



PRODUÇÃO DE ENERGIA LIMPA: AVALIAÇÃO FUZZY DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS NA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS

Área temática: Gestão Ambiental e Sustentabilidade

Cassia Maria Alves de Souza

cassiasouza232@gmail.com

Estephany Cristina Nascimento Nunes

tephacristina@hotmail.com

Lucas Cordeiro Pinho

pinheirolucas27@gmail.com

Alfredo Nazareno Pereira Boente

alfredo.boente@uva.br

Resumo: *Algumas soluções alternativas, como as fontes renováveis de energia, estão sendo adotadas para atender as demandas da sociedade com relação à qualidade e segurança do atendimento da demanda de eletricidade com redução dos danos ambientais decorrentes do consumo de energia limpa. Uma dessas soluções é a implantação de Parques Eólicos que, por sua vez, causam impactos ambientais na região onde são implantados. Embora ocorra este desequilíbrio ambiental é necessário que as empresas estejam preocupadas com a redução desses impactos ambientais. Este trabalho tem por finalidade um estudo na produção de energia limpa através da implantação de Parques Eólicos primando pela redução dos impactos ambientais nos locais de implantação, a partir de uma revisão dos principais conceitos e aplicabilidade da energia eólica e da avaliação fuzzy dos impactos ambientais causados.*

Palavras-chaves: *Energia limpa, Parque Eólico, Impactos Ambientais.*



1. INTRODUÇÃO

A produção de Energia Limpa está sendo alvo de grandes discussões e estudos para sua utilização, em detrimento aos inúmeros problemas ambientais que estamos sofrendo (SOUZA et al., 2015). Alguns deles se destacam, principalmente a poluição e emissão de gases poluentes causadores do chamado Efeito Estufa, à utilização de fontes renováveis passam a ser a melhor opção para se obter resultados satisfatórios com minimização dos impactos ambientais.

Dessa forma, Pinho (2013, p. 28) afirma que Energia Limpa é toda energia gerada a partir de matérias naturais e renováveis, não poluentes e inesgotáveis. O uso de energias renováveis, certamente traz inúmeros benefícios consequentes do aumento no consumo de energia limpa, destacando-se: aumento da diversidade de oferta de energia, geração de energia sustentável em longo prazo, crescimento econômico, preservação da biodiversidade, maior geração de empregos no setor energético e novas oportunidades nas regiões rurais, redução dos riscos da falta de energia e, redução da poluição e da emissão de gases de efeito estufa.

De acordo com Fadigas (2011, p. 34), existem diversas fontes para obtenção de energia elétrica, como por exemplo, as hidrelétricas, o carvão, o petróleo, a biomassa, a solar, a eólica, a geotérmica, a fusão, o hidrogênio, as ondas, a térmica das marés, as marés, os óleos vegetais, o álcool e o gás natural.

Neste trabalho foi apresentada, como fonte de energia renovável, a energia eólica, onde realizou-se uma avaliação fuzzy acerca dos impactos ambientais causados por tal implantação.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Produção de Energia Limpa

Energia limpa é aquela que não libera resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento global, durante seu processo de produção ou consumo (LOPES, 2012).



Figura 1. Energia limpa.

Fonte: Adaptado de Lopes, 2012.

Dessa forma, as fontes de energia que liberam baixas quantidades de gases ou resíduos são, portanto, consideradas fontes de energia limpa. São exemplos de energia limpa, o biogás, a energia solar, a energia eólica, dentre outras.

Neste trabalho buscou-se enfatizar o uso de energia limpa produzida por Parques Eólicos, tendo como principal fator de produção desse tipo de energia sustentável, os ventos.

2.2. Energia e Parques Eólicos

2.2.1. Energia Eólica

A energia eólica, de acordo com Lopes (2012, p. 20), é considerada uma alternativa energética sustentável que vem se mostrando como uma ótima escolha como fonte energética limpa devido ao fato de não poluir durante sua efetiva operação, além de ser vista como uma contribuição para a redução de emissão de gases de efeito estufa e da concentração de dióxido de carbono (CO₂), o que vem causando inúmeras preocupações nos órgãos competentes de engenharia ambiental.

