



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GIA/11
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA

LOCALIZAÇÃO DE GERADORES EÓLICOS SOB A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Gracieli S. Cardoso de Lima(*)
UFABC

Patrícia Teixeira Leite
UFABC

Jesus Franklin A. Romero
UFABC

Kátia Livia Zambon
UNESP

RESUMO

Este informe técnico tem o intuito de apresentar uma proposta de metodologia para auxiliar na localização de instalação de unidades de geração eólica visando aspectos que promovam o desenvolvimento, onde são agregadas variáveis de cunho econômico, social e ambiental para a tomada de decisão. Para alcançar o objetivo proposto, buscou-se a integração de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e metodologias de análise multicritério, como a combinação linear ponderada e a média ponderada ordenada. A avaliação foi aplicada para os municípios do Estado de São Paulo, no Brasil, e os resultados apresentados levarão à proposta de uma metodologia a ser implementada computacionalmente para os agentes do setor elétrico, para que possa auxiliar no planejamento de expansão de sistemas energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Gerador Eólico, Desenvolvimento Sustentável, Avaliação Multicritério, Sistemas de Informação Geográfica

1.0 - INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um tema amplamente discutido devido aos diversos problemas socioambientais que afetam o planeta. Pode ser considerada como um modelo ideal de sistema em que se busca equilibrar diferentes aspectos econômicos, sociais e ambientais, o que se torna uma tarefa cada vez mais complexa à medida que mais parâmetros são integrados no equacionamento do problema. Mesmo assim, a compreensão real dos problemas modernos exige uma visão do todo, onde é reconhecida a interação entre as partes de um sistema e não apenas as soluções no campo econômico, como é comum acontecer (1). Pelo contrário, observa-se que questões sobre desenvolvimento sustentável são abordagens interdisciplinares, com múltiplos objetivos inter-relacionados, como é o caso do abastecimento de energia elétrica.

Atualmente, a eletricidade está intrínseca na vida e nos costumes de uma grande parcela da população global e constitui um elemento essencial para a qualidade de vida do ser humano. O padrão de consumo de energia elétrica de cada país está relacionado com o seu crescimento econômico. Tendo em vista que a expansão econômica ainda está entre os maiores objetivos das nações, a busca por maior capacidade de fornecimento elétrico é constante. Contudo, existe também uma inter-relação entre a produção de energia elétrica e os impactos ao meio ambiente, seja na extração de recursos primários de energia, seja na deposição ou emissão de resíduos durante a produção da eletricidade ou na construção de empreendimentos elétricos, além de impactos sociais associados.

Seja em maior ou menor intensidade, os impactos socioambientais provocados pela geração de energia sempre existirão. O grau de impacto está vinculado ao tipo de empreendimento, as suas características de instalação e ao

(*) R. Dom Pedro II, n° 776 – CEP 15.200-000 José Bonifácio, SP – Brasil
Tel: (+55 17) 8822-4123 – Email: gracielisc@gmail.com

recurso natural usado. No Brasil, a matriz elétrica é considerada limpa por ser quase 70% composta por hidroeletricidade (2), porém, o aproveitamento do potencial remanescente no país está condicionado a possíveis e profundos impactos socioambientais, gerando incertezas numa perspectiva de longo prazo. Adicionalmente, abordagens baseadas na avaliação de indicadores de sustentabilidade, e relações determinísticas entre as suas dimensões, não estão satisfatoriamente exploradas.

Nesse viés, buscou-se apresentar uma análise quantificada das alternativas para a expansão da oferta de eletricidade fazendo uso de uma tecnologia de impactos menos agressivos ao ambiente, considerada, sob alguns aspectos, renovável e limpa, que é a geração eólica. O objetivo deste informe técnico é apontar locais com potencial para a instalação de geradores eólicos buscando contemplar aspectos econômicos, ambientais e sociais. Serão comparadas características, dentre os municípios do Estado de São Paulo, como o recurso eólico disponível, a conexão com a rede para o despacho e comercialização da energia elétrica gerada, possíveis impactos ambientais e o atendimento às necessidades básicas de eletrificação da região.

