Gestão da Distribuição Secundária de Energia Elétrica utilizando um Sistema Especialista

J J. L. Todesco[1] – tite@stela.ufsc.br
A. B. T. Morales[1] – aran@stela.ufsc.br
R. H. Guembarovski[2] – ricardohg@celesc.gov.br
L. A. Miranda[2] – lamiranda@celesc.gov.br
S. Veloso[1] – velozo@sj.univali.br
D. Candemil[2] - diogocandemil@yahoo.com.br
1. Grupo Stela – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
2. Centrais Elétricas de Santa Catarina – CELESC

Resumo-

Para o gerenciamento eficiente da rede de distribuição de energia, os especialistas geralmente tratam uma diversidade bastante grande de variáveis, muitas das quais são lingüísticas, mais adequadas no tratamento de sistemas fortemente influenciados pela experiência, julgamento, percepção e raciocínio humano. O tratamento adequado de tais sistemas deve levar em consideração os fatores humanos, os quais são vagos, mal definidos, ambíguos e imprecisos. Um sistema para apoiar a gestão da distribuição de energia elétrica está sujeito aos fatores humanos anteriormente citados, o que faz com que seja muito difícil de ser modelado através de uma ferramenta matemática capaz de descrever e capturar todas as suas particularidades. No entanto, este problema é resolvido pelos especialistas de forma adequada, em função da experiência acumulada e do tratamento adequado dos fatores que influenciam no problema, como recursos limitados ou inexistentes. O presente artigo apresenta um sistema especialista (SE) desenvolvido para capturar o conhecimento dos especialistas da área de distribuição de energia de baixa tensão, considerando os problemas freqüentemente abordados por eles, principalmente carregamento e tensão, bem como as variáveis associadas a estes problemas, seus domínios, e as ações mais adequadas aos problemas. Utilizaram-se regras de produção para representar o conhecimento, sendo as regras organizadas em um esquema estrela, modelagem dimensional aplicada freqüentemente na tecnologia de Data Warehouse. As premissas e a conclusão são organizadas em tabelas chamadas dimensões, e a combinação dessas premissas e conclusões na tabela central, chamada de fato. A resolução de conflito das regras e o motor de inferência empregado são discutidos no artigo. O SE é utilizado como apoio a soluções da gestão da rede secundária para formalizar os procedimentos efetuados pelos diversos especialistas e também para treinamento de novos técnicos. Após alguns testes e validação das regras, o sistema se mostrou satisfatório frente as situações apresentadas e da solução apontada.

***Palavras-chave*—Gestão da Distribuição de Energia em Baixa Tensão, Sistema Especialista, Circuitos de baixa tensão.**

I. INTRODUÇÃO

As empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil estão, cada vez mais, preocupadas com a evolução de seus serviços. O fator motivador é o nível de competitividade crescente, e o fator condicionante é a sobrevivência da empresa no mercado. Os investimentos em redes de distribuição secundária representam uma parcela significativa dos orçamentos anuais das empresas de distribuição de energia elétrica, alem de lidar diretamente com o consumidor e em decorrência com a imagem da empresa na sociedade. Soma-se a isto, gastos devido a redução de vida útil dos equipamentos e multas relacionadas à violação dos níveis de tensão (volts) ao consumidor, impondo às concessionárias necessidades crescentes de melhorias, visando a eficiência do sistema de distribuição.

Um dos principais fatores diferenciais no posicionamento de mercado das organizações será o descobrimento de oportunidades de alto retorno e no apontamento de soluções para problemas operacionais e estratégicos em rápido espaço de tempo. Diversas organizações têm alcançado diferenciais competitivos através da formalização do conhecimento de seus técnicos e especialistas através de sistemas computacionais de apoio a decisão. Esta atividade vem ao encontro da Gestão do Conhecimento nas organizações.

Na CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), os parâmetros técnicos e não técnicos referentes à distribuição secundária de energia estão armazenados nos sistemas computacionais da empresa. Estas informações estão organizadas num banco de dados relacional, podendo subsidiar a implementação de técnicas computacionais, como as de Inteligência Artificial, visando a eficiência dos processos correlatos a melhoria do sistema secundário de distribuição.

A configuração da rede de distribuição pode ser bem determinada através de sistemas de cadastros mantidos nos sistemas operacionais da empresa, e que são cuidadosamente atualizados conforme processos implementados nas áreas fins, através do controle e fiscalização das intervenções no sistema de distribuição, como por exemplo às novas obras. Por outro lado, o comportamento dos consumidores é altamente variável e diversificado, o consumo varia segundo as estações do ano, segundo o perfil de sua atividade (residencial, comercial e industrial), segundo a renda dos consumidores, sua distribuição geográfica, entre outros fatores. Aliado a estes parâmetros não técnicos, ainda existe uma combinação de parâmetros técnicos associados aos transformadores, circuitos e consumidores, estabelecendo aos especialistas uma situação de análise complexa, dificultando sobremaneira a identificação das soluções mais viáveis, tendo em vista a melhora da qualidade de fornecimento, otimização dos recursos, e a minimização dos investimentos.

