



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO IX
GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GOP**

**ITENS DE CONTROLE DE EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E EFETIVIDADE
DA PROGRAMAÇÃO DE INTERVENÇÕES NO SISTEMA ELÉTRICO DA CHESF**

**Iony Patriota de Siqueira*
CHESF**

**Erasmu Menezes Junior
CHESF**

RESUMO

A programação e execução de intervenções em instalações é a etapa do planejamento da operação, com maior impacto na receita operacional das empresas, no atual modelo do setor elétrico. Para avaliar a qualidade do processo de programação, este informe propõe a utilização de indicadores de eficiência, eficácia e efetividade, derivados da teoria de planejamento estratégico. Descrevem-se os conceitos e fórmulas de cálculo de cada indicador, ilustrando sua aplicação no planejamento mensal de intervenções, e na avaliação dos planos de manutenção de equipamentos. Após um ano de utilização pela Chesf, já é possível mensurar os resultados obtidos na Programa Mensal de Intervenções (PMI) no sistema elétrico.

PALAVRAS-CHAVE

Programação da Operação. Eficiência. Eficácia. Efetividade. Planejamento Estratégico. Plano de Intervenções.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da Operação de Sistemas Elétricos é o de conceber sistemas de avaliações que permitam o acompanhamento das ações operacionais nos diversos programas e atividades que impactam no desempenho da rede elétrica. Entre estes programas, a Programação de Intervenções em Instalações é a etapa do Planejamento da Operação Elétrica onde podem ocorrer desvios consideráveis em relação aos estudos elétricos de curto e médio prazo. Além das incertezas da fase de planejamento, outras variáveis, de caráter aleatório, podem impedir o cumprimento das

intervenções programadas durante a fase de execução, sendo substituídas por outras mais urgentes, ditadas pela manutenção ou ocorrências no sistema elétrico. A descentralização entre planejamento e execução, também introduz oportunidades de variações nas intervenções planejadas e executadas, entre elas o comissionamento de instalações. Mais do que comprometer a qualidade do suprimento e aumentar os riscos aos usuários da rede elétrica, os desvios podem ameaçar o atendimento de metas empresariais, ou compromissos definidos nos procedimentos de rede com o Operador Nacional do Sistema Elétrico, com reflexos na receita operacional da empresa.

Para quantificar os impactos destes desvios, este informe descreve um conjunto de itens de controle destinados a avaliar a Eficiência, Eficácia e Efetividade destas programações. Partindo de definições genéricas destes termos, derivadas da teoria do planejamento estratégico, o informe propõe métodos e fórmulas precisas para avaliação destes aspectos, aplicados às intervenções no sistema elétrico. A forma genérica destes indicadores facilita seu entendimento e generalização a qualquer conjunto de atividades sistemáticas de planejamento, além das intervenções nas instalações.

O trabalho ilustra ainda a maneira como os indicadores podem ser estratificados por região, responsabilidades técnicas, gerenciais e por especialidade de equipamentos, facilitando sua avaliação sob diferentes visões. As definições permitem também expressar cada indicador segundo diferentes unidades de medida, tais como tempos de indisponibilidade, parcela variável de receita, custo, etc.

* Rua 15 de Março, 50 – Bongü - CEP XXXXX-XXX - Recife - PE - BRASIL
Tel.: (081) 3229-4141 - Fax: (081) 3299-4099 - E-MAIL: ioniy@chesf.gov.br

1.0 - CONCEITUAÇÃO

O monitoramento de qualquer sistema depende da correta definição de indicadores de resultados de interesse do avaliador. Quando o sistema observado é o próprio processo de planejamento, os indicadores devem refletir os resultados das etapas de programação e execução de atividades, mas também medir o atendimento aos objetivos do planejamento, todos responsáveis pela qualidade do processo.

Para os objetivos deste estudo, a conceituação dos indicadores tomou por base os aspectos típicos de um processo de planejamento, numa visão estratégica, identificados nos seguintes requisitos de qualidade:

- Coerência dos programas com o objeto de planejamento;
- Aderência das ações executadas com o objeto de planejamento; e principalmente, a
- Coerência das ações executadas com as ações planejadas.

Estes requisitos foram considerados na conceituação dos seguintes fatores de qualidade, desejáveis para o planejamento de intervenções:

- **Eficiência** – Característica do processo de planejamento relacionada à coerência entre o plano de ações e o universo de ações de planejamento.
- **Eficácia** – Característica do processo de planejamento relacionada à aderência das ações executadas em relação ao universo de ações de planejamento.
- **Efetividade** – Característica do processo de planejamento relacionada à coerência entre as ações executadas e o plano de ações, no universo de ações de planejamento.