Para tratar de variáveis espaciais envolvidas no problema, utilizou-se Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), além de metodologias de análise multicritério, apropriadas para situações que possuam vários critérios a serem avaliados. Optou-se por trabalhar a análise em escala global, ou seja, esta técnica antecede a inspeção local, etapa esta não incluída neste estudo. E os resultados alcançados levarão à proposta de uma metodologia a ser implementada computacionalmente para os agentes do setor elétrico como auxílio ao planejamento da expansão, dentro de uma visão de desenvolvimento sustentável.

2.0 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A escolha de critérios de avaliação na identificação de locais propícios para a instalação de geradores eólicos, levando em conta o conceito de desenvolvimento sustentável, foi baseada na literatura sobre Indicadores de Sustentabilidade dentro do escopo energia. Destacam-se três referências de interesse:

- Os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2010 desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (3).
- O documento *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe* coordenado pela *Comisión Económica para América Latina* (CEPAL) e pela *Organización Latinoamericana de Energía* (OLADE) (4).
- E outro conjunto de indicadores energéticos, semelhantes à última referência apontada, sugerido pelo grupo *Helio International*, através do *Guidelines for Observers-Reporters* (5, 6).

Baseado nos documentos mencionados, que abordam o tema energia de forma abrangente, os autores selecionaram os indicadores que se enquadram à produção de energia elétrica (7) para direcionar a elaboração dos critérios de avaliação, que pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Indicadores de sustentabilidade para a produção de energia elétrica

Dimensão	Indicadores - relação com elevado nível de sustentabilidade
Econômica	Baixa participação da importação de energia na matriz elétrica
	Baixa dependência de recursos energéticos externos
	Baixa dependência de tecnologias externas
	Produtividade energética
	Menor custo no abastecimento energético
	Diversificação da matriz energética
Social	Alta porcentagem de lugares eletrificados
	Acesso a energéticos modernos e produtivos
	Atendimento às necessidades elétricas básicas
Ambiental	Redução de emissão gases de efeito estufa
	Redução de emissão de poluentes
	Redução de outros impactos ambientais específicos a cada tecnologia
	Aumento da participação de recursos renováveis
	Uso de energia limpa
	Uso mais eficientes de recursos fósseis
	Baixa participação de fontes geradoras de resíduos radioativos

Sabendo que a tecnologia de aerogerador atende a alguns dos apontamentos citados por fazer uso de um recurso energético renovável e limpo, sem emissão considerável de poluentes durante a produção de energia, e por contribuir para a diversificação da matriz elétrica, esta foi escolhida para avaliar a metodologia proposta.

Foram também selecionados alguns indicadores relevantes na localização dos geradores, distribuídos nos campos econômico, social e ambiental, para definir os critérios de avaliação na localização de geradores eólicos, que são apresentados na Figura 1, e descritos na sequência.

