



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

GTL - 11  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO XVI  
GRUPO DE ESTUDOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES PARA SISTEMAS  
ELÉTRICOS - GTL**

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA REDE DE SUPERVISÃO – GERENTESAGE, UMA FERRAMENTA DE  
APOIO À OPERAÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DA ELETRONORTE**

**Uriel de A. Papa\* Josias M. de Araújo Sérgio de S. Cruz Manoel L. M. R. Brandão Willams V. Sampaio**

**ELETRONORTE ELETRONORTE ELETRONORTE ELETRONORTE ELETRONORTE**

## RESUMO

A fim de integrar a operação de seus sistemas elétricos, a Eletronorte utiliza, desde 1998, o *software* SAGE – Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia. A importância do SAGE para a empresa reflete-se na relevância da rede que comporta seus dados. Para garantir elevados graus de disponibilidade dos serviços de supervisão foi desenvolvida e implementada a ferramenta GerenteSAGE, que gerencia recursos da referida rede. Um aspecto importante da metodologia de concepção adotada foi a utilização de sistemas e fontes livres. Como resultado, houve melhora na qualidade dos serviços de rede e aumento da disponibilidade das informações de supervisão.

## PALAVRAS-CHAVE

Supervisão, Gerenciamento, Software Livre, Redes.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Como uma solução unificadora para os diversos níveis hierárquicos em que se organiza a operação em tempo real de seus sistemas elétricos, a Eletronorte utiliza, desde 1998, o Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia - SAGE. Desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, o SAGE implementa as funções de gerenciamento de energia em centros de controle. Sua funcionalidade pode ser configurada para diversas aplicações no processo de automação das empresas de energia e, na Eletronorte, o SAGE é aplicado em centros de operações de grande porte e suportado por redes locais heterogêneas e hardware de diferentes fabricantes. Estes centros estão distribuídos na área de atuação da Eletronorte, que envolve toda Região Norte, além dos estados do Maranhão e Mato Grosso.

As aplicações SAGE instaladas em cada centro são interligadas através de uma rede composta por canais de comunicação de dados próprios e alugados, formando um sistema de supervisão integrado que aumenta a eficácia da operação em tempo real do sistema elétrico. Sob o aspecto da facilidade de integração do sistema de supervisão com a rede de informação da empresa, o SAGE habilita os Centros de Operação da Eletronorte a serem centros estratégicos de aquisição e tratamento de informação, vitais para uma adequada prestação dos serviços de suprimento de energia elétrica aos estados da Região Amazônica. Diante desses fatores, é evidente a importância da rede que comporta os dados do SAGE e fundamental que a mesma apresente elevados graus de confiabilidade e disponibilidade de recursos.

Além da destacada relevância da rede de supervisão para a própria empresa, é exigido pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS e formalizado no Módulo 13.2 de seus Procedimentos de Rede que os dados referentes aos sistemas elétricos dos agentes de geração e transmissão dos sistemas interligados sejam repassados continuamente, apresentando altos índices de disponibilidade, aos seus Centros Regionais de

\*Setor Comercial Norte, Quadra 06, Conjunto A - Bloco C – Sala 1212 - CEP 70718-900 - Brasília - DF - BRASIL  
Tel.: (61) 429-5152 - Fax: (61) 328-1373 - e-mail: uriel@eln.gov.br

Operação dos Sistemas Norte (COSR-N), Nordeste (COSR-NE) e Sudeste (COSR-SE). Desta forma, estes centros poderão garantir confiabilidade e eficiência em suas funções de coordenação da operação em tempo real dos sistemas interligados nacionais.

A confiabilidade da rede de supervisão da Eletronorte é dependente da existência de canais redundantes de interconexão, bem como da qualidade destes canais. Um dos maiores problemas anteriormente enfrentados pelos administradores de rede de supervisão na Eletronorte era a demora em identificar falhas em canais de comunicação que compõem uma ligação redundante. Este atraso na detecção prejudicava a confiabilidade estabelecida pelas redundâncias nas interligações lógicas de dados. Outra notória dificuldade para estes administradores da rede era o acompanhamento das condições operacionais dos dispositivos da rede (servidores, roteadores, *switches* etc.). A ausência destas informações muitas vezes dificultava a execução de uma manutenção pró-ativa da rede, indispensável em redes que devem proporcionar alto grau de disponibilidade de dados a seus usuários.

