

## **Mapeando os Impactos da Expansão de Parques Eólicos no Nexo Água-Energia-Alimento no Semiárido do Rio Grande do Norte**

**JACQUES LUCAS DE FRANÇA AZEVEDO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

**SAMUEL AZEVEDO SANTOS DE MEDEIROS**

**CECÍLIA MARIA MOREIRA FERREIRA**

**DIEGO CRISTÓVÃO ALVES DE SOUZA PAES**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

### **Resumo**

O Nexo Água-Energia-Alimento é uma abordagem que destaca a interdependência entre a segurança hídrica, energética e alimentar, especialmente em regiões vulneráveis como o semiárido brasileiro. Este estudo foca na região do Seridó do Rio Grande do Norte, onde a expansão da energia eólica, apesar de ser uma fonte renovável, traz desafios e oportunidades significativas. O objetivo do estudo é o de mapear e analisar como essa expansão influencia o Nexo Água-Energia-Alimento, fornecendo uma compreensão mais profunda das interações e possíveis conflitos locais. A metodologia adotada inclui três fases principais: uma pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica, a análise das discussões em eventos da comunidade local e acadêmicos sobre impactos da energia eólica no Seridó, e o mapeamento dos impactos da energia eólica utilizando Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) disponíveis sobre projetos na região. A análise dos dados revela que a expansão dos parques eólicos está causando transformações visíveis na geografia, fauna e flora locais, além de afetar a gestão da água e a produção de alimentos. Esses impactos, que incluem a degradação do solo, a competição por áreas de cultivo e a redução da qualidade da água, são percebidos negativamente pelos moradores. Uma próxima fase do estudo visa quantificar os impactos para analisar a gravidade das externalidades locais e avaliar possíveis medidas mitigadoras.

### **Palavras Chave**

FEW Nexus, Seridó, Energia Eólica

# MAPEANDO OS IMPACTOS DA EXPANSÃO DE PARQUES EÓLICOS NO NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTO NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda energética global, e a urgência em encontrar fontes alternativas sustentáveis formam um desafio central da humanidade. O avanço da energia eólica surge como uma resposta, impulsionada não apenas pela reduzida emissão de carbono, mas também pela busca por segurança energética através da diversificação na matriz. Em meio a isso, o conceito do Nexo Água-Energia-Alimento (FEW Nexus) se torna relevante na análise do impacto desta matriz energética, posto que as interações entre esses três recursos essenciais precisam ser minuciosamente planejadas e geridas de forma que possam garantir a sustentabilidade.

A concepção do Nexo Água-Energia-Alimento destaca os riscos relacionados à segurança hídrica, energética e alimentar. Recentemente, novos estudos têm ampliado o entendimento sobre essa interconexão, destacando sua importância em diferentes contextos globais. No semiárido brasileiro, particularmente na região do Seridó do Rio Grande do Norte, essa concepção se torna crucial devido à escassez hídrica característica dessa região, que coloca desafios adicionais à produção de alimentos e à geração de energia.

A expansão da energia eólica, uma fonte renovável que tem ganhado destaque por sua baixa emissão de carbono e baixo consumo de água, a princípio traz novos desafios e oportunidades para o semiárido nordestino. No entanto, mesmo que a energia eólica seja promovida por ser considerável renovável e sustentável, é essencial avaliar como sua implantação afeta as dinâmicas locais de uso da terra, disponibilidade hídrica e produção de alimentos.

A região do Seridó potiguar, com suas características geográficas propícias à instalação de usinas eólicas, testemunha um aumento significativo desses empreendimentos, trazendo à tona questões sobre os impactos socioambientais e econômicos. Desta forma, este estudo tem como objetivo mapear e analisar como a expansão da energia eólica na região influencia o Nexo Água-Energia-Alimento da região, contribuindo para um entendimento mais profundo das interações e possíveis conflitos entre esses elementos fundamentais para a comunidade local.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

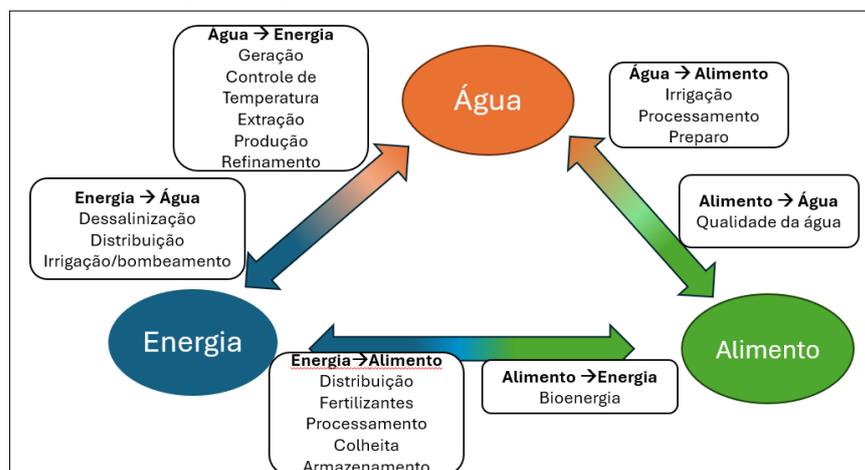
### 2.1 O NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTO (FEW NEXUS) NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

