



**XXII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GSE/12  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO – VIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE**

**DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICOS COMO FORMA DE  
OTIMIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE NOVAS INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO**

**Hélio Pessoa de Oliveira Jr(\*)**  
ONS

**Carlos Belmiro Campinho**  
ONS

**Antonio Carlos C Carvalho**  
ONS

**Humberto Arakaki**  
Consultor

**Sergio Cordeiro Sobral**  
ONS

**RESUMO**

A experiência do ONS e ANEEL, na análise de projetos básicos de empreendimentos da transmissão, mostra que existe espaço para a otimização de seu processo de elaboração, análise e liberação.

Com esse intuito o ONS realizou um detalhamento de diretrizes para a sua concepção, que foi discutido com os Agentes do Setor Elétrico em dois workshops, realizados em 2012.

O presente trabalho aborda os principais aspectos relacionados à elaboração dos projetos e as lacunas normalmente encontradas sejam nos estudos ou no dimensionamento de linhas de transmissão, de subestações, equipamentos ou instalações, apresentando propostas para o seu aprimoramento.

**PALAVRAS-CHAVE**

Projeto básico, subestações, estudos elétricos, linhas de transmissão, instalações CA

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O setor elétrico brasileiro, nos últimos anos, passou por uma grande transformação. O marco regulatório foi completamente modificado, no final da década de 90, o que implicou em mudanças em atribuições das empresas participantes do setor, na criação de uma agência reguladora (ANEEL) e de um Operador Nacional. As relações comerciais foram modificadas, o que forçou as empresas a adaptar os seus processos às necessidades da nova realidade. As concessões de instalações de transmissão da Rede Básica passaram a ser leiloadas, com base em requisitos funcionais.

Neste contexto, a incorporação de novas instalações de transmissão à Rede Básica de Transmissão traz o desafio da manutenção dos padrões de qualidade e de confiabilidade do suprimento. Tal resultado depende, entre outros fatores, da especificação adequada dos diversos componentes da instalação e engloba o dimensionamento das linhas de transmissão, bem como a elaboração da especificação dos equipamentos das subestações terminais, realizada com o auxílio dos resultados obtidos por estudos elétricos a frequência fundamental e por estudos de transitórios eletromagnéticos. Por fim, os projetos básicos devem estar adequados e capazes de atender aos requisitos mínimos estabelecidos no edital de leilão da transmissão e nos Procedimentos de Rede do ONS.

A experiência do ONS e da ANEEL, na análise de projetos de empreendimentos da transmissão, iniciada por volta do ano 2000, leva à conclusão de que existe espaço para a otimização do processo de elaboração, análise e liberação de projetos básicos, uma vez que o tempo médio de liberação dos mesmos anda na casa dos 18 meses, tempo excessivo se comparado com os prazos definidos pela ANEEL para a implantação dos empreendimentos.

(\*) Rua da Quitanda, n° 196 – sala 19º andar - CEP 99.999-999 Rio de Janeiro, RJ, – Brasil  
Tel: (+55 21) 2203-9657 – Fax: (+55 21) 2203-9420 – Email: helio@ons.org.br

Uma das formas vislumbradas para a otimização deste processo foi a elaboração de diretrizes técnicas para balizar o processo de elaboração e de apresentação de projetos básicos de transmissão. Tal providência tornará mais eficiente e ágil o processo de análise, colaborando para uma finalização mais rápida e com a qualidade desejada, resultando num benefício para as Transmissoras, para o Regulador e para o Operador do Sistema.

Desta forma, o ONS elaborou um amplo trabalho de detalhamento de diretrizes para elaboração de projetos básicos, que foi divulgado e discutido com os Agentes do Setor Elétrico em dois workshops realizados em 2012. Sua necessidade fica clara a partir da análise dos resultados da estatística de avaliação de projetos básicos, contendo tempos de análise e o número de revisões necessário à aprovação dos mesmos.

Os principais aspectos técnicos relacionados à elaboração dos projetos básicos e as lacunas normalmente encontradas, seja nos estudos de sistema ou no dimensionamento de linhas de transmissão ou de subestações e de seus equipamentos e instalações, são apresentados neste trabalho, onde sugestões são propostas para a seu aprimoramento.

