

**UNIÃO DINÂMICA DE FACULDADES CATARATAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**RECONSTRUÇÃO EMERGENCIAL DE ESTRUTURAS DE  
LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
ATINGIDAS POR QUEDA ACIDENTAL**

**ALECSANDRO BROIO OLIVEIRA**

**FOZ DO IGUAÇU  
2007**

**ALECSANDRO BROIO OLIVEIRA**

**RECONSTRUÇÃO EMERGENCIAL DE ESTRUTURAS DE  
LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
ATINGIDAS POR QUEDA ACIDENTAL**

Trabalho Final de Graduação, apresentado à banca examinadora do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da União Dinâmica de Faculdades Cataratas – UDC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Dr. Elídio de Carvalho Lobão.

**FOZ DO IGUAÇU**

**2007**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**UNIÃO DINÂMICA DE FACULDADES CATARATAS**

**RECONSTRUÇÃO EMERGENCIAL DE ESTRUTURAS DE  
LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
ATINGIDAS POR QUEDA ACIDENTAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE  
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL**

---

**Alecsandro Broio Oliveira**

---

**Orientador: Prof. Dr. Elídio de Carvalho Lobão**

---

**Nota Final**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Daniel Salinas**

---

**Prof. Dr. Sérgio Dalmás**

**Foz do Iguaçu, 22 de novembro de 2007.**

Dedico este trabalho a minha esposa, que já tem a promessa a mais de quatro anos, de um casamento "integral", ainda não conseguido até o momento devido ao tempo despendido neste objetivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a Deus primeiramente, pela saúde e pelas pessoas colocadas em meu caminho. Dávila para agregar forças para o cumprimento de nossas metas na vida.

Aos meus pais, que propiciaram as bases morais e éticas que utilizo até hoje em minha vida. Em especial, ao meu pai, meu exemplo profissional, e que mesmo sem grandes oportunidades de estudo soube aprender seu ofício e exercer com maestria. Também, em especial, a minha mãe, que mesmo diante das dificuldades sempre primou em me deixar um rico legado, a educação.

Aos professores, que mesmo com seus vastos conhecimentos em suas áreas específicas, conseguiram compreender nosso ritmo de aprendizado, diante da dificuldade do estudo noturno, mas que no fim conseguiam cumprir seus conteúdos.

Aos amigos de Furnas, já impossível de enumerá-los, que sempre quando solicitados não pouparam esforços em me atender tanto profissionalmente quanto academicamente.

Aos amigos de turma, companheiros desta batalha de cinco anos, já combalidos e cansados da “peleia”, e em recordação aos que não conseguiram (pelo menos por enquanto), completar esta meta.

Aos familiares, pela compreensão do chegar atrasado ou até mesmo não comparecer aos “eventos” (almoços, jantares, festas, etc.), sempre em virtude desse objetivo maior que agora se conclui.

*“Tem gente que sonha com realizações importantes, e há quem vai lá e realiza.”*

George Bernard Shaw

## RESUMO

Neste trabalho busca-se analisar e avaliar os métodos reconstitutivos de estruturas de linhas de transmissão disponíveis em Furnas Centrais Elétricas S.A. e utilizando ferramentas de planejamento, como o software MS-Project, para que realizando a análise das ocorrências históricas se possa verificar os caminhos críticos de restauração dos sistemas de transmissão e prever as possíveis hipóteses de reincidência de acidentes envolvendo queda de estruturas de linhas de transmissão, objetivando manter preparada a Empresa quanto a futuras demandas. Um fator que impulsiona a motivação para este trabalho é a possível inclusão, futuramente, das instalações mais antigas, como o Sistema de Transmissão da Usina Hidrelétrica de Itaipu, na nova regulamentação que penaliza as empresas pelo tempo excedente a um padrão fixo de indisponibilidade de suas instalações. Com o avanço tecnológico e surgimento de novas opções de recomposição dessas estruturas é imprescindível que estes sejam estudados e sistematizados de forma a agilizar a tomada de decisão técnica e sistêmica quanto a melhor opção para recomposição da linha ou sistema atingido.

Palavras-chave: Planejamento. Linhas de transmissão. Estruturas. Recuperação. Sistemas. Emergência.

