



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

### **Aprimoramento da Regulamentação da Qualidade de Fornecimento de Energia Utilizando Atributos de Clima e Envelhecimento da Rede**

**F. A. Figueredo Rosa**

**UNIFEI**

flavioaf@unifei.edu.br

**A. R. Queiroz**

**University of Texas**

ar\_queiroz@mail.utexas.edu

**L. M. Alburguetti**

**UNIFEI**

livia\_alburguetti@unifei.edu.br

**J. W. Marangon Lima**

**UNIFEI**

marangon@unifei.edu.br

#### **Palavras-chave**

Metas de qualidade

Métodos de agrupamento

Qualidade de energia

Regulamentação por comparação

#### **Resumo**

Uma das principais responsabilidades dos órgãos reguladores é estabelecer o nível mínimo de qualidade para o fornecimento de energia elétrica. Existe uma tendência natural de deterioramento do nível de qualidade em função da limitação da receita permitida das empresas concessionárias. Atualmente a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) regula a qualidade de fornecimento das 64 concessionárias de distribuição baseando-se principalmente nos indicadores de continuidade DEC e FEC, fixando metas para conjuntos similares de consumidores. Este trabalho apresenta sugestões de aprimoramento da metodologia atual em duas frentes: aumento no número de atributos para classificar conjuntos semelhantes e melhoria na metodologia de agrupamento dos conjuntos. A partir de dados reais, verifica-se com os resultados obtidos que é possível melhorar a metodologia atual com o intuito de estabelecer procedimentos mais justos quanto à definição das metas. A incorporação de informações de clima e de envelhecimento dos ativos modifica significativamente a classificação dos conjuntos. Paralelamente, o trabalho alerta para algumas imperfeições na metodologia de agrupamento atualmente utilizada.

## **1. INTRODUÇÃO**

Após a reestruturação do setor elétrico brasileiro, coube à ANEEL a regulação da qualidade da energia fornecida pelas concessionárias. Para isso, são utilizados os seguintes índices de continuidade, descritos pelas Resoluções 024/00 [1] e 075/03 [2]:

1. DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora);

2. FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)
3. DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora);
4. FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora); e
5. DMIC (Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora).

Existem outros índices de qualidade denominados de índices de conformidade, como nível de harmônico, nível de afundamento de tensão, etc., que não são analisados neste trabalho.

A regulação da qualidade do fornecimento é feita através da definição de metas anuais para cada conjunto. Entende-se por conjunto uma grande área normalmente definida por municípios inteiros ou bairros em grandes cidades [3]. No atual estágio da regulação, esses conjuntos são caracterizados por cinco atributos físico-elétricos e são divididos em grupos para que sejam calculadas as metas de DEC e FEC para cada um deles.

A duração das interrupções medida através do DEC está intimamente ligada à operação e manutenção das redes, tais como as facilidades existentes para se recuperar um sistema após cada interrupção (veículos, comunicação, qualificação do pessoal, possibilidade de recomposição, etc.).

A frequência das interrupções medida através do FEC caracteriza a fragilidade do sistema frente ao meio ambiente (causas externas) e a degradação do sistema por envelhecimento e/ou falta de manutenção adequada.

Esse trabalho avalia as mudanças na divisão dos clusters quando são adicionados três novos atributos na caracterização dos conjuntos. Os atributos estudados são: a densidade de raios anual, a média de precipitação anual e o nível de envelhecimento das redes. Essa alteração visa analisar a influência exercida pelo clima e pelo estado de conservação das redes na definição das metas de DEC e FEC de cada grupo.

É também proposto nesse trabalho o uso do método Hierárquico de Ward para a separação dos grupos com a finalidade de substituir o método k-means, utilizado atualmente pela ANEEL. Esta sugestão é devido aos problemas encontrados no método k-means, principalmente no que se refere à instabilidade.

Na seção 2 são apresentadas as linhas gerais da metodologia atual para a definição das metas de continuidade. Na seção 3 são estudados os atributos adicionados nesse trabalho associados ao clima e envelhecimento. Na seção 4 são mostrados os métodos de agrupamento e suas respectivas características. Na seção 5 são apresentados os resultados obtidos com dados reais cedidos pela ANEEL e na seção 6 são resumidas as principais conclusões desse trabalho.