O presente artigo, apresenta um sistema especialista desenvolvido para capturar o conhecimento dos especialistas da área de distribuição de energia de baixa tensão, levantando os vários problemas freqüentemente abordados pelos mesmos, bem como as variáveis associadas a estes problemas, seus domínios, assim como as soluções mais adequadas aos diversos problemas apresentados. O levantamento dos problemas, variáveis e soluções foram efetuados através de sessões coordenadas com os especialistas da área. O sistema especialista é utilizado como apoio a soluções da gestão da rede secundária, e para formalizar os procedimentos efetuados pelos diversos especialistas Técnicos.

II. GERÊNCIA DE REDES DE BAIXA TENSÃO

Em face da crescente competitividade e dos critérios de qualidade e de formulação de preço impostos pela agência de regulação do setor (ANEEL), as empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil são forçadas a buscarem alternativas para a melhoria do processo de gestão dos circuitos de alta e baixa tensão.

Para o gerenciamento eficiente da rede de distribuição de energia, os especialistas geralmente tratam uma grande diversidade de variáveis, problemas e diversas soluções, para um plano de gestão da distribuição de energia elétrica. Outro fator que interfere no processo de gestão é a dificuldade no acesso às informações necessárias ao processo decisório. Normalmente os dados que deveriam subsidiar o processo de gestão estão espalhados em vários sistemas computacionais em formatos diferentes, dificultando ou inviabilizando o acesso [11].

As concessionárias de distribuição de energia elétrica, enfrentam dificuldades quanto à tomada de decisão, visando a adequação do circuito secundário de distribuição. Freqüentemente, ocorrem interrupções devido a sobrecarga imposta aos circuitos e transformadores assim como problemas de tensão, devido ao crescimento vegetativo e a ausência de ferramentas eficazes de gestão. Neste contexto, as obras ou intervenções na rede de distribuição visam aumentar a eficiência da rede, garantindo a qualidade de fornecimento. São obras de competência das áreas de engenharia, tais como equilíbrio das cargas, deslocamento do transformador, acréscimo de fases, etc. São obras obrigatórias e deve preceder impreterivelmente qualquer outra, tendo em vista as obrigações contratuais firmadas junto a ANEEL.

Outro fator complicador na gestão da distribuição de energia elétrica são os recursos limitados e os investimentos essenciais de expansão de linhas e remanejamento de equipamentos. É preciso oferecer aos gestores de redes ferramentas que possam apresentar todas as informações necessárias e que possam identificar conhecimento útil para a gestão a partir de uma análise automatizada dos dados mantidos nos sistemas computacionais das concessionárias.

A identificação da solução viável frente aos problemas do sistema secundário, realiza-se através de um processo contínuo, e acontece de forma não sistemática e padronizada, com muitas confrontações e interações entre as preferências dos especialistas, impondo às concessionárias o desperdício de tempo e recursos, devido a ausência de um procedimento formal.

A pesquisa proposta visa implementar um sistema baseado nas experiências dos técnicos especialistas da área, para o apoio a decisão, quanto às intervenções a serem realizadas no sistema secundário, tendo em vista o estado atual dos circuitos. O conhecimento dos especialistas das situações, ou seja, os parâmetros técnicos e os vários casos ocorridos e as soluções já enfrentadas são os maiores meios para a solução de novos problemas. Portanto, o sistema identifica qual a ação ou quais as ações necessárias à melhoria do sistema dadas as características do problema.

III. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Podemos afirmar que os Sistemas Especialistas (SE) são uma técnica de Inteligência Artificial desenvolvida para resolver problemas em um determinado domínio cujo conhecimento utilizado é obtido de pessoas que são especialistas naquele domínio.

A especialização requerida por estes sistemas é definida como consistindo do conhecimento sobre um domínio específico, bem como da compreensão do domínio do problema e habilidade para resolver alguns destes problemas. O conhecimento é definido como: “informação armazenada, ou os modelos usados pela pessoa ou máquina para interpretar, predizer e responder apropriadamente ao mundo exterior. “

Portanto, o desenvolvimento de um SE inicia com a consulta de algumas fontes de conhecimento, tais como: livros, manuais, relatórios técnicos e principalmente da experiência e conhecimento dos especialistas. O processo

de coleta e estruturação do conhecimento é chamada de aquisição de conhecimento, e é realizada pelo engenheiro do conhecimento.

