte do ICMS municipal

Maria Analice dos Santos Sampaio 

Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Brasil

Edward Martins Costa 

Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Brasil

Guilherme Irffi 

Departamento de Economia Aplicada, Universidade Federal do Ceará, Brasil

Este artigo testa a hipótese de que a implantação de parque de geração de energia eólica afeta a distribuição de ICMS aos municípios nordestinos. Para isso, utilizam-se dados da cota parte municipal e o modelo de diferenças em diferenças com múltiplos períodos, proposto por Callaway e Sant'Anna (2021). Os resultados apontam um aumento de 24,41% da cota parte do ICMS nos municípios que receberam parques eólicos. Destaca-se, no entanto, que pelo efeito dinâmico tal implicação só pode ser observada a partir do segundo ano pós operação das usinas, fator que pode estar associado às isenções como forma de incentivos fiscais.

Palavras-chave. Parques eólicos, Cota parte do ICMS, Impactos, Municípios nordestinos.

Classificação JEL. C54, Q42.

1. Introdução

Diante do contexto mundial de mudanças climáticas e escassez de recursos, o debate sobre a importância das fontes de energia renováveis aliado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a Agenda 2030 visa inserção de energia limpa e acessível na matriz energética das nações para garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável, além de reduzir a emissão dos gases do efeito estufa (GEE) muitas vezes desencadeados pelo aumento no consumo de energias primárias (UNFCCC, 2015).

A energia eólica, uma fonte de energia renovável e de baixo impacto ambiental, é destaque no cenário mundial (Oliveira et al., 2020). No Brasil, a energia dos ventos vem ganhando força e incentivos governamentais nas últimas décadas, com destaque para a região Nordeste que pela sua abundância em ventos litorâneos se mostrou propicia

Maria Analice dos Santos Sampaio : analicesampaio@alu.ufc.br

Edward Martins Costa : edwardcosta@ufc.br

Guilherme Irffi : irffi@caen.ufc.br

para a geração desse tipo de energia, tanto que a região responde por mais de 80% de todo o potencial eólico brasileiro ([ANEEL, 2020](#)).

Os investimentos para a expansão do setor eólico no Brasil corresponderam a R\$ 66,95 bilhões no período de 2011 a 2019. Além disso, foram arrecadados R\$ 22,4 bilhões em tributos relacionados, tendo o ICMS¹ como principal responsável, com R\$ 11,8 bilhões em arrecadação ([Oliveira et al., 2020](#)). É importante frisar que, do valor arrecadado do ICMS a Constituição Federal (1988) estabelece que 25% devem ser repassados aos municípios do respectivo estado. Desse valor resultante, no mínimo 75% devem ser distribuídos de acordo com o local em que ocorreu o fato gerador, critério conhecido como valor adicionado fiscal ([Brasil, 1988](#)). A repartição da Cota parte do ICMS, depende também da legislação específica dos estados, os critérios de distribuição podem estar relacionados a indicadores de saúde, educação e meio-ambiente, por exemplo².

Diante disso, o objetivo desta nota consiste em testar a hipótese de que a implantação de parque de geração de energia eólica afeta a distribuição de ICMS aos municípios nordestinos. Para testar essa hipótese utilizou-se um modelo de diferenças em diferenças desenvolvido por [Callaway e Sant'Anna \(2021\)](#), que considera, múltiplos períodos, variação no tempo de tratamento e suposição de tendências paralelas e, ainda, permite captar além dos efeitos agregados do tratamento, efeitos de grupo, de tempo (calendário) e efeitos dinâmicos (dado pelo projeto de estudo de evento).

A literatura aponta que a instalação de usinas eólicas gera impactos às localidades onde foram implementadas. [Brown et al. \(2012\)](#) analisou uma região rica em ventos nos EUA e identificou impactos do desenvolvimento da energia eólica na renda pessoal e nos empregos. [Mauritzen \(2020\)](#) também observou um efeito positivo de 2% nos salários após o investimento em um grande parque eólico nos EUA. [Ejdemo e Söderholm \(2015\)](#) em um estudo para um condado sueco identificaram efeitos positivos sobre os empregos na região. Enquanto [Xia e Song \(2017\)](#) verificaram que a capacidade instalada de energia eólica tem um pequeno e estável efeito positivo local sobre o PIB da China, no entanto, foram observados resultados negativos com relação à receita fiscal local.

