

ENERGIAS RENOVÁVEIS: FONTE DE ENERGIA LIMPA?

Juana Angélica Felipe Fernandes(*), Cristian González , Alvaro Valderrama, Lígia de Nazaré Aguiar Silva, Eliê Regina Fedel Marques

* Universidad de la Serena, jaff294@hotmail.com

RESUMO

A matriz energética global tem incorporado novas fontes renováveis, também conhecidas como energias limpas, como ar, sol, água, biocombustíveis, entre outras. Porém, questiona-se como essas tecnologias interagem com o meio ambiente e quais os impactos que geram. O objetivo deste trabalho é analisar e discutir os principais impactos ambientais de três tipos de energias renováveis: eólica, solar fotovoltaica e biomassa. O estudo é descritivo com foco na caracterização qualitativa dos impactos. Para isso, a base de pesquisa é bibliográfica, estruturada em dados secundários. É apresentada uma reflexão sobre os principais impactos ambientais relacionados com a produção destas energias renováveis e discutidos os pontos fortes e fracos da implementação destes tipos de tecnologias renováveis, com propostas de medidas para mitigar os impactos em cada área.

PALAVRAS-CHAVE

Impacto ambiental, energia renovável, biomassa, energia solar fotovoltaica, eólica.

INTRODUÇÃO

A partir da crise do petróleo na década de 70, o mundo assistiu à mudanças na política energética impulsionada principalmente por preocupações econômicas, ambientais, de segurança e sociais. Por este motivo, diretrizes energéticas e programas de incentivos fiscais estão focados na implementação de energias renováveis (ER). Esta mudança de postura engloba políticas explicitamente concebidas para promover, desburocratizar e torná-las economicamente viáveis, tais como a promoção de ER, políticas de biocombustíveis nos transportes, políticas de redução de emissões, reestruturação energética, políticas de geração distribuída e políticas de eletrificação rural (BECK; MARTINOT, 2014).

O principal problema gerado no uso desses combustíveis fósseis é a considerável emissão de CO₂ na atmosfera, um dos fatores mais destacados nas Mudanças Climáticas (Ramos, 2014). Para isso, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) relaciona o aumento de 0,8 °C na temperatura média global nos últimos 120 anos, o aumento do nível do mar em quase 20 cm no século 20 e houve um grande nível de degelo de neve. Além disso, de acordo com as projeções, os combustíveis fósseis atingiriam o consumo máximo em meados da década de 2020 e, então, começariam a diminuir, revelando uma grande crise energética. O mundo enfrenta desafios de energia no futuro, pois foi indicado que as reservas de combustíveis fósseis se esgotarão em meio século (Harun et al., 2011; Rawat et al., 2011). Isso faz com que o uso de recursos renováveis como fonte de energia adquira grande importância.

Sabe-se que um recurso energético é renovável quando seu tempo de recuperação é menor ou semelhante ao tempo de exploração (Montecinos e Carvajal, 2018). Assim, o sol, o vento e a água são considerados exemplos de fontes renováveis, enquanto os combustíveis fósseis, que levam milhões de anos para se recuperar, são recursos não renováveis. No entanto, embora as fontes renováveis estejam disponíveis gratuitamente e sejam consideradas uma fonte de energia limpa, alguns aspectos e impactos ambientais estão envolvidos nessas tecnologias.

Impactos ambientais são modificações de aspectos sociais, ambientais ou econômicos gerados por atividades antrópicas. Sua mensuração é realizada por meio do estudo de impacto ambiental (EIA), estudo obrigatório para atividades que possam gerar efeitos negativos significativos sobre o meio ambiente (SEA, 2017). Através do EIA, os impactos ambientais de um projeto ou atividade na sua área de influência podem ser previstos e a sua significância avaliada de forma a propor medidas de mitigação para os impactos mais graves. Esta ferramenta favorece a análise dos componentes ambientais (bióticos e abióticos) e socioeconômicos em diferentes cenários (com e sem projeto), descrevendo-os de acordo com as fases de construção, operação e encerramento de cada projeto (González, 2008).