O **Engenheiro do Conhecimento realiza** entrevistas com os especialistas do assunto em questão, organiza e estrutura o conhecimento. Parte do trabalho do engenheiro de conhecimento está relacionado com a seleção de um formalismo de representação do conhecimento conveniente, ou seja, depois que o engenheiro de conhecimento coletou o conhecimento do especialista, ele deve representar este conhecimento adequadamente, de forma que o Sistema Especialista possa interpretá-lo e fazer as inferências necessárias.

O **Especialista na Área de Conhecimento, é** em geral uma pessoa conhecida por produzir soluções corretas e confiáveis, para problemas específicos de determinada área do conhecimento Humano. O engenheiro do conhecimento, deverá capturar e representar de forma adequada o conhecimento deste especialista, para ser utilizado pelo sistema especialista.

O Sistema Especialista, consiste na coleção de programas que resolvem os problemas em seu domínio de interesse. Associado a este sistema deverá existir um ambiente de suporte, que facilite a interação entre o usuário e o programa principal, bem como, elementos de depuração, que possibilitem ao construtor do sistema, testar e avaliar os mesmos.

O SE é composto basicamente por três componentes: base de conhecimento, motor de inferência e quadro negro, conforme pode ser visto na Figura 1.

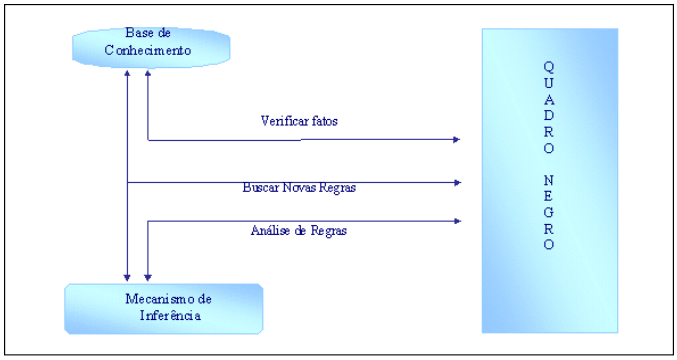


Figura 1 – Componentes básicos de um SE

A base de conhecimento (BC) é o elemento que armazena o conhecimento abstrato. Normalmente, a BC é conhecida como base de regras onde o conhecimento abstrato é armazenado em um conjunto de regras de produção do tipo :

Se (situação) **Então** (conclusão ou ação).

As regras de produção são a maneira mais utilizada de representar o conhecimento nos diversos SE. As regras têm duas partes: uma antecedente – "se" e outra conseqüente – "então".

As regras de produção são o meio mais utilizado na representação do conhecimento, para implementação de sistemas especialistas, devido às seguintes características:

Facilidade de Representação: A regra de produção é uma maneira natural de modelar certos tipos de raciocínio, principalmente os relacionados com diagnósticos;

Modularidade: Uma base de conhecimento constituída de regras de produção é altamente alterável. Cada regra comporta-se como um "pedaço" de conhecimento independente, portanto, a alteração de uma regra, apesar de poder alterar o desempenho do sistema, pode ser realizada sem a preocupação sobre efeitos diretos, uma vez que as regras se comunicam através de dados contextuais, ou seja uma regra não chama a outra diretamente.

Facilidade de explicação do raciocínio: A explicação de um raciocínio é construído pela seqüência de regras utilizadas para inferência. Portanto, em um sistema baseado em regras, a explicação é gerada automaticamente.

A BC é onde estão armazenadas as informações de um sistema especialista, ou seja os fatos e as regras. Um novo fato pode modificar todo um processo de inferência de acordo com as regras utilizadas sobre ele , e também pelos novos fatos que podem ser gerados a partir da avaliação dessas regras. As informações armazenadas de um determinado domínio fazem do sistema um especialista neste domínio.

A memória de trabalho (MT) ou quadro negro é o elemento que armazena o conhecimento concreto, ou seja, o conhecimento que pode ser considerado fato antes do processo de inferência. Esta memória é de caráter transitório pois, novos fatos estão sendo acrescentados continuamente ou fatos existentes são apagados. É uma área de memória usada para fazer avaliações das regras que são recuperadas da base de conhecimento para se chegar a uma solução.

O mecanismo de inferências (MI) é o processador ou interpretador de conhecimento, sendo considerado o coração do SE . Este é responsável por buscar, selecionar e avaliar as regras que foram pegas na base de conhecimento. A sua principal função é combinar o conhecimento abstrato contido na base de regras, com o conhecimento concreto armazenado na base de fatos, inferindo conclusões e gerando novos fatos.

O raciocínio com regras de produção envolve o gerenciamento das bases de regras, a interpretação adequada das regras, a estratégia de controle e a resolução de conflitos.

O gerenciamento da base de regras envolve o controle do conjunto de fatos através das informações do quadro negro. O interpretador de regras age ciclicamente, sendo que em cada ciclo descobre as regras aplicáveis (" matching") escolhe a regra que será aplicada, resolve conflitos e "dispara" as ações resultantes da aplicação da regra escolhida. A estratégia de controle, usada para a busca foi o encaminhamento para frente (forward chaninig).