## **2. METODOLOGIA ATUAL**

Em 27 de janeiro de 2000, a ANEEL publicou a Resolução ANEEL nº. 024, cuja finalidade foi a de estabelecer as disposições relativas à continuidade de fornecimento de energia elétrica às unidades consumidoras.

Ficou definido que as metas de DEC e FEC para os conjuntos de unidades consumidoras seriam estabelecidas utilizando os valores anuais de cinco atributos físico-elétricos, que são:

1. Área do conjunto, em (km<sup>2</sup>) - AREA;
2. Extensão da rede primária, em (km) - ERAP;
3. Potência instalada, em (kVA) - PNI;
4. Número de consumidores - NUC; e
5. Consumo médio mensal do conjunto, em (MWh) - CMM.

A utilização dessa metodologia de análise comparativa de desempenho das concessionárias permite ao órgão regulador superar uma desvantagem natural, decorrente da grande assimetria de informações em relação às distribuidoras. A análise é feita comparando-se conjuntos e não concessionárias, com o intuito de buscar uma maior uniformidade nas características dos elementos.

Os conjuntos são agrupados através de técnicas estatísticas exploratórias conhecidas como “cluster analysis”. Em geral, estas técnicas são utilizadas quando não se consegue escrever um conjunto de equações que permitam definir com exatidão os valores a serem assumidos por determinadas variáveis de um problema. Assim, com base nos valores assumidos por estas variáveis, sob certas condições de contorno, busca-se prever os valores possíveis de serem assumidos pelas mesmas com base numa análise estatística do seu comportamento em condições similares.

A adoção desta metodologia pressupõe a necessidade de total transparência no tratamento dos dados relativos ao indicadores DEC e FEC, uma vez que todas as empresas passam a ser diretamente interessadas nas informações prestadas pelas demais.

Os dados relativos aos atributos físico-elétricos de cada conjunto são utilizados como dados de entrada do software “ANABENCH” [4], utilizado pela ANEEL. Esse software utiliza o k-means como método de análise de cluster. Após definidos os grupos, as metas são calculadas baseado-se na análise comparativa de desempenho dos conjuntos semelhantes (definidos pelas similaridades dos atributos) entre todas as concessionárias.

Neste programa, os conjuntos são agrupados em 30 clusters ou famílias. O diagrama apresentado na Figura 1 ilustra a metodologia para o estabelecimento das metas de DEC/FEC no período entre duas revisões tarifárias. Primeiramente é levantado o histórico dos indicadores obtidos por todos os conjuntos pertencentes a uma família. São expurgados os indicadores dos 5% melhores e piores desempenhos. Do universo restante a meta final a ser atingida por todos é aquela já conseguida por 10% dos conjuntos, desconsiderados os expurgados. Para o sistema isolado a meta é aquela alcançada por 50% dos conjuntos. [5]

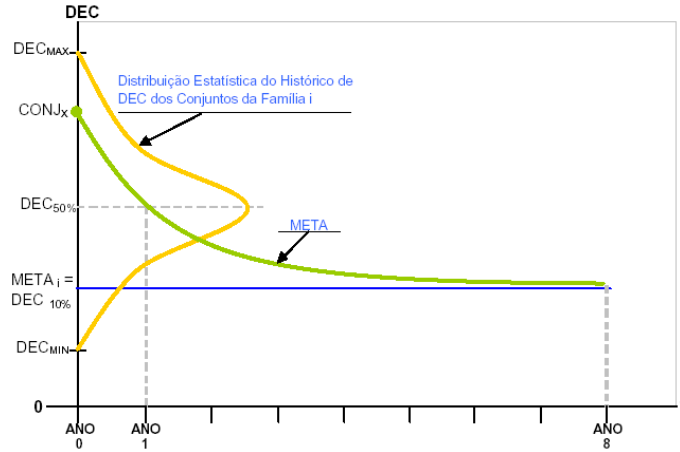


Figura 1 - Determinação de Metas DEC/FEC

Se os conjuntos não atingem a meta à eles estabelecida, é aplicada uma multa com o objetivo de orientar as concessionárias na direção do desempenho desejado. A ANEEL estabelece a metodologia para o cálculo do valor das multas por violação dos padrões [6] apresentados pelas Equações (1) e (2).

