



**GRUPO - VIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO- GSE**

**DESENVOLVIMENTO DE ISOLADORES SUPORTE 800 KV PARA USO SOB CHUVA INTENSA**

**Roberto Paulo da S. P. Junior (\*)**  
**FURNAS**

**Claudio da Costa Teixeira**  
**GRANTEL**

**RESUMO**

A partir do apagão sofrido no sistema elétrico brasileiro em 2009, se iniciou a utilização de defletores de chuva nos isoladores suporte de 800kV devido à inexistência de isoladores que atendessem aos requisitos elétricos exigidos mediante a presença de chuvas intensas.

Este artigo apresenta o modelo de isolador 800 kV que atende às exigências elétricas na presença de chuvas intensas, de no mínimo 5 mm/min, sem a necessidade de qualquer adaptação ou utilização de algum dispositivo complementar.

Este isolador representa a evolução nos atendimentos aos novos requisitos de utilização e possui designe e tecnologia diferente dos isoladores convencionais.

**PALAVRAS-CHAVE**

Chuvas intensas, Isoladores suporte, 800 kV, Booster Shed

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Em novembro de 2009 o Brasil sofreu uma “apagão” no sistema elétrico que atingiu 18 estados, além de afetar também o Paraguai.

O relatório 435/2009 do Ministério de Minas e Energia atribuiu o ocorrido ao acontecimento de fenômenos climáticos severos, com a ocorrência de “chuva intensa acompanhada de descargas elétricas e rajadas de vento” na SE Itaberá. Com exigências bem acima daquelas de projeto e prescritas pela norma brasileira.

Segundo o próprio relatório 435/2009 do Ministério de Minas e Energia, até então, não haviam isoladores comerciais projetados para a classe de tensão de 800 kV, aplicável a condição de chuvas intensas, o relatório ainda cita que não existe na literatura nenhum isolador suporte para tal aplicação. O relatório então elaborou o plano de ação da instalação de “Booster Sheds” nos isoladores suporte de 800 kV para o atendimento às chuvas intensas.

Os “Booster Sheds” são defletores de chuva, normalmente compostos de silicone ou EPDM, em forma de anel, que são colocados entre as aletas do isolador suporte, com o objetivo de aumentar a suportabilidade elétrica dos isoladores sob regime de chuvas intensas.

São consideradas chuvas intensas aquelas com precipitação de até 5mm/min, os valores atualmente normalizados cobrem uma faixa de 1 a 2 mm/min.

O “booster shed” se trata de uma adaptação, necessita de manutenção, pode sofrer perda de hidrofobicidade, além de ser um material caro e importado. Isso motivou o desenvolvimento de isoladores suporte 800kV que suportassem às chuvas intensas sem a necessidade de nenhum dispositivo auxiliar.

Para a produção de isoladores que atendessem aos requerimentos de chuvas intensas e ainda atendessem aos outros requerimentos exigidos nas normas brasileiras, foi necessário o desenvolvimento de um novo perfil de isolador suporte, que permitisse que a chuva de elevada intensidade fluísse pelo isolador sem provocar curto circuito entre as aletas. Para tal, o isolador teria que possuir aletas com diâmetros diferentes, de forma intercalada, com formado especial, e com grande diferença entre os diâmetros, de tal forma que a fabricação deste isolador exigiu uma tecnologia de produção de isoladores suporte pouco usual no Brasil, com a tecnologia conhecida como isolador de núcleo sólido, onde a parte isolante de porcelana é maciça e não possui cimentação entre partes de porcelana.

Ocorre que a tecnologia empregada até então nos isoladores suporte 800 kV é composta da cimentação de partes de aletas de porcelana pré-moldadas umas sobre as outras até a formação do isolador e a cimentação das ferragens nas extremidades. Pelo processo de fabricação das aletas pré-moldadas é muito mais difícil fabricar aletas de diâmetros tão extensos e finos como as dos isoladores de núcleo sólido sem comprometer todas as outras funcionalidades as que o isolador deve atender segundo as normas.