São abordadas também as dificuldades verificadas na coordenação entre grupos de trabalho, pertencentes ou não a mesma empresa, que muitas vezes trabalham simultaneamente, na elaboração dos estudos elétricos, na especificação e na compra de equipamentos, onde questões técnicas, comerciais e contratuais se superpõem.

Por fim, são discutidos rebatimentos nos Procedimentos de Rede e nos Anexos Técnicos dos Leilões de Transmissão, advindos da experiência adquirida no processo de análise dos projetos apresentados para as novas instalações de transmissão.

## 2.0 - ABRANGÊNCIA DE UM PROJETO BÁSICO

A inclusão de novas instalações de transmissão na rede básica está inserida num contexto que começa no planejamento setorial, que concebe as alternativas de expansão da rede. Nesta etapa são avaliadas alternativas, com foco principal na economicidade da solução ofertada, em relação a outras possibilidades de solução com desempenho técnico equivalente. De uma forma geral, pode-se considerar que estas escolhas são baseadas em estudos realizados na frequência fundamental. Parte-se do pressuposto que os grupos de instalações previstas serão entregues nos prazos definidos como sendo as datas de necessidade. Escolhida a solução, é realizada uma avaliação preliminar de engenharia, com foco principal na viabilidade técnica de implantação da solução proposta.

De uma forma geral, as linhas de transmissão representam a maior parte do custo de um empreendimento de transmissão. De tal sorte que, na etapa de planejamento, elas são o principal foco de atenção. A otimização dos equipamentos e de seus custos ficará a cargo do empreendedor responsável pela sua implantação.

Entretanto, entre a concepção, licitação e a efetiva entrada em operação das instalações, muitos dos pressupostos de evolução temporal prevista para a entrada de cada uma das novas instalações, não se efetivam. Tal fato traz consequências de engenharia e operativas e deve ser avaliado por ocasião do projeto básico.

O projeto básico deve identificar as solicitações às quais estão sujeitas as novas instalações, advindas da interação entre as novas instalações e a rede elétrica existente, possibilitando a aquisição de equipamentos apropriados ao seu local de instalação. Essas solicitações podem inclusive levar a necessidade de aquisição de equipamentos com características de suportabilidade superiores as normalizadas.

Entende-se que, por definição, novas instalações de transmissão não devem resultar em restrições operacionais adicionais para a rede elétrica existente.

## 3.0 - DIAGNÓSTICO

De forma geral, um projeto básico pode ser subdividido em quatro grupos principais de atividades: estudos elétricos (a frequência fundamental e de transitórios eletromagnéticos), especificação de subestações e equipamentos (arranjos, desenhos, barramentos e equipamentos principais), estudos e dimensionamento básico de linhas de transmissão e aspectos operacionais (Supervisão e Controle, Telecomunicação e Proteção).

A partir das análises de projeto básico realizadas pelo ONS nos últimos 10 anos, constatou-se que os percentuais nos projetos básicos cujos tópicos específicos puderam ser aprovados, como completamente conformes, na primeira versão do projeto foram:

- ✓ Estudos a Frequência Fundamental (sistema): 55% dos projetos;
- ✓ Estudos de Transitórios Eletromagnéticos (manobra): 44% dos projetos;
- ✓ Especificações de Subestações e Equipamentos: 46% dos projetos.
- ✓ Estudos e projetos de linhas de transmissão: 65% dos requisitos, em média, são atendidos.

Algumas das questões identificadas durante a análise são recorrentes. Exemplo típico, entre diversos outros, é a inadequada coordenação entre o projeto da linha ou da especificação dos equipamentos e os estudos de transitórios eletromagnéticos.

Em suma, o número médio de revisões dos Projetos Básicos tem sido elevado: acima de 3 além da emissão inicial. Isto envolve retrabalho tanto da Transmissora quanto do ONS e da ANEEL, retardando o processo de liberação do projeto.

A referência [1] detalha o Processo de Análise de Conformidade, exemplificando e tipificando algumas das dificuldades mais comuns.