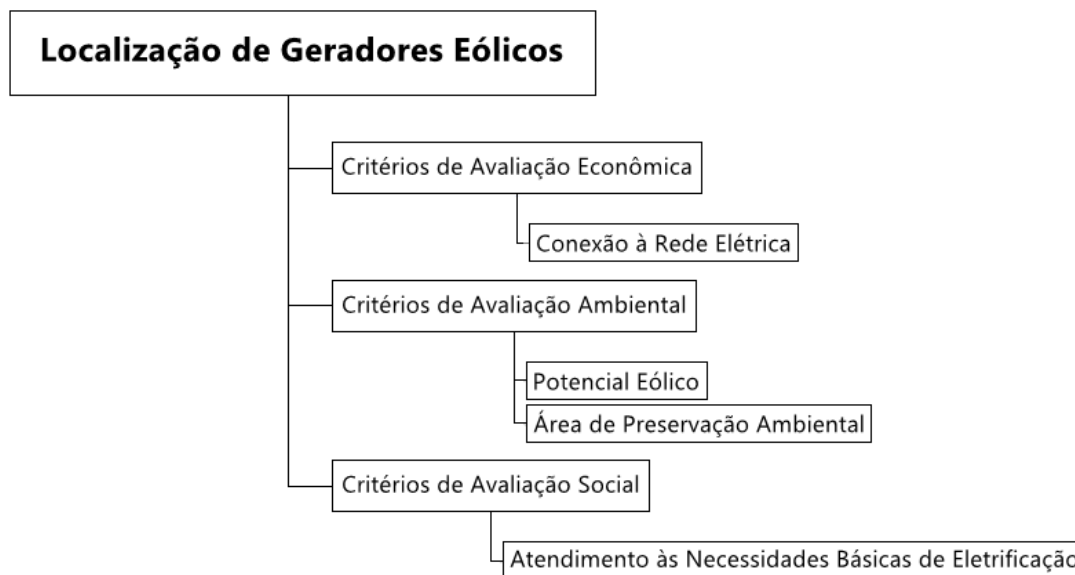


FIGURA 1 – Critérios adotados para a avaliação da localização de geradores eólicos

2.1 Conexão à Rede Elétrica

A conexão à rede é um item de grande relevância ao custo de implantação de um empreendimento de geração elétrica, sendo a construção da linha de interligação a responsável pela maior variação de custo. Assim, neste critério foi avaliada a distância dos municípios à rede através do método de caminhos mínimos (ferramenta disponível na plataforma Transcad (8)), considerando que o custo de construção da linha é diretamente proporcional ao seu comprimento (9).

O recurso eólico é por sua natureza geograficamente distribuída. Desta forma, os parques eólicos acabam despachando a energia produzida em redes construídas tipicamente para a distribuição. Para este trabalho será verificada a proximidade das redes classificadas como Demais Instalações de Transmissão de 138 kV (10), através da sua base de dados de linhas georeferenciadas correspondente.

Em estudos futuros, de âmbito local, segere-se considerar a compatibilidade entre a potência instalada e a capacidade da rede, bem como as especificações atribuídas pela concessionária. Além disso, devem ser ponderadas as restrições inerentes à localização da rede de interligação como impactos ambientais, acidentes geográficos e habitações.

2.2 Disponibilidade do Recurso Eólico

Para estimar a disponibilidade do recurso eólico para cada município de São Paulo fez-se uso do Atlas Eólico disponibilizado pela Secretaria de Energia do Estado (12). O potencial eólico foi representado pela velocidade média anual do vento a 100 metros de altura. Os municípios foram classificados de acordo com os intervalos de velocidade apresentados no mapa eólico de São Paulo, mostrados na Figura 2, considerando-se os maiores valores visualizados. Como atribuído pelo Atlas, os municípios cuja velocidade média não atinge 6,5 m/s foram enquadrados como não aptos para a geração eólica (12).

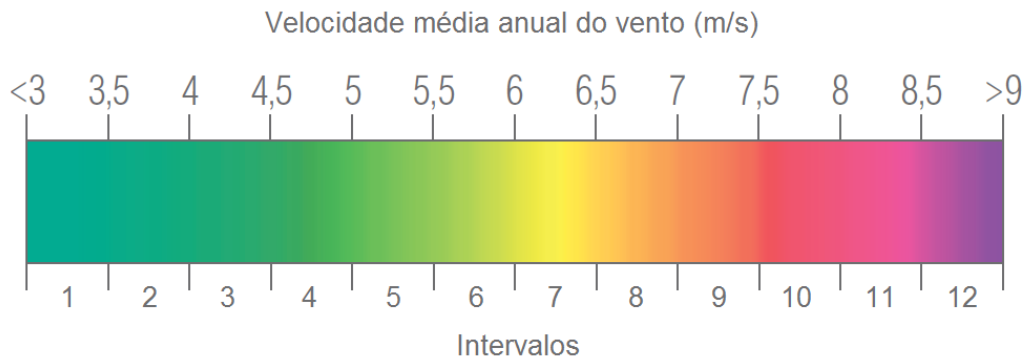


FIGURA 2 – Intervalos de velocidade média anual do vento a 100 m de altura – adaptado (12)

É importante observar que os valores extraídos do atlas referenciam um indicativo de vento para detecção de áreas promissoras para a geração eólica, e que o real potencial de cada região e aproveitamento deste recurso sugere um estudo local com medições para a comprovação da evidência objetiva do vento por aproximadamente dois anos. Além disso, questões como direção do vento, relevo e rugosidade da superfície do solo também exigem estudo de campo (9).