O universo de ações de planejamento deverá englobar todas as medidas planejadas e/ou executadas, relacionadas com o objetivo do planejamento.

2.0 - DEFINIÇÕES

Em sua forma mais simples, todo processo de planejamento, inclui as etapas de programação, execução e avaliação de resultados. Como resultados destas etapas, são produzidos um conjunto de ações ou Itens Programados (IP), um conjunto de Itens Realizados (IR), em um Período de Referência (PR).

Para aplicação na avaliação da Programação de Intervenções em Sistemas Elétricos, este informe, adotará as seguintes definições:

- **Período de Referência** – Intervalo de tempo (semana, mês, trimestre, ano, etc.) tomado como referência para efeito de avaliação das etapas de programação e execução do planejamento de intervenções.

- **Programa de Intervenção** - Instrumento de planejamento periódico, emitido por entidade normativa de planejamento de operação, contendo o elenco de intervenções programadas no sistema físico, no período de referência.
- **Itens Programados** - IP - Conjunto de ações incluídas no Programa de Intervenções, para um período de referência.
- **Itens Realizados** - IR - Conjunto de intervenções, efetivamente realizadas no sistema físico, para um mês de referência.

3.0 - PROCESSO DE PLANEJAMENTO

O processo de planejamento de intervenções pode ser melhor visualizado através de um diagrama de Venn (Figura 1), representando os conjuntos de itens programados e realizados, em cada universo de planejamento.

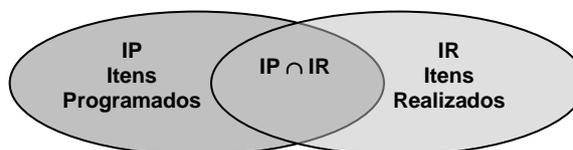


FIGURA 1 – DIAGRAMA DE VENN - PROGRAMAÇÃO

Em uma situação ideal, os conjuntos IP e IR seriam idênticos, havendo perfeita correlação das ações executadas com as ações planejadas. Na prática, as imperfeições do processo, de origem internas ao planejamento e execução, ou externas, oriundas do meio ambiente ou de agentes fora do controle do planejador, geram diferenças entre estes conjuntos, reduzindo a qualidade do planejamento.

Para medir a eficiência, eficácia e efetividade do processo, será útil associar o universo de planejamento ao conjunto união dos itens programados e executados, $(IP \cup IR)$. Com isto será possível estabelecer uma base de referência única para medição destes indicadores.

Propõe-se que a Eficiência do Planejamento seja medida por um índice de Eficiência, assim definido

$$Eficiência = \frac{IP}{IP \cup IR} \cdot 100\%$$

Este índice traduz a fração do universo de planejamento resultante de ações planejadas. Quanto maior for o índice de Eficiência, maior será a coerência entre o Plano, e o universo de ações de planejamento.

Nesta e nas demais expressões matemáticas, o denominador representa o número de elementos do conjunto união das intervenções programadas e/ou realizadas, devendo cada intervenção ser computada apenas uma vez na soma total de intervenções.

A Eficácia do Planejamento será medida por um índice de Eficácia, assim definido

$$Eficácia = \frac{IR}{IP \cup IR} \cdot 100\%$$

Este índice traduz a fração do universo de planejamento resultante de ações efetivamente realizadas. Quanto maior for o índice de Eficácia, maior será a aderência entre as ações efetivamente executadas, e o universo de ações de planejamento de intervenções.

A Efetividade do Planejamento será medida por um índice de Efetividade, assim definido

$$Efetividade = \frac{IP \cap IR}{IP \cup IR} \cdot 100\%$$

Este índice traduz a fração do universo de planejamento resultante de ações simultaneamente planejadas e executadas. Quanto maior for o índice de Efetividade, maior será a coerência entre as ações efetivamente executadas e aquelas planejadas, no universo de ações de planejamento.

Na situação ideal, em um ambiente de planejamento perfeito, todos estes índices serão valores máximos de 100%, ou seja, perfeita coerência entre ações planejadas e executadas.

Os indicadores podem ainda ser avaliados tomando como base não só a quantidade de itens em cada conjunto, mas eventualmente ponderados por taxas de retorno que associem um peso relativo a cada evento, tal como produção interrompida, custo variável, etc. Neste caso, pode-se também eliminar o fator de conversão percentual (100%) no numerador e o denominador ($IP \cup IR$) comum a todos os indicadores, produzindo uma avaliação econômica do processo de planejamento. Este processo pode ser estratificado por vários critérios, regionalizados ou especializados segundo a atividade de intervenção, tais como aquelas destinadas à execução de manutenção.