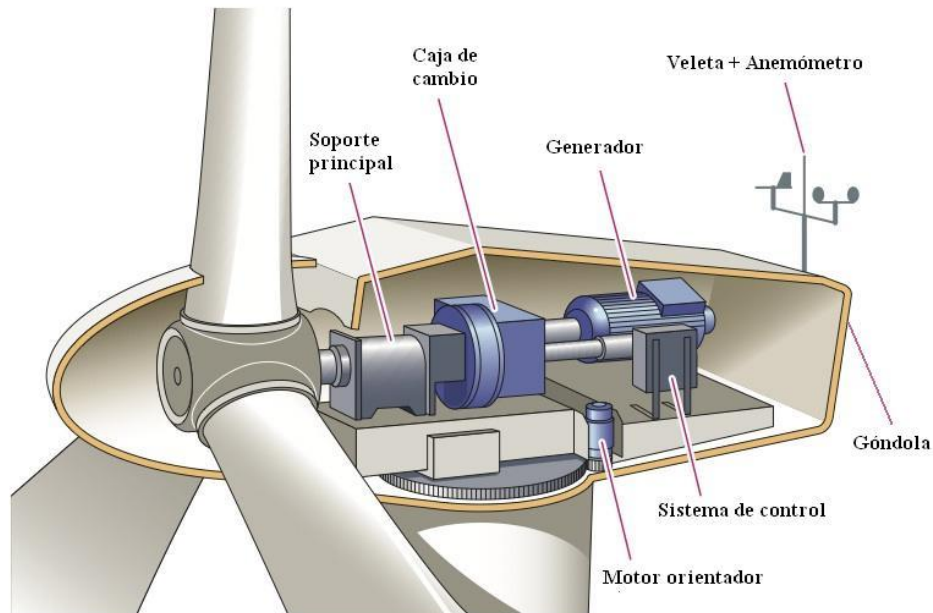


Figura 2. Turbina eólica e o sistema gerador de energia elétrica limpa.

Fonte: Nascimento, Mendonça e Cunha, 2012.

Estudos mostram que a força do vento é captada por meio de hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico, conforme ilustra a figura 2, produzindo energia limpa de forma sustentável.

De acordo com Martins, Guarnieri e Pereira (2008, p. 14), a quantidade de energia transferida é função da densidade do ar, da área coberta pela rotação das hélices ou pás, e proveniente da velocidade do vento produzida.

A Organização Mundial de Meteorologia registrou que o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 6 metros por segundo, a uma altura de 50 metros, em apenas 13% da superfície terrestre, conforme ilustrado na figura 3 (DALMAZ, PASSOS e COLLE, 2008).

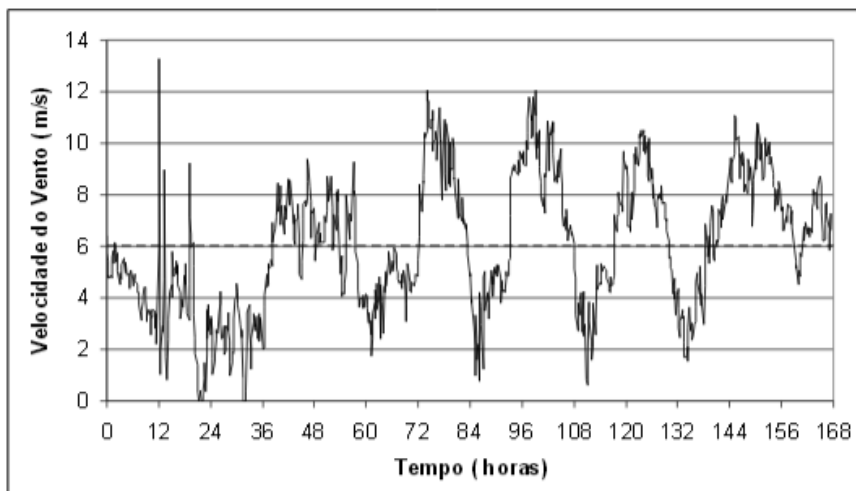


Figura 3. Gráfico da velocidade média do vento na região.

Fonte: Dalmaz, Passos e Colle, 2008.

O Brasil, segundo Custódio (2013, p. 52) é um dos países que mais investem em energia limpa, destacando-se de forma particular, quanto ao uso de energia produzida pelos ventos, ou seja, a energia eólica.

A Associação Brasileira de Energia Eólica (ABE Eólica) registrou que até 2016 o Brasil deve alcançar à segunda ou terceira posição no ranking dos países que investem do aproveitamento dos ventos como fonte de energia elétrica e também, será a sexta em classificação mundial em capacidade instalada.

2.2.2. Parques Eólicos e Impactos Ambientais

De acordo com Lopes (2012), a implantação de uma usina ou parque eólico pode gerar impacto negativo direto junto à fauna local, onde as formas de danos possíveis podem ocorrer por alteração do sucesso reprodutor para tipos específicos de aves, colisão das aves com as linhas de transporte de energia, colisão das aves com as turbinas aerogeradoras, desvio da utilização do habitat devido à perturbação associada à presença das turbinas que produzem muito barulho, perda de habitat natural de reprodução e alimentação e perturbação na migração.