Em geral, o EIA inclui uma descrição do tipo de projeto, atividades realizadas, área de influência (direta e indireta), relação entre os fatores potencialmente afetados, ações do projeto que irão produzir um impacto, além do plano de gestão ambiental para descrever as medidas que será adotado para reduzir impactos mais significativos (Conesa, 2010; González, 2008; Pasqualino et al., 2015; SEA, 2017). Existem diferentes metodologias para avaliar o impacto ambiental, como a matriz Leopold, a matriz da Grande Barragem, o método Arboleda, o método Batelle-Columbus, o método integral, mapas sobrepostos, entre outros (Conesa, 2010; González, 2008; Pasqualino et al., 2015).

Esses métodos diferem no tipo de avaliação (qualitativa, quantitativa ou mista), número e tipo de atributos avaliados, forma de avaliação e ponderação de cada um dos atributos, forma de agregação dos atributos e classificação final dos impactos (geralmente em compatível, moderado, grave e crítico).

Outra metodologia, como a Análise do Ciclo de Vida (LCA), tem sido utilizada para avaliar os impactos a partir da quantificação das emissões de gases de efeito estufa equivalentes, o que permite comparar tecnologias e processos do ponto de vista energético. No entanto, esta metodologia não considera fatores, como impactos sociais e econômicos, que podem superestimar os benefícios do projeto. Um exemplo disso é o estudo de Gaete et al. (2018) que, após uma ACV e avaliação de 11 impactos ambientais, considerou as hidrelétricas como a categoria de ER de menor impacto ambiental.

Nesse contexto, entre as ER, a energia solar fotovoltaica (FV) e eólica têm sido consideradas alternativas eficazes, acessíveis e eficientes para abordar questões energéticas cada vez mais importantes, tais como o esgotamento do petróleo, as emissões de carbono e a crescente procura de consumo de energia (NEHRIR et al., 2011; SHIVARAMA et al., 2015). Por outro lado, também há ênfase à produção de biocombustíveis originados a partir de biomassa, a mais utilizada entre as ER, com cobertura de 9% das necessidades mundiais de energia primária e utilização massiva principalmente pelos países em desenvolvimento, os quais mantêm um terço da população mundial (MONTECINOS; CARVAJAL, 2018).

2 linhas em branco, fonte Times New Roman, tamanho 10

OBJETIVOS

Considerando que as Energias Renováveis são conhecidas como uma fonte de energia limpa, questiona-se quais impactos ambientais estão relacionados com os setores energéticos solar FV, eólico e biomassa. Assim, o objetivo deste artigo é analisar os principais impactos ambientais ligados à produção destas três ER, com o intuito de salientar debilidades ambientais e medidas de mitigação relevantes para cada aspecto e fase da atividade.

METODOLOGIA

Este estudo tem finalidade descritiva, centrando-se na caracterização qualitativa dos impactos ambientais gerados pelas instalações de produção de energia solar fotovoltaica, eólica e biomassa. Para tal, a base de investigação é bibliográfica, sendo estruturada em dados secundários obtidos principalmente a partir de literatura relacionada a estudos de impacto ambiental nos rubros de ER acima mencionados.

Para o tratamento da informação, a abordagem é qualitativa, orientada para descrever a perspectiva global dos impactos, razão pela qual, ao considerar a diversidade de metodologias (Análise do Ciclo de Vida – ACV, Matriz de Leopold, matriz de Grandes Presas, método de Arboleda, método de Batelle-Columbus etc.) e estudos na temática de interesse, a identificação dos impactos ambientais foi feita através da categorização geral dos aspectos mais afetados.

Esta análise identifica os fatores ambientais e sociais relacionados às atividades susceptíveis de produzir impacto (ASPI) na construção, operação e desativação de centrais solares PV, eólicas e de biomassa. Discute também os pontos fortes e fracos da implementação destes tipos de tecnologias renováveis. Cabe destacar que o transporte, distribuição e utilização de eletricidade não são enfoque deste estudo, uma vez que o interesse central são as etapas de implantação e funcionamento destes empreendimentos elétricos.

