



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

GET-24  
19 a 24 Outubro de 2003  
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XV  
GRUPO DE ESTUDO DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA – GET**

**CADASTRAMENTO DE ESTRUTURAS E LINHAS DE TRANSMISSÃO EM AMBIENTE  
GEORREFERENCIADO**

**Daniel Senna Guimarães \***  
**José Osvaldo Santos Lima**  
**Carlos Alberto Moura**  
**CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais**

**Najla Cotrim Árabe**  
**Geologic**

**RESUMO**

Sistemas de informações geográficas (SIG) dedicados à gerência de redes de distribuição com tensões inferiores a 25 kV estão amplamente difundidos no Brasil. Entretanto, para tensões de transmissão e subtransmissão os sistemas georreferenciados ainda não estão consolidados. Esse trabalho apresenta a experiência adquirida na especificação e desenvolvimento de aplicação em ambiente georreferenciado, utilizando SIG, destinado a cadastrar as estruturas, vãos e linhas de transmissão e subtransmissão da Cemig.

**PALAVRAS-CHAVE**

Geoprocessamento, Subtransmissão, Linha de Transmissão, Cadastramento, Sistema de Informação Geográfica, SIG e GIS.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Cada vez mais a informação tem se tornado recurso estratégico e também fator crítico de sucesso para as empresas. Desta forma, a capacidade de analisá-la eficientemente e em grandes volumes torna-se um diferencial competitivo.

Portanto, é cada vez mais imprescindível a utilização de sistemas computacionais que transformem o processo de obtenção e manipulação dos dados mais confiável, rápido e amigável, gerando a informação necessária para a tomada de decisão.

Pode-se caracterizar os sistemas computacionais em dois tipos: os tradicionais e os sistemas de informação geográficos.

Normalmente, os sistemas tradicionais são projetados para manipulação de dados alfanuméricos.

Já os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas computacionais voltadas para trabalhos de geoprocessamento, que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados [1].

Os SIG utilizam recursos de computação gráfica e processamento digital de imagens que permitem associar informações geográficas (com base cartográfica) a bancos de dados convencionais, sendo possível, portanto, recuperar informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também por meio de sua localização espacial. Resumidamente, SIG são sistemas que utilizam informações geográficas e alfanuméricas combinadas de forma natural e transparente para o usuário.

Logo, sempre que o “onde” aparece dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá a oportunidade de se adotar um SIG.

Na Cemig há dois projetos corporativos que utilizam tecnologias de geoprocessamento: o Gemini e o GeoCemig.

O **Gemini** trata do cadastramento e gerência da rede de distribuição até a tensão de 25 kV.

\* Avenida Barbacena, 1200 - 8º andar - CEP 30161-970 - Belo Horizonte - MG - Brasil  
Tel.: (031) 3349-3153 - Fax: (031) 3349-2943 - e-mail: dsenna@cemig.com.br

O **GeoCemig** é o projeto que foi criado após a formação de grupo de trabalho em 1996, composto por representantes das diretorias técnicas da empresa com o objetivo de elaborar a especificação de sistema corporativo de informações georreferenciadas que contemplasse, dentre outras, as áreas de geração, subtransmissão e transmissão.

Vale ressaltar que neste trabalho, adotar-se-á o termo **linha de transmissão (LT)** para designar as linhas de subtransmissão e transmissão (a partir de 34,5 kV até 500 kV).

Em setembro de 1997 foi implantado o **Projeto GeoCemig** com informações do sistema elétrico de geração, subtransmissão e transmissão da Cemig, bem como temas relacionados a divisões político-administrativas do Estado de Minas Gerais e da Cemig e informações geográficas, ambientais e de infraestrutura do Estado de Minas Gerais.

No que se refere às informações relativas ao sistema elétrico, essas estão sendo atualizadas pela área de projetos de linhas de transmissão da Cemig. Entretanto, os tipos de levantamento atualmente utilizados (ver FIGURA 1) ainda não resultam em dados com a precisão cartográfica (localização), detalhamento e abrangência (dados físicos) requeridos pelas diretorias técnicas.