Tais impactos ambientais, utilizados como parâmetros nesta pesquisa, pode ser visualizados através do quadro 1, ilustrado a seguir:

Impactos Ambientais Negativos Junto à Fauna de Gargaú no Estado do Rio de Janeiro	
I01	Alteração do sucesso reprodutor para tipos específicos de aves
I02	Colisão das aves com as linhas de transporte de energia
I03	Colisão das aves com as turbinas aerogeradoras
I04	Desvio da utilização do habitat devido a perturbação associada à presença das turbinas que produzem muito barulho
I05	Perda de habitat natural de reprodução e alimentação
I06	Perturbação da migração

Quadro 1. Itens avaliativos dos impactos ambientais negativos.

Fonte: Adaptado de Boente, 2015.

A poluição visual e a poluição sonora, de acordo com Fadigas (2011, p. 13) causam fortes impactos ambientais, conforme ilustra a figura 4, pois a turbina eólica pode ser vista, de forma positiva, como um símbolo de energia limpa e bem-vinda, ou, negativamente, trazendo alterações na paisagem local, devido suas alturas, e também a perturbação sonora, por produzir altos ruídos produzidos pelas turbinas geradoras.



Figura 4. Poluição visual proveniente de um parque eólico.

Fonte: Fadigas, 2011.

A forma de percepção das comunidades afetadas visualmente pelos parques eólicos também depende da relação que essas populações têm com o meio ambiente (CUSTÓDIO, 2013). A poluição visual das turbinas tem sido levada em consideração ao espaço que é necessário para a construção de parques eólicos, a altura das torres e das turbinas são pontos cruciais de forte discussão.

As pessoas que vivem perto de uma usina eólica, acabam ficando expostas ao som das turbinas de vento, embora estes sejam controlados em um nível razoável em relação ao nível de som ambiente na área, visando não atrapalhar por demais as pessoas que habitam ao seu entorno. (NASCIMENTO, MENDONÇA e CONHA, 2012). Um ponto positivo é a ornamentação a partir das turbinas eólicas, quando estas são camufladas integrando arquitetonicamente aquele ambiente.

De acordo com Pinto (2013, p.12) devido à grande variação dos níveis de tolerância individual ao ruído não existe uma forma completamente satisfatória para se medir os seus efeitos subjetivos, ou as reações correspondentes de aborrecimento e insatisfação. Também é relevante citar que o ruído das turbinas podem causar as pessoas um sintoma prejudicial à saúde, tais como distúrbios do sono, pressão nos ouvidos, náuseas, vômito, tonturas, irritabilidade, problemas de concentração e falha de memória.

Projetos modernos são elaborados como propostas para redução significativa deste tipo de incômodo à saúde das pessoas que habitam ao entorno desses parques eólicos.

2.3. Lógica Fuzzy



As primeiras noções de lógica dos conceitos “vagos”, foram introduzidas por um pesquisador polonês chamado Jan Lukasiewicz (1878-1956), onde, a partir da apresentação dos conjuntos com graus de pertinência 0, $\frac{1}{2}$ e 1, expandindo mais tarde este conjunto para um número infinito de valores compreendidos no intervalo entre 0 e 1.

De acordo com Faria et al. (2008, p. 15), os conjuntos fuzzy podem ser vistos como uma generalização da noção de conjunto na qual a função de pertinência pode assumir valores no intervalo $[0, 1]$, caracterizando, portanto, a chamada granulação fuzzy. Zadeh (1965, p. 49) afirma que Bertrand Russel, em 1930, elucidou que alguns problemas não poderiam ser resolvidos pela lógica aristotélica tradicional, mas apenas pela lógica nebulosa. O mesmo autor, publicou oficialmente seu primeiro artigo sobre a lógica fuzzy no ano de 1965, onde buscou combinar os conceitos da lógica clássica e os conjuntos de Lukasiewicz, definindo, portanto, de forma mais concreta os graus de pertinência, formalizando assim, o que anos depois vinha a ser uma das maiores revoluções no setor matemático: a Lógica Fuzzy, também conhecida como Lógica Nebulosa ou Lógica Difusa.

A teoria acerca da lógica fuzzy trata dos conjuntos não totalmente verdadeiros nem tampouco dos totalmente falsos, pois ela deve ser vista como uma teoria matemática formal para a representação de incertezas e imprecisões (COSENZA et al., 2006).

As primeiras aplicações com a lógica fuzzy foram em um tratamento de água feito pela Fuji Electric em 1983 e pela Hitachi em um sistema de metrô inaugurado em 1987, identificando o Japão como um dos países que mais utilizavam fuzzy, embora tivesse sua origem nos Estados Unidos da América. No início dos anos 90, a lógica fuzzy passou a despertar um maior interesse em empresas dos Estados Unidos (HIS-MEI-HSU e CHEN-TUNG-CHEN, 1996).