## 2.1 Estudos a Frequência Fundamental e Estudos de Manobra

Para que o levantamento acima pudesse ser realizado, foi necessário desenvolver conceitos de adequação que permitisse o agrupamento de resultados. De forma a padronizar a avaliação do grau de conformidade dos projetos apresentados às necessidades da etapa de projeto básico, foram definidos os seguintes conceitos, expressos a seguir:

- ✓ Estudo totalmente adequado;
- ✓ Estudo adequado com solicitações de esclarecimentos e pequenas complementações;
- ✓ Estudo incompleto, como por exemplo, não contemplando a realização de alguns dos estudos solicitados pelo Anexo Técnico;
- ✓ Não apresentação, simplificação ou não adequação da apresentação dos resultados dos estudos. Não inclusão de elementos necessários a análise, como por exemplo, apresentação de oscilogramas com escalas inadequadas, omissão de oscilogramas significativos, etc;
- ✓ Inadequação de dados utilizados para a realização dos estudos, incluindo a modelagem de rede ou a não apresentação, simplificação ou falha da apresentação dos dados e modelagens utilizadas;
- ✓ Metodologia e critérios não adequados p/elaboração dos estudos, englobando deficiências nos dados utilizados e/ou apresentação dos resultados. Exemplo: adoção de metodologia distinta do Anexo Técnico ou dados equivocados;
- ✓ Estudo parcialmente ou completamente descaracterizado do contexto de um projeto básico, como por exemplo, foco em estudos operativos ao invés de foco no dimensionamento de equipamentos;
- ✓ Estudo parcialmente ou completamente descaracterizado do contexto técnico;
- ✓ Estudo não apresentado.

### 2.1.1..Estudos de Sistema

Compreendem os estudos de fluxo de potência no sistema e nos barramentos das subestações, rejeição de carga, energização de linhas de transmissão e curto-circuito. Quando necessário são também realizados estudos dinâmicos.

A Figura 1, a seguir, apresenta o resultado da análise dos estudos de sistema recebidos para a análise.

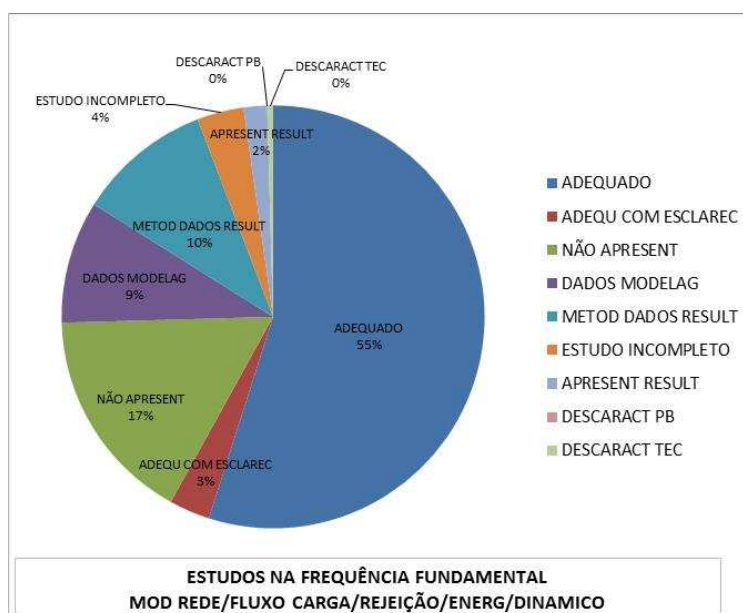


FIGURA 1 – Resultados da Análise dos Estudos na Frequência Fundamental

### 2.1.1..Estudos de Manobra

Têm por objetivo identificar as máximas solicitações elétricas sobre os equipamentos, sob o enfoque de seu dimensionamento. Caso tais solicitações sejam superiores às definidas em norma, estas deverão ser claramente incluídas na especificação dos equipamentos e materiais para garantir o seu apropriado desempenho no SIN. Os estudos são feitos com o pressuposto de as novas instalações operem sem restrições, quando de sua entrada em operação.

A Figura 2, a seguir, apresenta o resultado da análise dos estudos de sistema recebidos para a análise.