A resolução de conflitos, acontece, quando mais de uma única regra pode ser aplicada, neste caso, a primeira regra encontrada é disparada, ou a regra de maior prioridade, ou a regra mais específica, ou através da adoção de qualquer outro critério estabelecido para resolver conflitos.

IV. SED: SISTEMA ESPECIALISTA PARA APOIAR NA GESTÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

A. Introdução

Para o gerenciamento eficiente da rede de distribuição de energia, devem-se considerar dados disponíveis em diversos sistemas computacionais que dão suporte às atividades operacionais do dia-a-dia das empresas concessionárias.

Neste sentido, identificou-se primeiramente os vários problemas envolvidos na manutenção e distribuição de energia elétrica de BT(???), ou seja, a gestão da distribuição, classificando-os segundo sua origem e particularidades.

Para tal, foi necessário levantar as variáveis envolvidas em cada uma dos problemas, para identificar e construir o domínio de cada um dos problemas. As variáveis levantadas são endógenas e exógenas, ou seja, variáveis que atuam diretamente no problema e àquelas que estão no ambiente do problema.

O domínio de cada uma das variáveis foi determinado com a participação efetiva dos especialistas. O sistema em uma dês suas etapas, realizou a aquisição do conhecimento dos especialistas da área de manutenção e distribuição de energia elétrica em redes de BT, para que o mesmo pudesse ser representado em uma forma lógica e que posteriormente possa ser recuperado em uma maneira eficiente para a solução de problemas. A Figura 2 apresenta uma visão esquemática da abordagem usada na pesquisa.

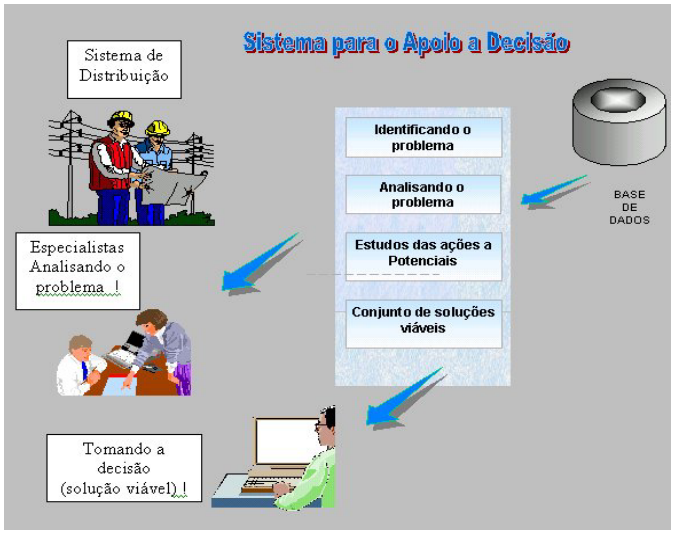


Figura 2 – Visão esquemática da organização do SE

B. Componentes identificados para tratamento no SE

Para a concepção do SE desenvolvido para a gestão das redes secundárias, o primeiro passo foi identificar os vários problemas envolvidos na manutenção e distribuição de energia elétrica de baixa tensão, ou seja, a gestão da distribuição, classificando-os segundo sua origem e particularidades.

Para tal, foi necessário levantar as variáveis envolvidas em cada uma dos problemas, para identificar e construir o domínio de cada um dos problemas. As variáveis levantadas são endógenas e exógenas, ou seja, variáveis que atuam diretamente no problema e àquelas que estão no ambiente do problema.

A partir da identificação dos potencias problemas relacionados a gestão da distribuição de energia de baixa tensão, e da análise dos circuitos elétricos foram levantadas as soluções viáveis para estes problemas. Todas as possibilidades de análise na obtenção de conhecimento, a partir da aquisição do conhecimento dos técnicos, baseadas nas informações constantes nos sistemas de informação da CELESC foram utilizadas na abordagem do problema.

Para tanto, foi concebida um sistema especialista, denominada Sistema Especialista de Distribuição (SED), onde foi formalizado o conhecimento dos especialistas para apoiar na decisão à gestão da rede de distribuição de baixa tensão.

O problema de gestão de um circuito elétrico de baixa tensão qualquer foi dividido em três sub-problemas, a Figura 3 mostra o diagrama esquemática da arquitetura do SED. Conforme pode ser visto no diagramas, o SED foi dividido em três problemas, ou seja, problema de Carregamento, de Tensão e as Ações Viáveis.

C. Problema de Carregamento

O carregamento é um problema clássico nos circuitos de baixa tensão, sua identificação se dá através da medição ou estimação através dos parâmetros (variáveis) da rede. Neste sentido, foram identificadas variáveis primitivas (extraídas dos sistemas operativos e do DW de Distribuição da Celesc) e derivadas (cálculos matemáticos e estatísticos) para apoiar a conclusão do carregamento.