Cosenza et al. (2011, p. 22) afirmam que o advento da teoria fuzzy foi causado pela necessidade de um método capaz de expressar, de uma maneira sistemática, quantidades imprecisas, vagas e mal definidas.

Neste viés, Boente (2013, p. 112), afirma que esta teoria trata dos conjuntos que não são totalmente verdadeiros nem totalmente falsos. A lógica fuzzy, portanto, deve ser vista como uma teoria matemática formal para a representação de incertezas, diferenciada da lógica clássica por meio dos graus de pertencimento dentro de um conjunto fuzzy, conforme ilustra a figura 5.

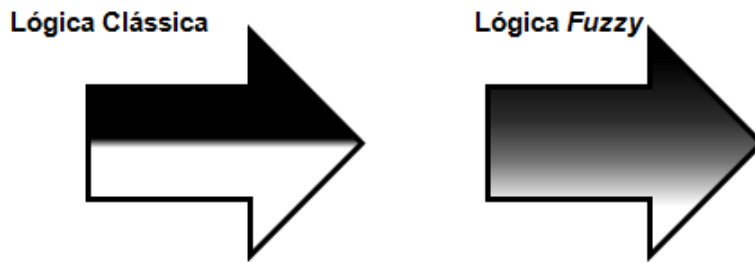


Figura 5. Comparativo entre a lógica clássica e a lógica fuzzy.

Fonte: Elaboração própria.

Os conjuntos fuzzy prestam-se às representações de conceitos vagos, expressados na linguagem natural, dependendo do contexto em que são usados (BELCHIOR, 1997). Prucol (2006, p. 67) afirma que um conjunto A da teoria dos conjuntos clássica pode ser visto como um conjunto fuzzy específico, denominado usualmente de “crisp”, para o qual $A \mu: U\{0, 1\}$, ou seja, a pertinência é do tipo “tudo ou nada”, “sim ou não”, e não gradual como para os conjuntos fuzzy.

Buscando esta confirmação, de acordo com Sousa (2007, p. 18), a teoria dos conjuntos fuzzy “[...] é em grande parte uma extensão da teoria dos conjuntos tradicionais”. Visto que, conforme afirmam Goldschmidt e Passos (2005, p. 87), a lógica fuzzy é uma teoria matemática que tem como objetivo permitir a modelagem do modo aproximado de raciocínio, imitando a habilidade humana de tomar decisões em ambientes de incerteza e imprecisão, permitindo assim a construção de sistemas inteligentes de controle e suporte à decisão que lide com informações imprecisas e subjetivas.

Modelos diversos de tomada de decisão vêm utilizando a lógica fuzzy, em procura de uma maior precisão em busca de resolução de imprecisões e incertezas.

3. METODOLOGIA

Este trabalho, em busca dos objetivos propostos, apresentou a abordagem quali-quantitativa, como sendo a mais adequada, por transformar dados qualitativos e conjuntos fuzzy, quantitativo, para a realização dos cálculos efetuados, praticando também, um tipo de estudo descritivo, com vistas a captar as percepções e entendimentos dos respondentes, participantes desta pesquisa, visando aprimorar o processo de tomada de decisão, em busca da minimização dos impactos ambientais provenientes da implantação de Parques Eólicos.

Segundo Freitas, Oliveira e Moscarola (2000, p. 11), a pesquisa é caracterizada descritiva quando envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados e geralmente assume a forma de levantamento, buscando observar, registrar, analisar, classificar e interpretar os fatos ou fenômenos, sem que haja interferência por parte do pesquisador.



Este tipo de pesquisa sugere um método denominado pesquisa de opinião, onde a ferramenta utilizada foram questionários estruturados, onde, através dos quais, buscou-se identificar situações, eventos, atitudes ou opiniões de certa população, descrevendo a distribuição de algum fenômeno na população ou entre os subgrupos da população ou, ainda, fazendo uma comparação entre essas diferentes distribuições.

4. AVALIAÇÃO FUZZY DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS NA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS

Para realização deste estudo, buscou-se, no Rio de Janeiro, na cidade de São Francisco de Itabapoana, o Parque Eólico de Gargaú, ilustrado na figura 6, que é composto por 17 torres com 80 metros de altura e atrai a atenção de moradores e turistas quando as hélices giram incessantemente numa velocidade de até 160 quilômetros por hora (SOUZA et al., 2015).



Figura 6. Parque eólico de Gargaú no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: Adaptado de Souza et al., 2015.