No caso brasileiro, a literatura indica que a implantação de usinas eólicas pode ser um importante canal de desenvolvimento local em diferentes aspectos socioeconômicos, alguns resultados mostram que a instalação de parques eólicos provoca um aumento nos níveis de emprego, salários, VAB da agropecuária e PIB per capita nos municípios tratados ([Gonçalves et al., 2020; Rodrigues et al., 2019](#)). Diante disso, essa nota contribui ao analisar os resultados para a cota parte do ICMS.

Os resultados encontrados partem do pressuposto da não violação da suposição de tendências paralelas. As principais evidências apontam que, a implementação de parques eólicos levou a um aumento da cota parte do ICMS nos municípios nordestinos afetados pela intervenção. O efeito médio do tratamento pelo ano “g” em que um município inicia suas operações de distribuição de energia na presença de parques eólicos

¹ICMS é acrograma de Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação.

²Para mais detalhes, ver [Carneiro et al. \(2022\)](#).

é de 24,41%. Os efeitos médios de grupo também podem ser observados para as unidades que receberam o tratamento nos anos de 2014, 2016 e 2019, correspondendo a um aumento de 52,31, 36,81 e 26,21% na cota parte do ICMS, respectivamente.

A partir dos efeitos de tempo/calendário observa-se que em 2016, o valor da cota parte do ICMS foi de 18,56% maior do que seria caso os municípios não tivessem recebido os parques eólicos. Em 2017, 26,81% maior; em 2018, 32,00% maior; e, em 2019, 54,97% maior. Os efeitos dinâmicos do tratamento apontam que tais impactos só podem ser observados a partir do segundo ano de operação das usinas.

Assim, a partir destes resultados pode-se inferir que a implementação de usinas eólicas nos municípios nordestinos pode ser um importante canal de desenvolvimento regional capaz de beneficiar outros setores econômicos. Os impactos sobre a cota parte do ICMS são relevantes também para que se possa pensar sobre possíveis efeitos em indicadores de saúde e educação, por exemplo, uma vez que a distribuição da cota parte, a depender da respectiva legislação estadual, é capaz de afetar esses setores.

2. Notas metodológicas

Esta seção expõe os materiais e métodos utilizados na pesquisa, logo, contém informações sobre os dados utilizados, a estratégia de identificação dos grupos de tratamento e controle bem como a estratégia empírica utilizada para atingir o objetivo proposto.

2.1 Dados

Para analisar os efeitos da instalação de parques eólicos, utilizam-se informações do Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA) com a quantidade de parques e a potência instalada de cada parque, considerando a data de implementação, localização das usinas e a capacidade instalada. Vale ressaltar que foram excluídas do tratamento usinas com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), pois essas usinas não são construídas com finalidade comercial ([Gonçalves et al., 2020](#)).

A variável referente à cota parte do ICMS é extraída do site Finanças do Brasil (FINBRA), a velocidade dos ventos tem como fonte o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), enquanto algumas características dos municípios como densidade populacional e a tipologia municipal (rural, urbano) são provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O período de análise corresponde aos anos de 2009 a 2019, pois a partir de 2009 houve uma expansão da instalação de usinas eólicas³ no Brasil.

2.2 Estratégias de identificação

Os municípios vizinhos (contíguos) àqueles que possuem instalações eólicas (Figura 1) são utilizados como grupo de controle, assumindo que eles possuem características socioeconômicas e climáticas semelhantes ([Rodrigues et al., 2019](#)). A amostra totaliza 70 municípios tratados (municípios que tiveram instalações de parques eólicos) e 193 municípios no grupo de controle (sem geração de energia eólica) na região Nordeste.

³Para mais informações, consultar os autores.