RESULTADOS

As centrais solares fotovoltaicas são reconhecidas como uma das tecnologias mais limpas para geração de eletricidade devido a não geração de emissões gasosas durante sua operação. No entanto, outros impactos ambientais merecem destaque, os quais não se centram apenas na fase de operação. A produção industrial FV começou em 1956 com a corrida espacial, ganhou ímpeto em 1973 com a crise petrolífera e, atualmente, tem a China como maior produtor de insumos PV (OLIVEIRA, 2017). Esta tecnologia permite a conversão direta da energia luminosa em energia elétrica por meio de materiais semicondutores que têm a capacidade de absorver fótons e liberar um fluxo de elétrons capturados por condutores metálicos que formam um circuito e permite a geração de energia elétrica de corrente contínua (SEA, 2017).

Atualmente, existem diferentes tipos de células FV, que, dependendo do material semicondutor, podem ser classificadas como película fina, orgânica, concentração fotovoltaica ou silício cristalino, sendo este último o mais utilizado atualmente, uma vez que ocupa mais de 90% do mercado, têm uma vida útil de mais de 25 anos e eficiência superior a 15% (MONTECINOS; CARVAJAL, 2018).

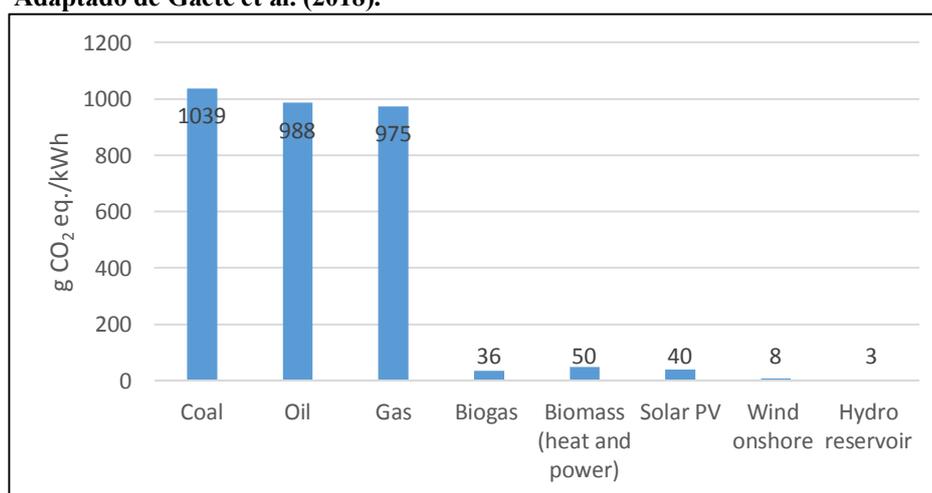
O silício (Si) é um componente básico da indústria eletrônica e fotovoltaica e, embora seja o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre constituindo cerca de 20% da mesma, não se encontra na natureza no seu estado puro, e sua obtenção em forma pura, a partir do processamento de rochas de quartzo, dióxido de silício (SiO_2), envolve um elevado consumo de energia (temperatura superior a 1000°C) e reações com gases e diversos produtos químicos – como o ácido clorídrico, hidróxido de potássio, hidróxido de sódio e ácido acético - que podem gerar impactos ambientais significativos (OLIVEIRA, 2017).

Já na área da energia eólica, a produção de eletricidade envolve uma redução no consumo de combustíveis fósseis, e também contribui para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. As reduções nas emissões de CO_2 devido à incorporação da energia eólica passam de 0,36 para 0,59 toneladas de CO_2 por MWh, o que configura a energia eólica uma tecnologia potencial de redução de GEE frente a outros métodos produtivos (WANG; WANG, 2015).