O parque eólico de Gargaú, administrado pela empresa Ômega Energia, é um belo exemplo produção de energia limpa e de sustentabilidade, que tende a crescer. Neste parque eólico são produzidos diariamente 28 megawatts de energia elétrica, o suficiente para abastecer uma cidade de 80 mil habitantes (SOUZA et al., 2015). Toda esta produção segue para uma central e depois é distribuída por todo o Brasil.

Existem diversos fatores que influenciam a eficiência de uma turbina aerogeradora de certo parque eólico (FADIGAS, 2011). De acordo com Amenedo, Gómez e Díaz (2003), uma forma de se avaliar a capacidade de geração de energia de um parque eólico é dada a partir do valor do fator de capacidade calculado pela seguinte fórmula:

$$(a) \quad FC = \frac{E_a}{P_N T}$$



Onde E_a representa a quantidade de energia produzida no intervalo de tempo T , e P_N é a soma das potências nominais das turbinas aerogeradoras de certo parque eólico. A figura 7 ilustra a medição de potência calculada para o Parque Eólico de Gargaú no Estado do Rio de Janeiro.

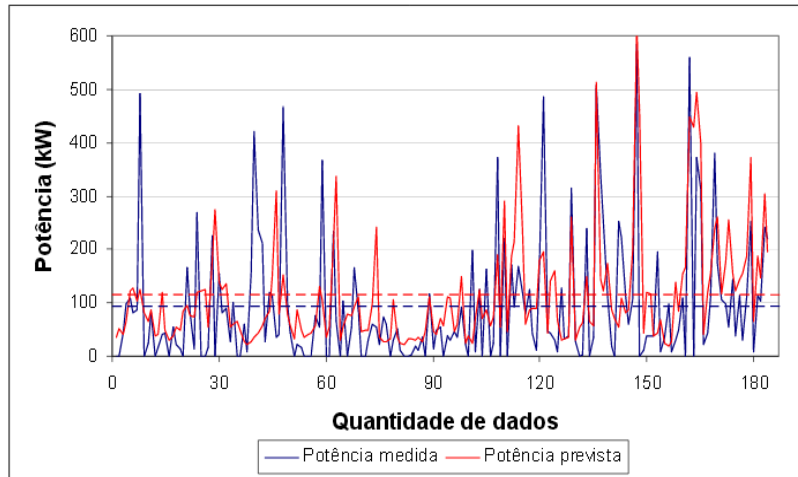


Figura 7. Medição da Potência calculada.

Fonte: Souza et al., 2015.

A amostra de vinte moradores do entorno do Parque Eólico de Gargaú no Estado do Rio de Janeiro, respondentes desta pesquisa, sobre avaliação dos impactos ambientais, ocasionados a partir de sua instalação, tem-se ilustrado nos quadros 2 e 3, respectivamente, os graus de presença e de importância dos critérios de impactos ambientais, respectivamente, adquiridos por meio de questionário estruturado, para os cálculos iniciais, de transcrição dos processos de fuzificação, defuzificação e normalização, que servirão de base para calcular o grau de incidência referente aos impactos ambientais avaliados.



	I01	I02	I03	I04	I05	I06
M01	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00
M02	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00
M03	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00
M04	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00
M05	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00
M06	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	4,00
M07	3,00	1,00	1,00	2,00	1,00	3,00
M08	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00
M09	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
M10	2,00	4,00	1,00	2,00	3,00	2,00
M11	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00
M12	2,00	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00
M13	4,00	3,00	3,00	2,00	3,00	4,00
M14	4,00	2,00	4,00	2,00	3,00	4,00
M15	2,00	3,00	4,00	3,00	2,00	4,00
M16	3,00	3,00	4,00	2,00	4,00	4,00
M17	3,00	1,00	4,00	2,00	2,00	3,00
M18	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
M19	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00
M20	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Ñ	1,90	1,70	1,95	1,60	1,95	2,40
	2,90	2,70	2,95	2,60	2,95	3,40
	3,70	3,55	3,60	3,55	3,65	3,90
Crisp	2,85	2,66	2,86	2,59	2,88	3,28
Norm	0,87	0,81	0,87	0,79	0,88	1,00

Quadro 2. Grau de Presença dos Critérios de Impactos Ambientais.

Fonte: Elaboração própria.

Como os valores e entrada foram coletados através de questionários estruturados, nos leva a imprecisão e incerteza, caracterizando, portanto, a indicação do uso da lógica fuzzy para tal avaliação (BOENTE, 2015).