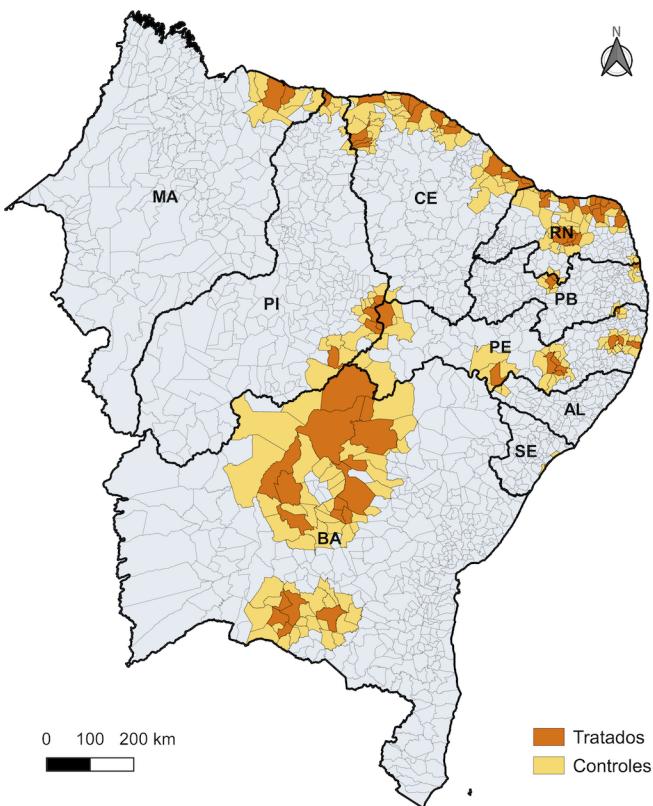


Figura 1. Mapa dos municípios tratados e de controle.

2.3 Estratégia empírica

Como a instalação de usinas eólicas ocorre em momentos distintos no tempo e, por consequência, a exposição ao tratamento é diferente entre os municípios, se faz necessário utilizar uma abordagem flexível aos dados e que permite considerar múltiplos períodos, variação no tempo de tratamento e, ainda, a suposição de tendências paralelas mantidas após o condicionamento em variáveis observáveis.

O método de diferenças em diferenças com múltiplos períodos propostos por [Calilaway e Sant'Anna \(2021\)](#) permite identificar efeitos heterogêneos de implantação de parques eólicos tanto para diferentes grupos de municípios que receberam ao menos um parque, como também para diferentes períodos. Além disso, com este estimador é possível agrupar os municípios expostos a geração de energia eólica de acordo com o momento em que tiveram a instalação da primeira usina eólica, esses municípios são denotados como g e compreendem o período de 2009 a 2019, isto é, $g = 2009, 2010, 2012, 2013, \dots, 2019$.

A partir disso, pode-se identificar o efeito do tratamento sobre os tratados para cada combinação (g, t) , onde g são os cortes de entradas e t representa o tempo calendário. Para tornar os grupos de tratamento e controle mais próximos em termos de probabilidade de participar do programa e de características observáveis, o estimador utiliza

o escore de propensão dado por: $P_g(X) = P(G_g = 1 | X, G_g + (1 - D_t) = 1)$, onde X é definido como o conjunto de variáveis observáveis; G_g é uma variável binária que assume o valor 1 caso a unidade entre no tratamento no período; $1 - D_t$ também é uma variável binária, assumindo 1 para unidades nunca tratadas.

Diante disso e dado que se dispõe de informações para os períodos $t = 1, 2, \dots, \tau$, Callaway e Sant'Anna (2021) mostram que, para o grupo g no período $t \geq g$, o efeito médio do tratamento sobre os tratados é dado por:

$$ATT_{dr}^{ny}(g,t) = E \left[\left(\frac{G_g}{E[G_g]} - \frac{\frac{p_{g,t}(X)(1-D_t)}{1-p_{g,t}(X)}}{E \left[\frac{p_{g,t}(X)(1-D_t)}{1-p_{g,t}(X)} \right]} \right) (Y_t - Y_{g-1} - 1 - m_{g,t}^{ny}(X)) \right], \quad (1)$$

onde $m_{g,t}^{ny}(X) = Y_t - Y_{g-1} | X, D_t = 0, G_g = 0$ e Y é a variável de resultado, sendo que Y_t e Y_{g-1} denotam respectivamente a variável de resultado em t e no período imediatamente anterior à entrada no programa do grupo g . Os elementos $w_g^G = G_g / E[G_g]$ e $w_g^{1-D_t} = \frac{p_{g,t}(X)(1-D_t)}{1-p_{g,t}(X)} / E \left[\frac{p_{g,t}(X)(1-D_t)}{1-p_{g,t}(X)} \right]$ são os pesos para os grupos de tratamento e controle, respectivamente, sendo escores de propensão normalizados para somar 1, ou seja, utiliza-se um procedimento de reponderação que garante que as covariadas do grupo g e do grupo de controle estejam equilibradas.