2.3 Áreas de Preservação Ambiental (APAs)

Diferentes interpretações podem ser feitas neste critério quando se considera o tipo de gerenciamento que a região de preservação se enquadra. No entanto, as áreas de preservação ambiental neste informe técnico foram adotadas como um impedimento para a implantação de unidades de geração eólica. Assim, os municípios que possuem algum tipo de área de preservação ambiental foram avaliados como não aptos à instalação de geradores eólicos, estes foram consultados no Sistema Ambiental Paulista, do Governo do Estado (13).

2.4 Atendimento às Necessidades Básicas de Eletrificação

Este critério refere-se ao grau de cobertura das necessidades básicas relacionadas à energia elétrica. De acordo com OLADE, 2003, o comportamento do consumo de energia elétrica e da renda residenciais é semelhante. Nessa linha de raciocínio, o índice de Gini (critério de medida de desigualdade) da distribuição do rendimento da população, pode ser usado para quantificar este critério. Outra possibilidade é o consumo de energia útil per capita no setor residencial, que também fornece uma imagem da posição relativa de cada região no que diz respeito ao grau de cobertura básica de energia elétrica em residências (4).

Buscando maior atualidade dos dados, utilizou-se o consumo residencial final de energia elétrica de cada município, disponível no Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo 2011, da Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo (14), pelo número de habitantes de cada município, apresentado pelo censo de 2010 do IBGE (15).

Observa-se que consumo final é uma aproximação do consumo de energia útil que, por sua vez, seria o indicador ideal, no entanto não é possível contemplar todas as perdas decorrentes dos diferentes graus de eficiência dos equipamentos eletroeletrônicos e de outros equipamentos em geral (3).

3.0 - AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

A metodologia aqui utilizada segue os passos apresentados por Zambon, 2004, na avaliação multicritério de localização de usinas termoeletricas (11). Para isso, foram feitas as devidas adaptações de acordo com a tecnologia usada e também com o momento cronológico em que se insere o trabalho, visto que atualmente as questões socioambientais exigem maior atenção e se fazem necessárias dentro do contexto de tomada de decisão dos agentes do setor elétrico.

A avaliação multicritério é um processo de análise das possibilidades feito através da comparação de critérios selecionados para produzir decisões. Estes podem ser classificados como fator ou exclusão. A exclusão torna a alternativa apta ou não apta à solução, como é o caso considerado para as APAs. E o fator acentua ou diminui a aptidão da alternativa, sendo exemplos os critérios conexão à rede elétrica e atendimento às necessidades básicas de eletrificação. A disponibilidade do recurso eólico é considerada como critério fator e exclusão parte (16). Os passos usados para o ordenamento no processo da avaliação multicritério são apresentados na sequência.

3.1 Definição de Pesos para os Critérios

Dentre as diferentes propostas que abordam esse processo, neste trabalho utilizou-se o método de ordenação de critérios, que consiste na simples ideia de *ranking*, ou seja, o peso é implementado de acordo com o grau de importância do critério. Por exemplo, no método de ordenação Rank Sum, o critério considerado como mais importante recebe peso 1, o segundo de maior relevância recebe peso 2, e assim por diante. O responsável por atribuir os pesos é o decisor, que pode ser uma instituição ou um grupo de pessoas ou instituições envolvidas no problema. Observa-se que este método pode se tornar inadequado à medida que muitos critérios são incorporados (11).