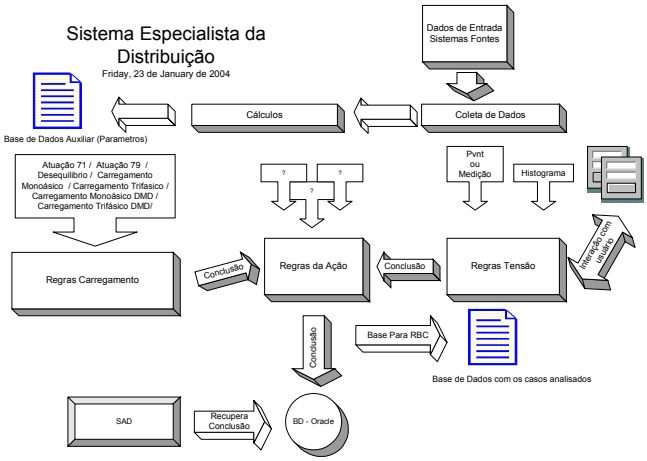


Figura 3 - Diagrama esquemática da arquitetura do SE.

A modelagem de dados para as regras foi baseado no esquema estrela, técnica de modelagem utilizado na implementação de Data Marts, ou seja, as premissas e a conclusão das regras são as dimensões e a composição das premissas e a conclusão são os fatos.

A Figura 4 mostra o modelo de dados implementado para as regras de carregamento. Existem 7 tabelas, conhecidas como dimensões na modelagem dimensional, que são as premissas da regra (Carregamento_Monofásico_DMD, Carregamento_Monofásico, Carregamento_Trifásico_DMD, Carregamento_Trifásico, Desequilíbrio, Atuação_71 e Atuação_79) e uma tabela central, conhecida com tabela de fato, sendo a conclusão da regra (ConclusãoCarregamento).

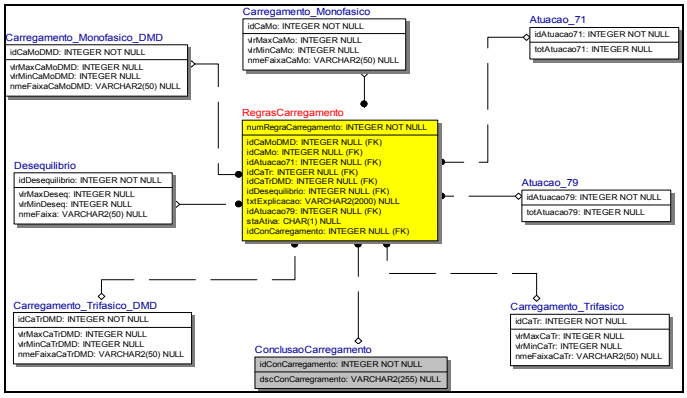


Figura 4 – Modelo dimensional para as regras de carregamento.

Os cálculos das variáveis derivadas para as regras de carregamento com certeza detêm o maior esforço de implementação do sistema. No Anexo A, é mostrada a definição das variáveis primitivas, das variáveis derivadas (implícitas) e as fórmulas utilizadas para os cálculos.

O problema de carregamento conta com 436 regras, as quais foram testadas e validadas por especialistas designados para esta tarefa. Estes técnicos não participaram da etapa de aquisição do conhecimento.

D. O Problema de Tensão

A tensão baixa ou alta é outro problema freqüente que deve ser observado nos circuitos de baixa tensão. Também foram utilizadas variáveis primitivas e derivadas para apoiar a análise do circuito quanto a tensão.

Para o problema de tensão há dois procedimentos a serem consideradas, um é a possibilidade de medição no circuito que caracteriza automaticamente o circuito em uma das possíveis faixas (Alta Crítica, Alta Precária; Tensão Baixa Precário, Tensão Baixa Crítica e Adequada).

O outro procedimento é caracterizar a condição de tensão através do Histograma X (???) percentual de trechos ΔV/faixa e inferir se a tensão encontra-se em uma das faixas: Tensão: Baixa Crítica, Baixa Precária, Baixa e Adequada. A Figura 5 mostra o modelo dimensional para o problema da tensão. Vale ressaltar que o procedimento Histograma X percentual de trechos ΔV/faixa foi elaborado pelo grupo deste projeto a partir da quantidade de trechos no circuito por faixas de queda de tensão (0 a 3%, 3 a 5%, 5 a 7.5% e Maior que 7.5%). Com as quantidades, foi utilizado o percentual em cada faixa e construído um histograma e usada uma média ponderada para as faixas, chamando-se o valor da média de centróide. Em função do valor do centróide, o circuito é classificado em uma das faixas acima utilizando-se valores de corte, ou seja, 0 – 150, 150 – 470, 470 – 500 e acima de 500. A Figura 6 mostra um exemplo de histograma de tensão de um circuito.