Destaca-se nessa pesquisa a utilização do balanceamento por Entropia⁴ como medida de ponderação entre os grupos de tratamento e controle⁵, com o objetivo de encontrar uma amostra com unidades de controle mais próximas possíveis das unidades de tratamento com base nas características observáveis.

3. Análise e discussão dos resultados

O valor médio da cota parte do ICMS, de acordo com a participação ou não no tratamento, considerando o ano anterior ao início do tratamento (2008) e o último ano de análise (2019) como referência para a comparabilidade entre os grupos é apresentada na Tabela 1. Note que a média é inferior nos municípios que receberam parque eólicos em 2008, antes da instalação dos parques, enquanto, em 2019, a diferença é favorável para os municípios que tiveram parques gerando energia eólica. O que pode sinalizar uma maior dinâmica da economia local, em função da distribuição de recursos da cota parte do ICMS.

Os efeitos da implementação de usinas eólicas sobre a Cota parte do ICMS nos municípios tratados, são apresentados na Tabela 2, enquanto a validade da suposição de tendências paralelas é mostrada em Apêndice, e evidencia que os municípios tratados e de controle teriam experimentado comportamento similares na ausência da instalação de parques eólicos, já que a trajetória observada no tempo de pré-tratamento se encontra estável em torno de zero e coberta pelas bandas do intervalo de confiança.

⁴Ver Hainmueller (2012)

⁵Para construção do peso no balanceamento por Entropia foram utilizadas a velocidade média dos ventos (INPE, 2004 a 2019), expectativa de vida ao nascer, IDHM (Renda, Longevidade, Educação), Subíndice de escolaridade fundamental da população adulta, renda per capita média (IBGE, 2010).

Tabela 1. Teste-T para a diferença de média dos tratados e controles, para nos anos de 2008 e 2019.

Cota ICMS	2008				2019			
	Trat (T)	Cont (C)	(T-C)	T-test	Trat (T)	Cont (C)	(T-C)	T-test
	8791,48	9469,61	-678,13	-0,15	20063,80	13798,82	6264,98	0,97
Observações	70	193			70	193		

Nota: (T-C) Diferença de média = (Média dos Tratados — Média dos Controles). Significância do Teste-T: < 0,05:*

Tabela 2. Estimativas do efeito do tratamento agregado da instalação e funcionamento de parque eólico sobre a Cota parte do ICMS.

	Parcialmente agregado			Parâmetros únicos
Média Ponderada Simples				0,2121 (0,0555)
Efeitos específicos do grupo	g=2014 0,5231 (0,1669)	g=2016 0,3681 (0,1256)	g=2017 0,2621 (0,0854)	0,2441 (0,0491)
Efeitos de tempo/Calendário	t=2016 0,1856 (0,0675)	t=2017 0,2681 (0,0652)	t=2018 0,3200 (0,0633)	t=2019 0,5497 (0,0848)
Estudo de evento	e=2 0,1822 (0,0675)	e=3 0,3565 (0,0792)	e=4 0,4784 (0,1153)	e=5 0,4131 (0,1306)
Estudo de Evento com grupos balanceados				0,2200 (0,0659)
(i)				
(ii)	e=2 0,1822 (0,0661)			0,1014 (0,0455)
(iii)	e=3 0,3565 (0,0797)			0,1410 (0,0557)

Notas: Significativo a 5%. Erro padrão entre parênteses. Na estimativa foram utilizadas além do peso da Entropia a densidade populacional, velocidade dos ventos e tipologia municipal. Considera-se um efeito antecipatório de 2 anos, dada a construção dos parques eólicos. Na estatística referente ao Estudo de Evento balanceado, considera-se os municípios que foram expostos ao tratamento da seguinte forma: i) aqueles que são tratados a pelo menos 1 ano; ii) aqueles expostos ao tratamento a pelo menos dois anos e, iii) aqueles que possuem pelo menos 3 anos de tratamento.