3.2 Normalização de Critérios

Para que seja possível a comparação entre critérios, é necessário que todos eles sejam normalizados para uma mesma escala. Para isso, se utilizou a variação linear expressa pela Equação 1 para o critério disponibilidade do recurso eólico, e pela Equação 2 para os critérios conexão à rede elétrica e atendimento às necessidades básicas de eletrificação, sendo de 0 a 1 o intervalo normalizado. No caso do critério APAs, por ser do tipo exclusão, se considerou “1” para alternativas aptas e “0” para não aptas (11, 16).

$$\mu_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}). \text{Intervalo Normalizado} \quad (1)$$

$$\mu_i = (x_{\max} - x_i) / (x_{\max} - x_{\min}). \text{Intervalo Normalizado} \quad (2)$$

Onde:

x_i : valor a ser normalizado
 x_{\min} : valor mínimo para o critério
 x_{\max} : valor máximo para o critério

Para a primeira equação entende-se que quanto maior o valor obtido para o critérios, no caso a disponibilidade do recurso eólico, mais apto ele está para a solução. E para a segunda equação quanto menor o valor da variável, ou seja, quanto menor a distância da rede elétrica e quanto menor as condições de eletrificação básica, mais apta é para a solução.

3.3 Combinação de Critérios

Foram utilizados dois procedimentos para a combinação de critérios, que estão descritos a seguir.

a. Combinação Linear Ponderada (Weighted Linear Combination - WLC)

Esta combinação, através de média ponderada, trabalha com os critérios fatores normalizados e seus respectivos pesos normalizados multiplicados pelo produto dos critérios exclusão, como apresentado na Equação 3 (11, 16).

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i \cdot \prod_{j=1}^k c_j \quad (3)$$

Onde:

S: valor final do *score*
 w_i : peso normalizado do critério fator i (com $i = 1, \dots, k$)
n: número de critérios fator
 x_i : valor a ser normalizado para o mesmo fator
 c_j : score (0 ou 1) do critério exclusão (com $j = 1, \dots, k$)
k: número de critérios exclusão

b. Média Ponderada Ordenada (Ordered Weighted Average - OWA)

Neste procedimento é aplicado um novo conjunto de pesos, chamado *order weights*, aos valores obtidos pela técnica WLC para que se possa analisar diferentes situações de riscos. Para este informe técnico foram aplicadas três situações, na primeira foi de peso ‘1’ ao critério considerado como mais importante e ‘0’ para o restante, induzindo uma solução dita otimista. Na segunda, o peso ‘1’ foi dado ao critério de menor importância e ‘0’ para o restante, neste caso uma solução pessimista ou conservadora. E por último, para uma solução equilibrada, aplicou-se o peso ‘0,333’ para todos os critérios fatores (11, 16).

Na Tabela 3 são apresentados os pesos usados nas duas técnicas abordadas e o ranking considerado nos critérios fatores.

Tabela 3 – Pesos usados nas técnicas de combinação de critério WLC e OWA

Crítérios Fatores	Ordem no Ranking	Peso	Peso Normalizado (WLC)	Peso (OWA - risco máximo)	Peso (OWA - risco mínimo)	Peso (OWA - risco médio)
Disponibilidade do Recurso Eólico	1	3	0,5	1	0	0,333
Conexão à Rede Elétrica	2	2	0,333	0	0	0,333
Eletificação Básica	3	1	0,167	0	1	0,333

4.0 - RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta os dados dos dez municípios mais aptos à instalação de geradores eólicos, sob as condições apresentadas anteriormente, de acordo com a técnica WLC. Os valores de WLC são apresentados de forma decrescente, quanto mais próximo de 1 o valor, maior sua aptidão.