4.0 - INTERVENÇÕES PARA MANUTENÇÃO

A execução da manutenção pode ser avaliada pelos mesmos princípios, usando as atividades de Manutenção Preventiva (MP) e Corretiva (MC). Neste caso, o universo de avaliação poderá ser composto dos seguintes conjuntos de eventos:

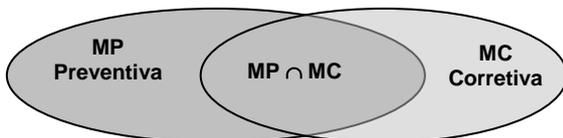


FIGURA 2 – DIAGRAMA DE VENN - MANUTENÇÃO

Os itens de manutenção preventiva poderão incluir todas as atividades executivas planejadas, visando evitar falhas funcionais, incluindo aquelas para correção de defeitos. As manutenções corretivas serão

aquelas efetivamente realizadas para correção de defeitos, programadas ou não.

Segundo a conceituação já definida, pode-se então definir os índices de Eficiência, Eficácia e Efetividade do Planejamento da Manutenção, de maneira análoga ao Planejamento de Intervenções.

A Eficiência da Manutenção será medida por um índice de Eficiência, definido pela expressão:

$$Eficiência = \frac{MP}{MP \cup MC} \cdot 100\%$$

Quanto maior for o índice de Eficiência, maior será a coerência da manutenção, no universo de ações de planejamento. Uma eficiência de 100% demonstraria que todas as manutenções planejadas eram absolutamente suficientes para correção de defeitos.

A exemplo dos índices anteriores, nesta e nas demais expressões matemáticas, o denominador representa o conjunto união das manutenções preventivas e corretivas, devendo cada manutenção ser computada apenas uma vez na soma total de manutenções.

A Eficácia da Manutenção será medida por um índice de Eficácia, assim definido

$$Eficácia = \frac{MC}{MP \cup MC} \cdot 100\%$$

Quanto maior for o índice de Eficácia, maior será a aderência entre as ações corretivas executadas, e o universo de ações de manutenção. Uma eficácia de 100% demonstraria que todas as manutenções realizadas eram estritamente necessárias para correção de defeitos, preventivos ou não.

Finalmente, a Efetividade da Manutenção será medida por um índice de Efetividade, assim definido

$$Efetividade = \frac{MP \cap MC}{MP \cup MC} \cdot 100\%$$

Quanto maior for o índice de Efetividade, maior será a coerência entre as ações efetivamente executadas e aquelas planejadas, no universo de ações de planejamento. Uma efetividade de 100% demonstraria que todas as manutenções planejadas e executadas eram absolutamente necessárias e suficientes para correção de defeitos, preventivos ou não.

Na situação ideal, em um ambiente de manutenção perfeito, todos estes índices serão valores máximos de 100%, ou seja, perfeita coerência entre ações preventivas e corretivas.

Também neste caso, os indicadores de manutenção podem ainda ser avaliados tomando como base a quantidade de itens em cada conjunto, ou eventualmente ponderados por taxas de retorno que associem um peso relativo a cada evento, tal como produção interrompida, custo variável, etc. Neste caso,

pode-se também eliminar o fator de conversão percentual (100%) no numerador e o denominador ($MP \cup MR$) comum a todos os indicadores, produzindo uma avaliação econômica do processo de manutenção.

5.0 - PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

A simplicidade destas fórmulas facilita o processo de cálculo, em cada período de avaliação, exigindo, entretanto, uma estrutura de coleta de dados coerente com a dimensão do sistema físico, e da especificidade e estratificação desejada dos indicadores. O instrumento de avaliação mais simples que viabiliza todos os cálculos poderá ser similar ao Plano de Intervenções - PI (ou Plano de Manutenção - PM), acrescido dos dados dos itens efetivamente realizados, ao final de cada período. As mesmas informações constantes no PI (ou PM) podem ser utilizadas para registro das Intervenções (ou manutenções) efetivamente ocorridas, ou acrescidas da parcela variável da perda de receita associada (ou tempo, custo, etc.), ou através de um sistema de Ordens de Serviço adotado no Sistema de Gerenciamento da Manutenção da empresa.

Para aquelas intervenções originalmente programadas, será suficiente a sinalização de sua realização, no Plano original, em campo específico. As manutenções e reparos ocorridos, mas não planejadas originalmente, serão acrescidas ao plano, para efeito de avaliação.