Com isso, algumas necessidades com relação às informações do sistema elétrico cadastradas no **GeoCemig** não atendiam aos anseios dos técnicos da Empresa, tais como a localização geográfica, dados físicos de cada uma das estruturas e vãos das linhas de transmissão.

A FIGURA 1 mostra a participação de cada um dos tipos de levantamento na composição das linhas de transmissão cadastradas no **GeoCemig**.

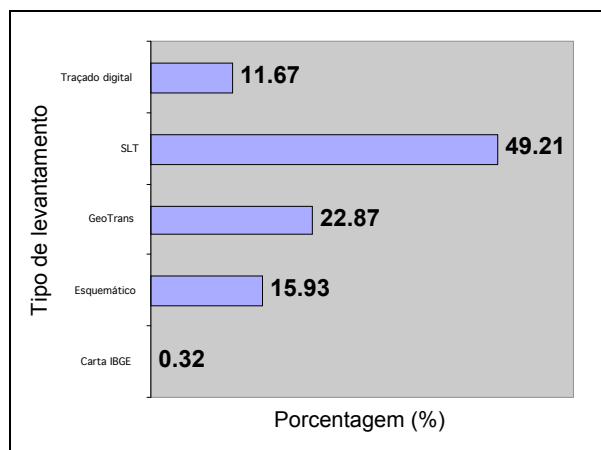


FIGURA 1- Tipos de levantamento das Linhas de Transmissão no GeoCemig

No tipo de levantamento denominado "**Traçado Digital**", o georreferenciamento de linhas de transmissão resultou da transposição de coordenadas geográficas obtidas a partir de documentos técnicos de projetos.

O tipo "**SLT**" (Sistema de Localização de Tempestades) fornece o traçado de linha de transmissão obtido a partir de levantamento dos principais vértices utilizando-se receptores GPS (Global Positioning System) ou ainda levantamentos topográficos. Esse tipo de levantamento corresponde a aproximadamente metade de toda base de dados cadastrada.

A utilização de ortofotocartas foi a base para o levantamento do tipo "**GeoTrans**". Apesar de a Cemig possuir cobertura de 42% da área do Estado de Minas Gerais, esse levantamento foi restrito à região metropolitana de Belo Horizonte.

Para o tipo "**Esquemático**" tentou-se obter representação esquemática do traçado das LT a partir de documentação técnica existente na Empresa, porém deficiente de precisão cartográfica.

A utilização de "**Cartas do IBGE**" em escalas 1:50.000 e 1:100.000 completa os tipos de levantamento atualmente utilizados.

Sendo assim, tem-se como fator relevante e positivo o fato dos traçados de todas as linhas de transmissão da Cemig estarem cadastrados no **GeoCemig** e disponíveis para toda empresa.

Entretanto, conforme citado anteriormente, há demanda por parte das diretorias técnicas da empresa de se ter cadastrados as estruturas, os vãos e as linhas de transmissão *com maior precisão*. Vale ressaltar que apenas os vértices principais das linhas estavam cadastrados e, devido às metodologias de levantamento utilizadas, erros de até 100 metros poderiam ser verificados.

Outra demanda verificada diz respeito ao desenvolvimento de base de dados que contemple as características físicas de todas as estruturas e vãos das linhas de transmissão.

Diante do exposto, *concluiu-se que seria necessário o recadastramento do sistema elétrico de subtransmissão (34,5 / 69 / 138 / 161 kV) e transmissão (230 / 345 / 500 kV), levando-se em consideração critérios cartográficos e as reais necessidades das diretorias técnicas da empresa. Também deveriam ser definidas as responsabilidades, a periodicidade de atualização e as permissões de acesso a cada um dos dados a serem cadastrados.* A TABELA 1 mostra extensão aproximada dos sistemas de subtransmissão e transmissão da Cemig.

TABELA 1- Extensão do sistema de subtransmissão e transmissão da Cemig em 2002  
fonte: [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br)

Extensão das Linhas de Transmissão (km)	
Tensão	Comprimento
34,5 a 69 kV	5.720
138 a 161 kV	10.404
230 kV	865
345 kV	1.925
500 kV	2.175
<b>Total</b>	<b>21.089</b>

Nesse contexto, são *objetivos* deste trabalho apresentar a experiência adquirida na especificação e desenvolvimento de aplicação em ambiente georreferenciado, com utilização de SIG destinado a cadastrar as estruturas, vãos e linhas de transmissão da Cemig e identificar a documentação, metodologia, equipamentos e aplicativos computacionais adotados.