	I01	I02	I03	I04	I05	I06	
M01	3,00	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	
M02	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	
M03	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	
M04	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	
M05	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00	
M06	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	
M07	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00	
M08	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	
M09	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	
M10	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	
M11	3,00	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	
M12	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	
M13	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	
M14	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00	
M15	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	
M16	3,00	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	
M17	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00	
M18	3,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00	
M19	3,00	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	
M20	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00	
Ñ	2,55	2,40	2,40	2,00	3,00	2,45	
	3,55	3,40	3,40	3,00	4,00	3,45	
	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Crisp	3,41	3,30	3,30	3,00	3,75	3,34	
Norm	0,91	0,88	0,88	0,80	1,00	0,89	Σ= 5,36

Quadro 3. Grau de Importância dos Critérios de Impactos Ambientais.

Fonte: Elaboração própria.

Os cálculos para fuzificação dos graus de presença e importância dos critérios de impactos ambientais foram realizados através da seguinte fórmula (b), e em seguida, utilizou-se as fórmulas (c) e (d), para calcular o valor crisp e o valor normal, que serviu de parâmetro matemático para os cálculos fuzzy:

$$(b) (a, m, b)_{agreg_j} = \sum_{i=1}^{06} \sum_{j=1}^{20} CI_{resp_i} * (Aval)_{crit_j} \quad (c) V_{crisp} = \frac{(a + 2m + b)_{agreg_j}}{4}$$

$$(d) V_{norm} = \frac{V_{crisp}}{V_{max}}$$

Os critérios de impactos ambientais, a partir dos graus de presença e importância, foi calculada a Distância *Hamming*, que é a distância existente entre os graus de presença e importância, que a partir da ilustração do quadro 4, os dados foram utilizados para calcular o Grau de Incidência desses impactos ambientais, efetivamente naquela região.



Critérios	Presença	Importância	Distância Hamming
I01	0,87	0,91	-0,04
I02	0,81	0,88	-0,07
I03	0,87	0,88	-0,01
I04	0,79	0,80	-0,01
I05	0,88	1,00	-0,12
I06	1,00	0,89	0,11

Quadro 4. GAP entre os Graus de Presença e Importância dos Critérios Avaliados.

Fonte: Elaboração própria.

Para cálculo da distância *hamming*, utilizou-se a fórmula (e) para análise das distâncias observou-se que os itens I03 (Colisão das aves com as turbinas aerogeradoras) e I04 (Desvio da utilização do habitat devido à perturbação associada à presença das turbinas que produzem muito barulho), são os critérios que mais geram impactos negativos diretos junto à fauna local, aves, em especial. O Grau de Incidência dos impactos ambientais identificados foi calculado a partir da fórmula (f), obtendo-se, portanto, **0,87** como valor resultante considerado como um alto grau de incidência desses fatores.

$$(e) \quad Dist_{crisp} = V_{crisp}P - V_{crisp}I$$

$$(f) \quad G_{Incid} = \frac{\sum_{i=1}^6 (G_{IMP_i} \times G_{PRES_i})}{\sum_{i=1}^6 G_{IMP_i}} = 0,87$$

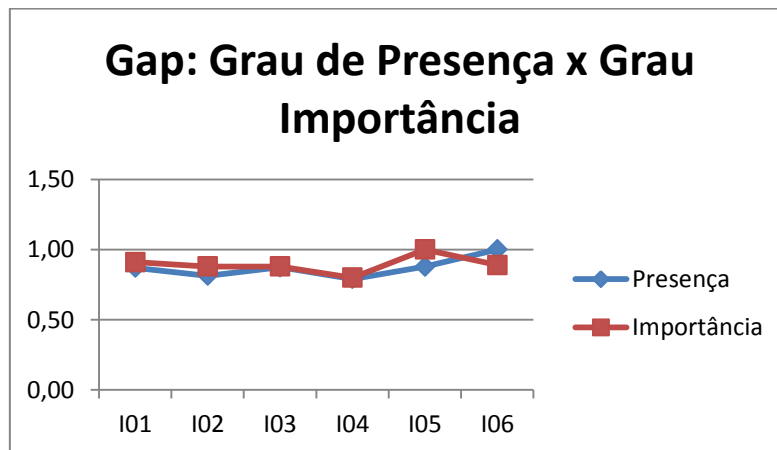


Figura 8. Gráfico do GAP entre os Graus de Presença e Importância dos Critérios Avaliados.

Fonte: Elaboração própria.

A figura 8 ilustra o gráfico das distâncias existentes entre os graus de presença e importância dos critérios de impacto ambiental no meio ambiente.

