



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

### Desempenho de Chaves Seccionadoras Unipolares em Regiões Sujeitas a Salinidade

<b>Fernando H. Molina</b>	<b>Carlos Willemann</b>	<b>Sandro R. Levandoski</b>
<b>Celesc Distribuição</b>	<b>Celesc Distribuição</b>	<b>Celesc Distribuição</b>
fernandohm@celesc.com.br	cwillemann@celesc.com.br	sandrorl@celesc.com.br
<b>Mílvio R. Lima</b>	<b>Alessandro P. Dadam</b>	<b>Jameci Arceno</b>
<b>Celesc Distribuição</b>	<b>Celesc Distribuição</b>	<b>Celesc Distribuição</b>
milviorl@uol.com.br	alessandropd@celesc.com.br	jamecia@celesc.com.br

#### Palavras-chave

Chave faca

Salinidade

Seccionadora unipolar

Litoral

#### Resumo

A operação e manutenção de qualquer equipamento instalado próximo ao litoral requer cuidados. A salinidade presente em todo o litoral, com intensidade variável, dependendo do relevo topográfico, da corrente marinha e das características metrológicas locais, ocasiona sempre problemas para a rede de distribuição de energia elétrica. Desta maneira a especificação e projeto dos equipamentos também devem ser observados de forma diferenciada, uma vez que a agressividade salina presente em todo o litoral brasileiro, impõe condições aos equipamentos muito diferentes da encontrada no interior do país. Além disso, as normas brasileiras não tratam especificamente a padronização de chaves sujeitas à agressividade climática. Este trabalho apresenta os problemas encontrados na operação e manutenção de chaves seccionadoras unipolares instaladas no litoral e as soluções encontradas para minimizar os problemas, visando aumentar a vida útil da chave e a segurança do operador durante a manobra.

#### 1 Introdução

A vida útil dos equipamentos instalados próximos à orla marítima é menor quando comparada a equipamentos instalados em locais que não sofrem ataques de agentes externos agressivos como o sal. Um dos equipamentos que tem sido crítico no aspecto de operação e manutenção nas redes de distribuição instaladas próximas ao litoral no estado de Santa Catarina são as chaves seccionadoras unipolares, mais conhecidas como chaves faca.

O litoral catarinense apresenta vários pontos, que por experiência e histórico de falhas nos equipamentos da rede de distribuição de energia elétrica, são muito críticos quanto à salinidade.

Este trabalho trata dos problemas encontrados em chaves faca sujeitas à ação do sal e mostra a ocorrência dos problemas de quebra das chaves na rede durante a operação em campo pelos eletricitistas. Com a visualização do problema foi realizada uma análise dos materiais existentes nas chaves adquiridas pela Celesc, considerando que as chaves facas estão em conformidade com as

normas brasileiras atuais, são propostas algumas modificações para minimizar os efeitos da poluição marinha na seccionadora.