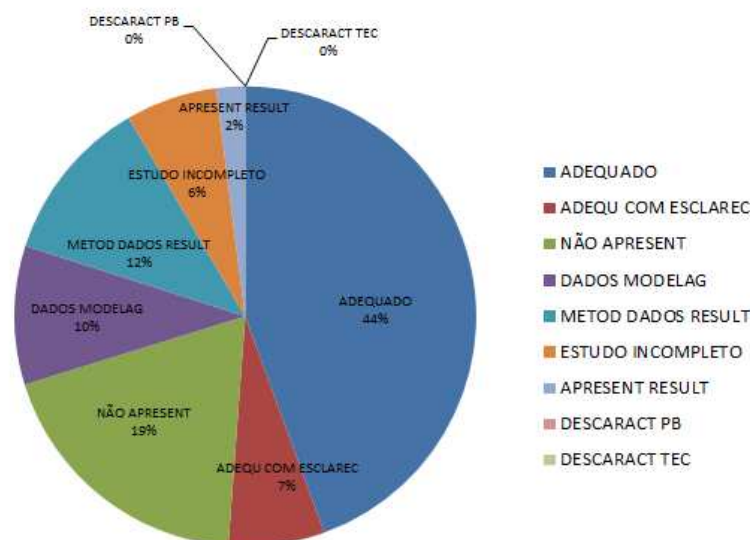


FIGURA 2 – Resultados da Análise dos Estudos de Manobra

### 2.2 Especificação de Subestações e Equipamentos

Os equipamentos, de uma forma geral, devem ser especificados respeitando-se as normas vigentes. Essas normas contemplam a grande maioria das situações as quais os equipamentos podem estar sujeitos. Resultam em aquisições padronizadas e de menor valor unitário.

Entretanto, os estudos do projeto básico identificam as solicitações impostas aos equipamentos pela sua interação com a rede elétrica. Toda vez que estas solicitações são superiores àquelas normalizadas, devem ser consideradas na especificação dos equipamentos.

De forma análoga a classificação adotada para os estudos de sistema e de manobra, foi adotada conceituação semelhante para a avaliação do grau de conformidade das especificações de equipamentos:

- ✓ Especificação adequada, atendendo as necessidades da etapa de projeto básico, tanto em abrangência quanto em detalhamento, resultando coordenada com as solicitações identificadas pelos estudos;
- ✓ Especificação adequada com solicitação de esclarecimentos ou pequenas complementações;
- ✓ Especificação efetuada em desacordo com a norma ou com a utilização de norma não adequada ou de versão anterior;
- ✓ Especificação inadequada ou incompleta omitindo itens da norma e/ou do anexo técnico do edital;
- ✓ Especificação não correspondendo às recomendações dos estudos elétricos ou não existe estudo para subsidiar a especificação;
- ✓ Não apresentação de modelos para utilização em ferramentas de simulação de sistema ou softwares, associados ao equipamento;
- ✓ Especificação descaracterizada do contexto técnico do projeto básico da instalação;
- ✓ Especificação não apresentada.

A Figura 3, a seguir, apresenta o resultado da análise dos estudos de sistema recebidos para a análise.

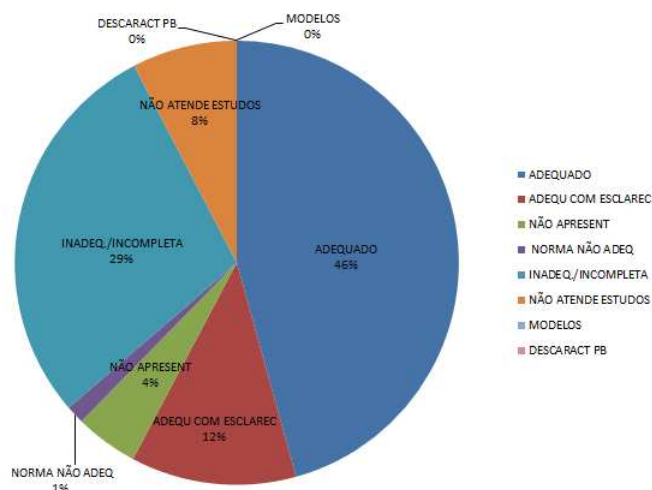


FIGURA 3 – Resultados da Análise da Especificação de Equipamentos

As avaliações de equipamentos foram agrupadas também por equipamento (transformadores, disjuntores, seccionadores, compensação série, estática, etc..), disposição física (arranjo de barramento), ou ainda por características gerais (NBI, tensão nominal, corrente nominal).