## **ABSTRACT**

In this job search is analyzed and evaluated the reconstructive methods structures of transmission lines available in Furnas Centrais Elétricas S.A. Using planning tools, such as software MS-Project, so that doing the analysis of historical events it can be checked the critical paths for the restoration of transmission systems and predict the possible chances of repeating accidents involving loss of structures for transmission lines, aiming to maintain the Company prepared for future demands. One factor that drives the motivation for this work is the possible inclusion in future of older plants, such as the System of Transmission of the Itaipu Hydro-Power Plant, in the new legislation that penalizes companies for the time surplus to a fixed pattern of unavailability of their installations. With technological advances and emergence of new options for rebuilding these structures is essential that they be studied and systematic in order to expedite decision-making technical and systemic as the best option for rebuilding the line or system achieved.

Key-words: Planning. Transmission lines. Structures. Restoration. Systems. Emergency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de geração e transmissão de FURNAS e destaque do sistema de transmissão da UHE Itaipu.....	15
Figura 2 – Sistema de transmissão de energia elétrica da UHE Itaipu. ....	16
Figura 3 – Torre estaiada 750kV CA .....	17
Figura 4 – Torre autoportante 750kV CA .....	17
Figura 5 – Torre estaiada 600kV CC.....	18
Figura 6 – Torre autoportante 750kV CC .....	19
Figura 7 – Seqüência de montagem manual de estrutura de linha de transmissão. .	20
Figura 8 – Seqüência de montagem de estrutura de linhas de transmissão por guindaste. Fonte: Arquivo Furnas. ....	21
Figura 9 – Exemplos de torres de emergência.....	22
Figura 10 – Torre de emergência adquirida por Furnas. ....	22
Figura 11 – Gráfico do padrão de recuperação para estruturas estaiadas .....	35
Figura 12 - Gráfico do padrão de recuperação para estruturas autoportantes.....	35
Figura 13 - Gráfico do padrão de recuperação simulado para estruturas estaiadas e autoportantes em igual quantidade .....	36
Figura 14 – Gráfico comparativo entre o TRH e a RN270 para estruturas estaiadas. ....	37
Figura 15 – Gráfico comparativo entre o TRH e a RN270 para estruturas autoportantes. ....	37
Figura 16 – Gráfico comparativo entre o TRH e a RN270 para estruturas estaiadas e autoportantes. ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Histórico temporal de quedas de torres, suas causas, tipologia e prioridades.....	23
Tabela 2 – Decisões de recuperação por subsistema e quantidade de circuitos em operação .....	33
Tabela 3 – Níveis de emergência e quantitativos de equipes e técnicos. ....	39

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 OBJETIVOS .....	14
3 O SISTEMA DE TRANSMISSÃO .....	15
3.1 Dimensão e Localização Geográfica .....	15
3.2 Tipologia das Estruturas .....	16
3.2.1 Estruturas 750kV CA .....	16
3.2.2 Estruturas 600kV CC .....	18
3.3 Métodos Construtivos .....	19
3.3.1 Montagem manual .....	20
3.3.2 Montagem com guindaste .....	21
3.4 Torre de Emergência .....	22
3.5 Histórico de Acidentes .....	23
3.6 Configuração dos Acidentes .....	24
3.7 Prioridade de Atendimento .....	24
3.8 Padrões Históricos de Restabelecimento .....	25
3.9 Parcela Variável (PV) incidente sobre a Receita Anual Permitida (RAP) .....	25
4 REFERENCIAL TEÓRICO .....	27
4.1 Normas de Vento .....	27
4.2 Planos e Planejamento .....	27
4.3 Manutenção .....	28
4.3.1 Confiabilidade .....	29
4.4 Legislação do Setor Elétrico .....	29
4.4.1 Rede básica .....	29
4.4.2 Resolução normativa 270/2007 da ANEEL .....	29
5 PROPOSTAS .....	31
5.1 Sistematização da Tomada de Decisão .....	32
5.1.1 Restrição energética por subsistema .....	32
5.1.2 Extensão do dano por circuito .....	33
5.2 Tempo Histórico de Restabelecimento (TRH) versus Resolução 270/2007 da ANEEL .....	36
5.3 Utilização de Torre de Emergência .....	38
5.4 Gerenciamento da Obra .....	39
6 CONCLUSÃO .....	40
7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	41
8 REFERÊNCIAS .....	42
ANEXOS .....	43
ANEXO I – Resolução Normativa 270/2007 da ANEEL .....	44

