

# REDES DE SENSORES PARA A MONITORAÇÃO E ALERTA DE CHUVAS BASEADO NO ALGORITMO DE FUSÃO DE DADOS FUZZY

BRASIL<sup>1</sup>, Joabe  
GUIMARÃES<sup>2</sup>, Auritônio  
NOGUEIRA<sup>3</sup>, Elder  
VILLANUEVA<sup>4</sup>, Juan Moises Mauricio

Centro de Energias Alternativas e Renováveis/Departamento de Engenharia Elétrica/  
Programa de Bolsas de Extensão – PROBEX 2013

## RESUMO

Uma das principais aplicações de sistemas de redes de sensores sem fio é dada nos sistemas de alertas de emergências diante de ocorrências de desastres naturais. Entretanto, a implementação deste tipo de sistemas requer uma análise detalhada das topologias usadas que dependem da geografia do local. Assim também, as redes de sensores podem fornecer resultados mais confiáveis comparados com um único elemento de medição. Assim, este projeto de extensão, tem como objetivo realizar o estudo e desenvolvimento de um sistema de redes de sensores sem fio o município de João Pessoa para melhorar o processo de tomada de decisões de alertas de emergências, e assim beneficiando diretamente a população. Um algoritmo de combinação das informações das medições de chuvas fornecido pela rede de sensores foi desenvolvido para aumentar a confiabilidade do resultado de medição.

**PALAVRAS-CHAVES:** fusão de dados, redes de sensores sem fio, alertas de emergências.

## INTRODUÇÃO

Diversas aplicações tecnológicas têm sido desenvolvidas para o auxílio na monitoração de catástrofes ambientais, tais como: redes de sensores sem fio (RSSF), sistemas avançados de medição, algoritmos de fusão dados, etc. Desta maneira, os sistemas de alerta de emergências tem sido aprimorados, conseguindo diminuir o número de pessoas afetadas a nível global [1].

Particularmente na Paraíba, as principais fontes de calamidades e desastres são originadas pelas chuvas, inundações, enchentes, secas, desmoronamento, etc. Entretanto, estas variáveis são monitoradas pelos órgãos nacionais competentes. Entretanto, os sistemas utilizados ainda são insuficientes e requerem uma alta confiabilidade para a tomada de decisões. Neste contexto, o projeto de extensão intitulado: “*Avaliação dos sistemas de redes de sensores no estado da Paraíba como ferramenta para implementação de alertas antecipadas de emergência*”, tem como objetivo realizar o estudo dos sistemas atuais de redes de sensores para monitoração de alertas e propor uma topologia de RSSF tomando como estudo de caso o município de João Pessoa. Assim também, será

<sup>1</sup>DEE – CEAR – UFPB. Técnico colaborador – joabe@cear.ufpb.br

<sup>2</sup>DEE – CEAR – UFPB. Discente Bolsista – auritonio.guimaraes@cear.ufpb.br

<sup>3</sup>DEE – CEAR – UFPB. Técnico colaborador – elder@cear.ufpb.br

<sup>4</sup>DEE – CEAR – UFPB. Professor Coordenador – jmauricio@cear.ufpb.br

desenvolvido algoritmos de combinação ou fusão de informação de sensores de chuvas (pluviômetros) para aumentar a confiabilidade e exatidão das medições.

## REDES DE SENSORES PARA MONITORAÇÃO DE ALERTAS

Os sistemas de redes de sensores para a monitoração catástrofes e emissão de alertas de emergência é coordenada a nível nacional pelo CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) e ANA (Agencia Nacional de Águas) e a nível estadual e municipal pelos órgãos governamentais tais como AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), Defesa Civil, a Universidade e o Governo da Paraíba, como ilustra na Fig. 1. Neste contexto, foi tomado como estudo de caso, o município de João Pessoa, na qual se realizou o estudo e proposta de uma topologia de RSSF para a monitoração de chuvas. Os pontos de monitoração foram definidos preliminarmente de acordo com riscos iminente nos bairros desta cidade (fornecidos pela defesa civil municipal de João Pessoa), como ilustra na Fig. 2. O arranjo dos nós sensores é baseado na topologia do tipo árvore que é a junção das topologias de tipo estrela e ponto-a-ponto [2].

