

Impactos da automação de subestações de energia em indicadores técnicos de qualidade da ANEEL – uma abordagem crítica

Márcio Augusto Kviatkowski (PUC/SP) marcio.kviatkowski@aes.com

Sergio Gozzi (PUC/SP – USP/SP) sergiog@pucsp.br

Resumo

Este artigo analisa os principais impactos da automação em subestações de energia nos indicadores técnicos de qualidade DEC – Duração Equivalente de interrupção por Consumidor e FEC – Frequência Equivalente de interrupção por Consumidor, utilizados pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica para avaliação do desempenho de empresas de energia elétrica. A análise tomou como base pesquisa realizada na Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A., empresa responsável pela distribuição de energia elétrica na Grande São Paulo. A pesquisa foi focada na evolução da automação implementada pela empresa objeto de estudo e seu histórico de indicadores DEC e FEC, ocorridos nos últimos sete anos. Os resultados obtidos mostram que: o grau de automação de subestações está diretamente relacionado à duração de interrupção de fornecimento de energia ao consumidor; a frequência de interrupção de fornecimento de energia sofre mais influência da manutenção da rede de distribuição do que da automação de subestações; a Eletropaulo melhorou seu desempenho operacional em consequência do aumento do nível de automação.

Palavras-chave: Automação; Desempenho; Indicadores; Sistema Elétrico; Operação.

1. Introdução

Energia elétrica é considerada pelos estudiosos do assunto com um dos fatores preponderantes para o desenvolvimento econômico do país e para a qualidade de vida das pessoas. Não nos imaginamos uma vida sem energia elétrica. Apesar disso, nem toda a população brasileira tem acesso à eletricidade. Dados atuais do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística indicam que 2,5 milhões de domicílios são desprovidos de energia elétrica, o que representa, aproximadamente, 11 milhões de habitantes, concentrados, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste.

No Brasil, de acordo com a Constituição Federal, a energia elétrica é classificada como serviço público essencial, cujo fornecimento é de responsabilidade da União, de forma direta ou por meio de concessão a terceiros.

O mercado de energia elétrica, no qual a Eletropaulo está inserida, é considerado por muitos analistas, apesar da privatização do setor, como um monopólio, devido às características setoriais, em especial às barreiras de entrada ao mercado, relacionadas principalmente ao alto nível de investimento necessário para entrada no mercado. Não é à toa que esse mercado é fortemente regulado pela União, através da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

Apesar do mercado ser considerado um monopólio, as empresas de energia elétrica têm buscado, continuamente, melhores níveis de fornecimento de energia, uma vez que a qualidade dos serviços impacta diretamente na tarifa, pela qual é remunerada a empresa. A ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica utiliza, para análise da qualidade dos serviços prestados pelas empresas, vários indicadores técnicos, dentre os quais estão incluídos

os indicadores DEC – Duração Equivalente de interrupção por Consumidor e FEC – Frequência Equivalente de interrupção por Consumidor, os quais servirão de base para este estudo.

Essa melhoria dos níveis de fornecimento de energia é resultado da adoção de estratégias que envolvem, principalmente, a automação. Automação é uma área da tecnologia utilizada para a melhoria de um determinado processo de produção. Quando se usa o termo “melhoria no processo” significa que a atividade deve ser realizada com melhor qualidade, maior segurança, no menor tempo, com menor variabilidade e com menor custo.

Automatizar significa utilizar uma gama variada de avanços tecnológicos nos processo de produção com objetivos estratégicos e visando atender às exigências do mercado.

Gaither (2001) afirma que há 6 (seis) tipos de automação: 1) anexos de máquina, 2) máquinas de controle numérico, 3) robôs, 4) inspeção automatizada do controle de qualidade, 5) sistemas automáticos de identificação e 6) controles automatizados de processo.

Mas, a decisão de automatizar um processo não é tão simples como parece. Slack (1999) afirma que respostas à perguntas relativas a custos diretos e indiretos advindos da automação, como manutenção de equipamentos, treinamento etc., bem como respostas à perguntas sobre flexibilidade da tecnologia empregada e se ela poderá realmente desempenhar a tarefa melhor que o homem, devem ser buscadas pelo gerente de produção para subsidiar a tomada de decisão sobre automação. Respondidas estas perguntas, o gerente de produção deverá buscar, continuamente, a melhoria do processo e acompanhar a evolução da inovação tecnológica.

Automatizar uma subestação de energia elétrica significa melhorar a qualidade na produção da energia, de forma segura, com menor tempo e custo. Ribeiro (1997, p. 162), afirma que “quando se deseja automatizar uma subestação, na realidade o que se procura é ter condições de desassistí-la sem degradação da qualidade operativa.” Quando o autor emprega o termo “desassistir” significa não dispor de pessoal operativo no interior da subestação de forma que as operações possam ser realizadas ou por equipamentos de supervisão e controle ou remotamente.

O tema abordado neste artigo é extremamente relevante para os estudiosos do assunto, em especial a pesquisadores, gerentes de produção e operação e executivos do setor elétrico, na medida que o estudo traz uma visão geral do processo de automação de subestações da Eletropaulo, sem se ater a detalhes técnicos, uma vez que o escopo deste estudo não se refere a este objetivo.