Quando se analisam os equipamentos principais, tais como disjuntores e transformadores, identifica-se uma possível descordenação entre o grupo que realiza os estudos e o grupo responsável pela especificação e compra de equipamentos, conforme demonstra de forma clara a Figura 4. Os equipamentos são especificados sem que sejam atendidos os resultados obtidos nos estudos do próprio projeto.

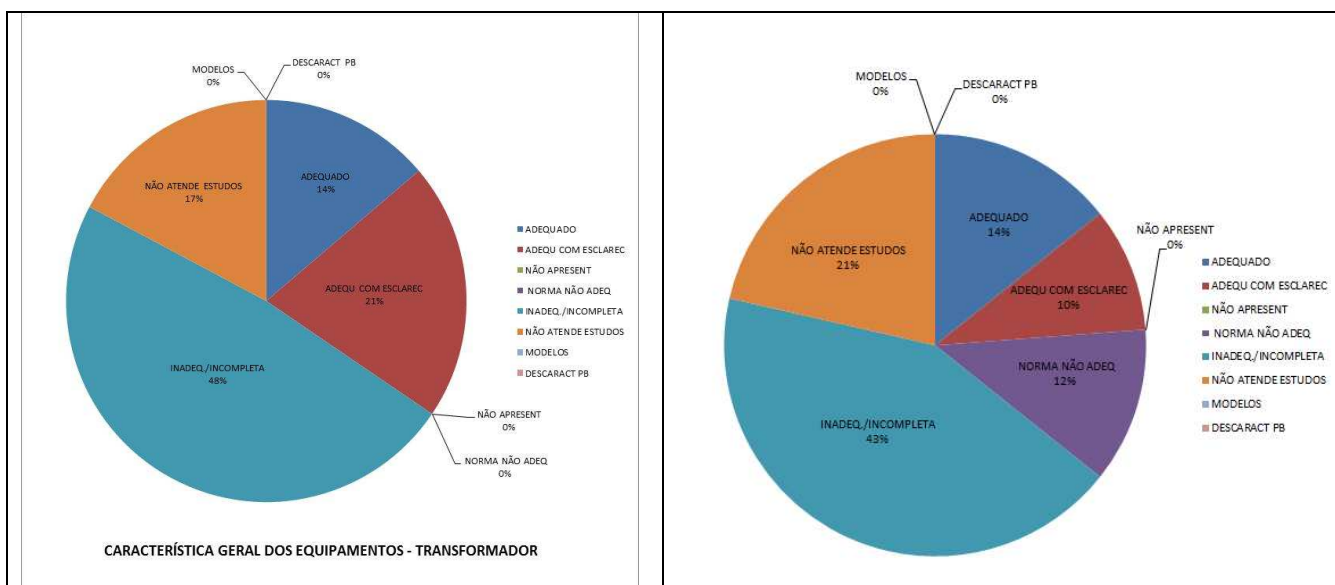


FIGURA 4 – Especificação de Transformadores (esquerda) e Disjuntores (direita)

Chama a atenção o nível de inadequação na especificação de equipamentos que se utilizam de eletrônica de potência, tais como, por exemplo, compensação série e compensação estática, conforme ilustram a Figura 5.

No que diz respeito à compensação estática, é fundamental que a especificação dos filtros seja definida o mais rapidamente possível e ela depende de um estudo de desempenho harmônico. A demonstração das perdas e o dimensionamento do circuito principal do SVC, geralmente elaborada pelo fabricante, também fazem parte dos documentos necessários à aprovação do projeto. Os modelos de simulação também devem ser entregues.

No que diz respeito a compensação série, o dimensionamento do seu circuito principal, incluindo os MOVs, demonstrando que este equipamento permanecerá em operação para faltas externas e durante a primeira tentativa de religamento monopolar é fundamental e se constitui no quesito principal de não atendimento aos requisitos estabelecidos no Anexo Técnico. Os modelos de simulação também devem ser colocados à disposição pela Transmissora.