ANEXO II – Gráfico de Gantt do Projeto de Montagem de Torre de Emergência Turno Normal (6 – 21h) .....	61
ANEXO III – Gráfico de Gantt do Projeto de Montagem de Torre de Emergência em Turnos (24h).....	63
ANEXO IV – Gráfico de Gantt da Recuperação Emergencial de Santa Terezinha de Itaipu (11/05/1994) .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro vem necessitando cada vez mais de planejamento e gerenciamento adequados, principalmente no tocante à manutenção e operação de seus sistemas. O incremento constante nas taxas de crescimento do consumo da energia elétrica e o novo marco regulatório do setor faz com que a ampliação e, principalmente, a manutenção e operação segura dos atuais parques gerador e transmissor, seja considerada fundamental para o desenvolvimento do País. Fenômenos como o “apagão” elétrico, do início dessa década, não podem voltar a se repetir.

Dentro desse escopo, a transmissão de energia elétrica é sabidamente um grande campo de estudo e aplicação da engenharia civil, que obedecendo aos estudos de parâmetros elétricos e mecânicos, projeta, constrói e mantém suas estruturas de suporte, fundações, faixas de servidão e estradas de acesso. Assim, esta é uma área de estudo caracteristicamente interdisciplinar, o que enriquece grandemente seu estudo.

O que se espera de um sistema de transmissão, é que este proporcione disponibilidade e confiabilidade, ou seja, forneça ou esteja à disposição de fornecer sua função transmissão (FT) o maior tempo possível, assim como, ter um fator de confiança na sua operação, de modo que este tenha uma probabilidade de desempenhar sua função, conforme projeto, durante um tempo pré-determinado.

Como se podem observar, fatores que causem a indisponibilidade ou reduzam a confiabilidade das linhas de transmissão, necessitam ser minimizados. Porém os fenômenos da natureza, falhas humanas e necessidades de intervenção programada nas instalações, não permitem esse cenário ideal. E muitas vezes nos deparamos com a necessidade de recompor essas estruturas de transporte de eletricidade – similarmente ao que faríamos recuperando outras estruturas de transporte, como estradas, rodovias, ferrovias, gasodutos, oleodutos, entre outros, após acidentes causados tanto pela natureza (vendavais, enchentes, erosões e degradação de materiais), quanto pelo homem (colisões, furtos, vandalismos e atentados).

Existe, dessa forma, a necessidade de se criar e manter planos de contingências ou planos de emergência para atendimento a acidentes envolvendo quedas e/ou danos significativos às linhas de transmissão (LTs).

Outro fator a considerar é que um acidente em uma ou mais linhas, podem ou não, causar a interrupção do “sistema de transmissão”, uma vez que essas LTs, em geral, estão associadas de acordo com sua criticidade, com outras linhas, tendo muitas vezes redundâncias que melhoram a confiabilidade e criam alternativas à transmissão.

Quanto ao novo marco regulatório do setor, que nesta década criou as figuras do Operador Nacional do Sistema (ONS) e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), este último regulamentando e licitando as novas e antigas concessões de instalações elétricas e o anterior, gerenciando toda a operação da geração e transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Por sua vez, foram criados os contratos que fixam uma Receita Anual Permitida (RAP) e estipulam multas ou deduções pelas interrupções da geração ou transmissão contratada. No caso das interrupções inesperadas, devido a acidentes, os descontos são maiores do que a das interrupções programadas, porém no caso de casos fortuitos e fora de controle, geralmente causados pela natureza, desde que devidamente justificados estes podem ter prazos de recomposição sem ocorram excessivas deduções aos investidores em transmissão.

Neste contexto, o sistema de Itaipu, operado e mantido por Furnas Centrais Elétricas S.A., sendo o principal tronco de transmissão do País e freqüentemente atingido por acidentes, principalmente na região entre Foz do Iguaçu e Cascavel, se torna um interessante alvo de estudos, quanto ao gerenciamento e planejamento da sua recomposição emergencial.