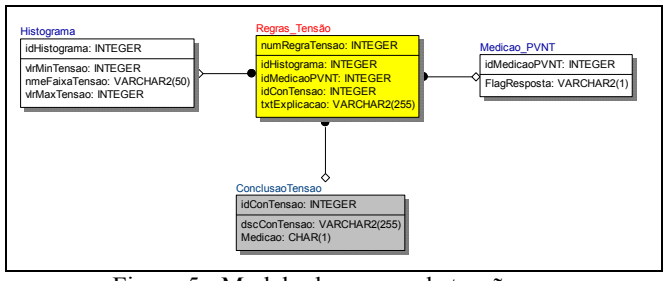


Figura 5 - Modelo das regras de tensão.

A identificação dos valores de corte foram encontrados através da análise exaustiva de uma amostra de dados de medições e seu ajuste e calibração envolveu várias horas de trabalho. Esta análise também auxiliou no sentido de encontrar os valores dos pesos (ponderações) utilizado para cada faixa. Os pesos estabelecidos são: 1,5; 3,0; 6,25 e 12.

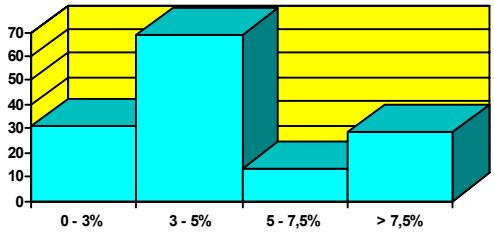


Figura 6 – Histograma de faixa de tensão de um circuito

E. Ações Viáveis

A partir das conclusões quanto ao carregamento e tensão, e de outras informações importantes a decisão (carregamento dos trechos, acréscimo de fase, centro de carga, taxa de crescimento anual, desequilíbrio no transformador ou barramento, e limite inferior do carregamento trifásico) são elaboradas as potenciais ações para a gestão do circuito. A Figura 7 mostra o modelo dimensional para este problema.

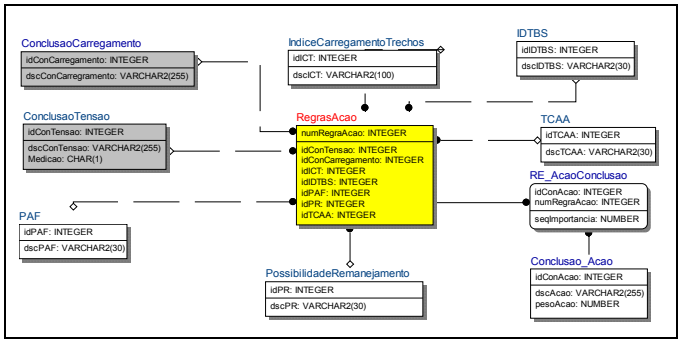


Figura 7 - Modelo das regras de ação

De acordo com o modelo proposto, os dados foram extraídos dos sistemas operacionais da CELESC, passaram por processos de transformação e reestruturação, para então serem usados pelo SE. As variáveis necessárias para os cálculos e os resultados dos vários cálculos ficam também armazenadas na base de dados, assim como os parâmetros de configuração de uso do sistema.

F. Implementação do SE

O sistema especialista foi implementado usando as linguagens Java, JSP e HTML, baseado no padrão Model-View-Controller (MVC). A grande vantagem deste padrão é a separação da implementação em três camadas, ou seja, a camada da visão, do controle e do modelo também conhecida como a camada da persistência. Além disso, esta este padrão distingue muito bem o fluxo da aplicação do modelo de objetos de negócio e da geração da interface do usuário, o que permite fazer uso dos princípios de reusabilidade e manutenabilidade.

O padrão da arquitetura MVC não está diretamente relacionado a aplicações Web, tendo em vista que podemos encontrar diversas aplicações que seguem essa arquitetura e não estão relacionadas com a internet, como é o caso das aplicações desenvolvidas em Smalltalk.

As três camadas do modelo MVC são:

Model: é a camada que compreende todos os objetos de negócio que devem representar a lógica da aplicação, devendo suportar também todos os requisitos e as funcionalidades do sistema;

View: é a camada que interage com o usuário da aplicação, recebendo informações do modelo e apresentando a visão do domínio de negócios;

Controller: é a camada responsável por controlar o fluxo e os estados das chamadas do usuário.