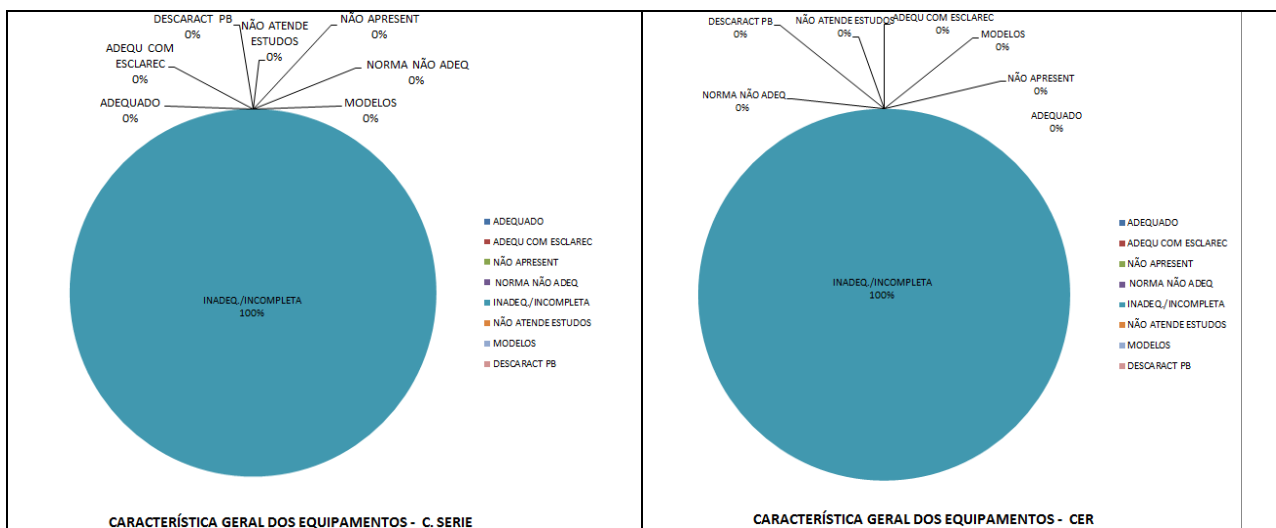


FIGURA 5 – Especificação de Compensação série e estática

### 2.3 Projeto de linhas de transmissão

O planejamento, indica uma configuração básica para a linha de transmissão com a otimização dos cabos condutores. A transmissora pode propor uma configuração alternativa, com condutores diferentes, desde que os desempenhos elétricos e mecânicos sejam, no mínimo, iguais aos da configuração básica. O projeto básico de uma linha de transmissão compreende as seguintes etapas:

- ✓ Levantamento dos parâmetros meteorológicos;
- ✓ Escolha do condutor;
- ✓ Cálculo das capacidades operativas;
- ✓ Cálculo da capacidade de corrente dos cabos para-raios e definição dos pontos de troca de bitola;
- ✓ Avaliação das perdas de potência ativa no condutor e nos cabos para-raios;
- ✓ Avaliação dos desequilíbrios de tensão e da necessidade de transposição das fases;
- ✓ Estudo de coordenação de isolamento e definição dos espaçamentos fase-terra e entre fases no topo da estrutura;
- ✓ Cálculo dos parâmetros elétricos;
- ✓ Determinação da largura da faixa de passagem;
- ✓ Cálculo das distâncias de segurança do condutor ao solo e do condutor a obstáculos;
- ✓ Cálculo mecânico dos cabos;
- ✓ Definição da série de estruturas, hipóteses de carregamento e árvores de carga;
- ✓ Definição do sistema de aterramento das estruturas;
- ✓ Definição das fundações típicas.

A Figura 6, a seguir, apresenta o resultado da análise global dos projetos básicos de linhas de transmissão, considerando todos os requisitos, pertencentes a 42 lotes de 5 leilões de transmissão da ANEEL..