O conceito de interligação entre água, alimento e energia, conhecido como abordagem FEW Nexus, emerge a partir da Conferência de Bonn em 2011, promovida pelo governo alemão. Este evento, intitulado "O Nexo da Energia Hídrica e Segurança Alimentar - Soluções para a Economia Verde", visava contribuir para a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio + 20), realizada em 2012 no Rio de Janeiro. Nos últimos anos, a abordagem nexus consolidou-se devido a percepção de que as intersecções entre estes recursos se tornam pontos críticos de observação em meio ao contínuo aumento de práticas insustentáveis de produção energética, agroalimentar e gestão da água. (OVIROH *et al.*, 2023 apud GUIMARÃES *et al.*, 2023).

A interligação entre água, energia e alimento destaca os riscos relacionados à segurança hídrica, energética e alimentar, frente aos desafios de ecossistemas degradados, crescente demanda por recursos, mudanças climáticas globais, urbanização e globalização (SOUZA *et al.*, 2020). A gestão destes três recursos chave são basilares para a sobrevivência humana, redução da pobreza e desenvolvimento sustentável (HOFF, 2011 apud MARIANI *et al.*, 2016).

No entanto, há um risco iminente de escassez, uma vez que pesquisas indicam que a demanda por esses recursos crescerá significativamente nas próximas décadas (MARIANI *et al.*, 2016). Reconhecendo as interconexões entre esses sistemas, o pensamento Nexus surge como uma estratégia para planejar e gerir recursos de forma mais eficiente, reduzindo a degradação ambiental e maximizando os benefícios sociais e econômicos (FLAMMINI *et al.*, 2014 apud GUIMARÃES *et al.*, 2023). A figura 1 na sequência explora os principais exemplos de intersecção entre estes recursos.

Figura 1 – Representação do nexus água-energia-alimento. Adaptado de IRENA (2015).



A região semiárida do Nordeste do Brasil é caracterizada por baixos níveis pluviométricos durante a maior parte do ano, altas temperaturas e uma escassez hídrica elevada devido à baixa precipitação (INSA, 2021). A água é um elemento central de análise e cuidado na região, havendo grande ênfase no armazenamento e transporte particularmente para a produção de alimentos, de forma que as interações dentro do Nexo se tornam particularmente delicadas devido a cenários frequentes de escassez (ENDO *et al.*, 2015). Cerca de 70% dos municípios do semiárido possuem uma situação crítica de abastecimento de água, seja pela falta de manancial, pela qualidade da água disponível ou pela precariedade do sistema de abastecimento (DE SOUZA E VERSIEUX, 2021).

Historicamente, a produção de energia e de alimentos estão inerentemente conectadas com os rios da região, em particular o Rio São Francisco (DE SOUZA E VERSIEUX, 2021; DEVEZA, 2019). Projetos de represamento articulam a produção de energia hidrelétrica e a disponibilidade de água para a agricultura; o recente projeto de transposição do Rio São Francisco ressalta o caráter de importância deste para a região (DEVEZA, 2019). Apesar de contextos de escassez de água no semiárido, a agropecuária é de grande importância cultural e econômica na região. Com 82,6% dos trabalhadores agrícolas ligados à agricultura familiar, a atividade é importante para o sustento na região, sofrendo particularmente por estiagens prolongadas (CASTRO, 2013).

Para lidar com a questão da escassez de água na região, políticas públicas apostam na construção de açudes, perfuração de poços artesianos, construção de cisternas rurais, implantação de barragens subterrâneas, dessalinização e aproveitamento de água salobra, e transporte de água a grandes distâncias através de adutoras e canais (ZANELLA, 2014).

Recentemente, a produção de energia na região vem se tornando mais diversificada, com a expansão de projetos em matrizes renováveis, especialmente energia solar e energia eólica, mas também com um grande número de instalações termelétricas na região (IEMA, 2022).