$$MultaDEC = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{DECv(i)}{DECp(i)} - 1 \right) \cdot DECp(i) \cdot \left( \frac{nc(i)}{NC} \right) \cdot \frac{Fat}{8760} \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \right] \quad (1)$$

$$MultaFEC = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{FECv(i)}{FECp(i)} - 1 \right) \cdot FECp(i) \cdot \left( \frac{nc(i)}{NC} \right) \cdot \frac{Fat}{8760} \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \right] \quad (2)$$

onde  $n$  é o total de conjuntos da concessionária que transgrediram o padrão de continuidade do DEC ou do FEC;  $nc$  é o número de consumidores no conjunto  $i$  e  $NC$  o número de consumidores da concessionária;  $Fat$  é o faturamento líquido anual da concessionária;  $DECv$  e  $FECv$  são os indicadores coletivos verificados e  $DECp$  e  $FECp$  são os padrões destes indicadores;  $k1$  é um coeficiente de majoração entre 5 e 50;  $k2$  é um coeficiente de reincidência de violação do padrão do conjunto e pode ser igual a 1 ou 1,5 e, por fim,  $k3$  é o coeficiente que penaliza qualquer sanção anterior nos últimos quatro anos. O valor da multa é limitado a 1% do faturamento total da concessionária.

A ANEEL permite que novas metodologias de cálculo de metas DEC/FEC sejam propostas, visando à melhoria contínua e uma regulação cada vez mais justa para os agentes. Neste trabalho, são propostos dois aprimoramentos: um metodológico, que representa a migração do método k-means para o método Ward e outro de melhoria nos dados de caracterização dos conjuntos incluindo três novos atributos.

### 3. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS

A metodologia atual utiliza apenas atributos físicos e elétricos, desconsiderando as características climatológicas de cada região. Porém, essas características são relevantes na determinação dos valores de DEC e FEC dos conjuntos e representam fatores não controláveis pela concessionária. Por

exemplo, o clima afeta o FEC em função dos raios e o DEC em função do volume de chuva que dificulta o acesso para recuperação da falta em algumas áreas.

Além do clima, outro aspecto não considerado é a depreciação dos ativos que compõe as redes das concessionárias. Apesar do consumidor não ter culpa sobre o estado atual das redes utilizadas no serviço de transporte da energia elétrica, este atributo é relevante devido à existência de correlação entre a tarifa do consumidor e o grau de depreciação das redes. O nível de envelhecimento dos ativos afeta principalmente o FEC.

Nesta seção são apresentados os três novos atributos: densidade de raios, média de precipitação anual e nível de envelhecimento de ativos. São descritos os processos de obtenção destes dados e pontos a serem melhorados.

### 3.1. Densidade de raios

Os dados para a elaboração do atributo densidade de raios incluídos na análise foram obtidos através do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). O INPE possui um levantamento desse índice [raios/km<sup>2</sup> ano] para 3183 municípios do Brasil, incluindo as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, exceto o estado de Mato Grosso [7].

Através de uma Rede de Detecção Atmosférica precisa nestes municípios, o INPE realiza a medição do número de raios durante o ano, o que permite a determinação da densidade de raio, juntamente com o conhecimento da área de cada município.

Para as demais regiões do país, os dados de densidade de raio não estão disponíveis com a precisão desejada. Para suprir a necessidade deste trabalho, foram realizadas estimativas por concessionária a partir do Mapa de Curvas Isocerânicas obtido na NBR 5419:2001, mostrado na Figura 2.

Segundo NBR 5419:2001, a densidade de descargas atmosféricas para a terra ( $N_g$ ) é dada por (3):

$$N_g = 0,04 * Td^{1,25} \text{ [por km}^2\text{/ano]} \quad (3)$$

onde  $Td$  é o número de dias de trovoadas por ano obtido do mapa isocerânico.