## 2.0 FASES DE DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

Resumidamente, os trabalhos foram desenvolvidos nas seguintes fases:

- a) *sensibilização para a importância do projeto*: nessa fase apresentou-se às áreas envolvidas especificação básica do projeto, com realce para a importância da adoção de sistema de informações georreferenciadas, com base em banco de dados unificado que, em médio e longo prazos, possibilitará a integração do mesmo com os processos específicos de cada área e o desenvolvimento de aplicativos específicos;
- b) *detalhamento das necessidades de cada área*: as informações das linhas de transmissão necessárias a cada uma das áreas participantes foram identificadas por meio de resposta a questionários elaborados a partir de trabalho de investigação da documentação gerada desde o planejamento de uma LT até sua desativação ou desmontagem;
- c) *desenvolvimento da documentação e da metodologia a serem utilizadas no levantamento*: elaboração de documentos destinados ao cadastramento em campo e em escritório dos dados das linhas de transmissão;
- d) *desenvolvimento de sistema computacional georreferenciado* para cadastramento dos dados das linhas de transmissão.

As fases de *Elaboração da Documentação, Desenvolvimento da Metodologia a ser Utilizada no Levantamento e o Desenvolvimento do SIG* são detalhadas nos próximos itens.

### 2.1 Elaboração da Documentação

O primeiro passo para elaboração de documento a ser preenchido em campo foi a definição dos dados que deveriam compor tal documento. Basicamente, deve-se considerar os dados de posicionamento geográfico das estruturas e as características físicas dos acessórios e equipamentos que compõem a linha de transmissão.

Para tanto, agrupou-se inicialmente toda a documentação gerada durante o ciclo de vida de uma linha de transmissão. A partir dessa documentação foram selecionados os atributos que se caracterizavam como dado cadastral de uma LT.

A partir da definição desses atributos foram então elaborados documentos destinados ao levantamento de campo e posterior cadastramento desses dados em sistema georreferenciado.

As características básicas de cada um desses documentos gerados são apresentadas:

- a) *Documento para Cadastramento - "Dados de Estruturas e Linhas de Subtransmissão e Transmissão"*. É o principal documento a ser utilizado no cadastramento das linhas de transmissão em ambiente georreferenciado. Ele contempla todos os dados a serem levantados para cada uma das estruturas e vãos que compõem uma LT. Parte desse documento é mostrado no anexo 1. Cópia do mesmo deverá ser levada a campo para preenchimento e posterior digitação em escritório;
- b) *Descrição de Procedimentos*. Contém a explicação detalhada de cada um dos campos que compõem o documento mostrado no anexo 1. A figura do anexo 2 mostra parte desse documento;
- c) *Leiaute do Documento com Descrição de Procedimentos*. Descreve cada um dos campos componentes do anexo 1, devendo servir de base para consulta em caso de dúvidas durante o cadastramento. No anexo 3 é mostrada parte desse documento.

### 2.2 Metodologia a ser Utilizada no Levantamento

Pode-se dividir o levantamento de campo em duas atividades. Na primeira, dedica-se à determinação da localização geográfica da estrutura. Na segunda, o preenchimento dos dados cadastrais das estruturas e dos vãos deve ser contemplado.

#### 2.2.1 Dados de Posicionamento

Diversos equipamentos e metodologias dedicados ao levantamento de coordenadas (latitude e longitude) das estruturas estão oferecidos no mercado.

Pode-se considerar, dentre outros, a utilização de receptores GPS de baixa precisão e baixo custo ou ainda equipamentos de precisão milimétrica e, logicamente, com custos mais elevados. Outras metodologias incluem o levantamento a partir de dados obtidos durante o sobrevôo das linhas com helicópteros equipados com GPS e câmeras fotográficas e filmadoras.