Dependendo do tipo de arquitetura que as aplicações usam, a camada Model pode assumir diferentes formas. Em uma aplicação do modelo cliente-servidor, as páginas Web manipulam os dados diretamente. Já em uma aplicação em três camadas, a implementação da camada de negócio fica isolada da camada de apresentação. A Figura 8 ilustra as camadas do padrão MVC e suas diferentes implementações utilizando a notação UML

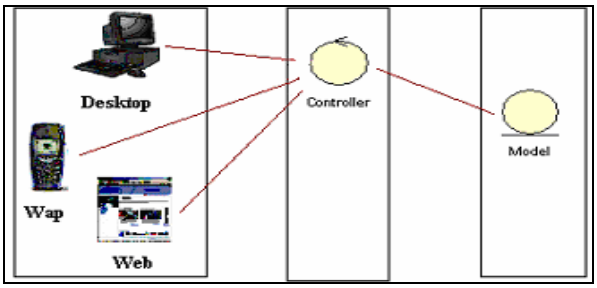


Figura 8 - Camadas do padrão MVC

A camada de controle auxílio fortemente na condução dos cálculos realizados para encontrar as variáveis derivadas. Certamente, se tal abordagem não fosse utilizada, maior esforço de implementação e conseqüente manutenção futura seriam necessários. A Figura 9 mostra o diagrama de robustez com as principais classes implementadas, usando o padrão MVC do SED.

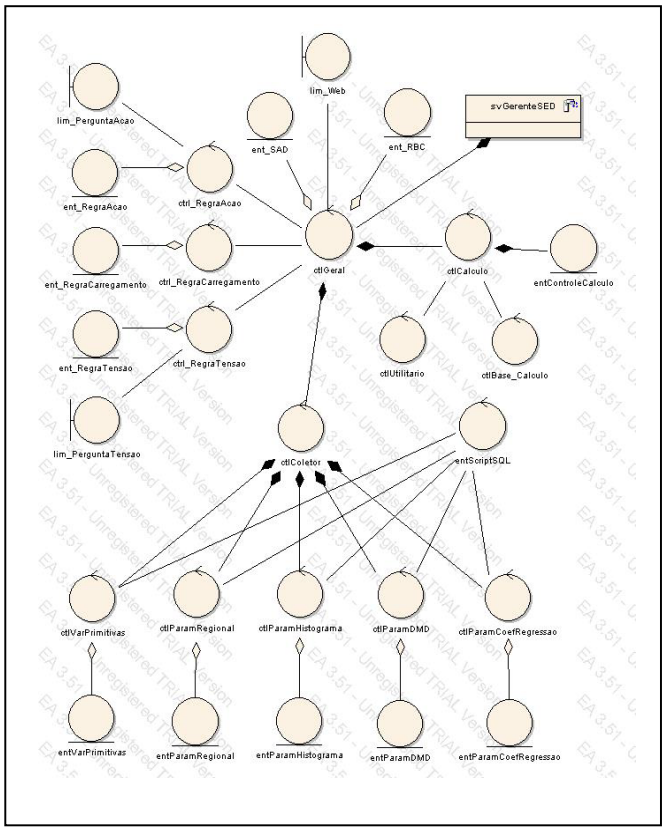


Figura 9 – Diagrama de robustez do SE

G. O Sistema Especialista

A Figura 10 mostra a tela principal do sistema e algumas outras de navegação.

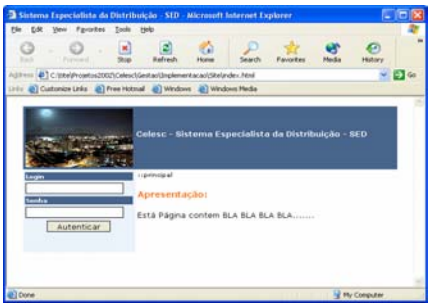
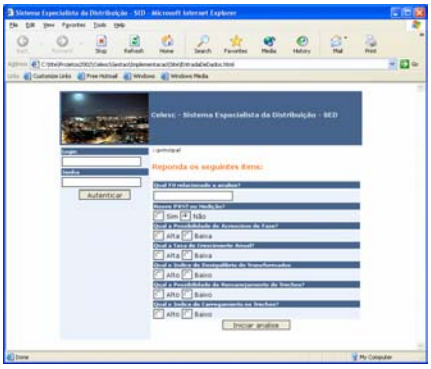
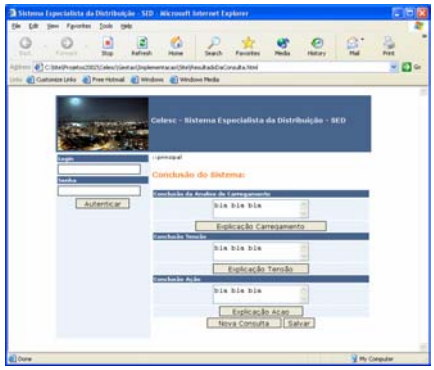
Tela principal de acesso ao SE. A partir do Login e Senha do usuário e posteriormente do circuito (nº de identificação) é iniciada uma consulta no sistema Gênesis e no DW de Distribuição (variáveis primitivas).	
Uma vez que as variáveis primitivas são adquiridas, iniciam os cálculos e o usuário irá informar as informações necessárias para a inferência. A qualquer momento é possível obter explicações para as informações solicitadas.	
Ao clicar em iniciar análise na tela anterior, esta nova tela aparecerá com as conclusões do problema de carregamento, de tensão e com o conjunto de ações viáveis para a situação corrente. Neste momento, também é possível obter explicações para as conclusões, baseadas nas regras disparadas.	