A primeira linha da tabela fornece uma agregação simples, dada pela média ponderada de todos os efeitos médios do tratamento no tempo do grupo com pesos proporcionais ao tamanho do grupo. A linha que retrata os efeitos específicos de grupo, calcula os efeitos médios do tratamento em diferentes grupos. Os efeitos de tempo/calendário permitem agregações em diferentes períodos, calculando os efeitos médios do tratamento em diferentes períodos. O estudo de evento expõe a duração do efeito do tratamento.

As análises para o estudo de evento balanceado leva em consideração os municípios expostos ao tratamento a pelo menos 1, 2 e 3 anos, respectivamente.

Dessa forma, observa-se pelo efeito simples que nos municípios que receberam instalações eólicas o valor da Cota parte do ICMS é de cerca de 21,21% maior do que seria caso não tivessem sido beneficiados. Pelos efeitos geral de grupo e dinâmico agregado, esse aumento corresponde a 24,41% e 22,00%, respectivamente. Os efeitos específicos de grupo apontam que os municípios que entraram no tratamento nos anos de 2014, 2016 e 2017 tiveram acréscimos de 52,31, 36,81 e 26,21% na Cota parte do ICMS, respectivamente.

As estimativas para o efeito no tempo indicam que os impactos ocorreram nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019, sendo crescente conforme uma maior exposição ao tratamento, chegando a um incremento de 54,97% no ano de 2019. Os resultados divergem dos encontrados por [Rodrigues et al. \(2019\)](#), dado que a instalação dos parques eólicos não influenciou na arrecadação do ICMS.

Pelo projeto estudo de evento, percebe-se pela Figura 2 que os efeitos da implementação de parques eólicos nos municípios sobre a Cota parte do ICMS só aparecem a partir do segundo ano de instalação das usinas, permanecendo até o quinto ano.

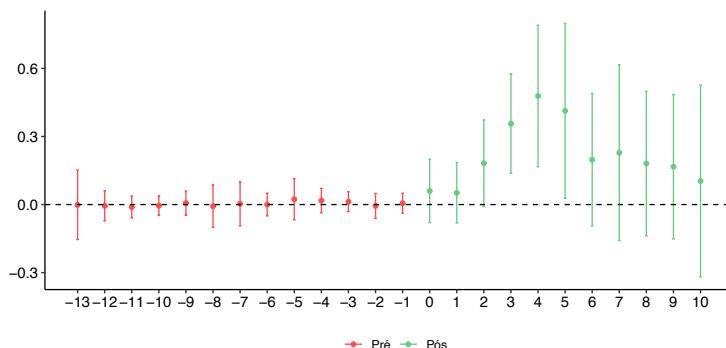


Figura 2. Efeito dinâmico sobre a Cota parte do ICMS para os municípios nordestinos.

Os efeitos balanceados também mostram que os impactos aparecem a partir do segundo ano de implementação das usinas. Isso pode estar associada as isenções fiscais para o incentivo da instalação de energias renováveis nos municípios.

Diante dos resultados encontrados, é possível notar a influência exercida pelo setor de energia eólica na arrecadação dos municípios. E embora esse efeito não possa ser observado exatamente no ano de instalação dos parques, fato que pode estar ligado aos incentivos fiscais concedidos ao setor com o intuito de atrair investimentos, tais impactos são perceptíveis a partir do segundo ano de operação das usinas e permanecem até o quinto ano.

[Rodrigues et al. \(2019\)](#) argumentam que os incentivos fiscais para a geração de energia eólica podem levar a uma redução no montante de impostos levados aos cofres públicos. De fato, com o intuito de deixar o setor eólico mais competitivo, existem no

Brasil algumas políticas de incentivo para a geração de energias renováveis. Dentre as quais estão a Lei nº 11.488/2007 e o Decreto nº 6.144/2007 (Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura, criado com o objetivo de desenvolver a infraestrutura do país, desonera o PIS/COFINS incidente sobre a importação direta e na compra de máquinas, aparelhos e equipamentos incorporados em obras de infraestrutura destinadas ao ativo imobilizado); Decreto nº 8.950/2016 (Tabela do IPI: reduz a zero o IPI sobre equipamentos e componentes utilizados em aerogeradores). Existe também a autorização para que os estados possam conceder diferimento sobre o ICMS balizados no Convênio ICMS 109/14.