Dentre as alternativas avaliadas e, considerando-se os recursos financeiros e de mão-de-obra disponíveis na Cemig, o grupo de trabalho viu-se diante das seguintes opções para execução do levantamento: (i) a contratação externa, (ii) a utilização de mão-de-obra própria dedicada ao levantamento, (iii) a utilização de mão-de-obra interna compartilhando o levantamento com as atividades periódicas de inspeções das linhas de transmissão.

Após a avaliação técnica e econômica das alternativas definiu-se que o levantamento dos dados cadastrais das LT (localização e características físicas) seria executado de acordo com o proposto na terceira alternativa. Vale ressaltar que no período máximo de três anos todas as LT são inspecionadas.

Considerando-se que a alternativa escolhida foi baseada no levantamento em solo, devia-se então definir o receptor GPS e a metodologia a serem utilizados. A situação ideal seria aquela que apresentasse o receptor de mais baixo custo e a

metodologia mais simplificada e de menor duração demandada no levantamento.

Após execução de testes com diversos equipamentos verificou-se que a utilização de *receptores GPS de navegação e determinação instantânea da latitude e da longitude das estruturas não apresentaram a precisão requisitada* (erro inferior a cinco metros) em todos os levantamentos executados. Definiu-se então pelo levantamento com emprego da metodologia de correção diferencial.

Motivada pela necessidade de redução de custos do projeto, a Cemig desenvolveu trabalho de pesquisa que resultou na definição de metodologia de levantamento utilizando correção diferencial com receptor GPS de navegação acoplado a um PDA (Personal Digital Assistant). Foi ainda desenvolvido programa computacional a ser instalado nos PDA e destinado à comunicação e recepção dos dados gerados nos GPS. Comparando-se a um receptor convencional, a solução proposta apresentou-se cinco vezes mais barata.

### 2.2.2 Dados Alfanuméricos

Inicialmente, previa-se que os dados físicos das estruturas e vãos seriam preenchidos em documento (em papel) e posteriormente cadastrado em banco de dados a partir de digitação em escritório.

A utilização de PDA acoplado ao GPS, conforme descrito no subitem anterior, abriu a possibilidade de entrada de dados com esse equipamento. Desta forma o trabalho será executado em menor tempo e com maior qualidade, pois elimina-se o serviço de digitação em escritório e podem-se implementar rotinas de consistência dos dados (quantidade e qualidade) a serem executadas em campo. Essa é uma grande vantagem, haja vista que levantamentos de linhas de transmissão demandam deslocamentos de até centenas de quilômetros.

### 2.3 O Sistema de Informações Geográficas

Os dados das estruturas e vãos das linhas de transmissão levantados em campo serão disponibilizados no Projeto GeoCemig, por meio da família de *software* GeoMedia, da *Intergraph* (EUA). A escolha das ferramentas GeoMedia deveu-se basicamente a três fatores: (i) o produto atende às expectativas das áreas técnicas da Cemig, (ii) além do ambiente cliente-servidor, que permite consultas e análises espaciais elaboradas, estará disponível também na versão Web, que reduzirá sensivelmente o custo da publicação dos dados. E, por último, (iii) a linha de produtos da *Intergraph* adotada foi selecionada em processo licitatório em 1998 e padronizada para uso por todas as áreas técnicas da Cemig.

Algumas características do produto podem ser destacadas: facilidade de uso, arquitetura aberta, possibilidade de customização, conexão com diversos bancos de dados, compatibilidade com outros SIG de mercado.

Cópias de telas do GeoMedia estão apresentadas no anexo 5.

### 3.0 INTEGRAÇÃO COM OUTROS APLICATIVOS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O gerenciamento contábil do ativo linha de transmissão é realizado a partir do *software* SAP/R3. Tendo em vista essa necessidade, foi prevista a integração entre o sistema georreferenciado com o SAP/R3.

Tal integração se dá no momento de aquisição dos dados em campo, pois prevê-se que antes de se iniciar os trabalhos, sejam “carregados” para os PDA os dados das LT constantes no SAP/R3. Portanto, não serão criadas novas codificações ou nomenclaturas no sistema georreferenciado.