A mesma falta de informação gerencial em relação aos aspectos da rede refletia-se também em uma maior demora no rastreamento de falhas, desde a sua detecção até a sua correção. Esta escassez de dados gerenciais era bastante prejudicial nos casos em que uma falha na interligação entre os sistemas de supervisão de duas localidades da empresa era acompanhada por uma falha no sistema energético. Sem informações consistentes sobre as condições operacionais da rede, era comum o despachante, profissional que trabalha nos Centros de Operação atuando diretamente na operação em tempo real, perder-se nas diversas possibilidades de causa de falha na supervisão e as equipes de suporte encontrarem-se descoordenadas na tentativa de restabelecimento da interligação do SAGE.

Aliada a estes problemas, a constante ampliação da rede implicava em crescente degradação da qualidade dos serviços de rede e da disponibilidade dos dados destinados a suprir os sistemas do ONS e da própria Eletronorte.

## 2.0 - HISTÓRICO

Podemos afirmar que, na época que antecedeu à concepção da ferramenta para a gestão da rede, uma grande preocupação norteava as áreas de pesquisa e desenvolvimento no setor de suporte à rede de supervisão da Eletronorte: o correto gerenciamento da referida rede, de modo que sua utilização pudesse render o esperado.

Diante desta necessidade, foram procuradas empresas que prestam suporte e fornecem softwares comerciais desenvolvidos para este fim. Uma outra alternativa encontrada foi a busca de ferramentas livres na Internet. No entanto, muitas vezes o estado de desenvolvimento ou o alto custo envolvido na implementação das aplicações de gestão de redes disponíveis são desencorajadores. As aplicações ou são muito específicas, ou são genéricas, e em geral elas são de difícil configuração e nem sempre se adaptam às necessidades de gerência peculiares de cada rede.

Os softwares mais específicos conseguem fazer um bom gerenciamento das entidades de rede que pertencem a um único fornecedor. Porém estas aplicações não interoperam bem com módulos de objetos gerenciáveis definidos por outros fabricantes. Se a rede possui elementos de diversos fornecedores, normalmente diferentes aplicações são necessárias para o gerenciamento de cada conjunto de dispositivos fornecidos, com a perda das vantagens de um gerenciamento de rede integrado.

Em contraste, aplicações genéricas procuram oferecer ferramentas que podem ser configuradas de maneira superficial pelo usuário para a coleta de informações dos equipamentos. Além disso, em geral elas são muito limitadas, uma vez que as informações mais importantes a serem obtidas dos equipamentos necessitam de interpretações e formas de apresentação que atendam às necessidades particulares da empresa.

Esta falta de sintonia entre o estado de desenvolvimento destas aplicações e a realidade das redes atuais, aliada aos altos preços dos aplicativos mais completos e aos custos de treinamento e implantação, vem dificultando os administradores de redes na escolha de um sistema de gerência adequado à sua realidade.

Este conjunto de fatores motivou o desenvolvimento pela própria Eletronorte de uma ferramenta flexível, modular e evolutiva, capaz de gerenciar o ambiente heterogêneo peculiar de grande parte das redes de telecomunicações da atualidade e, mais especificamente, da rede de supervisão utilizada pela empresa. A esta ferramenta foi dado o nome de GerenteSAGE.

A iniciativa surgiu do grupo de apoio à rede de supervisão na Eletronorte, denominado COTR, preocupado com as necessidades de gerência da rede e com os níveis de disponibilidade exigidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. Por estar dissociada do setor de informática da empresa, a equipe desenvolveu a aplicação com esforço próprio de programação, o que refletiu em um conhecimento amplo do código-fonte e na autonomia e facilidade para adaptação e evolução da ferramenta de gerência.