Destaca-se, no entanto, que existem efeitos diretos e indiretos gerados pelo setor eólico, e mesmo que os efeitos diretos sejam mitigados pelos incentivos fiscais concedidos para a geração de energias limpas e renováveis, os efeitos indiretos provocados pelos altos investimentos no setor ainda permanecem.

4. Considerações finais

Para testar a hipótese de que a implantação de parque de geração de energia eólica afeta a distribuição de ICMS aos municípios nordestinos, foram utilizados dados do período de 2009 a 2019 e a metodologia de diferenças em diferenças com múltiplos períodos proposta por Callaway e Sant'Anna (2021).

Essa nota contribui com a literatura ao apresentar os efeitos da instalação de usinas eólicas sobre a cota parte do ICMS. Os resultados apontam para efeitos positivos significativos da implementação de parques eólicos sobre a Cota parte do ICMS para os municípios da região Nordeste. O efeito agregado para os municípios que tiveram parque de geração de energia eólica aumentou em 24,41% a arrecadação do fisco, sendo que os efeitos dinâmicos só aparecem a partir do segundo ano de operação das usinas.

Estes resultados podem ser úteis para informar aos formuladores de políticas os efeitos gerados pela energia eólica nos municípios e sua importância econômica regional, ajudando a definir a alocação de investimentos nesse setor. Além disso, pode auxiliar no desenvolvimento de pesquisas futuras sobre como os efeitos da instalação de usinas eólicas nos municípios sobre a Cota parte do ICMS podem impactar os resultados de saúde e educação, por exemplo.

Referências Bibliográficas

ANEEL (2020): “Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA,” Rel. Técn., Agência Nacional de Energia Elétrica. [2]

Brasil (1988): *Constituição da República Federativa do Brasil*, Câmara dos Deputados. Available at: https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/legislacao/constituicao_1988. Accessed: Aug. 18, 2020. [2]

Brown et al. (2012): “Ex post analysis of economic impacts from wind power development in US counties,” *Energy Economics*, 34 (6), 1743–1754. [2]

Callaway, B. e P.H.C. Sant'Anna (2021): “Difference-in-Differences with multiple time periods,” *Journal of Econometrics*, 225 (2), 200–230. [1, 2, 4, 5]

Carneiro et al. (2022): “Mecanismo de indução de políticas para a educação básica:: análise das experiências dos estados brasileiros com a cota parte do ICMS,” *Escola Nacional de Administração Pública (Enap) XI Prêmio SOF de Monografias*, XI. [2]

Ejdemo, T. e P. Söderholm (2015): “Wind power, regional development and benefit-sharing: The case of Northern Sweden,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 476–485. [2]

Gonçalves, S., T. P. Rodrigues, e A. L. S. Chagas (2020): “The impact of wind power on the Brazilian labor market,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128, 109887. [2, 3]

Mauritzen (2020): “Will the locals benefit? The effect of wind power investments on rural wages,” *Energy Policy*, 142, 111489. [2]

Oliveira, G., A. Z. Curi, P. S. Feline, e T. R. A. Ficarelli (2020): “Impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no Brasil,” Rel. Técn., GO associados. ABEEólica. São Paulo. [1, 2]

Rodrigues et al. (2019): “Efeitos da Construção de Parques Eólicos sobre indicadores econômicos e fiscais dos municípios brasileiros,” in *34o Encontro Regional Nordeste de Economia, 19. 2019. Fortaleza, Ceará. Fortaleza: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia – ANPEC.* [2, 3, 7]

UNFCCC (2015): “[Adoption of the Paris Agreement](#),” Rel. Técn., United Nations Framework Convention on Climate Change. [1]

Xia, F. e F. Song (2017): “Evaluating the economic impact of wind power development on local economies in China,” *Energy Policy*, 110, 263–270. [2]

Apêndice A: Tendências paralelas da cota parte do ICMS, Nordeste do Brasil