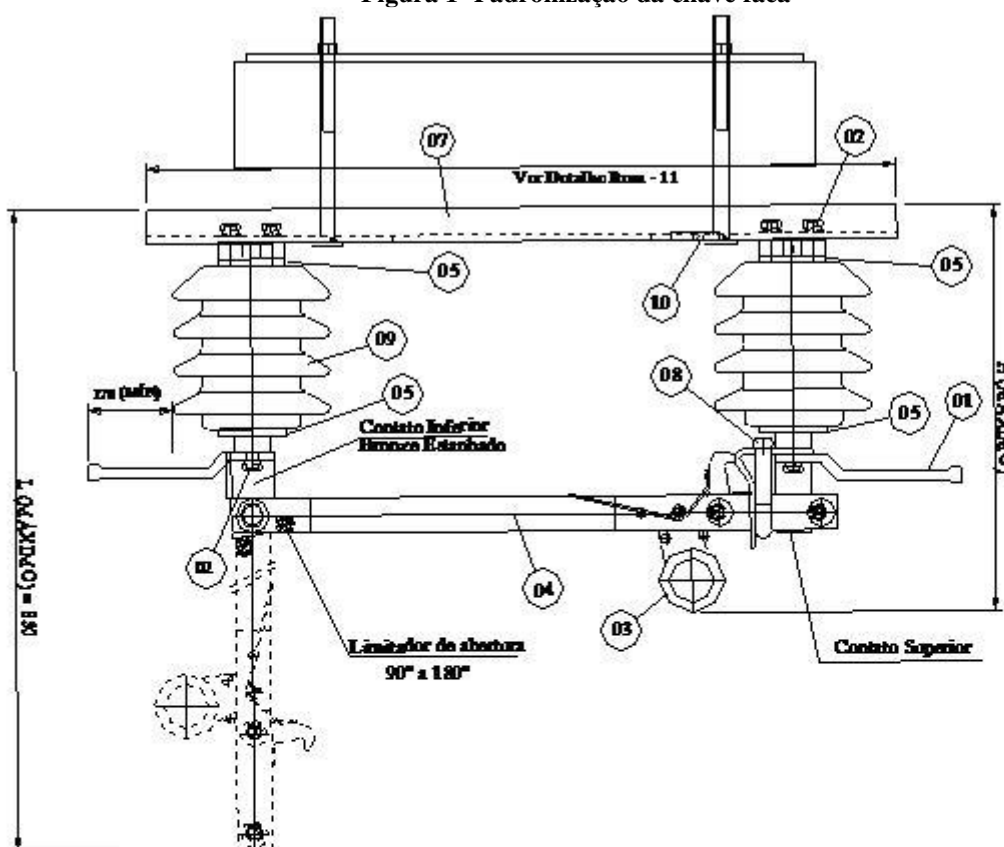
Ainda, para adequação do equipamento às solicitações operacionais, foram realizadas mudanças na especificação da chave, exigindo-se novos ensaios que simulam de melhor forma as exigências encontradas no campo.

Deve-se estar atento também às novas chaves que estão chegando ao mercado, utilizando isoladores poliméricos, que demandam o desenvolvimento de ensaios específicos, e às chaves trifásicas que utilizam isoladores, tanto de porcelana quanto poliméricos, e que estão sujeitas à mesma agressividade salina das chaves atualmente utilizadas.

## 2 Chave faca unipolar

As chaves faca estão presentes na rede de distribuição de energia elétrica para auxiliar e realizar manobras em casos de contingência ou necessidade de manutenção da rede elétrica.

Figura 1- Padronização da chave faca



ITEM	DENOMINAÇÃO	QTD
01	Terminais	2
02	Parafusos e Arruelas	8
03	Gatilho da Chave	1
04	Lâmina de Cobre Unipolar	1
05	Inserto na Porcelana	4
06	Braçadeira	1
07	Base ( Chassi Unipolar )	1
08	Gancho para Abertura Sob Carga	1
09	Isolador Cor Cinza / Morram	2
10	Placa de Identificacao	1

Na configuração do sistema estão posicionadas nos alimentadores normalmente chaves NA (normalmente aberta) e NF (normalmente fechada), que são manobradas conforme a necessidade de remanejamento de carga entre alimentadores, entre subestações ou seccionamento de cargas durante a realização de manutenção na rede.

As chaves são compostas por uma base, fixada aos isoladores por meio de insertos metálicos cimentados no isolador de porcelana. Na parte superior existem mais dois insertos metálicos que dão sustentação à lâmina de cobre condutora, que é responsável pela abertura e seccionamento da rede. A figura 1 mostra de forma mais detalhada os aspectos construtivos.

Para realizar a operação é utilizada vara de manobra que é encaixada no gatilho da chave. Quando a operação é realizada com a chave em funcionamento (NF), conduzindo corrente elétrica, é acoplado à vara de manobra um dispositivo específico para abertura sob carga e realizada a operação.

Na CELESC a distribuição de energia elétrica é feita em três níveis de tensão, que são 13,8kV, 23,1kV e 34,5kV. Para os sistemas com tensão nominal de 13,8kV e 23,1kV é padronizada um único tipo de chave, com classe de isolamento padrão 23,1kV, porém também utilizada nas redes de 13,8kV. Tal fato ocorre devido à maior parte das redes de 13,8kV estarem presentes próximas ao litoral, sofrendo diretamente com a agressividade salina, além da economia associada ao se ter um único item de estoque para aproximadamente 95% das chaves adquiridas. Os demais 5% são as chaves de 34,5kV, tensão presente em menor escala no estado de Santa Catarina.