É importante ressaltar que o objetivo principal deste artigo é avaliar se o nível de automação implementado pela empresa objeto do estudo influenciou a qualidade do fornecimento de energia aos consumidores, sob o prisma da evolução dos indicadores técnicos de qualidade. Como objetivo secundário, mas não menos importante, o artigo busca trazer à tona a discussão sobre o processo de automatização e se isso pode ser benéfico para uma empresa e seus consumidores.

2. Desenvolvimento

2.1. O Sistema elétrico de potência e a Eletropaulo

Denomina-se Sistema Elétrico de Potência (SEP) o conjunto de sites e equipamentos, tais como usinas geradoras de energia, subestações, transformadores elevadores/abaixadores e linhas de transmissão e distribuição responsável pelo fornecimento da energia elétrica consumida em todo país.

O Sistema Elétrico de Potência é dividido em três setores específicos: 1) Geração, 2) Transmissão e 3) Distribuição, os quais, dentro de suas particularidades, exercem papel preponderante para o desenvolvimento do país.

O Setor de Geração de energia no Brasil compreende o conjunto de usinas para produção de energia elétrica que geram uma potência instalada de 84.540,20 MW (megawatts), conforme tabela 1.

N.º	Tipo de Usina	Fonte de Produção	Potência Instalada	
			MW	%
1	Hidrelétrica	Água	66.876	79,1056
2	Termelétrica (inclui usina nuclear)	Calor	17.642	20,8682
3	Eólica	Vento	22	0,0260
4	Solar	Sol	0,20	0,0002
Potência Instalada Total.....			84.540,20	100,00

Fonte: ABRADDEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

Tabela 1 – Geração de energia elétrica do Brasil - potência instalada

O Setor de Transmissão agrega o conjunto de cabos, fios e subestações que permitem o transporte da energia elétrica da usina às instalações das distribuidoras. Nesse segmento, a energia elétrica é transportada em tensão igual ou superior a 230 kV (quilovolts). A rede que transmite em tensão inferior faz parte dos ativos da geração, que envia a produção para a transmissão ou da distribuição, que rebaixa a tensão para entregar a energia elétrica ao consumidor final. Segundo dados do ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico, a rede de transmissão atingiu, em 2002, 72.798,7 quilômetros de extensão.

O Setor de Distribuição é o segmento responsável pela entrega da energia elétrica ao consumidor final. Constitui-se, também, no elo mais visível da cadeia produtiva e na porta de entrada dos recursos no setor. Há no país, 64 concessionárias distribuidoras de energia elétrica que distribuem 290.529 GWh - gigawatts/hora (dados de 2002).

A Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A., maior empresa de distribuição de energia elétrica da América do Sul, tendo como base o consumo em GWh, faz parte do Setor de Distribuição. Com uma área de concessão de 4.526 Km², atende 24 municípios da Grande São Paulo com 5.060.403 consumidores, divididos conforme tabela 2.

Item	Res.	Ind.	Com.	Rural	Total
N.º Consumidores em Dez/2003	4.543.842	42.492	455.435	833	5.060.403
Consumo em GWh (Ano de 2003)	10.727	9.401	9.174	23	32.809

Fonte: ABRADDEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

Tabela 2 – Eletropaulo - n.º de consumidores x consumo em GWh

Para atender todos seus consumidores, a Eletropaulo dispõe de número adequado de subestações, distribuídas estrategicamente por sua área de concessão e interligadas entre si e entre as subestações das demais empresas de energia do setor de transmissão, das quais recebe a energia elétrica e rebaixa a tensão para distribuir aos consumidores, função esta específica das subestações de distribuição de energia.

Quanto ao atendimento da demanda de atividades operacionais em subestações, a Eletropaulo dispõe de equipes de profissionais especializados em subestações, distribuídas em bases operacionais dentro de sua área de atuação, subordinadas às gerências de subtransmissão, as quais, além das atividades em estações, são responsáveis pelas linhas de transmissão. Da mesma forma, a Empresa também dispõe de equipes de profissionais especializados em

distribuição, os quais são subordinados às gerências de distribuição. Para melhor entendimento, a área de atuação dos profissionais de subtransmissão (responsabilidade) da Eletropaulo é formada pelas linhas de transmissão de alta tensão (até 134,5 Kv) até a entrada na subestação. Já a área de atuação dos profissionais de distribuição se refere à saída de energia da subestação, após o rebaixamento da tensão para 13,8 Kv (média tensão) até a entrega da energia ao consumidor final. Isso significa dizer que ambas as equipes devem trabalhar em estreita colaboração e coordenação, tendo como objetivo um melhor desempenho da Empresa.

2.2. Indicadores técnicos de qualidade

A Eletropaulo utiliza para analisar o desempenho da operação e da rede elétrica, dentre outros, os indicadores técnicos de qualidade descritos no quadro 1, os quais servirão de base para o presente estudo.