Neste estudo de caso, serão utilizados como nó sensores os pluviômetros os quais medem a vazão e a taxa de intensidade de chuva (em mm) e para sua a comunicação o uso da tecnologia de transmissão/recepção sem fio zigbee que tem uma frequência de 2.4 GHz.

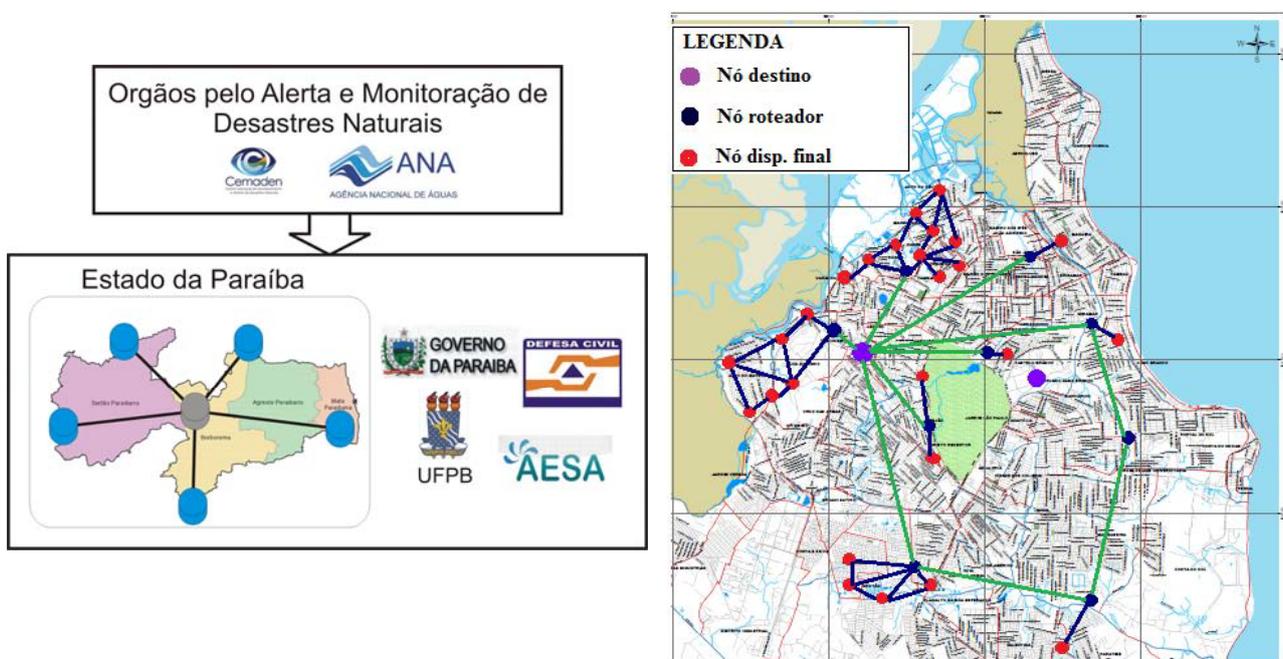


Fig. 1. Organograma hierárquico para monitoração de alertas.

Fig. 2. Topologia proposta de RSSF para Município de João Pessoa.

## ALGORITMO DE FUSÃO DE DADOS FUZZY

Usualmente nos sistemas de monitoração têm-se uma grande quantidade de dados/informações, os quais são utilizados de maneira redundante ou complementar para extrair informações úteis para um determinado problema. Com a finalidade de proporcionar maior confiabilidade e segurança as informações coletadas pelos nós sensores, será utilizado nos algoritmos de fusão de dados, os quais podem ser baseados em técnicas determinísticas e aquelas baseadas em inteligência computacional.

Sendo que neste projeto são utilizadas informações de chuvas (coletadas por pluviômetros) e que estas informações estão associadas a RSSF, devem ser implementados nos algoritmos para melhor estimativa do valor fornecido. Neste caso, foi usado o algoritmo de fusão de dados baseado em lógica fuzzy, com a finalidade de aproveitar sua capacidade de representar as incertezas de medições por meio de modelos das medições representados por conjuntos fuzzy triangulares, a qual representa as informações de chuva com níveis de pertinência entre zero a um,  $\mu(\text{chuva})$ , como se ilustra na Figura 3. Em seguida, a partir deste modelo, foi desenvolvido o procedimento de fusão de dados para  $n$  medições, como se mostra na Fig. 4. Observa-se que a partir do resultado de fusão é realizado o procedimento de defuzzyficação para obtêm um valor estimado da medição de fusão e sua incerteza associada [3].