Tabela 4 – Representação dos municípios mais aptos - WLC

ID	WLC	Município	Vento (normalizado)	Distância LT138 kV (normalizado)	Consumo residencial per capita (normalizado)	APAs (norm.)
1	0,9529	Cajati	1,0000	0,9951	0,7280	1
2	0,9171	Guapiara	0,9091	0,9718	0,8323	1
3	0,9169	Apiáí	0,9091	0,9987	0,7770	1
4	0,9040	Jacupiranga	0,9091	0,9773	0,7429	1
5	0,8977	Divinolândia	0,9091	0,9646	0,7300	1
6	0,8903	São Sebastião da Gramma	0,9091	0,9411	0,7328	1
7	0,8835	Barra do Chapéu	0,9091	0,8647	0,8443	1
8	0,8743	Tejupa	0,9091	0,8516	0,8155	1
9	0,8712	Itariri	0,8182	0,9912	0,7906	1
10	0,8701	Pindamonhangaba	0,9091	0,9439	0,6060	1
...
54	0,7546	São Simão	0,6364	0,9997	0,6198	1

Deve-se observar que esses resultados poderiam ser diferentes se os valores de pesos fossem diferentes, ou mesmo se a ordem de importância dos critérios fosse outra. Neste caso, o município Cajati considerado mais apto está no intervalo de maior velocidade de vento (8,5 a 9,0 m/s), porém este não possui maior valor (normalizado) de distância da linha de transmissão e de consumo residencial per capita, correspondente aos municípios São Simão e Barra do Chapéu, respectivamente.

A tabela seguinte apresenta a localização pela técnica OWA através da análise de risco máximo.

Tabela 5 – Representação dos municípios mais aptos - OWA máximo

OWA max	Município	Vento (norm.)	Dist. LT138 (norm.)	Cons. residencial per capita (norm.)
0,50	Ilha Bela	1,0000	0,9493	0,3048
0,50	Lavrinhas	1,0000	0,4462	0,7049
0,50	Cruzeiro	1,0000	0,4853	0,5960
0,50	Piquete	1,0000	0,6222	0,6668
0,50	Joanópolis	1,0000	0,7433	0,6557
0,50	Piracaia	1,0000	0,8597	0,5966
0,50	Vargem	1,0000	0,8736	0,7100
0,50	Bragança Paulista	1,0000	0,9938	0,5178
0,50	Atibaia	1,0000	0,9925	0,4704
0,50	Cananéia	1,0000	0,9180	0,6441

Nesta técnica, os resultados obtidos seguiram um padrão correspondente ao intervalo de velocidade do vento, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da avaliação OWA máximo relacionados aos intervalos de velocidade do vento

OWA max	Intervalo da velocidade do vento (m/s)
0,50	9,0 – 8,5
0,45	8,5 – 8,0
0,41	8,0 – 7,5
0,36	7,5 – 7,0
0,31	7,0 – 6,5

Os resultados da análise de localização através da técnica OWA de risco mínimo são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Representação dos municípios mais aptos - OWA mínimo

OWA min	Município	Vento (norm)	Dist. LT138 (norm.)	Cons. residencial per capita (norm.)
0,14	Barra do Chapéu	0,9091	0,8647	0,8443
0,14	Itaoca	0,7273	0,8938	0,8388
0,14	Guapiara	0,9091	0,9718	0,8323
0,14	Tejupa	0,9091	0,8516	0,8155
0,14	Pedra Bela	0,6364	0,8685	0,8153
0,14	Barra do Turvo	1,0000	0,7223	0,8147
0,14	Ribeirão Grande	0,9091	0,9862	0,8143
0,14	Nova Campina	0,8182	0,8809	0,8103
0,13	Eldorado	0,9091	0,8757	0,8029
0,13	Álvaro de carvalho	0,6364	0,8939	0,8014

E na Tabela 8, na análise de risco médio,

Tabela 8 – Representação dos municípios mais aptos - OWA médio

OWA med	Município	Vento (norm.)	Dist. LT138 (norm.)	Cons. residencial per capita (norm.)
0,32	Capão Bonito	1,0000	0,9963	0,7488
0,32	Cajati	1,0000	0,9951	0,7280
0,31	Ribeirão Grande	0,9091	0,9862	0,8143
0,31	Bragança Paulista	1,0000	0,9938	0,5178
0,31	Guapiara	0,9091	0,9718	0,8323
0,31	Apiaí	0,9091	0,9987	0,7770
0,30	Cananeia	1,0000	0,9180	0,6441
0,30	Vargem	1,0000	0,8736	0,7100
0,30	Atibaia	1,0000	0,9925	0,4704
0,30	Jacupiranga	0,9091	0,9773	0,7429