Durante o desenvolvimento da ferramenta foi consultada a clientela visada na empresa - despachantes dos centros de operação e das subestações - de a modo tornar o processo de resolução de falhas na rede o mais ágil e eficaz possível, sendo iniciado através do próprio operador. A concepção da ferramenta foi acompanhada também pela equipe de telecomunicações do ONS.

Para implementação desta ferramenta, os objetivos eram os seguintes:

- 1) Alcançar a meta de disponibilidade de 100% das informações de supervisão do sistema da Eletronorte nas subestações e nos Centros de Operação da empresa e do ONS, garantindo confiabilidade e eficiência para sua operação em tempo real;

- 2) Oferecer aos administradores da rede uma forma de monitorar, de modo amigável, as condições operacionais da rede de supervisão em tempo real;
- 3) Proporcionar informações históricas acerca dos recursos e serviços de rede, possibilitando uma gerência pró-ativa através de relatórios e gráficos acessados pelos administradores de rede de todos os centros regionais da empresa por meio de interface *web* na Intranet;
- 4) Diminuir o tempo médio para correção de falhas na rede através do envio automático e instantâneo de notificações por e-mail aos responsáveis pela manutenção dos equipamentos de telecomunicações, o que proporcionaria maior disponibilidade dos dados de supervisão do sistema;
- 5) Monitorar as condições operacionais de todos os servidores que comportam as aplicações SAGE, gerando alarmes, relatórios e gráficos que auxiliam na antecipação de problemas de hardware ou software nestes equipamentos;
- 6) Armazenar em banco de dados informações sobre todos os equipamentos que compõem a rede, sendo uma referência informatizada contendo um inventário destes bens.

Um aspecto importante da metodologia de concepção foi a utilização exclusiva de *softwares* livres. Esta característica, adicionada à arquitetura modular e flexível adotada, permitiu a implementação de um sistema de gerenciamento plenamente adaptado às necessidades dos administradores da rede de supervisão. Além disso, não foi necessário nenhum gasto com aquisição de onerosas licenças de *softwares* de gestão de redes.

Após todos os estudos sobre as ferramentas já disponíveis no mercado e tecnologias existentes, houve a fase de projeto para o desenvolvimento da ferramenta GerenteSAGE. Necessidades foram levantadas junto à equipe de administração da rede e foram definidos os focos específicos de gerência nos quais a ferramenta iria atuar.

### 3.0 - O SISTEMA DE GERENCIAMENTO

A ferramenta de gerenciamento, implementada no início de 2003, proporcionou aos administradores da rede de supervisão uma grande quantidade de informações através de gráficos e relatórios gerados automaticamente, possibilitando a identificação, isolamento e resolução remota de problemas de rede em locais distantes e de difícil acesso. O impacto na qualidade dos serviços de rede foi imediato, e resultou em um aumento considerável da disponibilidade de dados de supervisão para os Centros de Operação da Eletronorte e do ONS.

#### 3.1 O modelo SNMP

O modelo de gerência adotado segue o padrão desenvolvido pelo *Application MIB Working Group*, do *Internet Engineering Task Force* – IETF, responsável pelas definições de objetos gerenciáveis destinados ao monitoramento e controle de dispositivos de rede e *softwares*. Este grupo de estudo confirmou o reconhecimento do protocolo *Simple Network Management Protocol* – SNMP, como o principal padrão para o gerenciamento de equipamentos de rede.

Nos dias de hoje, qualquer dispositivo que possua uma interface de rede e que pretenda estar condizente com as perspectivas de mercado deve possuir a capacidade de ser administrado ou gerenciado via SNMP. Esta tendência tem levado a que fabricantes dos mais diversos tipos de equipamentos, tais como impressoras, servidores de periféricos e até mesmo sensores de temperatura, implementem este protocolo em seus produtos.

E não só na gerência de equipamentos o protocolo SNMP vem obtendo total aceitação. O gerenciamento de *softwares* também tornou-se algo comum. Seguindo essa realidade de mercado, o CEPEL já anunciou que vai implementar um agente SNMP em suas próximas versões do Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia – SAGE. Esta nova funcionalidade trará inúmeros benefícios, no que diz respeito à monitoração dos mais diversos recursos e processos da aplicação, àqueles que já possuem um sistema de gerenciamento baseado no SNMP, como é o caso do GerenteSAGE.