Indicador	Conceito
DEC	Duração Equivalente de interrupção por Consumidor: exprime o intervalo de tempo contínuo ou não em que, em média, cada consumidor do universo avaliado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de apuração, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 1 minuto. Este indicador tem frequências mensal, trimestral (conjuntos ANEEL), acumulado no ano e anual (ano móvel).
FEC	Frequência Equivalente de interrupção por Consumidor: exprime o número de interrupções que, em média, cada consumidor do universo avaliado sofreu no período de apuração, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 1 minuto. Este indicador tem frequências mensal, trimestral (conjuntos ANEEL), acumulado no ano e anual (ano móvel).
TMA	Tempo Médio de Atendimento: é o quociente entre a somatória dos tempos transcorridos desde o recebimento da reclamação até o restabelecimento do fornecimento ou término do atendimento nos casos onde não houve interrupção de fornecimento, e o número de ocorrências no período de apuração. Este indicador tem frequências mensal, acumulado no ano e anual (ano móvel).

Fonte: Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A. – Diretoria de Operações

Quadro 1 – Indicadores técnicos de qualidade utilizados no estudo

Os indicadores DEC e FEC são exigências dos órgãos reguladores ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica e CSPE – Comissão de Serviços Públicos de Energia, por índices definidos anualmente e o TMA, apesar de ser de extrema importância, não é exigência regulatória, mas que interfere diretamente no DEC.

2.3. Automação e operação

Todo Ser Humano é levado à fascinação sobre tecnologia e inovação tecnológica. Quando se fala em automação, o que se passa no imaginário das pessoas é a máquina substituindo o homem em suas diversas formas, desde imagens de visionários como Stanley Kubrick, em que o computador Hal assume, literalmente, o papel de decisão do homem e passa a dominá-lo, no filme “2001 – Uma Odisséia no Espaço”, até o filme “Matrix”, em que as máquinas já dominaram o mundo. Já no passado, automação significava a substituição do esforço humano por esforço de máquina. Mas a tecnologia de produção há muito superou esse antigo conceito. Segundo Gaither (2001), o uso do termo automação, atualmente, significa integrar uma ampla variedade de avançadas descobertas de informação e engenharia nos processos de produção para fins estratégicos. Essa ampla variedade de descobertas está crescendo numa velocidade espantosa, na medida em que as exigências por qualidade e prazo de entrega de produtos se tornam mais prementes.

Com este enorme crescimento da automação industrial, a tecnologia se desenvolveu rapidamente, trazendo consigo uma gama de máquinas automatizadas que aumentam cada vez mais a produção. Para Gaither (2001) há seis tipos de automação, conforme descrito no quadro 2.

Tipos de Máquinas	Descrição	Exemplos
Anexos de Máquina	Máquinas que substituem o esforço humano por esforço de máquina e tipicamente executam de algumas a muitas operações.	Anexos para avanço de magazine, dispositivos para centralização e fixação rápidas para tornos, alimentadores em tiras para máquinas de estampar, tremonhas vibratórias com balanças que despejam cargas de produtos químicos em contêineres receptores.
Máquinas de controle numérico (NC)	Máquinas com sistemas de controle que lêem instruções e as convertem para operações de máquina.	Tornos, tornos mecânicos verticais, máquinas de fabricação de pneus, máquinas de cura, máquinas de tecelagem.
Robôs	Manipuladores de uso geral, reprogramáveis, de múltiplas funções, que possuem algumas características semelhantes às humanas.	Máquinas que soldam, pintam, montam, inspecionam a qualidade, pegam, transportam e armazenam.
Inspeção automatizada do controle de qualidade	Máquinas automatizadas que executam parte ou todo o processo de inspeção.	Verificações de circuitos eletrônicos, verificações de funções ativadas por computador, robôs de pesagem, sistemas de inspeção flexível.
Sistemas automáticos de identificação (AIS)	Tecnologias usadas em aquisição automática de dados de produtos para entrada num computador.	Sistemas de código de barras, contabilidade de estoques, entrada de dados para controle de chão de fábrica, sistemas para ajustar configurações de máquinas de produção.
Controles automatizados de processo	Tecnologias usadas em aquisição automática de dados sobre o processo de produção e enviam ajustes para as configurações do processo.	Sistemas de controle para laminadores na manufatura de pneus, calandras no processamento de filme plástico, unidades de destilação fracionada (craqueamento) em refinarias de petróleo.

Fonte: Gaither, Norman; Frazier, Greg. (2001, p. 145).

Quadro 2 – Tipos de automação

A automação no sistema elétrico de potência, e em especial o sistema de distribuição de energia da Eletropaulo se enquadra como *inspeção automatizada do controle de qualidade* e como *controle automatizado de processo*, os quais são utilizados de forma interligada, em virtude de que uma subestação é controlada por sistemas inteligentes de proteção e sistemas de operação remota.

Na esteira do crescimento cada vez mais do mercado consumidor e a necessidade de se produzir cada vez mais e com mais segurança e qualidade, a automação industrial também cresceu e se desenvolveu. Segundo Slack (1999, p. 195) “dois benefícios do grau crescente de automação em tecnologia de processo são usualmente citados: 1) economia de custos de mão de obra direta e 2) redução da variabilidade da operação”. Obviamente, os gerentes de produção não tão bem informados ou não tão bem atualizados, sempre justificam a automação pela economia de custos de mão de obra e acabam automatizando sua produção sem critério técnico-econômico, acabando por fracassar. A redução da variabilidade da operação é que se faz importante na tomada de decisão do gerente sobre automatizar ou não uma linha de produção. Segundo Slack (1999, p.195), “os gerentes de produção precisam considerar alguns pontos importantes antes de automatizar somente por conta da economia de custos”. A descrição constante no quadro 3 sintetiza o pensamento de Slack sobre as perguntas que o gerente de produção deve se fazer.