### 3 Problemas em Campo

A preocupação com a segurança está cada vez mais presente e tomou conta do ambiente dos eletricitas. Todos os materiais e equipamentos utilizados ou manobrados devem ser confiáveis a ponto de não causar riscos. Neste tópico serão apresentados os problemas em campo que preocupam, não apenas no aspecto de vida útil (econômico), mas principalmente no aspecto de segurança do trabalhador.

#### 3.1 Quebra da porcelana

As chaves instaladas nas redes de distribuição no litoral em pontos onde ela se encontra normalmente fechada (NF) apresentaram graves problemas quando houve a necessidade de se realizar uma operação. Tem sido comum nas chaves instaladas no litoral, quando o eletricitista faz o esforço inicial com o intuito de abri-la, ocorrer a quebra da porcelana, que impossibilita a abertura da chave, causando riscos ao operador e ao sistema de distribuição.

**Figura 2 – Isolador totalmente danificado**



A figura 2 mostra o detalhe da porcelana totalmente destruída, neste caso com risco de partes serem lançadas ao chão, causando acidentes. A figura 3 é outro exemplo de quebra do isolador, pode ser observado também que as partes metálicas já estavam muito danificadas pela corrosão. As chaves mostradas nas figuras 2 e 3 ficaram instaladas em campo por menos de cinco anos.

**Figura 3 – Quebra da porcelana**



### 3.2 Corrosão

Outro problema verificado no momento de operar a chave foi a corrosão das partes metálicas próximas à lâmina de cobre. O problema foi verificado principalmente no inserto metálico e parafusos presentes na parte superior, como pode ser visto na figura 4.

**Figura 4 – Corrosão presente nas 3 chaves da estrutura**



No caso da figura 4 a porcelana está intacta, porém a lâmina fica totalmente solta e sem o apoio necessário para que seja realizada sua abertura. Outro agravante é que as todas as chaves desta estrutura apresentaram o mesmo problema, evidenciando que a agressividade do ambiente é um fator a ser considerado na análise das causas. Os insertos metálicos das três chaves eram de alumínio, o que contribuiu para ocasionar o problema.



### 3.3 *Aquecimento*

A manutenção preventiva já tem sua importância consolidada na área elétrica e a realização de leituras térmicas é uma ferramenta que proporciona a possibilidade da concessionária atuar com medidas preditivas nos pontos críticos observados nas leituras térmicas periódicas dos alimentadores.

Como é de conhecimento no setor, pontos de conexões e emendas costumam ser problemáticos e apresentam temperatura mais elevadas nas inspeções térmicas devido às perdas existentes, normalmente mais graves quando associadas à má aplicação do material.

Nas inspeções realizadas na CELESC as chaves faca têm se mostrado o pior ponto quanto à temperatura. De todos os pontos quentes observados, mais de 50% ocorrem em chaves faca, e a maioria deles ocorre na conexão do lado fonte, onde a lâmina é encaixada.