#### 3.2 Principais características do sistema de gerenciamento

A arquitetura do Sistema de Gerenciamento da Rede de Supervisão – GerenteSAGE, apesar de ser integralmente fundamentada em códigos e sistemas livres obtidos gratuitamente, contou com módulos de integração entre estes subsistemas e de interação com o usuário integralmente desenvolvidos por colaboradores da Eletronorte. As principais ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento da aplicação foram:

- 1) Interface *web*, que garante inúmeras facilidades por permitir um acesso remoto ao sistema, independente de plataforma para o usuário. A utilização de acesso através do padrão *web* garante também a descentralização do acesso às informações e ainda possibilita o desenvolvimento de interfaces amigáveis, com as quais os usuários estão habituados. Como servidor *web*, foi utilizado o *software* Apache, e como sistema operacional foi adotado o Linux Red Hat 9.0;
- 2) Banco de Dados MySQL, responsável por armazenar informações históricas acerca das condições operacionais de diversas características dos equipamentos de rede, utilizadas na geração de relatórios e gráficos, bem como manter o cadastro dos mesmos e dos usuários do sistema;

- 3) NET-SNMP, que trata-se de um *software* livre que contém comandos prontos que executam as funções necessárias para um gerenciamento SNMP;
- 4) RRDTOol, desenvolvido pelo mesmo autor de outra ferramenta de gerenciamento já consagrada por muitos administradores de rede, o MRTG. Essa ferramenta é responsável pela geração de gráficos históricos, possibilitando grande flexibilidade na apresentação de dados estatísticos acerca do comportamento dos elementos de rede;
- 5) Nagios, que garante a emissão de alarmes instantâneos em casos de falha em algum canal de comunicação ou em dispositivos da rede.

Isoladamente, estas ferramentas têm utilidade limitada. No entanto, quando trabalhando de maneira integrada, elas se complementam de forma a permitir uma gerência da rede nos seus mais diversos aspectos e que os resultados das coletas de informações possam ser disponibilizados ao usuário na forma de relatórios, gráficos, listas de alarmes etc. Para a integração destas ferramentas em uma única aplicação *front-end* foram desenvolvidos módulos e scripts destinados a garantir consistência às suas diversas funcionalidades, facilidade na interação do usuário com o sistema e boa aparência ao conjunto. No desenvolvimento das interfaces, foi utilizada a linguagem *server side* PHP. A escolha desta linguagem de programação *web* foi devida a sua grande quantidade de recursos e pela facilidade na interação com o banco de dados MySQL. Por sua vez, alguns *scripts* de coleta de informações em tempo real nos equipamentos de rede foram desenvolvidos na linguagem C.

Uma vez que tanto o usuário administrador quanto como usuário final possuem o *browser* como interface de trabalho com o sistema de gerenciamento, duas formas principais de acesso foram configuradas: páginas para o usuário administrador, com amplos poderes de configuração do sistema; e páginas para o usuário final, que tem acesso personalizado às informações do GerenteSAGE.

Dentre as inúmeras tarefas atribuídas ao administrador de rede, a observação constante do comportamento das redes gerenciadas é uma das mais importantes. Mesmo não havendo problemas evidentes em seu funcionamento, é importante que haja um acompanhamento diário deste comportamento.

Uma das principais funcionalidades do GerenteSAGE é a possibilidade de acompanhamento dos alarmes gerados pela rede através de consultas em tempo real e também por meio de relatórios. Estes relatórios são compostos por alarmes referentes a informações acerca de: erros por interface dos dispositivos de rede, disponibilidade dos equipamentos e de suas interfaces, alcançabilidade de cada elemento de rede via *ping* (com medidas de latência e estatísticas sobre perda de pacotes nos canais de comunicação) e ações baseadas em limites atingidos, também denominadas por *thresholds*. Estas listas de alarmes são de fundamental importância para que sejam detectadas, diagnosticadas e solucionadas muitas das falhas ocorridas na rede de supervisão. Caso algum canal de comunicação fique inoperante, por exemplo, o usuário do sistema receberá instantaneamente o alerta sobre a indisponibilidade do mesmo e poderá tomar as providências necessárias para o restabelecimento da comunicação.