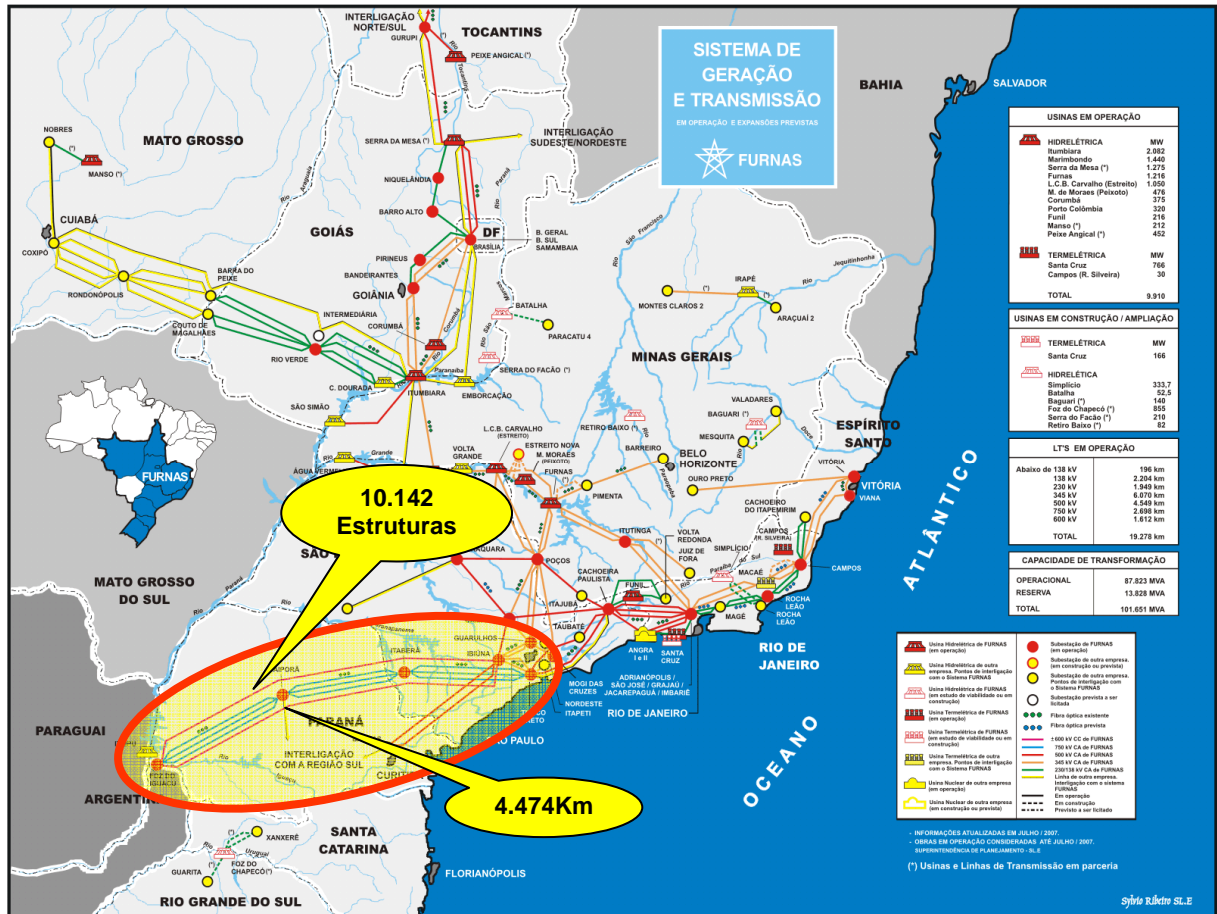
## 2 OBJETIVOS

Dentro do objetivo geral de buscar alternativas para o atendimento à nova regulamentação do setor elétrico, que determina limites para o tempo de recuperação de estruturas atingidas por casos fortuitos ou de força maior, desde que devidamente comprovados tecnicamente, e sendo que sua vigência se dará a partir de junho de 2008, podemos listar então os seguintes objetivos específicos:

- Análise dos métodos reconstitutivos em busca de opções para redução dos tempos de recuperação;
- Verificação se das opções de reconstrução analisadas frente às necessidades de enquadramento às novas regulamentações do setor;
- Como pano de fundo, embora não seja o enfoque do trabalho, este também tem como grande motivação a prevenção financeira da Empresa, concessionária de energia elétrica que poderá vir a ter perdas significativas de suas receitas de transmissão, caso não tenha opções viáveis para o atendimento às necessidades impostas pela nova regulamentação.