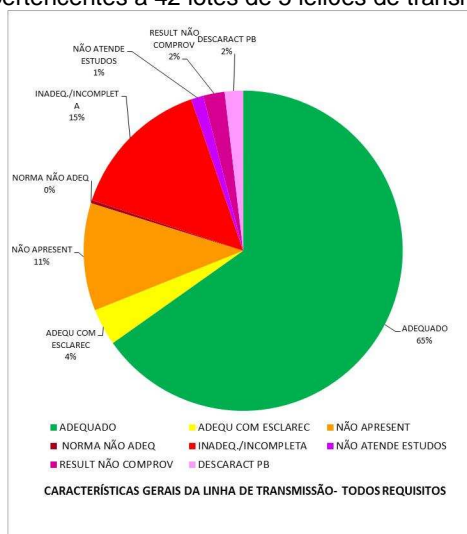


FIGURA 6 – Análise global de linhas de transmissão considerando todos os requisitos

Os itens nos quais se verificou um maior grau de não conformidade foram: desequilíbrios de tensão (62%), planta do traçado (59%), coordenação de isolamento – Descargas atmosféricas (53%) e coordenação de isolamento – Manobras (50%).

Os requisitos com maior grau de conformidade são aqueles que tratam das avaliações de sistemas de amortecimento (92%), fundações (84%) e dimensionamento dos suportes (79%).

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Considerando-se a implantação de um empreendimento de transmissão, cuja concessão tenha sido obtida em leilão ANEEL, para que o projeto, especificação, aquisições de equipamentos e instalações e construção atendam aos cronogramas estabelecidos no edital, faz-se necessário que a etapa de análise e aprovação de projeto básico seja realizada da forma mais célere possível. Apenas os projetos classificados na primeira revisão como adequados ou adequados com solicitação de esclarecimentos ou pequenas complementações são compatíveis com as necessidades de um cronograma de aquisições de equipamentos e instalações que não gerem impactos ao desenvolvimento de um novo empreendimento de transmissão.

Tomando por base o exposto no parágrafo anterior, os percentuais de inadequação dos diferentes itens relacionados aos projetos básicos da transmissão, em sua versão original, obtidos pelo levantamento apresentado neste artigo, entre 42 projetos analisados são, a saber, 42% dos estudos de sistema, 49% dos estudos de manobra, 42% das especificações de equipamentos e 31% dos projetos de linha de transmissão.

Tal resultado tem como consequência que apenas uma pequena parcela dos empreendimentos de transmissão leiloados atinge os objetivos de prazo para a aprovação da sua completa conformidade na etapa de projeto básico.

Projetos que incluíam eletrônica de potência foram, quase na totalidade inadequados em sua versão original, exigindo diversas interações ONS/ANEEL/Transmissora para a sua adequação aos requisitos estabelecidos nos anexos técnicos e aos Procedimentos de Rede.

Esses resultados levantam algumas questões a serem discutidas como, por exemplo:

- a) Há necessidade melhor coordenação e avaliação técnica da execução simultânea dos diversos grupos de trabalho que compõem a execução de um projeto básico, aperfeiçoando o fluxo de informações entre estes grupos, que deve garantir que as premissas adotadas e resultados obtidos, por cada grupo, permeiem todas as equipes envolvidas;
- b) Nos casos de Lotes em que existam compensadores estáticos e compensação série, é necessária a disponibilização dos estudos de dimensionamento dentro da janela de tempo adequada, enquanto ainda há tempo hábil para que se avalie a necessidade de alguma adequação no projeto em função da sua interação com o sistema elétrico. A obtenção deste intento pode passar pela necessidade de cláusulas contratuais específicas entre a Transmissora e seus fornecedores.
- c) Necessidade de que se avalie a possibilidade de redução no grau de funcionalidade nos editais de algumas das características dos equipamentos principais, que sejam fator constante de revisões e que tenham impacto no cronograma de aquisição de equipamentos, passando a definir claramente o seu valor. Nesse caso se enquadra, por exemplo, a corrente nominal de barramentos e de equipamentos de manobra.
- d) Necessidade de disseminação de conhecimento relativo a elaboração de projetos básicos, que englobe a descrição das principais diretrizes e metodologias associadas aos diversos estudos de dimensionamento, nas diferentes áreas afetadas.
- e) Padronização, na medida do possível, da forma de apresentação dos diversos projetos, reduzindo o tempo necessário para a sua análise.

Com o objetivo de contribuir para minimizar as questões supra mencionadas o ONS desenvolveu um trabalho denominado *“DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICOS PARA EMPREENDIMENTOS DE TRANSMISSÃO: ESTUDOS ELÉTRICOS, ESPECIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E DE LINHAS DE TRANSMISSÃO”*.