Finalmente, na energia da biomassa, a matéria-prima é derivada de matérias vegetais e animais, tais como madeira de florestas, resíduos de processos agrícolas e florestais, de resíduos industriais, humanos ou animais, sendo utilizada para a produção de biocombustíveis, como os biocombustíveis de primeira geração, provenientes de culturas tradicionalmente utilizadas para a alimentação como cereais, beterraba e sementes oleaginosas, estando passivo de efeitos negativos devido à possível competição entre culturas energéticas e culturas alimentares para utilização de terra arável e água (IEA, 2008). Por outro lado, os biocombustíveis de segunda geração, produzidos a partir de biomassa não alimentar, principalmente biomassa lignocelulósica, como palha de cereais, bagaço, resíduos florestais e culturas energéticas colhidas especificamente para estes fins, como gramíneas vegetativas e florestas de rotação curta, têm um elevado potencial para substituir os biocombustíveis de primeira geração, eliminando a maioria dos passivos que os rodeiam (IEA, 2008). Por último, o biocombustível obtido a partir de algas, a que alguns autores chamam biocombustível de terceira geração, enquanto outros autores o incluem na segunda geração de biocombustíveis devido à sua origem não alimentar.

Dessa forma, considerando que os impactos ambientais são inerentes à atividade antrópica, em ER não é diferente. O que deve ser considerado é que, de acordo com a ACV, o maior impacto sobre as ER, com exceção da bioenergia, concentra-se na fase de construção, enquanto que nas fontes de energia fóssil estas estão concentradas na produção de combustível e na operação das centrais energéticas (GAETE et al. 2018). Assim, ao considerar os tempos de vida dos projetos, o impacto sobre as fontes fósseis será muito maior. Isto é demonstrado por Magrassi et al. (2019) e Gaete et al. (2018) através da ACV das tecnologias utilizadas no Chile, onde se destaca a diferença abrupta entre as emissões de CO_2 de fontes fósseis e renováveis (FIG. 1), sendo os maiores geradores de emissões entre as ER (Biogás, Biomassa e Solar PV) responsáveis por uma média de apenas 4% ($42\text{g CO}_2 \text{ eq./ kWh}$) das emissões de fontes fósseis.

Gráfico 1. Produção de $\text{g CO}_2 \text{ eq./kWh}$ nas tecnologias elétricas do Chile em 2014. Fonte: Adaptado de Gaete et al. (2018).



Outro aspecto importante a destacar é a dimensão do projeto, uma vez que normalmente os impactos são lineares em relação à dimensão da infraestrutura (GAETE et al., 2018). Desta forma, projetos menores vinculados a dimensões territoriais locais poderiam gerar menos impactos, ambientais e/ou socioeconômicos, negativos. Mesmo assim, independentemente da tipologia, os projetos energéticos geram modificações no ambiente, as quais são resumidas no Quadro 1.

Quadro 1. Principais impactos ambientais relacionados a ER Solar PV, Eólica e da Biomassa. Fonte: Elaboração própria.

<i>Impactos</i>	<i>Abiótico</i>	<i>Biótico</i>	<i>Social</i>
<i>Solar PV</i>	Emissão de GEE, produtos corrosivos e tóxicos durante a fase de fabricação; Maior consumo de água durante a fabricação; Modificação da paisagem e exposição de solo devido a remoção de cobertura vegetal em fase de construção.	Fragmentação e redução de habitat na fase de construção e operação; Atração de insetos e aves devido à luz polarizada a fase de operação; Produção de micro habitats devido ao aumento de temperatura, sombreamento e brote de vegetação durante a fase operacional.	Geração de emprego, basicamente na fase de implantação; Alteração no ciclo hidrológico superficial; Danos à cobertura vegetal, se houver.
<i>Eólica</i>	Variação local de variáveis meteorológicas; Emissão de ruídos; Modificação da paisagem; Alteração do nível do lençol freático devido as fundações que sustentam as torres.	Acidentes com pássaros e morcegos; Soterramento de lagoas interdunares; Interferência na fauna marinha; Remoção de flora e impulso de processos erosivos.	Privatização de áreas em territórios tradicionais (indígenas, quilombolas); Baixo retorno financeiro às comunidades que abrigam os parques.
<i>Biomassa</i>	Emissão de GEE e material particulado; Elevado consumo de água durante a fase de operação.	Degradação de habitat aquático e eutrofização; Remoção de flora.	Problemas de saúde associados ao sistema respiratório; Aumento no preço de alimentos.