### 3 O SISTEMA DE TRANSMISSÃO

#### 3.1 Dimensão e Localização Geográfica

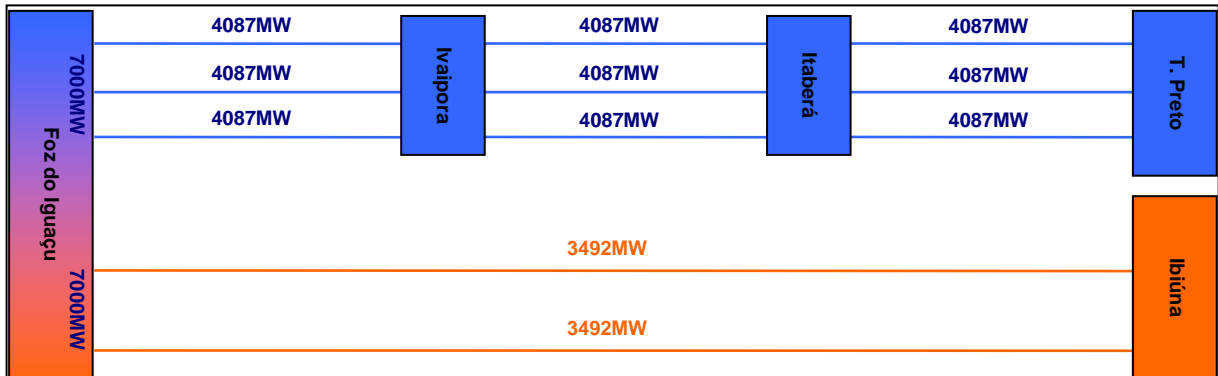


Fonte: Arquivo Furnas.

**Figura 1 – Sistema de geração e transmissão de FURNAS e destaque do sistema de transmissão da UHE Itaipu.**

Primeiramente é necessário entendermos que o sistema em estudo possui atualmente, capacidade de geração de quatorze mil megawatts, sendo metade na frequência paraguaia de cinqüenta Hertz e a outra metade na frequência brasileira de sessenta. A capacidade de transmissão da energia “brasileira” é de pouco mais doze mil e duzentos megawatts, divididos em três circuitos de setecentos e cinqüenta quilovolts, com capacidade de quatro mil e oitenta e sete megawatts, ou seja, apenas dois circuitos conseguem transmitir com folga toda a geração em sessenta ciclos, ficando o terceiro circuito apenas como folga sistêmica. Já a energia “paraguaia” é transmitida através de dois circuitos bipolares de corrente

contínua, operando em seiscentos quilovolts, onde apenas um circuito é capaz de transmitir a quase totalidade da potência de seis mil megawatts. Abaixo ilustração do sistema de transmissão descrito:



Fonte: Arquivo Furnas.

**Figura 2 – Sistema de transmissão de energia elétrica da UHE Itaipu.**

### 3.2 Tipologia das Estruturas

As estruturas utilizadas no sistema de transmissão em estudo são basicamente divididas em dois tipos: estaiadas e autoportantes. Sendo as estaiadas denominadas por “G” (do inglês *guy*), mais um número referente à classe de tensão, sete (750kV) ou oito (600kV), mais um número de subtipo (1, 2 ou 3) e mais uma letra A, B ou C que determina o tipo viga da torre (Ex.: G71B, G83C, etc.). Nas autoportantes, o critério é bastante similar, utilizando um “A” no lugar do “G”, mais o sete ou oito para designar a classe de tensão, mais o número de subtipo de um a três. Porém, no caso das autoportantes de utilização em locais com ângulos expressivos em relação ao eixo de direção da LT, temos as estruturas tipo B, C, D e até E, acrescidas dos números de tensão sete ou oito. Em algumas estruturas também se utiliza mais uma subdivisão para designar se estas são de aplicação em vãos de suspensão (S) ou de ancoragem (A), como veremos na seqüência.

#### 3.2.1 Estruturas 750kV CA

No sistema CA utilizam-se as estaiadas tipo “V”, ou duplo mastro em “V”, conforme pode ser observado na ilustração a seguir:



**Figura 3 – Torre estaiada 750kV CA**

As estruturas do tipo autoportante seguem um conceito bastante comum e amplamente utilizando nas diversas tensões de transmissão em CA, tanto no Brasil quanto no mundo, conforme mostra a ilustração abaixo:



**Figura 4 – Torre autoportante 750kV CA**

Em ambos os casos de estruturas, existem subtipos projetados para atender todas as situações topográficas e de carga previstas e que são assim designadas:

- Estaiadas:
  - G71 (A, B ou C);
  - G72 (A, B ou C);
  - G73 (A, B ou C);
  - T71 (trapézio).
- Autoportantes:
  - A71;
  - A72;
  - A73;
  - AT7 (transposição);
  - B7;
  - C7 (S ou A);
  - D7 (S ou A);
  - E7 (S ou A).