Os indicadores poderão ser avaliados ao final de cada período de programação, estratificados por Centro de Manutenção, Região, Especialidade (Mecânico, Elétrico, Proteção etc.), e totalizado para a empresa, bem como acumulados em relação ao planejamento anual e plurianual, conforme o interesse da empresa.

6.0 - IMPLANTAÇÃO NA CHESF

O método descrito resultou da revisão do processo de planejamento de intervenções no sistema elétrico da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), como forma de avaliar o atendimento aos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Para isto, foi desenvolvido um software de gerenciamento e acompanhamento do processo, de forma descentralizada, utilizando a rede de longa distância (LAN) da Chesf (Figura 3). A Figura 4 ilustra o formulário eletrônico de entrada de dados, utilizado pelos solicitantes de intervenções no sistema elétrico.

O software é um aplicativo desenvolvido em Plataforma Lotus Notes, responsável em concatenar todas as informações das 6 Gerências Regionais e centralizá-las no Centro de Operação da Chesf (COOS).

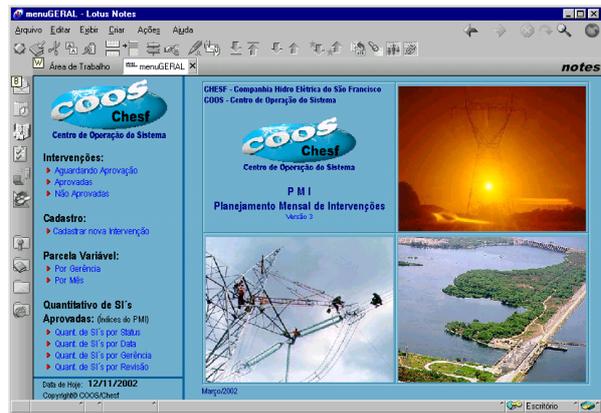


FIGURA 3 – SOFTWARE DE AVALIAÇÃO

Chesf - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco COOS - Centro de Operação do Sistema GRN - Gerência Regional Norte SNSF	
Solicitação de Intervenção em Equipamentos da Chesf	
Sigla da Instalação(ões):	FTZ
Equipamento:	02H1
Função:	BANCO CAPACITOR
Condições de Recepção e devolução do equipamento:	DESENERGIZADO ISOLADO E ATERRADO
Descrição da Intervenção:	MP N-3 02H2 E N-4 12H1
Período da Intervenção:	
Previsão: <início / término>	07/01/2003 16:30
Realizado: <início / término>	
Situatção da Intervenção: Aguardando início dos Trabalhos	
Condições Atmosféricas impeditivas à realização da intervenção: <input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
Esta intervenção é pertencente ao PMI? <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim	
Regime da Intervenção: <input checked="" type="radio"/> Contínuo <input type="radio"/> Descontínuo	
Tempo para devolução de Emergência: 02:00	
Tipo da Intervenção: <input checked="" type="radio"/> Preventiva (IP) <input type="radio"/> Corretiva Especial (IE) <input type="radio"/> Corretiva (IC) <input type="radio"/> Urgência (IU)	
Alto risco de desligamento? <input type="checkbox"/> Sim	
Observações Relevantes:	

FIGURA 4 – ENTRADA DE DADOS

Para operacionalização deste procedimento, a seguinte rotina é utilizada no planejamento e execução de intervenções, para cada período considerado:

- Os órgãos responsáveis por cada intervenção solicitam autorização ao COOS, após sua aprovação a nível regional, utilizando o formulário da Figura 4;
- No COOS é efetuado o cálculo da Parcela Variável (PV) associada à solicitação, que servirá de base para as reuniões de planejamento regionais;
- Atualização do cadastro do software de intervenções, caso necessário, após reunião de nivelamento, pelo responsável regional, de forma descentralizada;
- O COOS revisa o valor previsto da PV para cada solicitação cadastrada;
- Após a realização de cada intervenção, esta é cadastrada no software, com os horários de realização;
- No COOS é efetuado o cálculo da Parcela Variável associada à realização da intervenção;
- O Software calcula os índices de avaliação e acompanhamento.
- O COOS divulga oficialmente para a empresa os resultados.

7.0 - AVALIAÇÃO

Com a implantação deste sistema em janeiro de 2002, em todas as seis gerências regionais da Chesf, alguns resultados já podem ser avaliados através da evolução dos indicadores de eficiência, eficácia e efetividade das intervenções, nas diferentes regiões administrativas da empresa. A figura 5 ilustra os indicadores obtidos no planejamento das intervenções na Gerência Regional Norte, no ano de 2002, envolvendo o estado do Ceará e partes do Rio Grande do Norte.