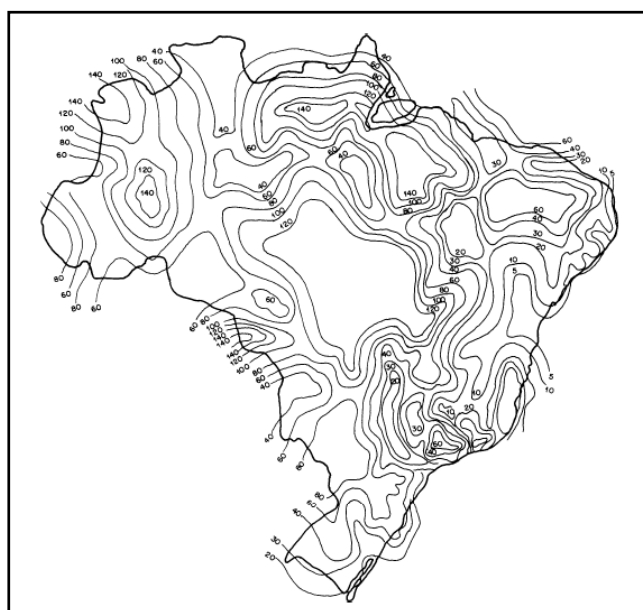


Figura 2 - Mapa de Curvas Isocerânicas – Brasil

Com o mapa apresentado na Figura 2 e com a elaboração da correspondência do município com as coordenadas geográficas foi possível atribuir um número de raios médio anual. É importante observar que a precisão está aquém do desejado e que uma maior investigação junto ao INPE deve ser feita.

### **3.2. Média de precipitação anual**

Para a média anual de precipitação, foram obtidos 313 postos, que continham as cinco regiões do país. Através de equipamentos chamados pluviômetros, obtêm-se a medição da quantidade de precipitação pluvial em milímetros (mm). Estas estações pluviométricas estão sob os cuidados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), que se encarrega de coletar e armazenar os dados de precipitação no Brasil [8].

Assim como no caso dos raios, os dados disponibilizados pelo INMET não continham todos os municípios associados aos conjuntos. Foram então estabelecidas regiões próximas a um posto de medição e associadas aos conjuntos. O tamanho desta região dependia das distância entre os postos onde se encontram os pluviômetros. Para cada região, a média anual de precipitação foi calculada e atribuída aos municípios nela contidos. Assim como no caso dos raios, este atributo carece também de uma melhor precisão das informações que podem ser melhor trabalhadas com a participação do INMET.

### **3.3. Envelhecimento dos ativos**

O atributo do envelhecimento dos ativos tem a função de medir o grau de deterioração dos ativos. No caso deste trabalho em função da dificuldade de obter diretamente este dado, foi utilizada como parâmetro a relação entre a Base de Remuneração Regulatória Líquida ( $BRR_L$ ) da empresa com a Base de Remuneração Regulatória bruta ( $BRR_B$ ) dessa mesma empresa conforme a Eq (4). Esta é uma relação média por empresa disponível no site da ANEEL face ao processo de revisão tarifária das empresas de distribuição [9]. A  $BRR_L$  é na realidade a diferença entre a base bruta e a depreciação o que representa o quanto o capital inicial foi já depreciado em média. Dado que quanto maior a depreciação maior o número de anos o ativo foi utilizado, quanto maior a relação da Eq. (4) menor seria a idade média dos ativos da distribuidora.

$$Atributo = \frac{BRR_{LIQ}}{BRR_{BRU}} \quad (4)$$

A finalidade da inclusão desse atributo é tentar capturar as diferenças existentes entre os tipos de ativos que compõe as redes de distribuição das distribuidoras, ou seja, algumas concessionárias possuem redes com ativos praticamente depreciados enquanto outras possuem redes mais novas. A idade média bastante elevada dos ativos frente a outras empresas impacta sensivelmente na questão dos indicadores de qualidade no sentido de aumentá-los. Apesar dos consumidores não estarem interessados em saber o nível de envelhecimento dos ativos de sua distribuidora e seu efeito na confiabilidade de fornecimento, é importante observar que no cálculo do nível tarifário que reflete

diretamente na tarifa paga por estes consumidores, a remuneração é calculada sobre a  $BRR_L$  significando que quanto menor esta base menor será a tarifa.

Os dados utilizados para a elaboração desses atributos foram obtidos através das informações referentes às Revisões Tarifárias Periódicas das Distribuidoras do sistema disponibilizadas na página da ANEEL.

## 4. MÉTODOS DE AGRUPAMENTO

### 4.1. Método *k-means*

Conforme dito anteriormente, o método de agrupamento usado atualmente no programa ANABENCH do CEPEL é o *k-means*[10]. Para fazer o agrupamento de  $n$  indivíduos em  $k$  clusters, este método segue o seguinte procedimento:

1. Escolhe-se ao acaso  $k$  elementos entre os  $n$  elementos do conjunto considerado. Estes  $k$  elementos serão considerados centros dos clusters a serem formados (centróides).
2. Calcula-se a distância Euclidiana entre cada um dos  $n$  elementos e os  $k$  pontos centrais, colocando cada elemento ligado ao seu centro  $k$ , de maior proximidade.
3. Recalculam-se as coordenadas de cada um dos  $k$  pontos centrais. A nova coordenada destes  $k$  elementos corresponde ao ponto central dos elementos vinculados a cada um dos  $k$  clusters formados.
4. Repete-se os passos 2 e 3 até que não se verifique nenhuma alteração dos elementos agrupados em torno dos  $k$  centros.