## 2.0 - UTILIZAÇÃO DE BOOSTER SHEDS

A utilização de “booster sheds” foi a solução mais rápida viável para fazer com que os isoladores suporte já instalados, que foram projetados para suportar eletricamente chuvas entre 1 e 2 mm/min, passassem a suportar chuvas de até 5mm/min.

Como os isoladores estavam em pleno funcionamento, a substituição dos isoladores seria muito custosa e exigiria numerosos e demorados desligamentos, pois todos os equipamentos e materiais suspensos pelos isoladores deveriam ser desligados para a substituição, o que poderiam gerar inviáveis cobranças de multas por parcela variável.

Outro agravante é que até então não existiam isoladores suporte de 800kV aptos à suportar chuvas de 5mm/min sem a necessidade de utilização de nenhum dispositivo adicional, o que pode ser comprovado através da análise da literatura, como citado em (8) e (10).

A figura 1, retirado de (2) apresenta fotos típicas de um “booster shed” e a figura 2, retirado de (3), apresenta a foto de um isolador 800 kV utilizando “booster sheds”.

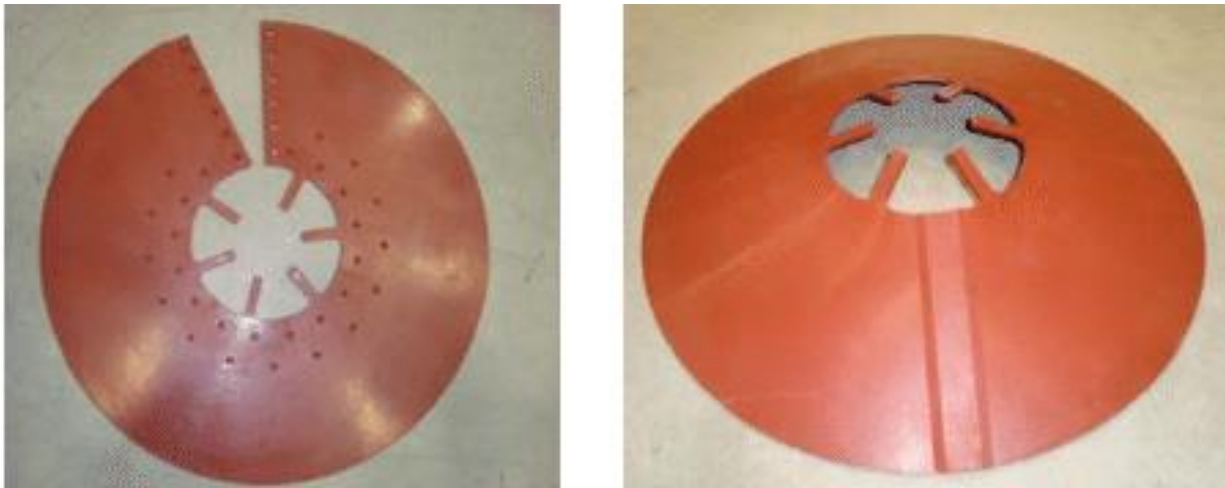


FIGURA 1 – Fotos típicas de “booster shed” – Fonte: (2)



FIGURA 2 – Isolador 800 kV utilizando “booster shed” – Fonte: (3)

Porém, a utilização de “booster sheds” se trata de uma adaptação ao projeto original, e esta adaptação também gera efeitos colaterais, dentre os quais se podem citar:

- a. O “booster shed” pode causar stress elétrico entre a junção do isolador com o “booster shed”, devido ao depósito não uniforme de poluição. O que pode gerar atividade elétrica e danificar o isolador. Necessitando de inspeção periódica de corona, ruído audível e rádio interferência.
- b. O “booster shed” inviabiliza a lavagem do isolador, pois se o isolador for lavado, acelerará o processo de perda da hidrofobicidade do “booster shed”, que é composto de material polimérico. O “booster shed” sem hidrofobicidade traria problemas para o isolador e perda de sua eficácia. Sem a lavagem do isolador, haverá acúmulo de poluição no mesmo, o que acarretaria na diminuição de sua vida útil.
- c. O “booster shed” exige vistoria e manutenção em si próprio, em períodos diferentes da dos isoladores onde está instalado.
- d. A utilização do “booster shed” deve ser planejada para cada modelo de isolador, onde deve ser determinado por ensaio a quantidade e localização de cada “booster shed” em cada modelo de isolador. Em geral são utilizados diversos “booster sheds” em cada modelo, conforme a figura 3, adaptada de (7), onde se pode verificar a quantidade e localização dos “booster sheds” em cada modelo de isolador.

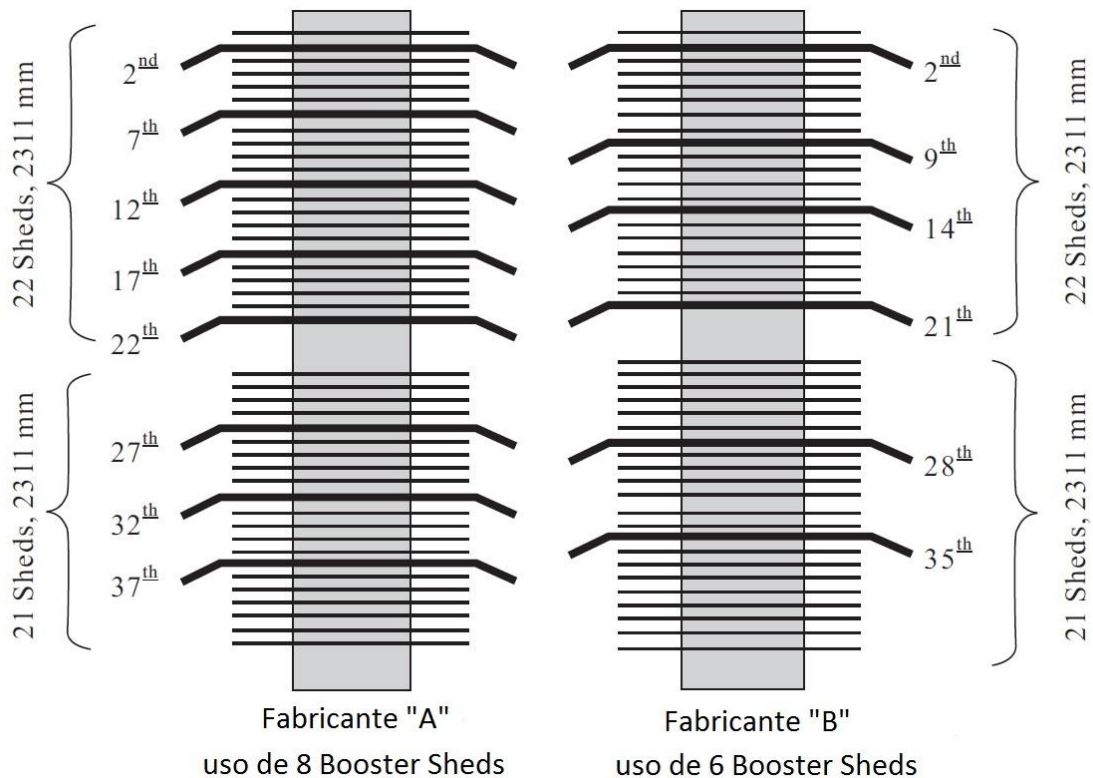


FIGURA 3 – Disposição e quantidade de “booster sheds” por modelo de isolador – Adaptado de (7)

### 3.0 - ISOLADOR DESENVOLVIDO

O isolador desenvolvido teve o propósito de ser utilizado em casos de ampliações, novas construções de subestações que utilizem isoladores de 800kV ou substituição de isoladores existentes, para que não houvesse a necessidade de adaptações, como a utilização de “booster sheds”, nestes novos isoladores.