Para efetuar-se um gerenciamento adequado de desempenho, é necessária a existência de um histórico comparativo de dados coletados. A geração de gráficos, de modo flexível e facilmente configurável pelo usuário, tem um importante papel na tarefa do administrador de manter a disponibilidade esperada para a rede. Através de consultas periódicas e informações como: tráfego nos canais de comunicação, latências, taxas de erros, ocupação de disco rígido nos servidores do SAGE, utilização de memória, dentre outros, o sistema armazena séries históricas que permitem um acompanhamento da evolução ou degradação de cada serviço prestado pela rede de supervisão. Dessa forma, é possível ao administrador da rede tomar medidas preventivas a fim de evitar o aparecimento de problemas, o que chamamos de gerenciamento proativo da rede.

Um dos objetivos definidos anteriormente ao desenvolvimento do sistema GerenteSAGE foi a elaboração de interfaces amigáveis para o gerenciamento da rede. Conforme descrito anteriormente, a ferramenta utiliza o padrão *web*, e ainda traz inúmeras vantagens como possibilitar a criação, pelo próprio usuário, de gráficos e telas de monitoração em tempo real. A possibilidade de visualização gráfica das condições operacionais da rede através de telas amigáveis foi amplamente explorada no desenvolvimento do aplicativo. Por meio dessa funcionalidade, o usuário pode identificar rapidamente quaisquer problemas de indisponibilidade de equipamentos e canais de comunicação.

A Figura 1 apresenta alguns exemplos de interfaces *web* utilizadas pelos usuários: visão geral em tempo real da rede de supervisão, gráficos históricos referentes a recursos de um servidor SAGE, listagem de alarmes e condições operacionais da sub-rede de supervisão do Sistema Acre-Rondônia.