## 2.2 NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTO (FEW NEXUS) E ENERGIA EÓLICA.

Com a evolução da tecnologia nas últimas décadas e o reconhecimento como uma matriz energética de baixa emissão de carbono, a energia eólica tem sido amplamente utilizada para gerar eletricidade em larga escala. Conforme Magalhães (2009), nos países desenvolvidos, as mudanças políticas necessárias para viabilizar a energia eólica ocorreram rapidamente, enquanto nos países subdesenvolvidos esse processo foi mais lento devido à escassez de recursos para investimento em pesquisa e desenvolvimento.

Considerando particularmente o nexo energia-água, a Energia Eólica é apontada na literatura como uma matriz energética de baixo consumo hídrico, com 87,23% da água consumida relacionada aos materiais de construção das turbinas e apenas 17,77% relacionadas à construção e operações (YAN; CHEN, 2016). Neste sentido, é apontada como mais eficiente em termos de uso da água que energia nuclear, plantas de energia solar e termelétricas, mesmo considerando sua intermitência e capacidade adicional reserva (YAN; CHEN, 2016). Considerando o nexo energia-alimento, as principais críticas estão associadas diretamente ao processo de construção (incluindo transporte e transformação do terreno) e ao impacto de cada turbina durante a operação. Reclamações mais comuns são encontradas acerca do impacto na fauna local, bem como saúde animal devido ao barulho, sombra e luzes noturnas, com, no entanto, pouca evidência concreta (MORRIS & BLEKKENHORST, 2017). No entanto, Morris e Blekkenhorst (2017), em estudo no Canadá, apontam que o maior impacto concreto achado está na inutilização de terra agricultável, com uma perda de produtividade agrícola de aproximadamente 1/3 de hectare por turbina instalada. De acordo com o estudo, a expansão da Energia Eólica na região rural de Ontário teria sido responsável por converter 1.000 hectares de regiões produtivas e agricultáveis em região degradada (MORRIS & BLEKKENHORST, 2017).

## 3 METODOLOGIA

O presente artigo tem como objetivo mapear as interações do Nexo Água-Energia-Alimento (FEW Nexus) no contexto da expansão de projetos de energia eólica no Seridó do Rio Grande do Norte. O Rio Grande do Norte é hoje responsável pela produção de 32% da energia eólica produzida no Brasil. Em 2024, 91 novos projetos eólicos estão em diferentes processos de desenvolvimento, com 13 novas plantas entrando em operação ainda no referido ano (CANAL DA ENERGIA, 2024). A região do Seridó do Rio Grande do Norte é caracterizada pela presença de inúmeras serras, locais propensos a instalação de usinas eólicas que com a ascensão desses empreendimentos tem sofrido mudanças negativas significativas em seus ecossistemas, seja aos habitantes da região ou a flora e a fauna presentes nessas serras (NETO; OLIVEIRA E SILVA, 2024).

O estudo em questão para o mapeamento se dividiu em três principais fases. A primeira fase foi a realização de uma pesquisa bibliográfica, fase essa essencial para elevar a bagagem teórica dos autores sobre o tema da produção de energia por meio de turbinas eólicas e seu impacto no FEW - Nexus. A fase seguinte se concentrou na participação por parte dos autores em dois eventos dentro do tema discutindo as Eólicas no Seridó Potiguar. O primeiro evento em questão ocorreu de forma presencial, ministrado pelo grupo de pesquisa SEMIAR da UFRN - Campus Caicó com o tema “Ventos Malditos - Energias Renováveis e Injustiça ambiental no Seridó” e um segundo evento, este ocorrendo de maneira online, organizado pela equipe do Programa de Educação Tutorial (PET) do campus Sobral da Universidade Federal do Ceará com o tema “Energia Eólica e Desenvolvimento Sustentável no Brasil”. Por fim, a última fase foi dividida em duas etapas: A primeira com a elaboração de uma breve caracterização dos municípios que possuem parques eólicos no Seridó Potiguar, juntamente com dados dos

estabelecimentos agropecuários e o número de parques eólicos em operação, em construção ou com a construção não iniciada desses municípios coletados na plataforma do IBGE Cidades e do Mapa das Energias Renováveis do MAIS RN (Tabela 1). Já a segunda etapa constituída pelo mapeamento dos impactos da energia eólica no Nexus água-energia-alimento no contexto do seridó potiguar (Tabela 2), a partir dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e dos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) disponibilizados pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN (IDEMA/RN) dos Complexos Eólicos do Seridó, da Cajuína 5L, Oeste Seridó e Currais Novos.