Além disso, a Cemig desenvolveu Sistema de Gerenciamento Eletrônico da Documentação (GEDOC) no qual se pode armazenar, consultar, identificar, visualizar e alterar toda a documentação técnica dos ativos (linhas de transmissão, subestações, usinas, entre outros) da empresa. A partir daí trabalhou-se a integração desse projeto com o ambiente de informações georreferenciadas do projeto GeoCemig, o que permitiu maior agilidade às áreas de engenharia na tomada de decisões.

A FIGURA 2 apresenta integração entre o Projeto GeoCemig e o GEDOC.



FIGURA 2- Integração entre o Projeto GeoCemig e o GEDOC

Um dos principais motivadores para o cadastramento das LT em ambiente georreferenciado foi a disponibilização de base de dados para futuros desenvolvimentos de aplicações computacionais georreferenciadas voltadas aos processos de planejamento, projeto, construção, operação e manutenção do sistema elétrico. A FIGURA 3 apresenta a idéia básica do sistema ora em andamento como suporte para as aplicações futuras.

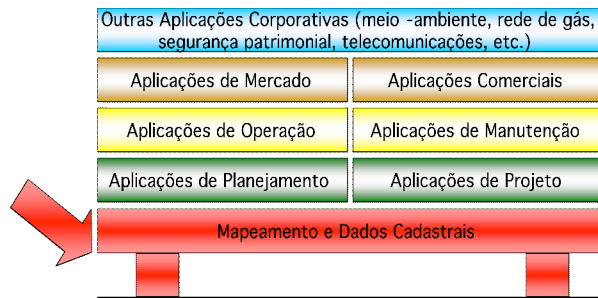


FIGURA 3– Mapeamento e dados cadastrais como base para desenvolvimentos futuros

#### 4.0 - CONCLUSÕES

Foram apresentadas neste trabalho a documentação e metodologia de cadastramento de linhas de subtransmissão e transmissão em ambiente georreferenciado adotadas na Cemig.

Mostraram-se ainda telas e principais características do aplicativo computacional destinado à publicação e manipulação dos dados coletados.

Destaque foi dado à integração com os aplicativos existentes e as perspectivas para desenvolvimentos futuros.

Espera-se ao final dos trabalhos de cadastramento estar desenvolvida base de dados geográficos e alfanuméricos única, mais confiável, mais precisa e que possibilite o desenvolvimento de aplicativos computacionais voltados aos processos das diversas áreas da empresa que utilizam e que possam vir a utilizar os recursos de geoprocessamento.

Finalmente, vale lembrar que este trabalho é o resultado de esforço conjunto de diversas áreas da empresa. A participação de vários profissionais da Cemig, lotados nas áreas de planejamento, informática, mapeamento e cadastro, manutenção (subtransmissão e transmissão), engenharia de distribuição das regionais e engenharia de projetos de linha de transmissão foi definitiva para a obtenção dos resultados demonstrados.

#### 5.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) - CÂMARA, GILBERTO et al. Introdução à Ciência da Geoinformação, 2002.
- (2) - ROCHA, CÉZAR HENRIQUE BARRA. Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar, 2000.
- (3) - GUIMARÃES, DANIEL SENNA et al. Cadastramento das Linhas de Transmissão e Subtransmissão em Ambiente Geoprocessado, 2000.
- (4) - CEMIG. Site [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br).
- (5) - CEMIG. Intranet.
- (6) - CARLOS ALBERTO MOURA. Otimização dos negócios da CEMIG utilizando geoprocessamento. Monografia do Curso de Especialização em Geoprocessamento, IGC/UFMG, 1998.

