

# ESTUDO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS DA LÓGICA FUZZY APLICADOS À ENERGIA SOLAR

João L. B. ZAMPERIN<sup>1</sup>  
Simone L. ANDRADE<sup>2</sup>  
,Camila P. C. GABRIEL<sup>3</sup>  
Luís R. A. GABRIEL FILHO<sup>4</sup>

**RESUMO:** Neste trabalho mostramos como a lógica fuzzy pode ser utilizada em otimização e como a otimização pode ser usada para maximizar a transferência de potência de aplicações de energias alternativas. Desenvolvemos um controlador fuzzy para captar a energia solar em toda a sua estrutura com mais eficiência, visando o racionamento de energia.

**Palavras-chave:** Fuzzy. Energia Solar.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a energia solar fotovoltaica tem provido energia elétrica para qualquer aplicação e em qualquer localização na Terra e no Espaço, sendo que o meio urbano começa a se destacar como um grande absorvedor desta tecnologia ecológica.

Diferente dos sistemas solares para aquecimento de água, os sistemas fotovoltaicos (FV) não utilizam calor para produzir eletricidade. Interpretando a palavra; "photo" significa "produzido pela luz," e o sufixo "voltáico" refere-se a "eletricidade produzida por uma reação química." A tecnologia FV produz eletricidade diretamente dos elétrons liberados pela interação da luz do sol com certos semicondutores, tal como o silício no painel fotovoltaico. Esta energia é

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Matemática da FAI – Adamantina - SP. Bolsista de Iniciação Científica FUNDACTE. Email: ([jaoiron@msn.com](mailto:jaoiron@msn.com))

<sup>2</sup> Docente e Coordenadora do curso de Matemática da FAI – Adamantina - SP. Email : ([simone\\_leite@uol.com.br](mailto:simone_leite@uol.com.br))

<sup>3</sup> Docente do Departamento de Matemática - FAI - Adamantina / SP e Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura - FCA/UNESP - Botucatu / SP. Email: ([cpremasco@yahoo.com.br](mailto:cpremasco@yahoo.com.br)).

<sup>4</sup> Docente do Departamento de Matemática - FAI - Adamantina / SP e Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura - FCA/UNESP - Botucatu / SP.

confiável e silenciosa, pois não existe movimento mecânico. O movimento dos elétrons forma eletricidade de corrente direta.

O elemento principal é a célula solar. Várias células são conectadas para produzir um painel fotovoltaico e muitos painéis conectados formam um módulo fotovoltaico. Um sistema fotovoltaico completo consiste de um painel ou um módulo conectado a um inversor que converte a eletricidade de corrente direta em corrente alternada que é compatível com o sistema da rede elétrica. Baterias poderão ser incluídas no sistema para prover um sistema totalmente independente da rede elétrica de "emergência" , caso o serviço de energia elétrica seja interrompido por algum motivo.

Entre as vantagens de um sistema fotovoltaico, podemos destacar:

- energia solar não polui durante seu uso. A poluição decorrente da fabricação dos equipamentos necessários para a construção dos painéis solares é totalmente controlável utilizando as formas de controles existentes atualmente.
- As centrais necessitam de manutenção mínima.
- Os painéis solares são a cada dia mais potentes ao mesmo tempo em que o custo dos mesmos vem decaindo. Isto torna cada vez mais a energia solar uma solução economicamente viável.
- A energia solar é excelente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão.
- Em países tropicais, como o Brasil, a utilização da energia solar é viável em praticamente todo o território, e, em locais longe dos centros de produção energética, e sua utilização ajuda a diminuir a demanda energética nestes e conseqüentemente a perda de energia que ocorreria na transmissão.

A força da Lógica Fuzzy deriva da sua habilidade em inferir conclusões e gerar respostas baseadas em informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas. Neste aspecto, os sistemas de base Fuzzy têm habilidade de raciocinar de forma semelhante à dos humanos. Seu comportamento é representado de maneira muito simples e natural, levando à construção de sistemas compreensíveis e de fácil manutenção.