CONCLUSÕES

Os impactos ambientais em projetos de energia fotovoltaica estão centrados principalmente na fase de fabricação de células solares, sendo necessários estudos direcionados, principalmente, na substituição ou eliminação de produtos que impulsionam estes impactos. Por outro lado, nas fases de construção e operação de parques fotovoltaicos a mitigação de impactos é facilitada por difundidas medidas de gestão ambiental, tais como a gestão de resíduos sólidos, água, controle de MP, monitoramento e manejo de fauna, recuperação de áreas degradadas.

No que se refere às centrais eólicas, apesar de aparentemente passiva e inofensiva, são causadas alterações no solo, flora e fauna, sociais, no entanto, o impacto ambiental dessa fonte energética é relativamente menor em comparação com outras tecnologias que utilizam combustíveis fósseis. Ademais, em comparação com outras fontes de energia de baixo carbono, as turbinas eólicas têm um dos mais baixos potenciais de aquecimento global por unidade de energia elétrica gerada por qualquer fonte de energia.

A maioria dos impactos ambientais negativos relacionados com a produção de biocombustíveis a partir da biomassa ocorre na fase de produção agrícola, associados à utilização intensiva de agroquímicos, degradação do solo e exploração excessiva dos recursos hídricos. Contudo, este fator possui alta dependência a condições locais e, portanto, não podem ser generalizadas. Um dos riscos ambientais a destacar é a ocupação de áreas naturais para o cultivo de matérias-primas biocombustíveis, seja de forma direta, ou indireta, através da substituição e deslocamento de outras culturas. Esta situação pode gerar a perda de áreas naturais que desempenham um papel fundamental no fornecimento de recursos naturais e contribuem para o aumento das emissões de gases de efeito de estufa através de alterações no uso do solo.

Embora as fontes de energia renováveis como a biomassa, energia solar fotovoltaica e eólica produzam níveis relativamente baixos de emissões de GEE, existem outros impactos inerentes aos aspectos bióticos e sociais que devem ser constantemente discutidos e estudados de forma profunda, principalmente na fase de fabricação, para adequar o processo de expansão dessas fontes renováveis a uma produção efetivamente limpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BECK, F., MARTINOT, E. Renewable Energy Policies and Barriers, Encyclopedia of Energy, Cutler J. Cleveland, ed. Academic Press/Elsevier Science, 2004.
2. GAETE, C. M., GALLEGO, A. S., STAMFORD, L., AZAPAGIC, A. Assessing the environmental sustainability of electricity generation in Chile. *Science of the Total Environment*, 636, pp. 1155-1170, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.346>>.
3. IEA. Generation biofuels technologies. An overview of current industry and RD&D activities. France: IEA Publications, 2008. Disponível em: <<https://www.ieabioenergy.com>>.
4. MAGRASSI, F., ROCCO, E., BARBERIS, S., GALLO, M., BORGHI, A. Hybrid solar power system versus photovoltaic plant: A comparative analysis through a life cycle approach. *Renewable Energy* (130), pp. 290-304, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.072>>.
5. MONTECINOS, S. G., CARVAJAL, D. A. Energías renovables: Escenario actual y perspectivas futuras. La Serena: Editorial Universidad de la Serena, 2018.
6. NEHRIR MH, WANG C, STRUNZ K, AKI H, RAMAKUMAR R, BING J, et al. A review of hybrid renewable/alternative energy systems for electric power generation: configurations, control, and applications. *IEEE Trans Sustain Energy*, 2, pp. 392–403, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/TSTE.2011.2157540>>.
7. OLIVEIRA, A. de S. Avaliação de impactos ambientais do módulo fotovoltaico: produção e uso como fonte de energia elétrica [Dissertação de mestrado]. Brasília: Universidade de Brasília, 2017.
8. SEA. Servicio de Evaluación Ambiental: Guía para la descripción de Proyectos de Centrales Solares de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA. Santiago, Chile: Designio, 2017. Disponível em: <http://www.sea.gob.cl/>. Acesso em: 05-2020.
9. SHIVARAMA, K., SATHISH, K. A review on hybrid renewable energy systems. *Renew Sustain Energy Rev*, 52, 907-16, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.187>>.
10. WANG, S., WANG, S. Impacts of wind energy on environment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49(2015), pp. 437-443, 2015.