#### 6.0 - ANEXOS

Anexo 1 - Documento para Cadastramento - “Dados de Estruturas e Linhas de Subtransmissão e transmissão”

Anexo 2 - Documento “Descrição de Procedimentos”

Anexo 3 - Documento “Layout do Documento com Descrição de Procedimentos”

Anexo 4 - Tela de Cadastramento dos Dados

Anexo 5 - Telas do software GeoMedia

#### 6.1 Anexo 1

Dados de Estruturas e Linhas de Transmissão e Subtransmissão			
<b>CEMIG</b>			
<b>Dados Gerais da LT</b>			
Nome da Linha no SAP:		Local Instalação SAP:	
Nome da Linha na AD:		Código na AD:	
Tensão Projeto (kV):	Tensão Operação (kV):	Matrícula:	Data Levant.:
<b>Estrutura</b>			
Código da Estrutura:	Nome do Arquivo GPS:	Precisão do GPS: <input type="checkbox"/> 5 metros	
Tipo da Estrutura:	<input type="checkbox"/> Submétrico		
Compartilhada <input type="checkbox"/>	Cód. Estrut.comparti.:	Nome LT comparti.:	
Número do Filme/disquele:		Número da Foto:	

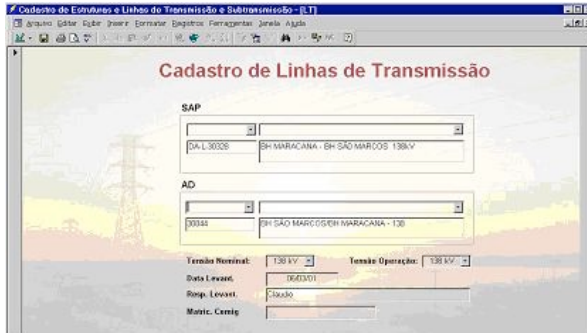
#### 6.2 Anexo 2

DADOS GERAIS	
<b>Nome da Linha no SAP:</b> preencher com o nome da LT conforme cadastrado no campo “Denominação SAP” no SAP R/3.	
<b>Nome da Linha na AD:</b> preencher com o nome da LT conforme documento “01000 -AD/ID-1 - Códigos de Identificação de Aplicações” emitido pela AD/ID.	
<b>Local Instalação SAP:</b> preencher com o código da LT conforme cadastrado no SAP R/3.	
<b>Código na AD:</b> preencher com o código da LT conforme documento “01000 -AD/ID-1 - Códigos de Identificação de Aplicações” emitido pela AD/ID.	
<b>Tensão Projeto (kV):</b> preencher com a tensão, em kV, para qual a LT foi projetada.	

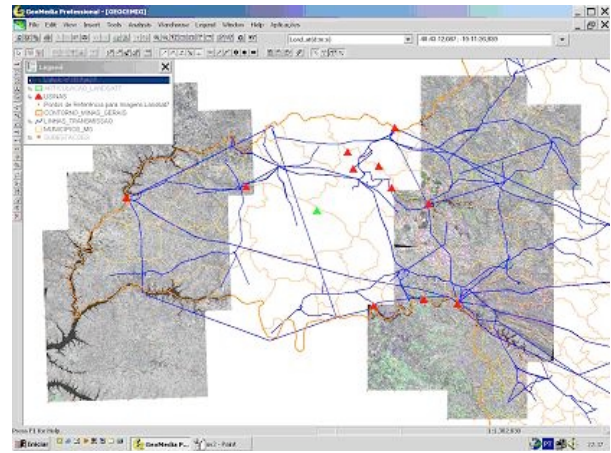
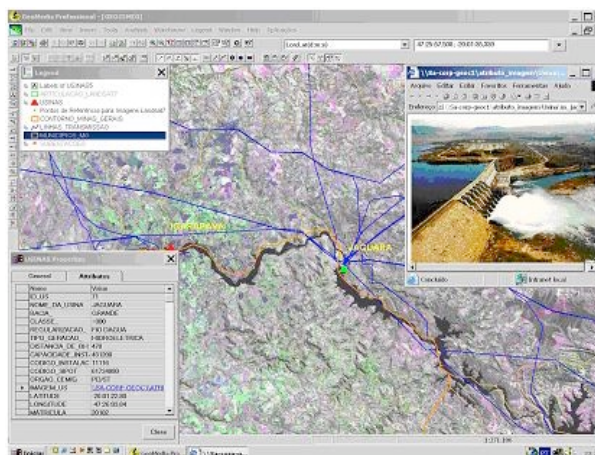
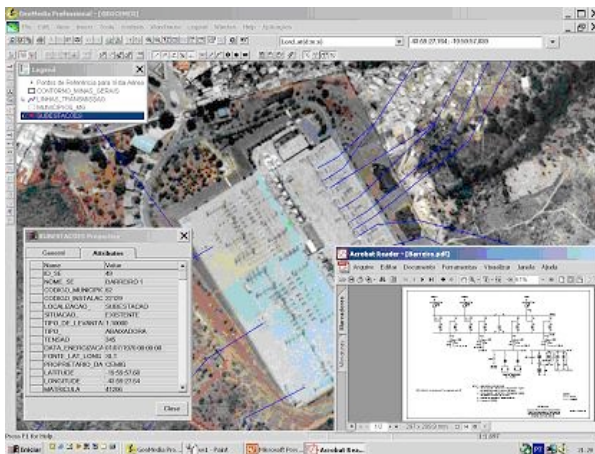
#### 6.3 Anexo 3