5.0 - CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi apontar locais propícios para a instalação de geradores eólicos através de técnicas de multicritérios e sistemas de informação geográfica. Visando aspectos mais sustentáveis, foram escolhidos critérios ambientais, sociais e econômicos para a avaliação, tais como a disponibilidade de recurso eólico, a presença de áreas de preservação ambiental, o atendimento às necessidades básicas de eletrificação e a proximidade de rede elétrica para o despacho da energia.

Na técnica WLC, pôde-se perceber que os resultados correspondem à distribuição dos pesos, priorizando o critério de disponibilidade do recurso eólico, no entanto, sofrendo também interferência dos outros critérios na decisão. Tal fato pode ser observado ao se comparar o município Itariri com Pindamonhangaba, que possui menor velocidade de vento, no entanto melhores valores nos outros critérios fatores, alcançando uma melhor classificação. Observa-se que houve uma compensação entre os critérios.

Na técnica OWA de risco máximo, percebeu-se uma priorização pela disponibilidade do recurso eólico, tanto que os resultados acompanham o comportamento desse critério, como foi apresentado na Tabela 6. Além disso, houve uma grande variação de valores nos outros dois critérios. Já na análise de risco mínimo, a variação foi menor para o critério atendimento às necessidades básicas de eletrificação, que recebeu o menor peso na técnica WLC. E na análise de risco médio, observou-se um relativo equilíbrio entre as variáveis, demonstrando certa equivalência ao WLC.

Os quatro municípios apresentados como mais aptos à implantação de geradores eólicos pelo método WLC, Cajati, Guapiara, Apiaí e Jacupiranga, estão entre os dez mais aptos pelo método OWA de risco médio. Estes municípios se apresentam como sugestões de interesse para um aprofundamento de estudo local, na pretensão de instalação de geradores eólicos. Outros municípios também aparecem entre os dez mais aptos em dois dos critérios avaliados. Caberá ao decisor optar pelo tipo de avaliação que se adequa mais à realidade do seu problema.

Os resultados apresentados foram satisfatórios e promissores para novos e diversificados estudos com a utilização da metodologia proposta. Para os autores, esta metodologia poderá auxiliar não só os agentes do setor elétrico, mas todos os setores que necessitam avaliar uma decisão baseada nos critérios envolvidos nesta ferramenta.

Vale destacar que se trata de uma primeira versão da metodologia proposta e, consciente da profundidade e importância do tema, sugere-se como complementação a inclusão de critérios ambientais que representem de forma mais significativa os impactos relacionados à tecnologia de estudo, assim como um aprofundamento maior nos indicadores sociais, de modo a tornar esta ferramenta mais próxima da realidade.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) HJORTH, PEDER; BAGHERI, ALI. ***Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach***. ELSEVIER. Futures 38 (2006), p74-92.
- (2) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração – BIG**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15>>. Acessado em: 24 abr. 2013.
- (3) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2010**. Estudos e Pesquisa, Informação Gráfica, Número 7. Rio de Janeiro, 2010
- (4) CEPAL - COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA & OLADE - ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA. **Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe – Guía para la Formulación de Políticas Energéticas**. Primera Edición. Santiago de Chile, 2003.
- (5) HELIO INTERNATIONAL. **Guidelines for Observers-Reporters**. 2000. Disponível em: <<http://www.helio-international.org/Helio/anglais/reports/reports2000b.html#7>>. Acessado em: 24 abr. 2013.
- (6) PHILIPPI JR. ARLINDO; MALHEIROS, TADEU FABRÍCIO (Editores). **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. Editora Manole. Barueri, SP. 2012.
- (7) CARDOSO, GRACIELI SARTÓRIO. LEITE, PATRÍCIA TEIXEIRA. ROMERO, JESUS FRANKLIN A. **Indicadores de Sustentabilidade para Empreendimentos de Geração Distribuída**. 9º Congresso Latino-Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CLAGTEE. Mar del Plata, nov. 2011.
- (8) CALIPER. TRANSCAD – Transportation Planning Software. Disponível em <<http://www.caliper.com/web/transcad.htm>>. Acessado em: 15 maio 2013.
- (9) MONTEZANO, BRUNO EDUARDO MOREIRA. **Estratégias para identificação de sítios eólicos promissores usando sistema de informação geográfica e algoritmos evolutivos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2012.
- (10) BRASIL. **Energia, Setor Elétrico, Transmissão**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/setor-eletrico/transmissao>>. Acessado em: 15 maio 2013.
- (11) ZAMBON, KÁTIA LÍVIA. **Localização de usinas termoeletricas utilizando sistema de informação geográfica e métodos de decisão multicritério**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2004.
- (12) GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SECRETARIA DE ENERGIA. **Atlas Eólico do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/atlas-eolico>>. Acessado em: 24 abr. 2013.