N.º	Pergunta	Fatos a Serem Considerados
1	A tecnologia pode desempenhar uma tarefa melhor que o homem num sentido mais amplo?	Segurança, rapidez e melhoria do produto.

2	Quais os custos indiretos advindos da automação?	Atividades de apoio, manutenção, energia, pessoal extra, consultorias, peças de reposição etc.
3	A tecnologia pode ser flexível o suficiente para novas possibilidades de produtos ou serviços?	Risco no investimento, falta de flexibilidade, obsolescência etc.
4	Qual é o potencial de melhoria na criatividade humana em relação à máquina?	Deficiência na solução de problemas, falta de criatividade, potencial humano x custos.

Adaptado de: Slack *et al.* (1999, p. 195)

Quadro 3 – Considerações sobre automatização

Pode-se afirmar que algumas operações de produção não foram e não serão automatizadas, ou por questões estratégicas ou de custos ou ainda por que a tecnologia ainda não se desenvolveu o suficiente para que determinado processo seja automatizado. As empresas comprometidas com o futuro, seu crescimento, sua sobrevivência e lucratividade de longo prazo estão, a cada dia, investindo fortemente em automação. Agir de outra maneira, poderá colocá-las no rumo do fracasso, pois atualmente o que o mercado exige é o menor custo e a maior qualidade. Nisso, a automação está diretamente ligada, principalmente em relação ao ganho de escala e a qualidade no produto. Gaither (2001, p. 155) afirma que “para muitas empresas atualmente a questão não é a automatização de suas operações. Ao contrário, as questões são: Quais as operações serão automatizadas? Em qual seqüência elas serão automatizadas? Quando elas serão automatizadas?”. O tempo conspira contra a empresa e o gerente de produção que não estiver alinhado com a inovação tecnológica, estará contribuindo para a redução da competitividade e, por conseguinte, impactando diretamente na sobrevivência e futuro da organização. Antecipar-se às adversidades é missão principal do gerente de produção. E para isso, deve saber justificar seus projetos de automação, tendo como foco o longo prazo. O foco não pode se limitar apenas ao retorno sobre o investimento, mas num ligado à melhoria na entrega do produto, através de operações mais rápidas e aumento da flexibilidade da produção, não só em relação ao produto, como também a volume. Segundo Gaither (2001, p. 159), “o investimento em tecnologia de produto e processo deve ser visto como uma opção estratégica para transformar a fábrica numa arma competitiva que auxilie a corporação a captar fatias de mercado”. Nesse ponto, é importante que o gerente de produção tenha como meta o longo prazo e que utilize a automação como mola propulsora para que a empresa alcance seus objetivos organizacionais e satisfaça todos os *stakeholders*.

2.4. Automação de subestações de energia

A automação de subestações de energia é utilizada para a melhoria na qualidade de produção de energia e, no Brasil, está ligado diretamente ao atendimento de requisitos regulatórios.

Ribeiro (1997) em seu artigo “Automação de subestações utilizando sistemas especialistas” descreve sua visão sobre a utilização de técnicas de inteligência artificial na digitalização de subestações, para a solução de problemas de operação e controle de sistemas elétricos, com o objetivo de substituir a decisão humana por ação artificial com mesmo nível de eficácia, de forma a otimizar os processo operativos, tanto do ponto de vista funcional/operacional, como econômico.

Automatizar uma subestação, segundo Ribeiro (1997, p. 162), é “desassistí-la sem degradação da qualidade operativa”. Na realidade desassistir é operar a subestação de forma automatizada, em que o comando humano é substituído pelo comando automatizado e as operações são realizadas ou por equipamentos de supervisão e controle ou remotamente.

Ribeiro (1997, p. 162), sobre funções automáticas de supervisão e controle local da subestação, afirma que estas “devem ser capazes de gerar ações artificiais, preventivas e de controle, no mínimo com valor agregado igual às ações humanas, melhorando a eficiência da operação e reduzindo o seu custo”. Assim, a melhoria na eficiência da operação está

relacionada à redução da variabilidade da operação e a redução de custo está relacionada à economia de custos de mão de obra direta, benefícios defendidos por Slack (1999) sobre o grau crescente de automação.

Qualquer gerente de produção deve ter em mente a melhoria da performance da produção sob sua responsabilidade. Nessa esteira, Ribeiro (1997, p. 164), com o foco para a automação de subestações, defende que “o objetivo básico é incrementar a qualidade e a confiabilidade do atendimento da carga e da energia fornecida, aumentando a eficiência da operação da subestação.” Isso, na realidade, é a preocupação latente do administrador de produção, na medida que a melhoria na performance está relacionada ao incremento da qualidade, confiabilidade do sistema e aumento da eficiência da operação.

Em seu artigo, Ribeiro (1997, p. 164) conclui afirmando que “com as técnicas de inteligência artificial e a aplicação progressiva da tecnologia digital em sistemas elétricos de potência, tem-se configurado um novo cenário, diante do qual são possíveis a definição e o estabelecimento de um novo paradigma para a engenharia operativa.”