Figura 10 - Telas do sistema especialista.

Para a validação das regras de carregamento, tensão e ação foram empregados inicialmente 10 circuitos conhecidos, ou seja, circuitos com valores de variáveis primitivas disponíveis nos sistemas operacionais da empresa com medições e amplo conhecimento dos especialistas. Estes circuitos também foram empregados para a validação dos cálculos. Posteriormente, foram empregados mais 3 circuitos conhecidos para validação final.

No momento, o sistema especialista se encontra em uso no departamento de Operação da Celesc em Florianópolis.

V. CONCLUSÃO

Os Sistemas Especialistas vêm sendo empregado com sucesso em várias aplicações comerciais, industriais e no setor elétrico.

Neste artigo foram apresentados os aspectos relacionados à implementação de um sistema especialista para apoiar na gestão da distribuição de energia elétrica de baixa tensão, iniciada em um ciclo de pesquisa e desenvolvimento na CELESC. Foram resgatados os elementos teóricos das técnica utilizada no desenvolvimento aprimorando consideravelmente e envolvendo os técnicos e especialistas da CELESC no processo de formalização do conhecimento especializado. Alguns resultados se destacam.

No processo de aquisição e representação do conhecimento, novos conhecimentos foram descobertos, destaca-se o uso dos histogramas de faixa de tensão, que possibilitou inferir resultados do circuito a partir da análise da faixa de tensão por trechos. Além disso, as sessões coordenadas possibilitaram a troca de experiências e discussões riquíssimas, aprimorando o conhecimento técnico e possibilitando o consenso.

Outro resultado interessante é a possibilidade de treinar novos técnicos com o uso do SE, principalmente frente a realidade que vive a CELESC com o Plano de Demissão Voluntária (PDI). Este plano tem levado vários técnicos, com larga experiência e conhecimento, a solicitar a

aposentadoria, levando consigo este vasto conhecimento. Este é o grande desafio a nova ciência Gestão do Conhecimento, e certamente este projeto foi ao encontro desta possibilidade, ou seja, guardar a memória da organização enquanto gestão da distribuição de energia elétrica de baixa tensão.

VI.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Periódicos:

[1] DABBAGHCHI, I. et al. AI Application Areas in Power Systems. *IEEE Expert,* v. 12, n. 1, p. 58-66, 1997.

[2] FULLER, J. F; FUCHS, E. F.; ROESLER, K. J. Influence of harmonics on power distribution system protection. *IEEE Trans. Power Delivery*, v. 3, p. 549-557, Apr. 1988.

[3] BETTIOL, Arlan Luiz; SOUZA, Adriano; TODESCO, José Leomar; TESH JR, José Roberto. Estimation of Critical Clearing Times Using Neural Networks. IEEE Proceedings On Electric Power Applications, Bologna, Italia, v. 1, n. 1, p. 392-398, 2003.

Livros:

[4] SCHALKOFF, Robert. Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches. John Wiley & Sons, 1992.

[5] DURKIN, John. Expert System: Design and Development. Prentice Hall, NJ, 1994.

[6] FEIGENBAUM, E. A. Knowledge Engineering: The applied Side of Artificial Intelligence, Tech Rep. STAN-CS-80-812 (HPP-8021), Dept. of Computer Sci. Stanford University, 1980.

[7] KLIR, G. J & YUAN, B. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Aplications. Prentice Hall, NJ, 1995

Artigos em Anais de Conferências (Publicados):

[8] TODESCO, J. L.; BETTIOL, A. L.; TESH JR, J. R. Transient Stability Analysis of Power Systems Using Neural Networks. In: VIII SEPOPE, 2001, São Carlos - SP. VIII SEPOPE. 2001.

[9] BETTIOL, A. L.; TESH JR, J. R.; TODESCO, J. L. Classificação de Contingências para Avaliação de Estabilidade Transitória em Sistemas Elétricos Usando Redes Neuronais Artificiais. In: XVI SNPTEE - SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2001, Campinas - São Paulo. XVI SNPTEE. 2001.

Dissertações e Teses:

[10] TODESCO, J. L. S. Um Sistema Especialista para Auxílio na Elaboração de Recomendações para Agricultores no Controle da Sarna da Macieira. Florianópolis, 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC. Orientador: Edgar Augusto Lanzer.

[11] ELLER, N. A. *Arquitetura de informação para o gerenciamento de perdas comerciais de energia elétrica.* 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.