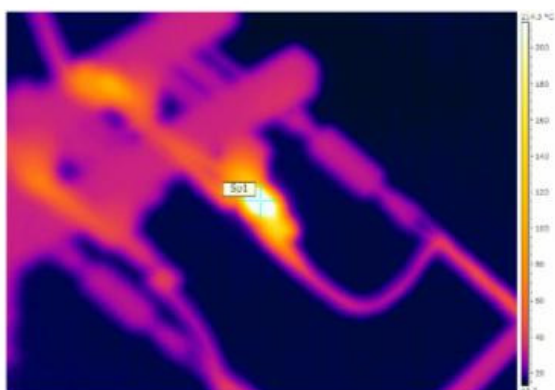


Figura 5 – Terminal do lado da carga – 214,3°C

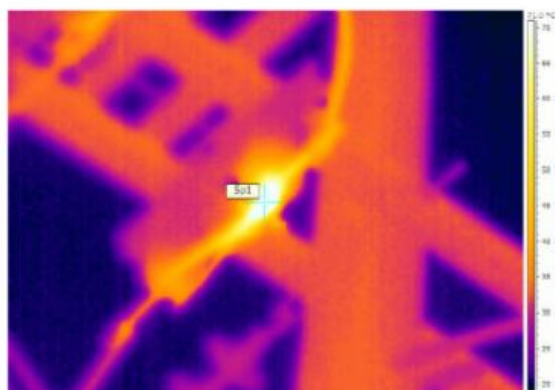


Figura 6 - Contato lado da fonte – 87,7°C

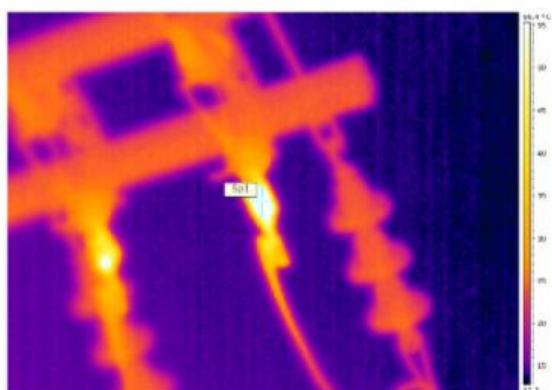


Figura 7 - Terminal do lado da fonte – 66,3°C

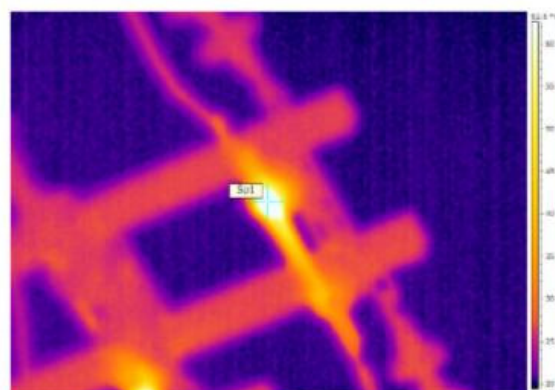


Figura 8 - Contato – 90,0°C

Outro ponto característico de ocorrência de pontos quentes são os terminais das chaves, principalmente quando estes eram do padrão dois furos nema, na maioria das vezes ocorrendo devido à má aplicação. Desde a mudança dos terminais com dois furos para os terminais próprios para conector cunha, as incidências de pontos quentes nas terminações caíram consideravelmente, acontecendo nas chaves do padrão novo, apenas em pontos isolados, provavelmente devido a problemas de aplicação do conector.

### 3.4 *Abertura e Fechamento*

Ainda sobre o processo de abertura e fechamento, outra reclamação dos eletricitistas era que no momento de fechar algumas chaves, existia certa dificuldade, pois a lâmina não encaixava, dificultando a operação.

Normalmente o eletricitista, quando trabalha sobre na escada, fica posicionado em um ponto fixo e realiza a abertura das três chaves da estrutura. Neste caso é realizado um esforço de fechamento lateral

na chave, algo não previsto nas normas brasileiras e nos ensaios de tipo e recebimento de alguns projetos desses equipamentos existentes no mercado.

Mesmo quando o operador trabalha no cesto com braço hidráulico, onde existe uma maior mobilidade para se posicionar frente à chave, a operação resulta, em algum momento, um esforço lateral, pois é comum realizar a abertura de apenas um ponto ou dois.

### **3.5 Terminais e Conexões**

As chaves adquiridas pela Celesc antes de 2002 possuíam terminais com dois furos nema, muito utilizados ainda hoje. Entretanto desde 2002 compram-se chaves com o terminal tipo espada, próprio para aplicação direta do conector cunha, trazendo economia na instalação para as concessionárias que utilizam este conector.

No momento desta mudança, não ficou padronizada uma bitola única para o terminal, ficou atribuída apenas uma bitola máxima que o terminal não poderia exceder. Devido a isto, as instalações em campo apresentaram problemas de má conexão, visto que as bitolas eram diferentes conforme o fabricante da chave e um mesmo conector cunha não era adequado para chaves de mesma capacidade, mas de fabricantes diferentes. Com a padronização total da bitola do terminal, o problema foi solucionado.

## **4 Especificação e Ensaios**

Neste tópico são apresentadas as atitudes tomadas após análise e avaliação dos problemas, sempre com o intuito de eliminar ou diminuir, levando-se em consideração também o acréscimo de custo da chave.