Para comprovação do grau de incidência encontrado, resolveu-se calcular e analisar o índice de confluência, $I_{confl}(\tilde{A}, \tilde{B})$, dos impactos ambientais decorrentes da implantação de parques eólicos, através da fórmula (g).

$$(g) \quad I_{confl}(\tilde{A}, \tilde{B}) = \frac{\tilde{A} \cap \tilde{B}}{\tilde{A} \cup \tilde{B}} = \frac{\min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))}{\max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x))}$$

Ao analisarmos o quadro 5, consegue-se observar que os critérios Colisão das aves com as turbinas aerogeradoras (I03) e Desvio da utilização do habitat devido à perturbação associada à presença das turbinas que produzem muito barulho (I04), obtiveram índices de confluência **0,874** e **0,911**, respectivamente, convergindo em com a análise realizada acerca do cálculo de *hamming*.

Item	Nº Triangular Fuzzy			Nº Triangular Fuzzy			Valor	Valor	Área de	Área	Índice de
	I - Presença			II - Importância			X	Altura	Interseção	Total	Confluência
I01	1,90	2,90	3,70	2,55	3,55	4,00	3,189	0,639	0,367361	1,257639	0,292
I02	1,70	2,70	3,55	2,40	3,40	4,00	3,022	0,622	0,357432	1,367568	0,261
I03	1,95	2,95	3,60	2,40	3,40	4,00	3,127	0,727	0,436364	1,188636	0,874
I04	1,60	2,60	3,55	2,00	3,00	4,00	2,795	0,795	0,616026	1,358974	0,911
I05	1,95	2,95	3,65	3,00	4,00	4,00	3,382	0,382	0,124265	1,225735	0,101
I06	2,40	3,40	3,90	2,45	3,45	4,00	3,417	0,967	0,700833	0,824167	0,367

Quadro 5. Índice de Confluência acerca dos Critérios Avaliados.

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que o primeiro maior impacto ambiental registrado, **0,911**, corresponde aos altos barulhos produzidos pelas turbinas aerogeradoras, e o segundo maior impacto ambiental encontrado, **0,874**, corresponde às colisões decorrentes das aves com as turbinas aerogeradoras.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um estudo sobre a produção de energia limpa a partir da instalação de parques eólicos, buscando avaliar, por meio da lógica fuzzy, os impactos ambientais causados ao seu entorno.

Conclui-se que a a Energia Eólica é a fonte renovável de energia limpa que apresenta maiores vantagens na geração de energia elétrica, pois só depende da velocidade dos ventos e não emite dióxido de carbono ou outros gases nocivos ao meio ambiente, embora traga algumas desvantagens quanto aos impactos ambientais na região onde Parques Eólicos são instalados.

A partir da pesquisa realizada, foi calculado um alto Grau de Incidência dos impactos ambientais considerados negativos, **0,87** junto à fauna local, em especial às aves, enfatizando dois critérios principais para esta contribuição negativa, a colisão das aves com as turbinas aerogeradoras (I03) e o desvio da utilização do habitat devido à perturbação associada à presença das turbinas que produzem muito barulho (I04).

Embora haja problemas decorrentes à instalação de Parques Eólicos, esta prática é adotada no mundo inteiro contribuindo para o crescimento econômico e social dos países, que optam por este tipo de energia limpa, e tem se mostrado como uma fonte alternativa de grande importância na elaboração dos cenários energéticos ditos ecologicamente corretos.

6. REFERÊNCIAS

- AMENEDO, J.L.R.; GÓMEZ, S.A.; DÍAZ, J.C.B. (2003). **Sistemas Eólicos de Producción de Energia Eléctrica**. Madrid: Rueda.
- BELCHIOR, A.D. (1997). **Um Modelo Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Software**. Tese de Doutorado, Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, RJ.
- BOENTE, A.N.P. (2013). **Proposição de um Modelo Fuzzy para Tomada de Decisão acerca da Avaliação da Qualidade do Produto de Software AVA Moodle Utilizado no Curso de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais do IST-Rio e da Satisfação de seus Usuários**. Tese de Doutorado, Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- BOENTE, R.M.P. (2015). **Avaliação Fuzzy da Aprendizagem Organizacional**. Revista EDU.TEC, v. 1, n. 1, e. 2, Revista Científica Digital da FAETEC.
- COSENZA, C. A. N. (1981). *An Industrial Location Model, Working Paper, Martin Centre for architectural and Urban Sites Studies*, Cambridge University, Cambridge: 1981.
- COSENZA, C.A.; BARTHOLO, R.; DÓRIA, F.A.; DÓRIA, M. [Orgs] (2011). *Allocation problems, economics, fuzzy sets, information: An approximate allocation Algorithm and its consequences*. Editora: Grupo de altos estudos PEP-COPPE-UFRJ.
- COSENZA, H.J.S.R. *et al.* (2006). **Aplicação de Um Modelo de Hierarquização como Instrumento para Tomada de Decisão: Caso de uma Multinacional**. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2006, Fortaleza.
- CUSTÓDIO, R.S. (2013). **Energia eólica para a produção de energia elétrica**. 2 ed. Porto Alegre: Synergia.
- DALMAZ, A.; PASSOS, J.C.; COLLE, S. (2008). **Energia eólica para geração de eletricidade e a importância da previsão**. Revista ABCM-Engenharia.
- FADIGAS, E.A.F.A. (2011). **Energia eólica - Série sustentabilidade**. Rio Grande do Sul: Editora Antus.
- FARIA, M.N. *et al.* (2008). **Um Sistema de Avaliação em EAD baseado em Lógica Fuzzy**. Revista Eletrônica Horizonte Científico. Minas Gerais, edição 2008, dez/2008.
- FREITAS, H; OLIVEIRA, M.; e MOSCAROLA, J. (2008). **O método de pesquisa survey**: Revista de Administração da USP - RAUSP, v. 35, n. 3, p.105- 112.
- GOLDSCHMIDT, R.R.; PASSOS, E. (2005). *Data Mining: Um Guia Prático*. Rio de Janeiro: Campus.