Com a velocidade com que a automação e os sistemas inteligentes se desenvolvem, pode-se inferir que, desde a publicação do artigo de Ribeiro em 1997, o grau de automação atual já ultrapassou todas as expectativas e tem aumentado consideravelmente a performance das empresas.

2.5. Automação em subestações de energia na Eletropaulo

Entre os anos de 1970 e 2000 a Eletropaulo implantou a automação local das estações, de forma primária, através de válvulas. Este tipo de automação permite que algumas operações possam ser realizadas sem que um comando humano necessite ser dado, isto é, estipulam-se parâmetros para que o equipamento execute o comando.

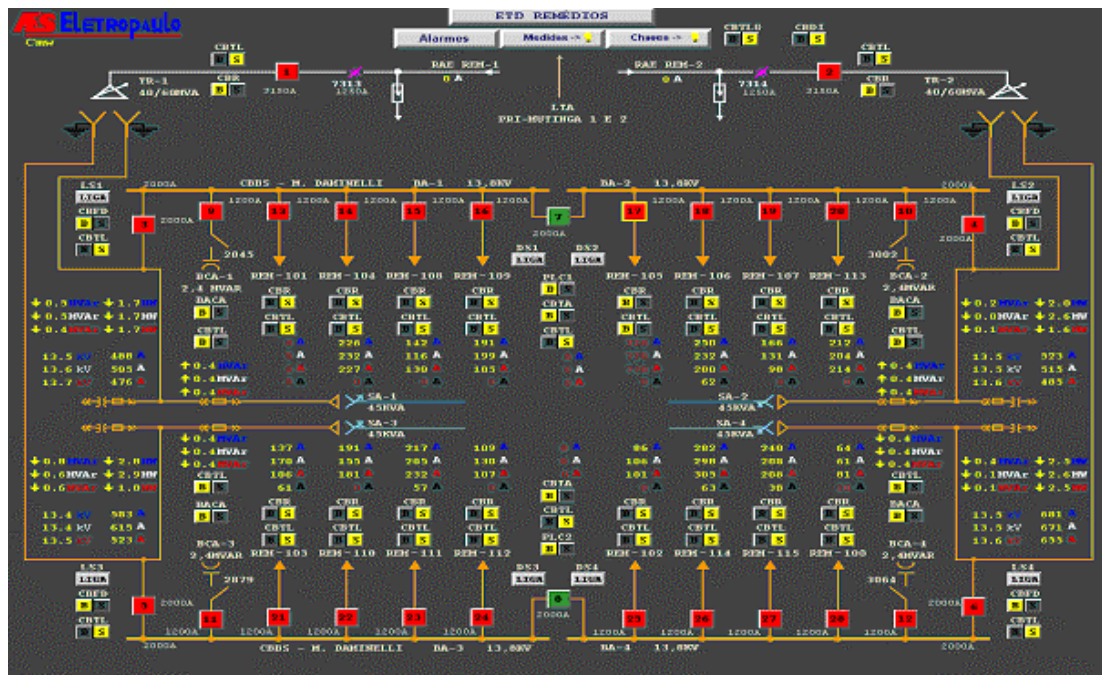
No ano de 2000 a empresa implantou o sistema SCADA – *Supervision, Controlling and Data Acquisition*, ou Supervisão, Controle e Aquisição de Dados, responsável por operações remotas em subestações. A principal função desse sistema é permitir operar (ligar/desligar/bloquear) circuitos remotamente, principalmente circuitos primários (média tensão), que são responsáveis pela distribuição de energia aos consumidores e considerados mais importantes para a rede, pois são elos de transformação para o sistema de abastecimento em baixa tensão e, em caso de falhas, todo o circuito deixa de operar, prejudicando um maior número de consumidores e, por essa razão priorizou-se a operação remota. A operacionalidade do sistema SCADA é constituída de diagramas unifilares digitais de todos os circuitos das subestações da Eletropaulo (ver modelo na figura 1), localizado no COS – Centro de Operações do Sistema, que, através de um simples comando via computador a operação é realizada.

O Sistema SCADA é constituído de diversos recursos para operar remotamente uma subestação, que executam atividades de supervisão, medição, telecomando, alarmes e verificação do *status* dos equipamentos.

Cabe ressaltar que todas as subestações da Eletropaulo são dotadas de telecomando, entretanto, o telecomando é considerado parcial, pois alguns equipamentos da subestação não são telecomandados, optando-se por focar a automação do circuito primário. Nos anos de 2001 e 2002 houve uma ampliação do sistema SCADA, que contemplou a implantação em todas as subestações da empresa objeto de estudo, melhorando assim o nível de automação.

Esse investimento foi válido, na medida que as operações foram realizadas de forma mais rápidas e seguras, pois quando uma avaria na rede é detectada pelo sistema SCADA, uma equipe operacional é destacada para localizar e sanar a irregularidade, não necessitando

religar o circuito do interior da subestação. Tendo solucionado o problema, a equipe informa o COS, que por sua vez, religa remotamente o circuito, reduzindo consideravelmente o TMA e o DEC. Se não houvesse o comando remoto para o religamento do circuito, a equipe de campo teria que se deslocar até a subestação para religar manualmente o circuito, o que aumentaria o TMA e DEC. Assim, do momento da detecção do problema, até o religamento do circuito, o grau de automação influenciou o DEC.