Para tal, o novo isolador foi desenvolvido com a mesma altura e mesmas dimensões de conexões dos isoladores já existentes, para permitir sua intercambiabilidade, além disso, para atender aos critérios de chuvas intensas, acabou por ter distância de arco e distância de escoamento superiores aos dos isoladores tradicionais.

Este isolador precisou simular a mesma situação provocada pelo “booster shed” nos isoladores convencionais, ou seja, o efeito cascata, que causaria curto circuito entre as aletas do isolador no caso de chuvas intensas, deveria ser eliminado.

Este isolador foi projetado com aletas bem mais largas e intercaladas com aletas menores, havendo grande diferença de diâmetro entre as aletas. Porém, para que tal projeto fosse viável, foi necessário o emprego de uma tecnologia de produção até então não utilizada nos isoladores de 800 kV na Brasil, que foi o emprego dos isoladores de núcleo sólido, pois a tecnologia usualmente empregada se demonstrou ineficiente para a produção de isoladores com este perfil.

Na tecnologia usualmente empregada para os isoladores suporte de 800kV, são produzidas as aletas de porcelana através de moldes e depois cimentadas as aletas umas nas outras e cimentadas nas extremidades as ferragens terminais. Para atendimento a esses requisitos seria necessário produzir através de moldes aletas muito largas e finas, que proporcionariam fragilidade aos outros requisitos necessários para o isolador. Também seriam aletas muito frágeis, pois o processo de secagem nos moldes não seria uniforme, devido ao fato das aletas serem finas nas extremidades e grossas no centro. Como a porcelana é um material não uniforme, haveria secagem mais rápida nas partes finas, podendo gerar fraturas nas aletas.

Na tecnologia de isoladores de núcleo sólido é produzido um cilindro de porcelana, este cilindro é então usinado em um torno para ter o formato do perfil desejado, depois são cimentados nas extremidades as ferragens terminais. Este processo de produção também é chamado de processo seco.

A figura 4 apresenta o processo de torneamento de um isolador de núcleo sólido.



FIGURA 4 – Exemplo de torneamento de um isolador de núcleo sólido

A figura 5 apresenta o perfil do isolador projetado para atender aos requisitos de chuvas intensas.