Este trabalho, que já está disponível para download no site do ONS, resultou na confecção de um documento, que poderá ser utilizado por agentes do setor elétrico, consultores e fornecedores de equipamentos e sistemas como material de referência auxiliar para a elaboração de projetos básicos da transmissão. Este documento foi discutido e consolidado juntamente aos Agentes do Setor Elétrico em *workshop* realizado em 2012 pelo ONS.

Este documento, em sua versão inicial abrange os seguintes itens: estudos elétricos, especificação de subestações e equipamentos, estudos e dimensionamento básico de linhas de transmissão. Os aspectos operacionais (supervisão e controle, telecomunicação e proteção) serão objeto de uma segunda edição.



## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Processo de Análise dos Projetos Básicos de Novas Instalações de Transmissão como forma de manter a segurança operativa do SIN, XV ERIAC, 2013, H. Pessoa Oliveira Jr, C. Campinho, A. C. Carvalho, J. A. Martins Jr, H. Arakaki, M. Accioly Lins, S. Cordeiro Sobral, D. Correia
- (2) Diretrizes para Elaboração de Projetos Básicos para Empreendimentos de Transmissão – Operador do Sistema Elétrico - 2013 – Nota Técnica 0003/2013.
- (3) Gomes, R., A Gestão do Sistema de Transmissão do Brasil, Livro publicado pela Editora FGV, 2012
- (4) Procedimentos de Rede, Módulo 2 - Requisitos mínimos para instalações de transmissão e gerenciamento de indicadores de desempenho, – Revisão 2.0, data de vigência de 11/11/2011.
- (5) Procedimento de Rede - Submódulo 23.3 - Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos – Revisão 2.0, data de vigência 11/11/2011.

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Hélio Pessoa nasceu em 1957, no Rio de Janeiro. É engenheiro eletricitista formado pela PUC-RJ em 1982. Trabalhou em Itaipu, Eletronorte e na iniciativa privada em empresas de consultoria (Main e Marte Engenharia). Possui experiência em estudos de planejamento, de operação e de engenharia, envolvendo dimensionamento e aquisição de equipamentos. Especialista em estudos elétricos, com ênfase em modelagens de rede e na interação equipamento-rede trabalha há 12 anos no ONS, sendo que os últimos 9 anos na área responsável pela avaliação de Projetos Básicos e elaboração de Anexos Técnicos de Leilões de Transmissão.



Carlos Campinho nasceu em 1962 em Petrópolis. É engenheiro eletricitista formado pela UCP em 1985. Trabalhou como projetista de linhas de transmissão para empresas de consultoria e de construção de linhas de transmissão e como consultor para o PNUD dentro do Projeto de Eficiência Energética da Eletrobras. Trabalha atualmente no ONS em assuntos relacionados a linhas de transmissão.



Antônio Carlos C. de Carvalho nasceu em 1956 no Rio de Janeiro. É engenheiro formado em 1978 na UFRJ e mestre em sistemas de potência pela COPPE/UFRJ (1984). É membro do CIGRE e é especializado na interação equipamentos-rede. Trabalhou com P&D no CEPEL e em desenvolvimento de equipamentos na ABB. Atualmente ocupa a Gerência de Padrões de Desempenho e Requisitos Mínimos da Rede Básica no ONS.



Humberto Arakaki nasceu em 1943. É engenheiro formado em 1968 na UFRJ, fez o Power System Engineering Course (PSEC 1971-1972) – Schenectedy - USA, trabalhou em Furnas de 1968 até 2002, presta serviços ao ONS desde 2003, na Gerência de Padrões de Desempenho e Requisitos Mínimos das Instalações da Rede Básica.



Sérgio Cordeiro Sobral, nasceu em 07.05.1969 no Rio de Janeiro. É engenheiro eletricitista formado pela Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) em 1993. Foi professor de Sistemas de Potência na PUC entre 1996 e 1997. Recebeu seu Mestrado em Sistema de Potência na PUC-RJ em 1997. Trabalhou para o CEPEL como pesquisador e para a Eletrobras na área de Comercialização de Energia. Trabalha no ONS desde 2001, lotado na Diretoria de Administração dos Serviços da Transmissão. Graduado em MBA em Engenharia Elétrica pela PUC-RJ em 2006.