Fonte: Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A. – Diretoria de Engenharia.

Figura 1 – Diagrama unifilar digital da subestação Remédios – sistema SCADA da Eletropaulo

Em 2003 ocorreu o avanço no sistema de proteção das estações, através da instalação de relês de proteção digitais de última geração, denominados “sistemas especialistas”. Para Stair (1998, p. 260) “os sistemas especialistas dão suporte à tomada de decisões e aos processos empresariais de valor adicionado de uma organização”. Atualmente cerca de 11% das subestações da Eletropaulo são dotadas com estes tipos de dispositivos de proteção. Anteriormente a Eletropaulo utilizava relês de proteção eletromecânicos, os quais, apesar de sua robustez e resistência, não eram dotados de supervisão e controle dos equipamentos, fazendo com que a área de manutenção de estações da Empresa só percebesse a necessidade de manutenção/substituição quando o problema já havia ocorrido. Relês de proteção digitais permitem uma supervisão e controle adequado dos equipamentos, tais como disjuntores, chaves de alta tensão e linhas de transmissão. Isso, na realidade, é fator preponderante para a redução do DEC e FEC, na medida que estes equipamentos digitais informam as necessidades de substituição e/ou manutenção de equipamentos em fadiga ou com defeitos, antes mesmo de acontecerem, evitando-se desligamentos involuntários e prejudiciais à Empresa e aos consumidores.

Estes relês de proteção digitais - parte lógica do sistema de proteção - são responsáveis pela detecção de condições intoleráveis ou indesejáveis ao sistema elétrico e a tomada de decisão de abertura ou não dos disjuntores a ele associados, a fim de iniciar o processo de retirada de operação da parte faltosa da linha, mantendo com isso a continuidade do fornecimento de energia elétrica e limitando os danos aos equipamentos. Assim, o relé deve ser capaz de

estabelecer uma lógica entre os parâmetros de entrada do sistema de potência, sinais de tensão e corrente proveniente dos transdutores e tomar a decisão correta de abertura.

Os relés digitais instalados nas subestações da Eletropaulo são programados para possibilitar, além da proteção aos equipamentos, os envios de comando para religamento, 0,3 segundo após o desligamento e, caso o problema persista, 15 segundos após e, se ainda persistir o problema, 20 segundos após. Isso se deve ao fato de que, caso o problema seja apenas uma interferência temporária no circuito, automaticamente este se desliga e, caso já tenha sido solucionado, o próprio relê envia comando para religar, retornando o sistema na condição operacional. Entretanto, se após o terceiro comando de religamento (20 segundos após), o circuito não se ligar, o relê acusa que não foi possível realizar o religamento, sendo enviada equipe de campo para detecção e solução do problema. Tendo sido solucionado o problema, a equipe de campo informa ao COS, que por sua vez, efetua o religamento remoto do circuito.

Há de se ressaltar que a manutenção da rede de distribuição da Eletropaulo, previne os desligamentos involuntários, reduzindo assim DEC, FEC e TMA.

O futuro da automação para Eletropaulo, segundo informações obtidas junto aos profissionais da Diretoria de Engenharia da Empresa, aponta para o monitoramento digitalizado das operações de subestações, em que tais dispositivos são programados para realizar operações mais sofisticadas sem a necessidade de comando local ou remoto. A digitalização de subestações permite um gerenciamento amplo do sistema elétrico, sem que seja necessária a presença de um profissional no local. Tal gerenciamento tem como objetivo a redução de custos com manutenção, substituição de peças e equipamentos, redução do custo operacional da subestação, planejamento de novos investimentos para o sistema elétrico através da coleta de informações técnicas, tais como curva de carga, indicadores de qualidades, níveis gerais do sistema etc. e, principalmente, informações estratégicas para a tomada de decisões.

3. Considerações finais

A Eletropaulo, em virtude de exigências regulatórias, registra seus indicadores técnicos de qualidade DEC e FEC, os quais são auditados pela ANELL. Apesar de não ser uma exigência regulatória, o TMA também é registrado pela empresa, por ser considerado um indicador importante e que influencia o DEC.

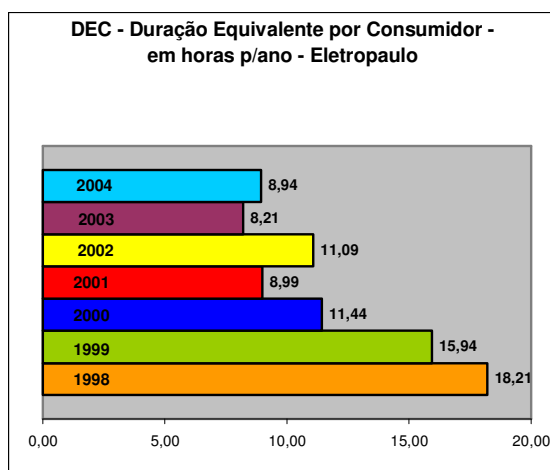
Estes indicadores medem a performance da empresa sobre o ponto de vista da qualidade. Para Kotler (1998, p. 400) “elevar a qualidade dos produtos e serviços deve ser alta prioridade das empresas”. Assim, como demonstrado neste estudo, há uma preocupação da Eletropaulo com a qualidade do fornecimento de energia aos seus consumidores, uma vez que automatizou seu processo produtivo.