A implantação do processo de avaliação provocou uma imediata redução no nível de solicitações e de intervenções, provocada pelos baixos níveis observados em todos os indicadores, em especial no de efetividade das intervenções. O aprimoramento progressivo do processo de planejamento nesta regional resultou no crescimento gradativo de todos os indicadores, no restante do ano.

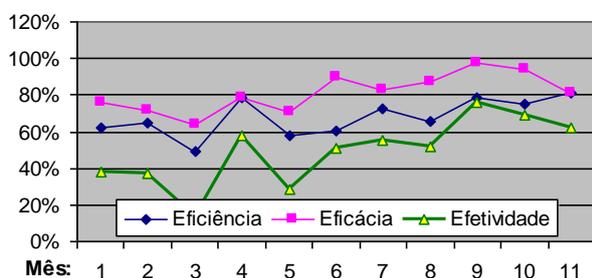


FIGURA 5 – RESULTADO DA REGIÃO NORTE

A figura 6 ilustra os indicadores totalizados para todo o sistema elétrico, incluindo instalações de geração e transmissão, no mesmo período (janeiro a novembro de 2002).

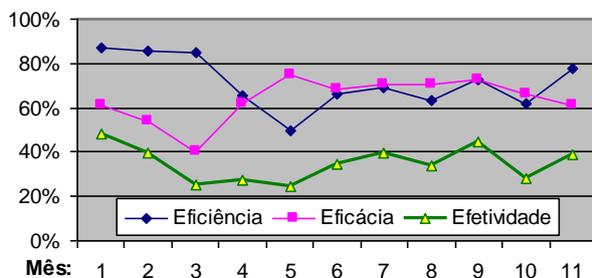


FIGURA 6 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE 1992

As seguintes observações são derivadas deste gráfico, decorrentes do processo de medição, divulgação e avaliação periódica destes indicadores:

- Nos três primeiros meses imediatamente após a implantação, houve uma redução na realização de intervenções não programadas, evidenciada pela queda nos níveis de eficácia e efetividade do processo de planejamento.
- Esta queda motivou a revisão no número de solicitações programadas, nos meses subsequentes, resultando na queda do nível de eficiência do processo, mas restaurando a eficácia a níveis acima dos patamares originais.

- Embora tenha havido melhoria global no nível de eficácia das intervenções, à custa da queda na eficiência, é evidente que a efetividade do processo continua estabilizada no nível original inicial, para a empresa como um todo.

Este último resultado evidencia que a simples redução do número de intervenções programadas foi decisivo no aumento médio de 10% na eficácia do processo. Entretanto, observa-se que o nível médio de efetividade da programação permaneceu imutável ao longo do período, estabilizada nos níveis originais, próximos a 40%. Como a efetividade está relacionada essencialmente aos objetivos desejados do planejamento, conclui-se que apenas com uma melhoria da qualidade da engenharia (planejamento, manutenção, projeto, operação, etc.) subjacente a cada especialidade de intervenção, será possível melhorar a efetividade das intervenções no sistema elétrico.

8.0 - CONCLUSÃO

Fundamentado nos resultados acima, as seguintes conclusões podem ser estabelecidas:

- A simples implantação de um processo de medição e avaliação de indicadores foi suficiente para motivar e provocar mudanças na eficiência e eficácia do processo de planejamento de intervenções. Isto reflete o processo de aprendizagem inerente ao ato de medir, ensejando melhorias imediatas evidenciadas pelos indicadores.
- Mudanças mais significativas, relacionadas à melhoria da qualidade dos resultados, e medidas pela efetividade do planejamento, só são obtidas com melhorias profundas nos processos de engenharia associados, sejam eles de manutenção, projeto, etc.

Estas mudanças deverão ser implementadas simultaneamente com a definição de padrões de desempenho para cada indicador, próxima etapa do processo.

9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SIQUEIRA, I.P., Impact of Protective Apparatus and Maintenance Scheduling on Power System Performance, 4th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, Rio de Janeiro, ELETROBRAS, 1994.
- COUGAR, J.D., KNAPP, Ed., R.W., System Analysis Techniques, John Wiley & Sons, London, 1974
- TAVARES, M.C., Planejamento Estratégico – A Opção entre Sucesso e Fracasso Empresarial, Ed. Harbra Ltda., 1991
- VASCONCELOS, P., MACHADO A.M.V., Planejamento Estratégico – Formulação, Implantação e Controle., Fundação João Pinheiro, Rio de Janeiro, 1979.