Tabela 1 - Caracterização dos municípios com Parques Eólicos no Seridó Potiguar

Municípios	População (2022)	Pib per capita (2021)	IDH (2010)	Área dos Estabelecimentos Agropecuários em hectares (2017)	Número de parques eólicos em operação/construção e projeto (2024)	Número de Aero geradores em Funcionamento (2024)*
Bodó	2.306	R\$ 132.001,37	0,629	2.858	15	82
Cerro Corá	11.000	R\$ 12.557,00	0,607	10.364	3	23
Currais Novos	41.313	R\$ 17.863,07	0,691	36.714	11	44
Equador	5.360	R\$ 13.518,66	0,623	14.579	1	9
Lagoa Nova	15.573	R\$ 16.941,79	0,585	10.174	5	34
Parelhas	21.499	R\$ 17.071,27	0,676	19.881	9	70
Tenente Laurentino Cruz	5.891	R\$ 17.631,19	0,623	4.728	1	9
Total	102.942	R\$ 227.584,35		99.298	45	271

\*Estimativa do número de aerogeradores dos municípios obtidos por meio da geração fiscalizada (ativa até agosto de 2024).

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Avaliando as evidências levantadas acerca do nexos água-energia-alimentos, é possível mapear os impactos da expansão da energia eólica no Seridó do Rio Grande do Norte. Identificamos os pontos críticos desta expansão, de acordo com os Estudos de Impacto Ambiental e denúncias exteriorizadas pela comunidade e acadêmicos. É importante enfatizar que, a este momento da pesquisa, ainda não foi feita a avaliação do grau de severidade destes impactos, o que ocorrerá na continuidade do estudo. Os resultados estão documentados na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Mapeamento dos impactos das eólicas no Nexos Água-Energia-Alimento no Seridó Potiguar

Água-Energia		Energia- Alimento		Água-Alimento	
Água→Energia	Energia→Água	Energia→Alimento	Alimento→Energia	Água→Alimento	Alimento→Água
- Extração de estoque de água subterrânea por meio de bombas (preparação da infraestrutura e terreno/canteiro de obras); -Deterioração de Cisternas de Acúmulo de Água da Chuva da Comunidade com	- Mudança da área de plantio forçada pela instalação de aerogeradores a aumenta a necessidade de irrigação - Tratamento da rede de esgoto da usina;	- Aumento dos custos com energia para produção de alimentos (aumento no custo da energia em paralelo ao aumento da produção local);	-Redução da água subterrânea disponível para produção de alimentos; -Construção dos parques afeta a fruticultura local; -Impacto negativo em insetos e aves polinizadoras da	-Impactos da produção de energia na disponibilidade de água afeta a irrigação e água disponível para processamento de alimentos; -Mudança da área do plantio leva a	-Aumento no custo da água (necessidade de bombeamento e irrigação) reduz a produção de alimentos;

<p>explosões (preparação do terreno); -Deterioração da cobertura vegetal natural para construção das eólicas afeta o ciclo hidrológico; - Contaminação do solo e água por efluentes líquidos e oleosos provenientes da implantação e manutenção dos parques - Redução da produtividade primária (alteração dos usos da água de produção de alimento para uso na implantação dos aerogeradores) -Alteração da morfologia fluvial com a implantação dos parques</p>			<p>região; -Demanda por bombeamento de água subterrânea aumenta custos e reduz a produção agrícola; -A construção e manutenção das turbinas podem causar distúrbios no solo, potencialmente afetando a saúde do solo e a produtividade agrícola. -A conversão de terras de produção de alimentos para produção de energia eólica; -Saúde animal afetada pela presença dos aerogeradores -Alteração da morfologia fluvial afetando a pesca; -Impactos na fauna e flora local afetando o ecossistema local;</p>	<p>aumento do uso de fertilizantes para preparação do solo com possível impacto na água subterrânea;</p>	
---	--	--	---	--	--

É possível observar na região que a expansão dos parques eólicos já começam a causar transformações visíveis à geografia local, incluindo a fauna e a flora da região. O levantamento realizado e exposto na Tabela 2 aponta os impactos visíveis e invisíveis, incluindo alterações na dinâmica da gestão da água (aumento do consumo, redução da qualidade, impacto nos rios da região, redução do estoque subterrâneo, redução da cobertura vegetal com riscos ao ciclo hidrológico) e, também, na produção de alimentos (degradação do solo e ecossistema local; competição por áreas de cultivo; aumento dos custos da produção). Particularmente, o aumento da produção de energia não foi revestido em redução dos custos ou aumento da disponibilidade do recurso energia localmente; não ocorrendo, assim, os impactos positivos possíveis do aumento da produção energética (aumento da dessalinização da água; redução dos custos de irrigação e processamento de alimentos). Esses impactos sociais e ambientais, embora ainda não tenham sido medidos, estão sendo percebidos pelos moradores da região e denunciados localmente como prejuízos à sociedade.