Este método é simples e pode ser encontrado na maioria dos softwares especializados, como o MatLab, utilizado neste trabalho[11,12]. Porém, a principal desvantagem deste método é a sua inicialização através de números aleatórios, o que causa uma grande instabilidade nos resultados e conseqüentemente, nas metas de cada conjunto.

### 4.2. Método de Ward

No método de Ward, o primeiro passo para identificar os clusters é o estabelecimento de medidas de similaridade dos conjuntos que compõem a amostra [10].

Tomando-se os valores de cada um dos atributos como coordenadas de cada ponto, pode-se construir uma matriz de similaridade de cada conjunto em relação aos demais. Para determinar as distâncias entre os elementos utiliza-se a distância Euclidiana, também usada no método *k-means*.

A distância euclidiana entre dois pontos é definida como:

$$D(x - y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \quad (5)$$

Após a criação da matriz de similaridade, seguem-se os seguintes passos:

1. Identificam-se os elementos que, quando agrupados, minimizam a perda de informação dentro da matriz de similaridade;

2. Cria-se o novo elemento na matriz considerando-se a união dos dois elementos identificados no passo anterior. Atualiza-se a matriz de similaridade eliminando-se a linha e a coluna correspondentes aos clusters agrupados e adiciona-se uma nova coluna e uma nova linha para o novo cluster formado considerando as distâncias entre os clusters remanescentes.
3. Repete-se os passos 1 e 2 até que todos os elementos estejam agrupados, o que deve ocorrer em n-1 iterações. Deve-se guardar a seqüência em que ocorreu cada agregação.

O método de Ward utiliza o critério de menor erro, ou perda de informação, considerando o somatório dos quadrados das diferenças entre cada elemento ou cluster a ser agrupado e o valor central de cada cluster já formado. Dessa forma, avaliando o aumento deste erro para cada combinação dos clusters existentes identifica-se qual a melhor seqüência de agrupamento.

No ano de 2000, quando foi desenvolvido o estudo que subsidiou a Resolução 024/2000, a justificativa para a escolha do método k-means foi a grande quantidade de elementos a ser analisada, pois os softwares disponíveis no mercado eram incapazes de formar a matriz de similaridade em função do número de conjuntos (em torno de 6000). Entretanto, nos dias atuais, o software MatLab utilizado neste trabalho tem capacidade para tratar este problema de maneira bastante satisfatória. Além disto, a velocidade atual dos computadores favorece a utilização dos métodos hierárquicos, que necessitam de grande esforço computacional.

Assim, propõe-se o uso do método de Ward, por ser um método mais robusto e que não está sujeito à instabilidades como no método k-means.

Existem uma série de outros métodos de agrupamento sugeridos na literatura para aplicação neste tipo de problema como Redes Neurais [13], Cluster dinâmico [14] e Fuzzy Cluster Method [15]. Entretanto, o método de Ward é bem simples, de fácil implementação e proporciona resultados bem melhores que o k-means.

## **5. ESTUDO DE CASO**

Para a obtenção da sensibilidade do modelo diante dos três novos atributos, foram utilizados dados reais usados pela ANEEL em 2006 referentes aos 4224 conjuntos de 63 concessionárias de distribuição do Sistema Elétrico Brasileiro. Nestes dados, não havia conjuntos referentes à Companhia Energética de Roraima - CER.

Foi criado para esse trabalho um programa em MatLab, que utiliza o método de Ward, para simular os resultados do ANABENCH. Primeiramente, foi necessário fazer uma filtragem dos dados para detectar possíveis anomalias em função de medição pouco confiável ou erro no processo de coleta. Por exemplo, alguns conjuntos possuíam dados faltantes inclusive os próprios valores de DEC e FEC. Além disso, viu-se que alguns valores de atributos estavam muito distantes da média o que caracteriza um dado espúrio.