### 3.2.2 Estruturas 600kV CC

As estruturas do sistema de corrente contínua são tipo estaiada em vela ou tipo “I” e autoportantes, bastante similares com as estruturas do sistema CA, porém com o diferencial de não possuírem feixe de cabos central, ou seja, apenas dois pólos laterais. As ilustrações a seguir, exemplificam os dois tipos:



Figura 5 – Torre estaiada 600kV CC



**Figura 6 – Torre autoportante 750kV CC**

No caso das estruturas de 600kV CC, os subtipos projetados são assim designadas:

- Estaiadas:
  - G81A;
  - G82A;
  - G83 (A ou B);
  - G84.
- Autoportantes:
  - A81;
  - A82;
  - B8;
  - C8 (S ou A);
  - D8.

### **3.3 Métodos Construtivos**

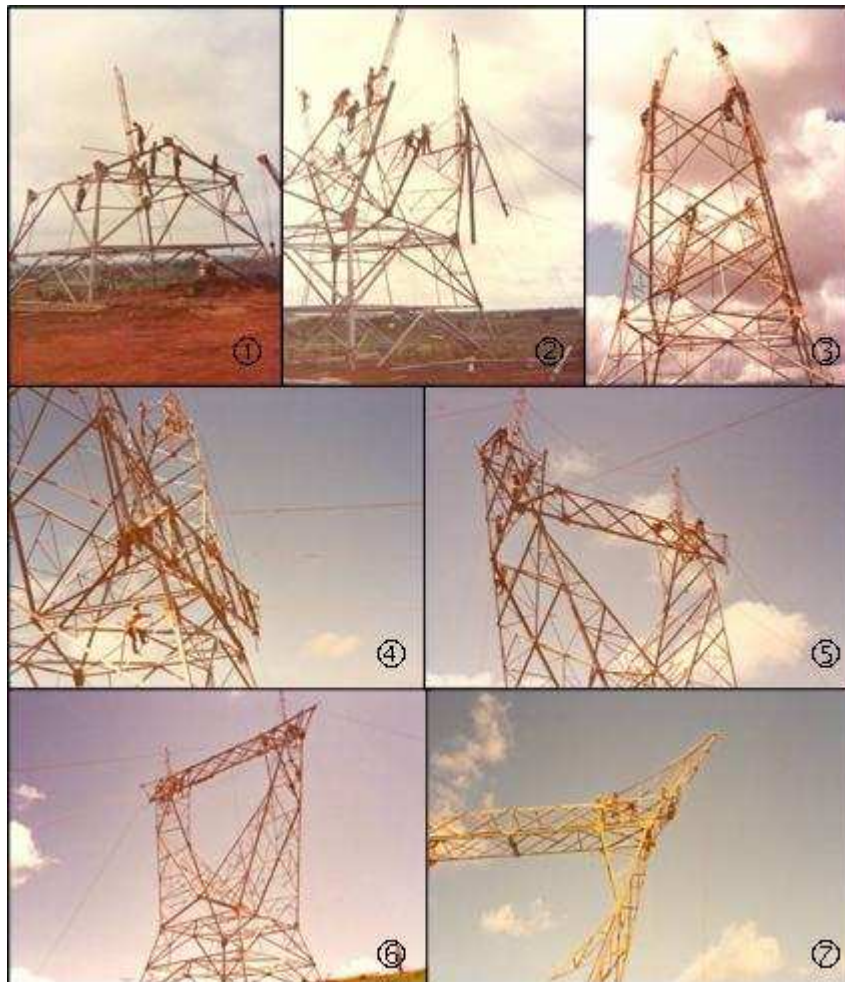
Basicamente são dois os métodos construtivos em uso, a montagem manual ou por máquinas, sendo que, para o caso de reconstrução de estruturas afetadas por queda acidental, ambos podem ser aplicados.