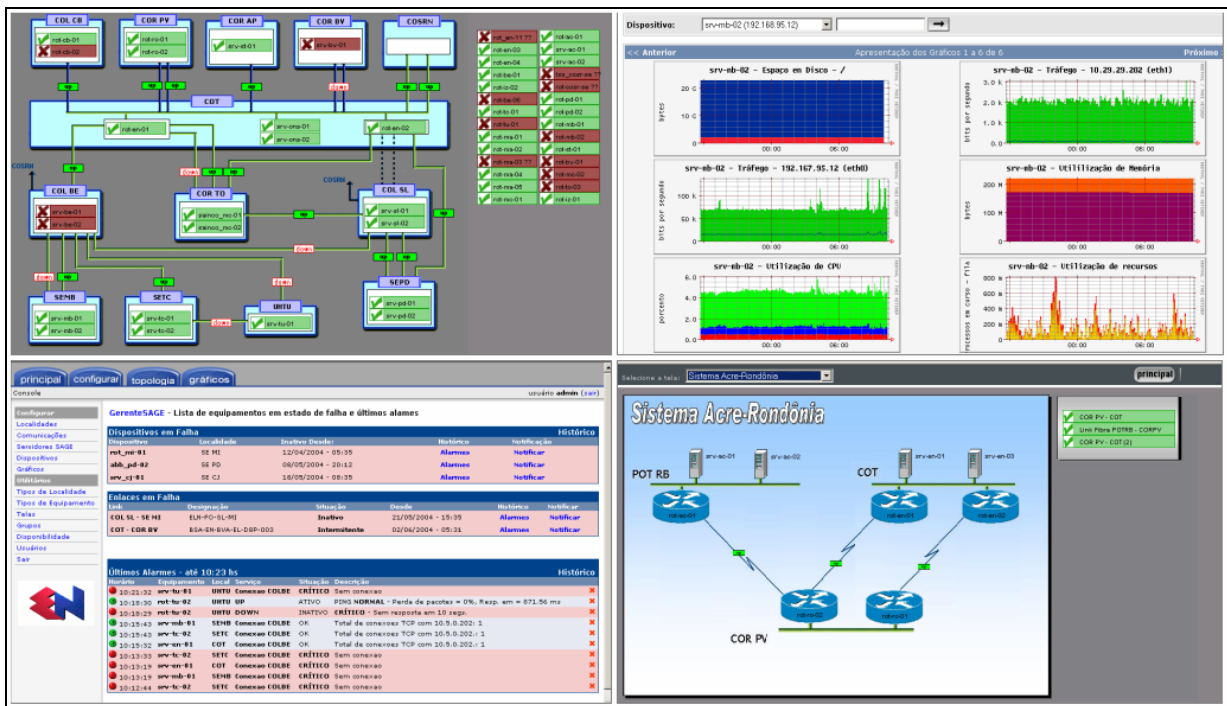


FIGURA 1 – Exemplos de interfaces gráficas do sistema GerenteSAGE

#### 4.0 - RESULTADOS OBTIDOS

O GerenteSAGE demonstra a eficácia que pode ser obtida a partir da utilização da tecnologia da informação no setor de operação em empresas do setor elétrico. Informações relevantes referentes às condições da rede estão hoje disponíveis, através de senha, aos administradores de redes das regionais da empresa. Assim, a ferramenta promove uma descentralização destas informações e dá condições aos administradores, efetivamente, de manter os recursos da rede em condições adequadas, visando a excelência na disponibilidade de dados da supervisão.

A opção por utilização de *softwares* livres no desenvolvimento do GerenteSAGE, bem como a opção por utilização de linguagens de programação livres, como PHP e C, incentiva a equipe a buscar novas soluções e aperfeiçoar a ferramenta para futuras necessidades de gerência na rede. Isso é devido à facilidade de obtenção de informações sobre *softwares* livres pela Internet e ao considerável aumento de utilização destes tipos de código e linguagens no mundo da informática nesses últimos anos. Motivados pela retórica dos defensores dos *softwares* livres, que constantemente refere-se à solidariedade e liberdade de utilização, os usuários destas aplicações e ferramentas freqüentemente procuram parcerias. A equipe da COTR, responsável pelo GerenteSAGE, já vem buscando estabelecer estas parcerias com outras empresas do setor que fazem uso de sistemas livres.

A diminuição do tempo médio para solução de problemas na rede foi o resultado mais significativo conseqüente da aplicação do sistema de gerenciamento. A facilidade em se identificar falhas nas interligações de dados da supervisão, tanto para os administradores da rede quanto para os próprios despachantes, aumentou consideravelmente a disponibilidade de dados do SAGE para os Centros de Operação da Eletronorte e do ONS.

Problemas técnicos na rede de supervisão puderam ser identificados, diagnosticados e solucionados, aumentando sensivelmente a qualidade dos serviços de rede. Excessos de colisões, elevadas latências e excessivas perdas de pacotes de dados reduziram-se satisfatoriamente após as alterações promovidas na rede baseadas em informações obtidas pela ferramenta de gerência. Essas sucessivas modificações visando à otimização da qualidade dos serviços de rede trouxeram resultados bem próximos das metas de disponibilidade pré-estabelecidas.

O caso referente à supervisão da Área Tocantins está representado pela Figura 2, referente ao ano de 2003. A monitoração da disponibilidade das informações referentes a esta área teve início no mês de março daquele ano. Com base nas informações obtidas pelo sistema, melhorias foram aplicadas a partir de abril de 2003.