HIS-MEI-HSU.; CHEN-TUNG-CHEN. (1996). *Aggregation of fuzzy opinions under group decision making*. *Fuzzy Sets and Systems*. vol 29 pp. 279-285.

IZARD, I.R.S. (2007). **Indicação das Ações Empresariais a partir da Percepção do Consumidor: Uso da Lógica Fuzzy**. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial, MADE, Universidade Estácio de Sá, RJ.

JAVIER, M.M.M.; RODRIGUEZ RODRIGUEZ, L.M. (2012). **Energia Eólica**. Montevideu: Curtón.

LOPES, R.A. (2012). **Energia eólica**. 2 ed. São Paulo: Liber.

MARTINS, F.R.; GUARNIERI, R.A.; PEREIRA, E.B. (2008). **O aproveitamento da energia eólica**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, 2008.

MORÉ, J.D. (2004). **Aplicação da lógica Fuzzy na avaliação da confiabilidade humana nos ensaios não destrutivos por ultra-som**. Tese de Doutorado submetida ao programa de pós-graduação de Engenharia Metalúrgica e dos Materiais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

NASCIMENTO, T.C. MENDONÇA, A.T.B.B.; CUNHA, S.K. (2012). **Inovação e sustentabilidade na produção de energia: O caso do Sistema sectorial de energia eólica no Brasil**. *Caderno EBAPE*, v. 10, n. 3, set., 2012.

PERALES BENITO, T. (2012). **Prática de Energia Eólica**. São Paulo: Atlas.

PINTO, M. (2013). **Fundamentos de Energia Eólica**. Rio de Janeiro: LTC.

PRUCOLE, E.S. (2006). **Avaliação de Combinações de Classificadores Fuzzy**. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, COOPE/URFJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COOPE, RJ.

ROSES, L.K. (2007). **Modelo de Sucesso na Terceirização da TI: Perspectiva da Satisfação no Relacionamento Cliente-Fornecedor**. In: XXXI EnANPAD. Rio de Janeiro, 2007, ADI-A 3203, vol. 1, p. 1.

SIMÕES, M.G.; FRANCESCHETTI, N.N.; BIMAL, K.B. (1999). **Otimização de um Sistema de Geração de Energia Eólica através de Controle Fuzzy**. *Sociedade Brasileira de Controle & Automação*, v. 10, n. 1, jan-abr, 1999.

SIMÕES, M.G. e SHAW, I.S. (2007). **Controle e Modelagem Fuzzy**. 2. ed. Revisada e Completa. São Paulo: Blucher: FAPESP.

SOUZA, C.A. (2007). **Teoria de Conjuntos Fuzzy e Regressão Logística na Tomada de Decisão para Realização de Cintilografia de Paratiróides**. Dissertação de Mestrado, Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, SP.

SOUZA, C.M.A. et al. (2015). **Produção de Energia Limpa para a redução dos impactos ambientais: Estudo de Caso do Parque Eólico de Gargaú no Estado do Rio de Janeiro**. In XII SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. v. 1, n. 1, p. 178, out, 2015.

ZADEH L.A. (1965). *Fuzzy Sets. Information and Control*, v 8, p. 338-353.



CONGRESSO NACIONAL DE
EXCELÊNCIA EM GESTÃO

ISSN 1984-9354



XII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO
& III INOVARSE – RESPONSABILIDADE SOCIAL APLICADA.

29 e 30 de setembro de 2016.

ZADEH, L.A. (2002). *Fuzzy Logic*, reprinted from IEEE Computer Mag., Apr.1988, pp.88- 93, niversity of California, Berkeley, California, USA.