## DISCUSSÃO TEÓRICA DO TEMA

As estratégias de controle e modelagem fuzzy são ferramentas eficientes para aplicações devido aos seus potenciais benéficos em otimização dos custos de implementação. Um campo que tem provado ser atrativo para otimização fuzzy é a geração e controle de potência elétrica das chamadas fontes de energia alternativas, como a energia solar. Os custos das instalações são muito elevados, além disso, a disponibilidade da fonte alternativa é de natureza intermitente, o que tende a restringir a eficiência. Assim é, portanto, de extrema importância otimizar o desempenho da transferência de potência elétrica, mesmo que sendo um pequeno ganho incremental, de forma a amortizar os custos de instalação no menor espaço de tempo possível.

De acordo com [ZADEH, 1998, p.21], os conjuntos Fuzzy constituem uma “ponte” no caminho de aproximar o raciocínio humano ao da lógica executada pela máquina.

Tradicionalmente, temos em um conjunto convencional limites bruscos, onde a transição dos membros para não-membros é abrupta e repentina. Em um conjunto Fuzzy, diferentemente, as transições entre o membro e o não-membro estão numa faixa gradual.

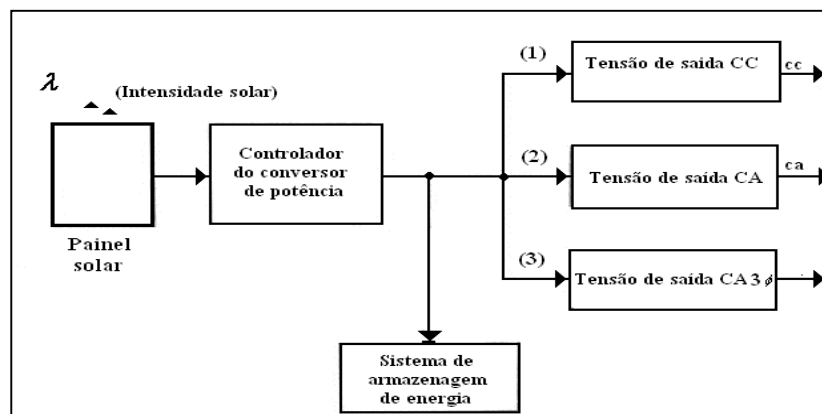
A conversão fotovoltaica para utilização da energia solar é considerada a principal fonte de energia alternativa em diversos países, onde a incidência perpendicular dos raios solares a densidade de potência é aproximadamente  $1\text{KW}/\text{m}^2$  através de células solares (fotovoltaicas), que são dispositivos que convertem fótons em potencial elétrico. Todavia, o alto custo inicial de instalação, aliado ao baixo rendimento de conversão (de 12% para células fotovoltaicas convencionais até o máximo de 29% para células especiais), são os responsáveis pela pouca utilização e aceitação deste tipo de sistema.

Um painel solar é conectado a um sistema de armazenagem de energia, que pode consistir geralmente de baterias, ou então células combustíveis (hidrogênio), rodas-livres, ou para sistemas com geração principal através de hidrelétricas. Pode haver a conexão ao sistema de distribuição elétrica. O painel solar está sujeito às variações de intensidade solar e da temperatura ambiental, o

que altera o ponto de operação onde pode se obter o máximo de potência e, por conseguinte, melhor rendimento de transferência energética. Portanto, do ponto de vista econômico, para se diminuir o tempo de amortização dos custos das instalações é essencial extrair, de forma contínua, o máximo de potência disponível. Um sistema de otimização como o que será descrito é fundamental para tal finalidade. A seguir descreve-se um sistema baseado em lógica fuzzy para um controlador fotovoltaico, com as seguintes características: rastreamento adaptativo em tempo real da potência máxima, robustez contra variações de intensidade solar e temperatura, ausência de sensores externos para medição da intensidade solar e temperatura.

O Controlador é representado pelo seguinte diagrama:

**FIGURA 1:** Componentes de um sistema solar fotovoltaico aplicado à geração de energia elétrica



Define-se como região atual da PLACA A, em estudo, a região dada por:  $L = [0.800, 0.973] \times [0.355, 0.938]$ .