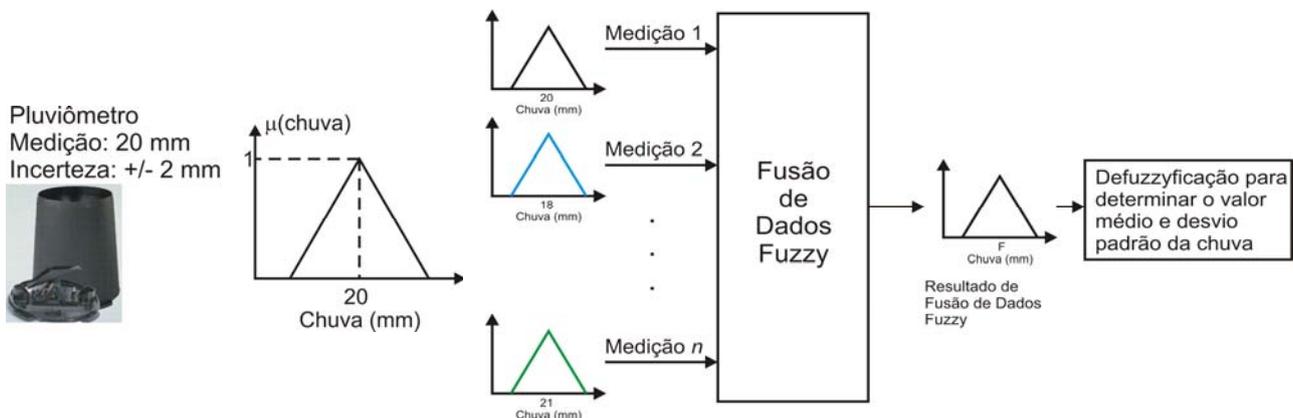


Fig. 3. Modelo do Sensor baseado em conjuntos fuzzy.

Fig. 4. Algoritmo de Fusão de Dados Fuzzy.

Como demonstração do algoritmo de fusão de dados, foram considerados três medições de chuvas simultâneas com relativa compatibilidade, sendo as medições de 18, 20 e 21 mm, e cujos sensores têm uma incerteza associada de 2 mm. Na Fig. 5 ilustra-se o resultado de fusão destas medições sendo o resultado de fusão de 19,5 mm e uma incerteza final de fusão de 0,2 mm. Observa-se que o resultado final apresenta uma menor incerteza quando comparado com os valores individuais medidos.

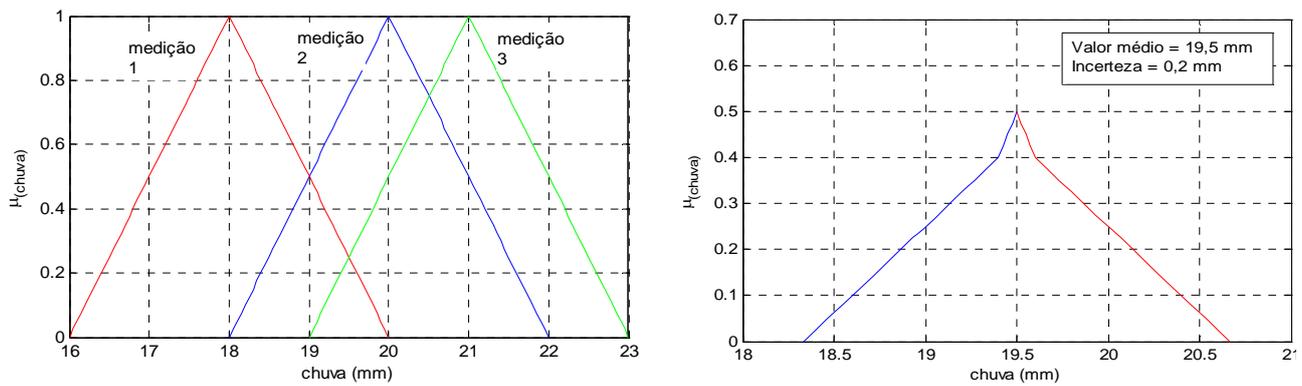


Fig. 5. Fusão de dados fuzzy das medições de chuva  $m_1=18$ ,  $m_2=20$  e  $m_3=21$ .