### 3.3.1 Montagem manual

A montagem manual é realizada através da utilização de pré-montagens parciais, de partes relativamente menores, montadas no solo. Desse modo, podem ser içadas manualmente através de polias e “paus de carga”, que nada mais são do que mastros auxiliares treliçados, que se elevam de uma parte da estrutura já montada e acima da altura do próximo módulo pré-montado a ser içado.

Geralmente esse método é utilizado quando a localização topográfica ou as condições temporárias ou permanentes do terreno não permitem a entrada de guindastes, tornando viável apenas o transporte das peças individualmente ou em conjuntos desmontados em pequenos caminhões ou camionetas.

A figura a seguir ilustra uma seqüência de montagem manual.



Fonte: Arquivo Furnas.

**Figura 7 – Seqüência de montagem manual de estrutura de linha de transmissão.**

### 3.3.2 Montagem com guindaste

Nesse tipo de montagem, a possibilidade de acesso de um guindaste de até cento e vinte toneladas ao local de instalação da torre, permite sua pré-montagem total ou em grandes partes no solo, facilitando e agilizando seu tempo total de montagem.

Porém, é fundamental que o acesso ao local da torre seja garantido, uma vez que um terreno muito úmido após chuvas ou muito inclinado, geralmente cria necessidade de infra-estrutura de acesso ou então gera atrasos no posicionamento da máquina, tirando invariavelmente a vantagem sobre a montagem manual.

A figura abaixo, demonstra seqüência de montagem por guindaste.



Fonte: Arquivo Furnas.

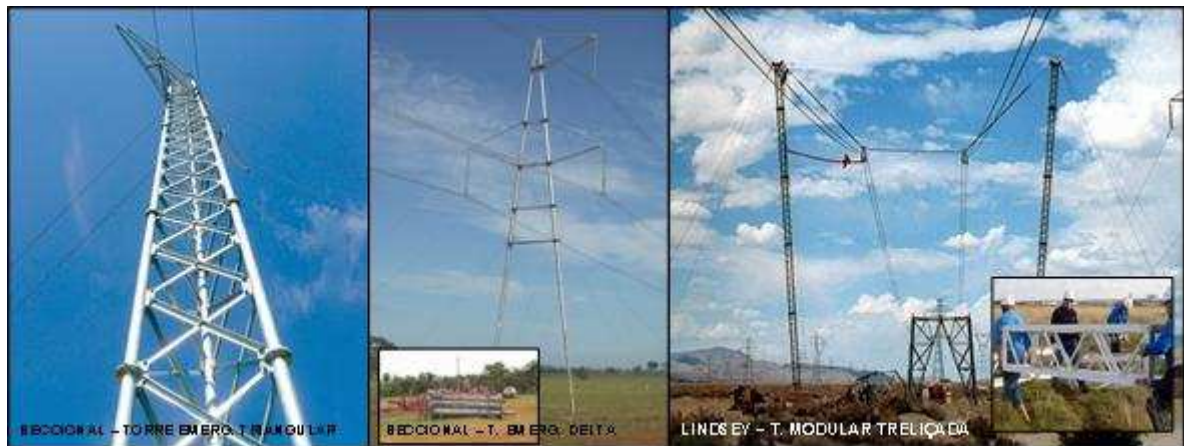
**Figura 8 – Seqüência de montagem de estrutura de linhas de transmissão por guindaste.**  
Fonte: Arquivo Furnas.

### 3.4 Torre de Emergência

As chamadas torres de emergência são como seu próprio nome já diz, estruturas para montagem em situações emergenciais, tendo assim a conotação de serem de fácil e rápida montagem, visando substituir estruturas atingidas por queda acidental.