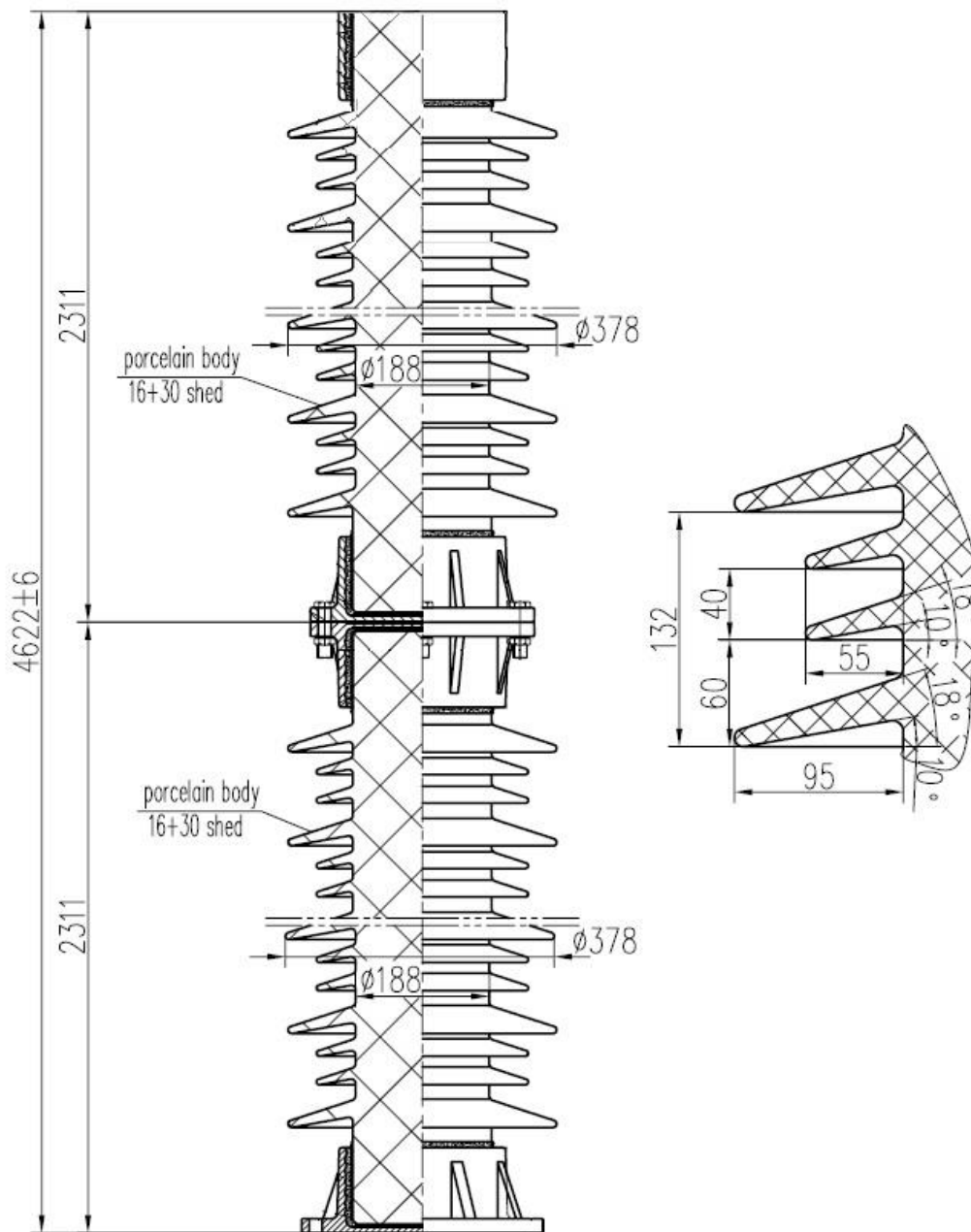


FIGURA 5 – Perfil do isolador suporte para atender à chuvas intensas

O isolador da figura 5 foi produzido e todos os ensaios de tipo das normas brasileiras e internacionais foram realizados no China Electric Power Research Institute (CEPRI) em Pequim/China, obtendo-se aprovação em todos os ensaios. Nos ensaios sob chuva foram utilizadas chuvas intensas, bem superiores aos exigidos na norma IEC, onde o isolador obteve aprovação com níveis de chuva de 5 e 6 mm/min, os demais fatores da norma foram mantidos constantes, como por exemplo a resistividade da água. Em todos os ensaios foram utilizados a cadeia montada completa.

No ensaio de verificação da tensão suportável foi aplicada uma tensão de 885kV durante um minuto, após o tempo de pré-umidificação de 15 minutos, com resistividade da água utilizada no ensaio de 100  $\Omega$ m. Em seu teste mais rigoroso, foi utilizada componente horizontal de chuva de 6,4 mm/min e componente vertical de 6,1 mm/min, com aprovação no ensaio, ou seja, não ocorreu nenhuma descarga disruptiva durante o ensaio.

Os ensaios de rotina e de recebimento foram realizados no laboratório do fabricante, onde novamente se obteve aprovação em todos os ensaios.

Logo, este isolador está apto a ser utilizado em sistemas de 800 kV, atendendo aos requisitos de chuvas intensas e todos os outros requisitos normatizados, sendo ainda mecanicamente intercambiável com os isoladores tradicionais.

Também foi observado que este isolador possui características mecânicas superiores ao isolador convencional.

A figura 6 apresenta uma foto do isolador completo e em teste.



Figura 6 – Isolador montado para teste

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Foi demonstrado que o isolador projetado para utilização em chuvas intensas atende à todos os requisitos das normas vigentes e atende ao nível de chuva intensa sugerida pelo relatório 435/2009 do Ministério de Minas e Energia.