Com a finalidade de verificar a confiabilidade do algoritmo, este foi testado considerando uma medição com relativa discordância com as outras duas medições, como se ilustra na Fig. 6. Observa-se que o resultado de fusão ficou mais próximo às medições concordantes. Assim também, podemos observar que nas duas simulações realizadas o grau de pertinência do resultado da fusão da primeira simulação é maior que na segunda, comprovando desta maneira a efetividade do algoritmo desenvolvido.

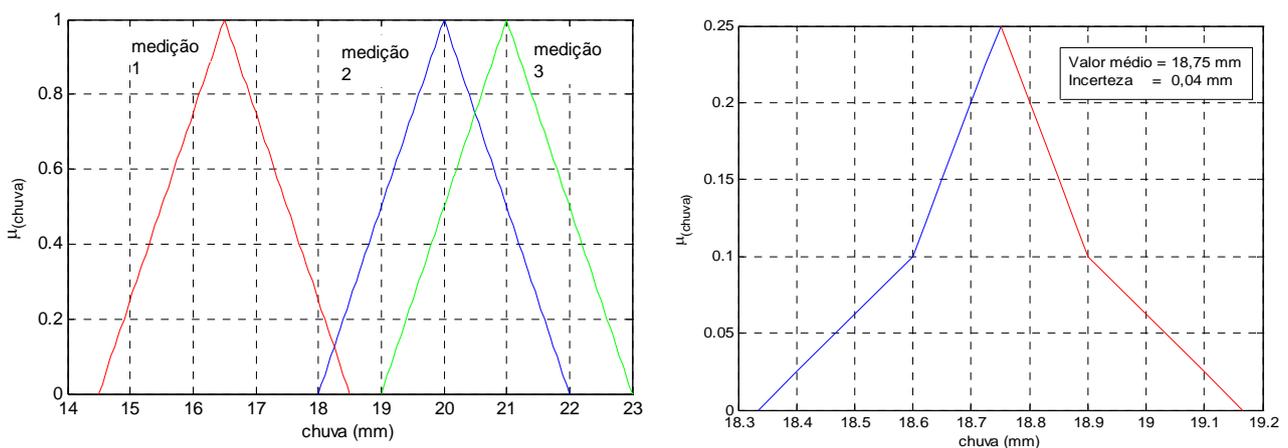


Fig. 6. Fusão de dados fuzzy das medições de chuva  $m_1=16,5$ ,  $m_2=20$  e  $m_3=21$ .

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi desenvolvida uma proposta de RSSF para a monitoração de chuvas no município de João Pessoa. Foi observado que é possível realizar uma implementação de nós sensores a partir do conhecimento das zonas de risco. Assim também, foi desenvolvido um algoritmo de fusão de dados para aumentar a confiabilidade do valor medido combinando informações redundantes de chuvas coletadas por pluviômetros. Foi verificado que o algoritmo de fusão fuzzy apresenta um bom desempenho quando ocorre a presença de dados espúrios ou inconsistentes da medição de chuvas. Desta maneira a tomada de decisões de riscos iminentes e

ativação de alertas torna-se um processo mais confiável.

## REFERÊNCIAS

- [1] Defesa Civil da Paraíba, “[Defesa Civil Estadual integra ações emergenciais nas áreas de risco](http://www.defesacivil.pb.gov.br)” (Acesso 11-09-2013)<http://www.defesacivil.pb.gov.br>
- [2] A. NAYAK and I. STOJMENOVIC. Wireless Sensor and Actuator Networks. John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2010.
- [3] Villanueva, J.M., “Fusão de Dados das Técnicas de Tempo de Trânsito utilizando Transdutores Ultrassônicos para Medição da Velocidade do Vento”, Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.