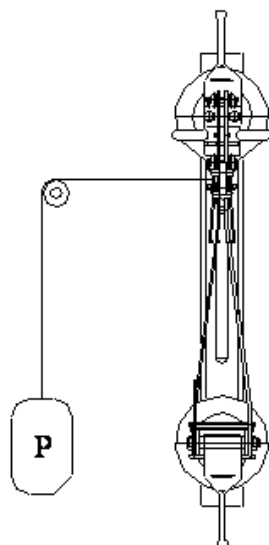
### **4.1 Novos Requisitos de Ensaios**

Para auxiliar a resolver o problema de manobra em campo com esforço lateral e melhorar o contato da chave, foi desenvolvido um ensaio de tipo e recebimento de abertura e fechamento com esforço lateral. As chaves devem ser montadas em uma estrutura rígida, na posição vertical e não energizadas. Foi estabelecido após ensaios em laboratório que deve ser realizado 20 vezes o procedimento de abertura e fechamento com esforço lateral de 5 daN, aplicando a força conforme figura 9.

Dos vinte ciclos, dez devem ser realizados com o esforço lateral aplicado do lado esquerdo da lâmina e os outros dez ciclos devem ser realizados com o esforço lateral aplicado no lado direito da lâmina.

O único esforço lateral presente neste ensaio deve ser o realizado pelo peso inserido. A força aplicada pelo executor do ensaio deve ser perpendicular à base. O esforço lateral deve ser aplicado no centro da lâmina na altura do contato.

**Figura 9 – Ensaio de abertura e fechamento com esforço lateral**



A aprovação da chave no ensaio está condicionada à chave não sofrer qualquer tipo de dano durante o ensaio, bem como deverá ocorrer o fechamento dos contatos em todas as vinte operações com esforço lateral. Na seqüência, deve ser realizado o ensaio de esforço de abertura, onde deverá ocorrer abertura dos contatos, em todos os ciclos previstos, com um esforço compreendido entre 10 daN e 20 daN , aplicado ao olhal, na direção perpendicular à base da chave.

Esta medida visa adequar o projeto dos fabricantes que ainda não contemplam esforço lateral no fechamento e por conseqüência melhorar também o contato, com o objetivo de reduzir os pontos quentes encontrados na rede.

#### **4.2 *Materiais Componentes da Chave***

Entre os materiais componentes de uma chave seccionadora, certamente o inserto metálico utilizado na fixação do isolador de porcelana é o item que tem sido a maior causa dos defeitos detectados nas chaves instaladas nas áreas de alta salinidade. Ocorre que os fabricantes nacionais utilizam uma variedade grande de alternativas de ligas metálicas com preços atraentes e que, até apresentam bom desempenho na maior parte dos ambientes, mas não indicados para regiões salinas. Com o acompanhamento em campo e avaliações em laboratório, foi constatada a necessidade de se compatibilizar as ligas utilizadas nos insertos e dos parafusos de fixação, tendo como objetivo reduzir a intensidade da pilha galvânica entre as peças, bem como a utilização de ligas de alumínio que apresentam índice de decomposição elevada em regiões de alta salinidade. Dessa forma, a melhor solução seria a seleção de insertos fabricados em latão com fixadores também de latão ou até mesmo em aço inox. Nesta seleção, os custos adicionais envolvidos são cobertos pela elevação da vida útil do equipamento. Insertos em ferro fundido já amenizam o problema de corrosão e pilha galvânica, quando comparados aos insertos de liga de alumínio, porém não é uma solução definitiva.

Alguns projetos de chaves com isoladores poliméricos fixam mecanicamente o conjunto da lâmina condutora com parafusos diretamente no isolador, eliminando o inserto metálico, ponto problemático das chaves atuais.

O desenvolvimento de um equipamento adequado para utilização em ambientes agressivos, sua padronização, bem como os respectivos ensaios de tipo e recebimento aplicáveis devem ser definidos para o conceito de equipamento especial. Nesse sentido, as normas brasileiras devem ser revisadas visando atender a demanda de mercado, inclusive contemplando-se as alternativas apresentadas pelos fabricantes nacionais e internacionais, com equipamentos desenvolvidos que utilizam materiais poliméricos.

Para utilização de isoladores poliméricos em chaves faça devem ser normatizados ensaios específicos para o equipamento com estes isoladores, principalmente um ensaio de envelhecimento com ciclos de abertura e fechamento da chave.