Os conjuntos sem os valores de DEC e FEC totalizaram 107 conjuntos (2,5% do total). Foi feita uma análise para identificar valores de atributos atípicos (outliers). Foram considerados como outliers os



valores que se localizavam abaixo das fronteiras inferiores ou acima das fronteiras superiores de cada variável, definidas por:

$$F_i = Q_1 - 1,5 * (Q_3 - Q_1) \quad (6)$$

$$F_s = Q_3 + 1,5 * (Q_3 - Q_1) \quad (7)$$

onde  $F_i$  é a fronteira inferior,  $F_s$  é a fronteira superior,  $Q_1$  é o primeiro quartil e  $Q_3$  é o terceiro quartil da amostra.

Foram identificados 626 outliers (14,8% do total), isso significa que se forem somados os 107 conjuntos sem os valores dos indicadores, 17,3% dos dados não foram usados na identificação dos grupos.

Para a comparação dos resultados, inicialmente foi simulado um caso apenas com os cinco atributos utilizados hoje pela ANEEL. A partir daí foram simulados casos com combinações dos três novos atributos, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Simulações

Caso 1	5 atributos originais
Caso 2	5 atributos + densidade de raios
Caso 3	5 atributos + precipitação anual
Caso 4	5 atributos + envelhecimento dos ativos
Caso 5	5 atributos + densidade de raios e precipitação anual
Caso 6	5 atributos + densidade de raios e envelhecimento dos ativos
Caso 7	5 atributos + precipitação anual e envelhecimento dos ativos
Caso 8	5 atributos + densidade de raios, precipitação anual e envelhecimento dos ativos

A comparação dos resultados foi feita através da análise da influência dos novos atributos nas multas de DEC e FEC. Analisando as equações (1) e (2), não é possível chegar ao valor exato das multas, pois as variáveis  $Fat$ ,  $k1$ ,  $k2$  e  $k3$  não estão disponíveis. Porém, é possível chegar ao percentual de redução ou aumento delas, da seguinte maneira:

$$MultaDEC^0 = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{DECv^0(i)}{DECp^0(i)} - 1 \right) \cdot DECp^0(i) \cdot \left( \frac{nc^0(i)}{NC^0} \right) \cdot \frac{Fat^0}{8760} \cdot k1^0 \cdot k2^0 \cdot k3^0 \right] \quad (8)$$

$$MultaDEC^j = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{DECv^j(i)}{DECp^j(i)} - 1 \right) \cdot DECp^j(i) \cdot \left( \frac{nc^j(i)}{NC^j} \right) \cdot \frac{Fat^j}{8760} \cdot k1^j \cdot k2^j \cdot k3^j \right] \quad (9)$$

Sendo  $MultaDEC^0$  a multa paga pela concessionária na 1ª simulação e  $MultaDEC^j$  a multa paga nas simulações seguintes.

Para todos os conjuntos, os valores de  $NC$ ,  $Fat$ ,  $k1$ ,  $k2$  e  $k3$  são constantes, chegando-se à seguinte expressão:

$$\frac{MultaDEC^0 - MultaDEC^j}{MultaDEC^0} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{DECv^0(i)}{DECp^0(i)} - 1 \right) \cdot DECp^0(i) \cdot nc^0(i) \right] - \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{DECv^j(i)}{DECp^j(i)} - 1 \right) \cdot DECp^j(i) \cdot nc^j(i) \right]}{\sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{DECv^0(i)}{DECp^0(i)} - 1 \right) \cdot DECp^0(i) \cdot nc^0(i) \right]} \quad (10)$$

Esse mesmo procedimento é utilizado para analisar as metas de FEC. Assim, pode-se conhecer a influência dos novos atributos nas multas, mesmo sem saber o valor absoluto delas.

Como a quantidade de dados analisada é muito grande, torna-se inviável apresentar os resultados referentes a todas as concessionárias. Por isso, as análises foram feitas com referência apenas às Centrais Elétricas de Goiás S.A. (GELG) e AES Eletropaulo.

Os resultados das reduções nas multas são expressos na Tabela 2 e na Tabela 3. Resultados negativos expressam acréscimos nas multas.