Dados de Estruturas e Linhas de Transmissão e Subtransmissão			
<b>CEMIG</b>			
<b>Dados Gerais da LT</b>			
Nome da Linha no SAP: preencher com o nome da LT conforme cadastrado no campo “Denominação SAP” no SAP R/3.		Local Instalação SAP: preencher com o código da LT conforme cadastrado no SAP R/3.	
Nome da Linha na AD: preencher com o nome da LT conforme documento 01000-AD/ID-1 “Códigos de Identificação de Aplicações” emitido pela AD/ID.		Código na AD: preencher com o código da LT conforme documento 01000-AD/ID-1 “Códigos de Identificação de Aplicações” emitido pela AD/ID.	
Tensão Projeto (kV): preencher com a tensão, em kV, para qual a LT foi projetada.	Tensão Operação (kV): preencher com a tensão, em kV, que a LT está operando.	Matrícula: caso o levantamento seja executado por pessoal da CEMIG preencher com a matrícula CEMIG da pessoa que está fazendo o levantamento, caso o levantamento seja executado por terceiros preencher com a identificação da empresa e do empregado que está fazendo o levantamento.	Data Levant.: preencher com a data do levantamento no formato dd/mm/aaaa
<b>Estrutura</b>			
Código da Estrutura: preencher com o número de identificação da estrutura afetado na mesma, caso não exista verificar no Projeto.	Nome do Arquivo GPS: preencher com o nome do arquivo que aparece no GPS. O nome deste arquivo tem normalmente este formato: 0506s001.pse, onde: 05 = mês; 06 = dia; s001 = número sequencial do ponto a ser levantado.	Precisão do GPS: <input type="checkbox"/> 5 metros <input type="checkbox"/> Submétrico Preencher com a precisão utilizada para a medição com GPS.	
TIPO DE ESTRUTURA: preencher com o tipo na Estrutura de acordo com documento específico sobre tipos de estruturas			

## 6.4 Anexo 4



## 6.5 Anexo 5



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos que participaram direta ou indiretamente no desenvolvimento do projeto e, certos de que estaremos esquecendo nomes de importantes colaboradores, citamos nominalmente alguns dos participantes do **Grupo de Trabalho de Cadastro de Linhas de Transmissão e Subtransmissão**: Afonso Vanderlei Nunes Barbosa, Amauri Reigado Costa Oliveira, Denys Claudio Cruz de Souza, José Milton da Costa Brito, Mônica Neves Cordeiro (**Diretoria de Projetos e Construção**); César Vaz de Melo Fernandes, Daniel Barroso de Resende, Derivaldo Damascena, Elaine França Fonseca, Fernando Noronha, Luciano Natali Gama, Nelson Fonseca Leite, Nilton dos Santos Filho, Omar de Alvarenga Filho, Patricio Pessim da Fonseca, Roberto Coelho de Berredo, Sérgio Andreotti Tasca (**Diretoria de Distribuição e Comercialização**); Carlos Guilherme Arruda Fonseca, Douglas Braga Ferraz Oliveira, Luiz Carlos Sperandio Nogueira, Tarcízio Celso de Castro (**Diretoria de Geração e Transmissão**); Elga Luíza Rodrigues, Luiz Henrique de Castro Carvalho, Marcelo Amorim, Antônio Cezar Ferreira (**Diretoria de Gestão Empresarial**).