Entendemos que qualidade e produtividade são interdependentes. Kaplan (1986) afirma que os sistemas de medidas para operações de manufaturamento devem considerar, entre outras medidas não financeiras, a (1) qualidade e a (2) produtividade. Para Kaplan (1986, p. 96) “uma companhia deve estar totalmente comprometida com a qualidade - isto é, cada componente, subconjunto e produto acabado deve ser produzido em conformidade às especificações”. Este compromisso com a qualidade, segundo Kaplan (1986, p. 96) “envolve mudanças principais na forma com que as companhias desenvolvem produtos, trabalham com fornecedores, treinam empregados e operam e mantêm equipamentos.” Ao automatizar seus processos de operação, a Eletropaulo segue rigorosamente o ensinamento de Kaplan, na medida que se compromete totalmente com a qualidade, através da adoção de sistemas de operação automatizados de subestações, relés de proteção digitais, tudo para que a qualidade

no fornecimento de energia ao consumidor não seja prejudicada e, obviamente obtenha alta produtividade.

Ao falar de produtividade, Kaplan (1986, p. 97) nos traz que “sem dados precisos sobre unidades produzidas, horas trabalhadas, materiais processados, energia consumida e capital empregado, os administradores devem deflacionar as quantidades de dólar por índices de preços agregados para obterem medidas físicas aproximadas de produtividade”. Os indicadores técnicos de qualidade DEC e FEC, juntamente com o indicador TMA, são dados que refletem claramente a produtividade da empresa, pois estão diretamente relacionados à operação da distribuição de energia na Grande São Paulo, na medida que isso influencia o faturamento da Empresa, pois se há uma maior interrupção de fornecimento de energia, a consequência é a redução do faturamento.

A figura 2 nos mostra a evolução do DEC de 1998 a 2004, o qual apresenta uma tendência reducionista, com exceção do ano de 2002, considerado um ano atípico, marcado pela grande quantidade de chuvas, que podem causar danos à rede, fazendo com que o indicador ficasse acima do ano anterior, combinado com a questão relativa ao racionamento de energia ocorrido naquele ano.



Fonte: Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A. – Diretoria de Operações

Figura 2 – DEC 1998/2004

sistema.

Como vimos, o sistema SCADA, através do comando remoto (telecomando) de subestações, uma de suas ferramentas, reduz o TMA, que por sua vez reduz o DEC. Assim, pode-se inferir que o aumento do nível de automação nas subestações da Eletropaulo reduziu o indicador técnico de qualidade DEC (menor tempo de duração de interrupção por consumidor), o que se conclui que o nível de performance operacional da Eletropaulo aumentou significativamente perante a ANEEL e seus consumidores. E a percepção do consumidor é importante para a Empresa, na medida que influi na mensuração da tarifa. Isso é exatamente o que Kaplan (1992, p. 73) nos ensina ao afirmar que “os interesses do consumidor tendem a se distribuir em quatro categorias: tempo, qualidade, desempenho e serviço e custo”. Podemos inferir então que a Eletropaulo, ao automatizar seu processo produtivo (subestações), visando aumentar a qualidade do fornecimento de energia, está melhorando seu desempenho operacional, ao se reduzir o DEC.

Quanto ao indicador técnico de qualidade FEC, algumas considerações devem ser feitas. O FEC é influenciado pelo nível de automação das subestações, mas muito mais influenciado

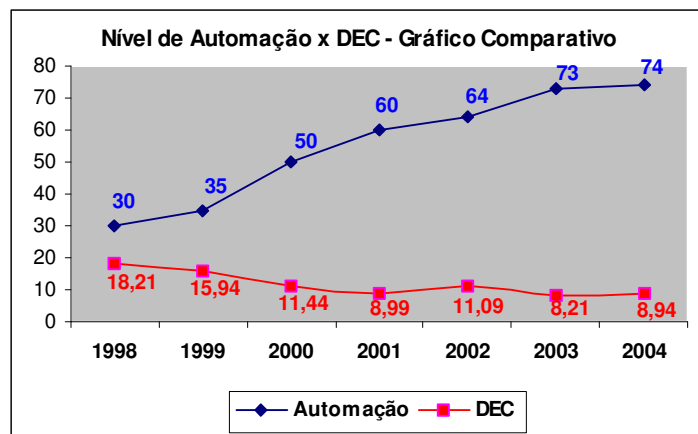
A escolha do período de análise dos indicadores de qualidade se refere ao período pós-privatização, em que as exigências do órgão regulatório (ANEEL) se fizeram presente, fazendo com que a satisfação ao consumidor fosse uma preocupação constante da Eletropaulo.

Neste estudo, observamos que a implantação do Sistema SCADA se processou de forma gradativa, iniciando de forma bem intensa em 2000, posteriormente uma nova fase em 2001 e em 2002 uma ampliação do sistema, permitindo a implantação em todas as subestações da Eletropaulo, facilitando assim as atividades operacionais do

pelas condições da rede elétrica, conforme já discutido neste estudo. No entanto, o FEC está diretamente relacionado à frequência de interrupções e isso implica nas condições da rede, pois como vimos, as subestações são dotadas de relés de proteção que enviam comandos para que o circuito se ligue em segundos ou até mesmo frações de segundo. Ocorre que, se a rede não estiver em condições operacionais, como por exemplo equipamentos e cabos subdimensionados, existência de árvores ou obstáculos na rede etc. e que possam causar avarias permanentes, somente a automação não irá reduzir o FEC e sim conjuntos de medidas, que envolvem automação e manutenção da rede.