Este isolador dispensa a utilização de “booster sheds”, como se utilizam nos isoladores tradicionais, o que propicia melhor desempenho e durabilidade ao mesmo, pois não permite o acúmulo de poluentes no “booster shed” e permite a lavagem do isolador sem a diminuição de seu desempenho.

Este isolador é indicado para utilização em aplicações de sistemas de 800kV, novos sistemas, e em substituição de isoladores de 800kV antigos.

O isolador projetado se demonstrou elétrica e mecanicamente superior ao isolador tradicional.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ALE-EMRAN, S; FARZANEH, M. Experimental design of booster-shed parameters for post insulators under heavy icing conditions. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 30, No 1, Fevereiro de 2015.

(2) ALE-EMRAN, S; FARZANEH, M. Parametric studies and improved hypothesis of Booster-Shed effects on post insulators under heavy icing conditions. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Fevereiro de 2015.

- (3) BORGES FILHO, O; MELLO, D. R; NEVES, A; FERREIRA, L. A. Experience with massive application of booster sheds as a remedy for improving the performance of 800 kV insulators under heavy rain. 45<sup>th</sup> CIGRÉ Session, No. 12044, Group Ref. A3, Question No Q.3-4. Paris, 2014.
- (4) IEC 60168. Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1000V. 2001.
- (5) FARZANEH, W; CHISHOLM, W. A. Insulator for icing and polluted environments. IEEE Press. New Jersey, 2009.
- (6) JORNAL O GLOBO, Rio de Janeiro, 11 de novembro de 2009.
- (7) OLIVEIRA FILHO, O; CARDOSO, J. A; MELLO, D. R; AZEVEDO, R; CARVALHO, S. G. Use of booster sheds to improve performance of 800kV multicone type insulators under heavy rain. High Voltage Engineering, vol. 37, No 11, Novembro de 2011.
- (8) ONS. PERTURBAÇÃO NO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL – SIN NO DIA 10/11/2009 ÀS 22h13min. Rio de Janeiro, 2009.
- (9) MELLO, D.R; OLIVEIRA FILHO, O; TIERNO, D.L. Estado da arte de isoladores tipo suporte para aplicação em subestações classe 800 kV em corrente alternada. IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos. Goiânia, 2012.
- (10) MELLO, D.R; OLIVEIRA FILHO, O; CARDOSO, J. A; AZEVEDO, R. M; CARVALHO, S. G. Melhoria do desempenho de isoladores utilizados em subestações classe 800kV sob chuva intensa. Florianópolis, 2011.
- (11) MME. Relatório Final GT Portaria MME n.º 435/2009. Brasília, 2010.

#### 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Roberto Paulo da Silva Pinto Junior nasceu na cidade de São Gonçalo, estado do Rio de Janeiro, em 1981, concluiu o curso de graduação em Engenharia Elétrica na Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ em 2004, concluiu o curso de Mestrado em Engenharia de Produção na Universidade Federal Fluminense – UFF em 2008, concluiu o curso de Doutorado em Engenharia de Produção na Universidade Federal Fluminense – UFF em 2013, participou do programa de Pós-Doutorado do Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada - IMPA em 2014, é engenheiro de Furnas desde 2006, onde atualmente trabalha com projetos de linhas de transmissão e isoladores, trabalhou em laboratório de ensaios em fábrica de isoladores de 2001 à 2006.



Claudio da Costa Teixeira, nasceu na cidade de São Paulo, estado de São Paulo em 1968, tendo concluído o curso de graduação em Engenharia Elétrica – Sistemas de Potência na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1992. Concluiu MBA em gestão empresarial pela Fundação Getúlio Vargas em 2009. Iniciou carreira na Siemens na área de cabos de energia, em seguida Camargo Corrêa Brown Boveri em disjuntores e seccionadores AT e então S&C Electric do Brasil, - sistemas de distribuição subterrâneos. Hoje trabalha na Grantel Equipamentos na área de isoladores como responsável técnico.