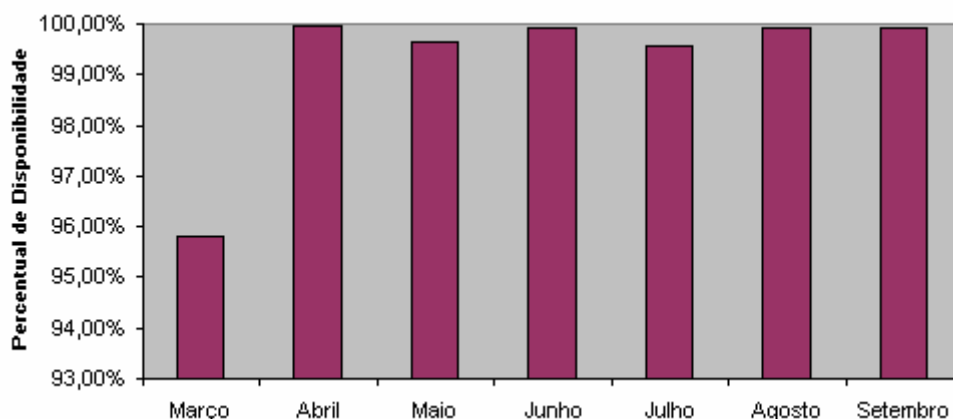


FIGURA 2 – Disponibilidade de informações referentes à supervisão da área Tocantins em 2003

Com o auxílio da ferramenta implementada, foram também identificados superdimensionamentos em canais de comunicação alugados, o que permitiu uma revisão em contratos com a prestadora de serviços de telecomunicações e a conseqüente redução de gastos com os mesmos. Uma redução ainda maior de custos com canais alugados foi possível graças à eliminação de alguns canais que, como foi observado em análises das informações coletadas, estavam sendo desnecessariamente utilizados. Outro importante benefício foi a possibilidade de antecipação de necessidades para a estrutura da rede e servidores do SAGE. Assim, processos de aquisição de material para melhorias da estrutura da rede podem ser iniciados antes que o usuário perceba qualquer indício de problema.

## 5.0 - CONCLUSÕES

A redução de custos com os licenciamentos proporcionada pela utilização de sistemas livres é evidente, mas também merece destaque a economia envolvida no gerenciamento destas licenças e os custos envolvidos na mudança e atualização das aplicações. O *software* livre oferece liberdade de uso, aprendizado e distribuição, além de regras mais claras e duradouras. O desenvolvimento de uma ferramenta de gerência fundamentada nestes preceitos estabelece um forte vínculo da Eletronorte com esta ideologia, que cada vez mais vem sendo adotada por instituições públicas brasileiras.

Verificou-se, através deste projeto, que é possível obter uma boa ferramenta de gerência adaptada às necessidades particulares de uma rede e desenvolvida através da utilização de *softwares* de código livre. A dificuldade em desenvolver código para compor a ferramenta proporcionou à equipe novos conhecimentos na área de programação de sistemas, além de garantir aos desenvolvedores pleno conhecimento do código da aplicação. A diretriz de concepção adotada para a ferramenta, que envolve baixo custo e traz excelentes resultados, permite que sua metodologia de desenvolvimento possa ser reproduzida em outras empresas para gestão de suas redes de telecomunicações.

Os índices de disponibilidade de informações já obtidos e a redução de custos já proporcionada confirmam a importância do uso dessa nova ferramenta de gerenciamento para a rede de supervisão e que, sobretudo, a mesma possibilita aos Centros de Operação da Eletronorte e do ONS operarem os sistemas elétricos com maior confiabilidade, segurança e velocidade nas tomadas de decisão.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ARAÚJO, JOSIAS M., CRUZ, SÉRGIO DE S., PAPA, URIEL DE A.: "Control Center Structures for the Competitive Environment – Brazilian Power Transmission Company Experience in the North/Northeast and North/South Interconnected System", CIGRE, Paris, 2004.
- (2) PAIVA, ANDREA B., ARAÚJO, FREDERICO A.: "Ações Premiadas no 8º Concurso Inovação na Gestão Pública Federal – 2003", Escola Nacional de Administração Pública – ENAP, 2004.
- (3) SCHMIDT, KEVIN J., MAURO, DOUGLAS R.: "SNMP Essencial", Editora Campus, primeira edição, 2001.
- (4) COSTA, MARCELO R., LIMA, LUIZ C., MACHADO, PAULO A., AMORIM, MARIA F. P.: "SAGE – Um Sistema Aberto para a Evolução", CIGRE, p.35 – 40, 1995.