Para facilitar o entendimento do estudo deste artigo, atribuiu-se pontos para o nível de automação da Eletropaulo segundo nossa percepção e foi realizada uma correlação entre o aumento do nível de automação de subestações e o indicador DEC, sintetizado na figura 3.

Dessa forma procurou-se atribuir pontos segundo o nível de automação percebido. Pela figura, nota-se claramente que, quando o nível de automação se eleva, o DEC se reduz, o que corrobora a afirmação de que o DEC é influenciado diretamente pelo nível de automação. No caso em questão e segundo informações coletadas durante a pesquisa, a automação de subestações da Eletropaulo não está totalmente concluída, na medida que a

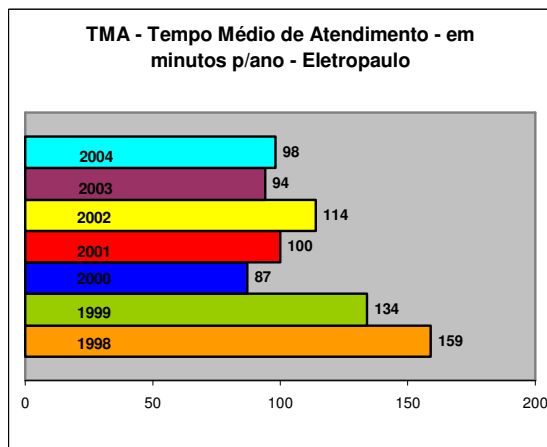


Fonte: Nível de automação: dos autores

DEC: Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A. - Diretoria de Operações

Figura 3 – Nível de automação x DEC (1998/2004)

implantação de relês digitais ainda não foi totalmente implementada. Stair (1998, p. 260) afirma que os sistemas especialistas “elevam a lucratividade global, reduzem custos e oferecem serviços superiores aos clientes”. Neste ponto, há de se ressaltar que em 2003 ocorreu o avanço no sistema de proteção das estações, através de relês de proteção digitais de última geração (sistemas especialistas) e que na figura 3 está representado pela pontuação de 73 e, exatamente neste ano houve uma redução significativa do DEC em 25,96%, de 11,09 em 2002 para 8,21 em 2003, ou seja, foi fornecido um serviço superior ao consumidor.



Fonte: Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A. – Diretoria de Operações

Figura 4 – TMA – 1998/2004

Relativo ao indicador técnico de qualidade TMA, mostrado na figura 4, este segue a tendência evolutiva do indicador DEC, pois são interdependentes. Neste caso é importante ressaltar que o TMA exprime a execução de tarefas em campo e que, caso as equipes de campo não estejam adequadamente preparadas, sem os equipamentos adequados e com quantitativos de equipes insuficientes

para atender a demanda, o indicador TMA irá aumentar e como consequência o DEC também aumentará. Por mais automatizada que esteja uma subestação ou um sistema ou um processo qualquer que seja, em dado momento, a ação do homem se fará presente, pois nem todas as ações operacionais, neste momento da atividade humana e com o nível atual de tecnologia mundial, podem ser automatizadas.

Do estudo realizado podemos inferir que o processo de automatização de subestações da Eletropaulo, apesar de não estar totalmente concluído, reduziu custos com mão de obra direta e, principalmente melhorou significativamente a performance operacional, na medida que reduziu o tempo de interrupção de fornecimento de energia, conforme mostrados nas figuras 2 e 3.

Nesse ponto é importante destacar que as questões relativas ao monitoramento digitalizado de subestações, denominado sistemas inteligentes, considerado pelos profissionais da Empresa como o futuro para as atividades em subestações, foram parcialmente concluídas. Isso significa dizer que ainda há muito por fazer e que o desempenho operacional pode ainda ser melhorado.

Por fim, não se pretende com este estudo esgotar-se o assunto sobre automação em subestações, necessitando de novas pesquisas na área, principalmente por entendermos que, com certeza, haverá cada vez mais exigências dos órgãos regulatórios e dos consumidores para que o desempenho melhore. Isso fará com que a Eletropaulo e as concessionárias de energia, cada vez mais automatizem seus processos produtivos.

Referências Bibliográficas

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica do Brasil. Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica do Brasil. – Brasília: ANEEL, 2002.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. *Administração da produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- KAPLAN, Robert S. *Must CIM be justified by faith alone?* Harvard Business Review, n.º 64, March-April, 1986.
- KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. *The balanced scorecard – measures that drive performance*. Harvard Business Review, January-February, 1992.
- KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. *Princípios de marketing*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- RIBEIRO, Guilherme M. *et al. Automação de subestações utilizando sistemas especialistas*. Revista Eletricidade Moderna. Aranda Editora, Ano XXV, n.º 279, Junho 1997.
- SLACK, Nigel *et al. Administração da produção*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- STAIR, Ralph M. *Princípios de sistemas de informação – uma abordagem gerencial*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.