#### **4.3 *Requisitos Construtivos***

Novos projetos para aplicação em ambientes de alta agressividade salina devem contemplar os seguintes requisitos construtivos:

- Elevar significativamente a rigidez do conjunto de lâminas;
- Desenvolvimento de contatos elétricos de maior eficiência mecânica e elétrica;
- Uso de materiais e acessórios de elevada resistência à ambientes salinos;
- Materiais isolantes desenvolvidos especialmente para aplicação em atmosferas salinas.

### **5 *Substituição de chaves fora do padrão***

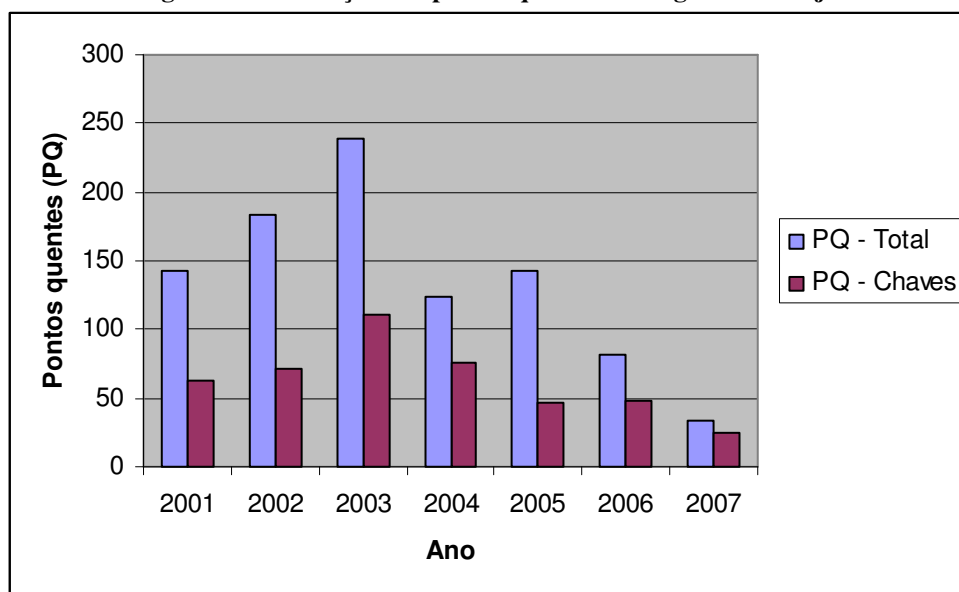
A incidência elevada de pontos quentes em chaves faça nas redes de distribuição acarretou a substituição planejada e gradual, a partir de 2005, das mais antigas e que estavam fora do padrão atual adotado pela Celesc.

O trabalho está sendo realizado em algumas regionais da Celesc e ainda está em andamento. Foram estabelecidos como critério que seriam substituídas primeiramente as chaves com maior incidência de defeitos e aquelas em locais críticos, áreas próximas ao litoral. Os dados apresentam indicadores importantes que mostram os resultados referentes ao histórico de leituras térmicas nos alimentadores da Agência Regional de Itajaí, que desde 2005 já substituiu 209 chaves.

A figura 10 mostra resultados expressivos na redução de pontos aquecidos na rede de distribuição, vale ressaltar os seguintes valores:

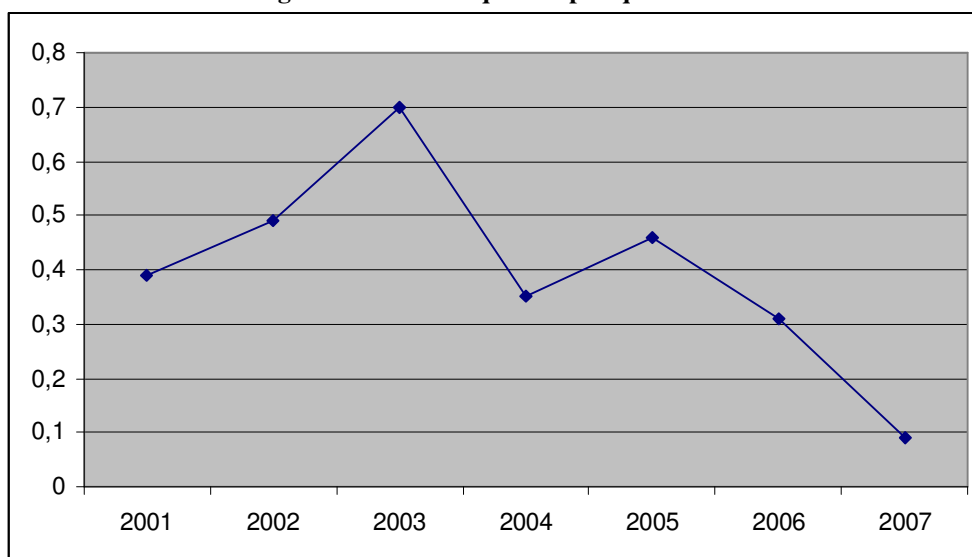
- Redução de 58% no número total de pontos quentes de 2006 para 2007;
- Redução de 48% no número total de pontos quentes em chaves de 2006 para 2007;
- O percentual de pontos quentes em chaves nesta região é em média 50% do total de pontos quentes da rede.

**Figura 10 – Evolução dos pontos quentes na Regional de Itajaí**



O índice de pontos quentes por quilometro também inverteu sua tendência de crescimento e apresentou uma redução acentuada, principalmente de 2006 para 2007, que foi de 70% (0,31 para 0,09).

**Figura 11 – Pontos quentes por quilometro**





## **6 Conclusões**

As chaves faca, equipamentos aparentemente simples e eficazes, se mostram na verdade equipamentos problemáticos quando instalados em locais de alta salinidade. As ocorrências de pontos quentes nos trabalhos de inspeção por termovisão, com exceção dos terminais tipo “espada”, se deve em grande parte à deficiência nos contatos elétricos do equipamento. Observa-se que os projetos mecânicos desenvolvidos até o momento no Brasil, não se mostram eficiente frente às condições de carregamento dos alimentadores nos sistemas elétricos e das condições de manobras a que são submetidos. É urgente a necessidade de se encontrar um projeto mecânico eficiente para a solução definitiva dos problemas, bem como a necessidade de utilizar o processo de prateamento ou aplicação de insertos de prata, nos novos projetos. No entanto, não pode ser desconsiderado o fator custo no desenvolvimento de contatos elétricos eficientes. A revisão das NBR's e o desenvolvimento de novos métodos de ensaios e verificações se farão necessário para garantir a qualidade final dos novos projetos.

O controle de qualidade deve estar presente de forma mais incisiva nos isoladores de porcelana utilizados, o ensaio de porosidade e choque térmicos são indicativos importantes para a qualidade do isolador e devem ser realizados.

O trabalho de substituição das chaves apresentou resultados importantes com a redução de mais de 50% no número de pontos quentes na rede. Outro ponto a ser observado é a maior confiabilidade que esta substituição traz ao sistema de distribuição de energia elétrica, com um planejamento adequado da manutenção, é reduzida a quantidade de falhas nas chaves e conseqüentemente tem-se uma diminuição dos desligamentos.

As chaves faca tendem a ser utilizadas cada vez menos nos maiores centros urbanos, onde as concessionárias optam por utilizar chaves tripolares automatizadas com operação sob carga. Este trabalho também é válido para estas chaves, visto que estão sujeitas a muitos dos problemas aqui mencionados, principalmente porque muitos projetos de chaves tripolares não têm invólucro, apresentando isoladores de porcelana semelhantes às chaves faca unipolares.

## **7 Referências bibliográficas e/ou bibliografia**

- 1 CIPOLI, J. A. Engenharia de Distribuição. Rio de Janeiro, Editora Qualitymark,, 1993.
- 2 SCHMIDT, W. Materiais elétricos. 2.ed. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1979, v.2: Isolantes e magnéticos.
- 3 ABNT NBR IEC 62271-102. Equipamentos de alta-tensão, Parte 102: Seccionadores e chaves de aterramento, 2006.
- 4 ABNT NBR IEC 60694. Especificações comuns para normas de equipamentos de manobra de alta-tensão e mecanismos de comando, 2006.
- 5 CELESC; E-313.0013 Chaves seccionadoras unipolares, DVEN, Florianópolis, 2008.
- 6 GENTIL, Vicente. Corrosão. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 345p.