(13) GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SISTEMA AMBIENTAL PAULISTA. **APAS – Área de Proteção Ambiental**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/unidades-de-conservacao/apas/>>. Acessado em: 24 abr. 2013.

(14) GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SECRETARIA DE ENERGIA. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo 2011**. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/anuarios>>. Acessado em: 24 abr. 2013.

(15) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades - São Paulo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/ufs/download/mapa_e_municipios.php?uf=sp>. Acessado em: 07 maio 2013.

(16) SILVA, ANTÔNIO NÉLSON RODRIGUES DA; RAMOS, RUI ANTÔNIO RODRIGUES; SOUZA, LÉA CRISTINA LUCAS DE; RODRIGUES, DANIEL SOUTO & MENDES, JOSÉ FERNANDO GOMES. **SIG - Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes**. EdUFSCar. São Carlos, SP. 2008.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Gracieli Sartório Cardoso de Lima

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (2005). É mestre (2009) e doutoranda pelo curso de Pós-graduação em Energia na Universidade Federal do ABC - UFABC. Tem experiência como engenheira eletricista em projetos de pesquisa de um simulador de queda-livre e geradores eólicos, na área de automação e controle de processos e instalações elétricas. Atualmente atua em projeto de pesquisa na área de planejamento energético com foco em geração distribuída e indicadores de sustentabilidade.

Patrícia Teixeira Leite

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (1995), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1999) e doutorado em Engenharia Elétrica São Carlos pela Universidade de São Paulo (2003). Atualmente é professora adjunto 6 nível 2 da Universidade Federal do ABC. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Operação de Sistemas Hidrotérmicos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: algoritmos genéticos, sistemas hidrotérmicos, planejamento da operação, otimização e inteligência artificial.

Jesus Franklin Andrade Romero

Possui graduação em Engenharia Eletrônica pela Universidad Mayor de San Andrés (1992, Revalidação USP 2000), mestrado e doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1997 e 2002 respectivamente). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal do ABC e participa do programa de pós-graduação em Energia da UFABC. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Controle de Processos de Conversão de Energia, Máquinas Elétricas e Dispositivos Eletrônicos. Atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas de controle e supervisão, acionamentos elétricos, processamento digital de sinais, sistemas não lineares, identificação paramétrica e otimização de processos.

Kátia Livia Zambon

Mestrado (1997) e Doutorado (2004) pela Escola de Engenharia Elétrica de São Carlos da Universidade de São Paulo, área de Engenharia Elétrica com Ênfase à Computação. Graduação de Análise de Sistemas (1993) pela Universidade do Sagrado Coração - Bauru (São Paulo), graduação em Formação Especial e Educação Profissional em Ensino Médio pelo Instituto Americano de Lins da Igreja Metodista (1995), graduação em Pedagogia (1998), técnica em Processamento de Dados (1988). Atualmente é docente do CTI da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Tem experiência na área de Sistemas de Informação e trabalha com projetos de pesquisa com os temas: software educacional e simulação de ambientes organizacionais (jogos de empresas).