Houve um maior número de impactos mapeados nas intersecções com energia, considerando que a pesquisa visa analisar os impactos dos parques eólicos; impactos na intersecção água-alimento foram encontrados em menor frequência como efeitos secundários.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão dos parques eólicos na região do Seridó Potiguar vem acompanhado de uma série de impactos nonexo água-energia-alimento; alguns destes impactos mapeados pelos Estudos de Impacto Ambiental e, outros, percebidos pela comunidade. Este estudo buscou mapear estes impactos, encontrando 21 pontos críticos que merecem posterior e aprofundada análise para avaliação das reais consequências deste processo de expansão no FEW Nexus da região.

É importante estabelecer que a água é o grande recurso crítico na região; e que, a produção de alimentos, vinculada à agricultura familiar, também é de grande importância para a economia local. Neste sentido, a expansão da produção de energia, se não revertida em impactos positivos para a gestão da água (como aumento da oferta pela dessalinização) e produção de alimentos

(como redução dos custos da irrigação ou processamento), incorre no risco de causar apenas externalidades negativas.

Futuros estudos planejados almejam quantificar os efeitos dos impactos mapeados no FEW Nexus, buscando estabelecer sua gravidade.

## REFERÊNCIAS

BLEKKENHORST, Natalie; MORRIS, Douglas W. Wind Energy versus Sustainable Agriculture: An Ontario Perspective. **Journal Of Rural And Community Development**, v. 12, n. 1, p. 23-33, 2017.

CANAL DA ENERGIA. **RN prevê expansão de 36% na geração de eólica em 2024**. Disponível em: <https://canaldaenergia.com.br/rn-preve-expansao-de-36-na-geracao-de-eolica-em-2024/>. Acesso em: 25 de agosto de 2024.

CASTRO, C. N. A agricultura no nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, n. 8, jul./dez., 2013.

DE SOUZA, Matilde; VERSIEUX, Bernardo Hoffman. Nexo entre água, energia e alimento no contexto das mudanças do clima: o caso do Nordeste brasileiro. **Estudos internacionais**. v. 9, n. 1, p. 112-130, 2021.

DEVEZA, Ana Carolina Peixoto. **O nexos água-energia-alimento na operação de sistemas hidrotérmicos: estudo de caso da Bacia do rio São Francisco**. 2019.

ENDO, Aiko *et al.* A review of the current state of research on the water, energy, and food nexus. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 11, p. 20-30, 2017.

GUIMARÃES, *et al.* O Nexus Água-Energia-Alimento: Evidências da Amazônia Brasileira. 2023. **XXV ENGEMA**. Disponível em:

[https://engemausp.submissao.com.br/25/anais/resumo.php?cod\\_trabalho=447](https://engemausp.submissao.com.br/25/anais/resumo.php?cod_trabalho=447). Acesso em: 09 de março de 2024.

IBGE. **CIDADES E ESTADOS DO BRASIL**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 de agosto de 2024.

IDEMA. **Tabela de Rimas**. Disponível em: <https://sislia.idema.rn.gov.br/rimas/rimas.php>. Acesso em: 28 de agosto de 2024.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE - IEMA. **Nordeste concentra o maior número de termelétricas fósseis de serviço público conectadas ao SIN do Brasil, mostra estudo do IEMA**. 2022. Disponível em: <https://shorturl.at/j6xpy> Acesso em: 27 de agosto de 2024.

Instituto Nacional do Semiárido - INSA. **O Semiárido Brasileiro**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 03 de março de 2024.

MAIS RN. **MAPA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS**. 2024. Disponível em: <https://shorturl.at/i9IRV>. Acesso em: 29 de agosto de 2024.

MARIANI, L. et. al. **Análise de oportunidades e desafios para o Nexos Água-Energia**. vol. 37. Edição Especial Nexos Água e Energia, 2016.

NETO, Manoel Cirício Pereira; DE OLIVEIRA, Damião Valdenor; SILVA, Joadson Wagner. OS REFÚGIOS DA BIODIVERSIDADE NO SERIDÓ POTIGUAR-BRASIL, FRENTE A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS. **Revista GeoInterações**, v. 8, n. 1, 2024.

YANG, Jin; CHEN, Bin. Energy–water nexus of wind power generation systems. **Applied Energy**, [S.L.], v. 169, p. 1-13, maio 2016. Elsevier BV.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.