Determinamos os valores máximo e mínimo da função  $z$  em  $L$ :

$$z_{\max} = 93\,180.06 \quad \text{e} \quad z_{\min} = 35\,131.05$$

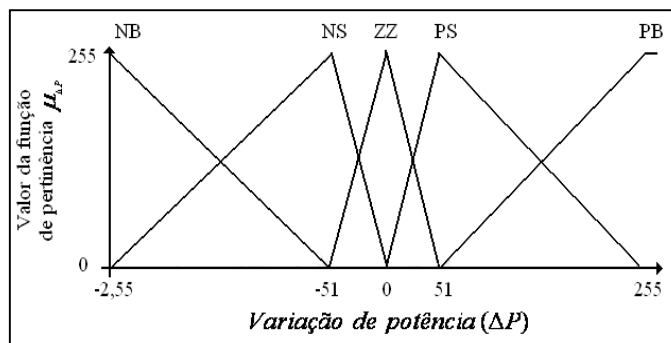
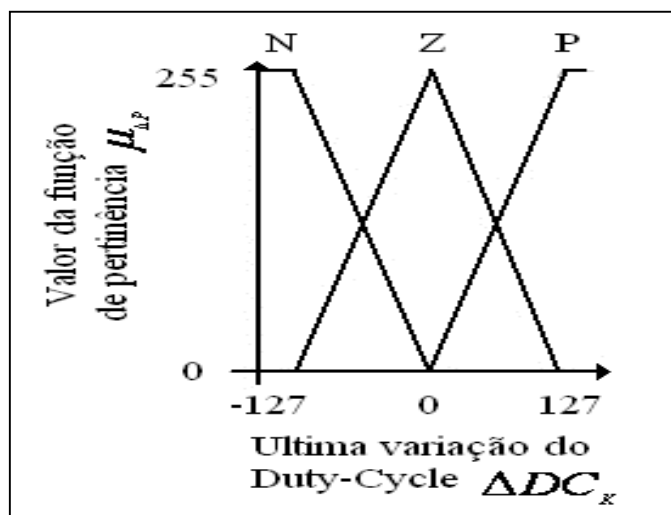
Assim definimos a função grau de pertinência  $g: L \rightarrow [0,1]$  por

$$g = 1 - \frac{z - 35131.05}{58049.01}$$

**TABELA 1:** Eficiência Fuzzy da Placa Solar

| Grau de Aderência    | Variável Fuzzy        |
|----------------------|-----------------------|
| $0 \leq g \leq 0,33$ | <u>Energia Mínimo</u> |
| $0,33 < g \leq 0,66$ | <u>Energia Médio</u>  |
| $0,66 < g \leq 1$    | <u>Energia Máximo</u> |

A função de pertinência para a variação de potência e a variação cíclica são mais densas no centro, provendo mais sensibilidade para os valores próximos de zero. Apresentamos a base de regras, onde as regras foram determinadas para incluir todas as situações, como, por exemplo, regras que contam com o deslocamento global do ponto ótimo de acordo com o nível de radiação solar, entre outras. Através destas regras e do programa Matlab obtemos:

**FIGURA 2:** Funções de Pertinência relativamente à variação de potência.**FIGURA 3:** Função de pertinência da variação do sistema Duty Cycle

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente muito se fala a respeito de desenvolvimento sustentável. Todo desenvolvimento requer o uso de energia. No entanto, só há desenvolvimento sustentável com energia vinda de fontes renováveis, ou seja, aquelas que não consomem combustíveis e não produzem resíduos prejudiciais, e, quando bem planejadas, não geram conseqüências para o meio ambiente.

Uma das tecnologias renováveis mais promissoras e recentes de geração de energia elétrica é a fotovoltaica, que gera eletricidade de forma distribuída, característica que se diferencia da forma como se constitui o setor elétrico brasileiro. Representa uma solução sustentável, uma vez que o material ativo na maioria dos módulos é o silício, que é o segundo elemento mais abundante na superfície terrestre.

Fica evidente que o aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, representa um benefício incalculável para enfrentarmos os desafios do novo milênio. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do Sol. Com um controlador fuzzy de movimentação para uma placa fotovoltaica podemos melhorar o desempenho do sistema, extraindo o máximo de potência, obtendo melhor rendimento de transferência energética, diminuindo assim o tempo de amortização dos custos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARANCA, A.P. **A cammon Fuzzy logic back ground to neural networks and lingustic syntesis techique.** 1992. p.103.

NOGUEIRA JUNIOR, Milton P. **Energia Solar Fotovoltaica**. Aonde Vamos. Disponível em: < <http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto02.htm>>. Acesso em: 05/05/2007.

WIKIPÉDIA. **Energia Solar**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_solar](http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_solar)>. Acesso em: 08/05/2007.

ZADEH, L.A. **Fuzzy Lógica**, **IEEE Magazine**. New York, EUA. 1998. p. 21.