Tabela 2 - Redução das multas aplicadas com a inserção dos atributos – CELG

Simulação	DEC	FEC
Caso 2	3,82%	5,53%
Caso 3	5,67%	6,94%
Caso 4	11,78%	19,20%
Caso 5	18,13%	24,92%
Caso 6	30,84%	46,63%
Caso 7	8,87%	18,67%
Caso 8	31,90%	42,61%

Tabela 3 - Redução das multas aplicadas com a inserção dos atributos – AES Eletropaulo

Simulação	DEC	FEC
Caso 2	7,98%	-8,02%
Caso 3	-4,77%	-11,41%
Caso 4	-3,09%	-1,86%
Caso 5	-11,91%	-16,98%
Caso 6	-9,71%	-14,83%
Caso 7	-12,89%	-30,92%
Caso 8	-19,14%	-25,51%

Conforme pode-se observar, houve significativa alteração no quadro de metas refletindo nas multas pagas pelas duas concessionárias analisadas. O nível de envelhecimento dos ativos da CELG é maior que o da Eletropaulo o que beneficiou esta primeira empresa quando incorporado este atributo. No que se refere ao fator clima, observa-se que o Estado de Goiás apresenta fatores climáticos mais adversos que na região de concessão da Eletropaulo. Isto reflete na caracterização e agregação dos conjuntos minimizando conseqüentemente o pagamento de multas para o caso da CELG.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os ganhos em incluir novos atributos para estabelecer a comparação de desempenho entre as concessionárias de distribuição no que se refere aos índices de continuidade. Os atributos aqui considerados mostram que é necessário retratar com maior precisão o ambiente regional em que cada empresa está inserida. As condições climáticas afetam o desempenho destes índices assim como o nível de envelhecimento das redes. Outro ponto importante retratado neste trabalho se refere ao método de agrupamento utilizado pela ANEEL que é muito instável e dependente de um parâmetro totalmente exógeno do processo que é a “semente” de inicialização na formação dos agrupamentos de conjuntos. A utilização do método k-means é viável desde que sejam feitas várias simulações para encontrar um ponto mais estável.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a ANEEL pela disponibilização dos dados dos conjuntos utilizados para definição das metas de qualidade.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução n.º 24, de 27 de janeiro de 2000.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução n.º 75, de 13 de fevereiro de 2003.
- [3] TANURE, J.E.P.S. Análise comparativa de empresas de distribuição para o estabelecimento de metas de desempenho para os indicadores de continuidade de serviços de distribuição. Itajubá, 2000. 103p. Dissertação de Mestrado, Escola Federal de Engenharia de Itajubá.
- [4] PESSANHA, J.F.M.; CASTELLANI, V.L.O.; HASSIN, E.S.; CHEBERLE, L.A.D. ANABENCH – Sistema computacional para estabelecimento das metas de continuidade. In: XVI SENDI, 2004c, Brasília.
- [5] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Nota Técnica n.º 25, de 23 de maio de 2006.
- [6] BARBOSA, A.S.; CARVALHO, P.L.; SILVA, J.O.F.; LOPES, P.H.S. Procedimento para aplicação de penalidade por violação dos padrões dos indicadores de continuidade DEC e FEC. In: XVI SENDI, 2004, Brasília.
- [7] Ranking de Incidência de Descargas Atmosféricas por Município no Brasil. Acesso em 19/09/2007, disponível em: <http://www.inpe.br/ranking>
- [8] Dados solicitados ao INMET através do site <http://www.inmet.gov.br>
- [9] Revisão Tarifária Periódica. Acesso em 11/2007, disponível em: <http://www.aneel.gov.br>
- [10] MINGOTI, Sueli Aparecida. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005. 295 p.

- [11] MATLAB® R2007a – The Language of Technical Computing. The MathWorks.
- [12] MATSUMOTO, Elia Yathie. MATLAB 6.5: fundamentos de programação. São Paulo: Érica, 2002. 342 p.
- [13] Pessanha, J.F.M. Um Modelo de Análise Envoltória de Dados para Estabelecimento das Metas de Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, 2006. 161p. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- [14] TANURE, J.E.P.S.; TAHAN, C.M.V.; J. W. MARANGON LIMA. Establishing Quality Performance of Distribution Companies Based on Yardstick Regulation. IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 21, N. 3, AUG. 2006.
- [15] GERBEC, D.; GASPERIC, S.; SMON, I.; GUBINA, F.. Determining the Load Profiles of Consumers Based on Fuzzy Logic and Probability Neural Networks. IEE Proc. –Gener. Transm. Distrib., Vol 151, No. 3, May 2004.