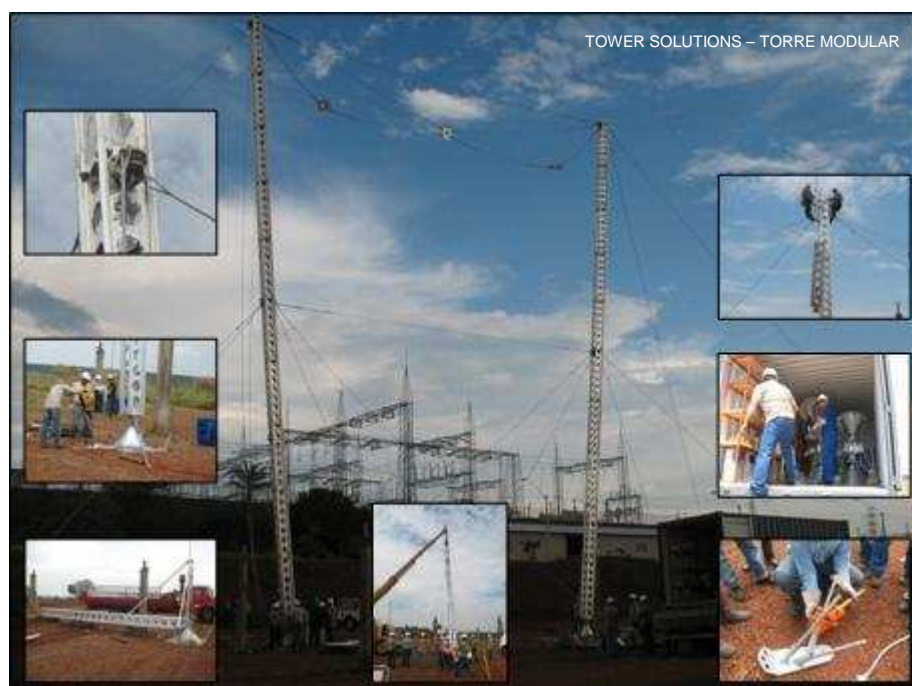
Em geral, estas são modulares e podem ser tubulares, triangulares ou em formato retangular, feitas de aço ou, como as mais modernas, em ligas especiais de alumínio.

Nas figuras a seguir, são demonstrados alguns exemplos de estruturas de emergência e por último o modelo de estrutura adquirida por Furnas.



Fonte: Site das empresas Seccional e Lindsey.

**Figura 9 – Exemplos de torres de emergência.**



**Figura 10 – Torre de emergência adquirida por Furnas.**

### 3.5 Histórico de Acidentes

O sistema de transmissão em estudo possui registrados dezesseis acidentes, sendo que destes apenas a primeira ocorrência não se deu com a linha em operação, ou seja, em funcionamento e energizada. A tabela abaixo, demonstra o nome das linhas, a causa de queda, as datas/horários de acidentes e a quantidade de estruturas envolvidas:

**Tabela 1 – Histórico temporal de quedas de torres, suas causas, tipologia e prioridades**

Nº ACID.	NOME DA LINHA	TORRES	CAUSA	DATA/HORA OCORRÊNCIA	DATA/HORA FIM OCORRÊNCIA	TEMPO FORA DE OPERAÇÃO (H)	TORRES ESTAI.	TORRES AUTOP.	TORRES TOTAL	PRIOR. ATEND.
1	ITABERA-TIJUCO PRETO	20 A 22	VENTO	25-jun-82 0:00	-	-	-	-	3	-
2	FOZ IGUAÇU-IBIUNA 3-4	1703	CHOQUE CAMINHAC	4-nov-87 12:00	7-nov-87 16:47	76h47	1	-	1	-
3	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 2	124	VENTO	31-out-90 20:15	11-nov-90 16:30	254h59	-	1	1	-
4	FOZ IGUAÇU-IBIUNA 3-4	452	VENTO	28-out-92 15:12	31-out-92 19:40	79h08	1	-	1	-
5	IVAIPORA-ITABERA 1	153	VENTO	24-jun-94 16:27	29-jun-94 15:50	119h24	-	1	1	1
	IVAIPORA-ITABERA 2	152 A 154	VENTO	24-jun-94 16:17	6-jul-94 16:37	288h05	-	3	3	2
6	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 2	25 E 26	VENTO	5-nov-94 17:23	12-nov-94 16:02	166h39	2	-	2	-
7	FOZ IGUAÇU-IBIUNA 3-4	459 E 460	VENTO	21-mai-97 20:46	26-mai-97 12:04	111h18	2	-	2	-
8	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 1	178 A 183	VENTO	2-nov-97 7:59	15-nov-97 19:00	322h46	3	3	6	2
	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 2	177 A 180	VENTO	2-nov-97 7:59	8-nov-97 21:00	157h39	4	-	4	1
9	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 1	455 E 456	VENTO	6-abr-98 23:36	12-abr-98 19:02	139h29	1	1	2	1
	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 2	453 A 457	VENTO	6-abr-98 23:36	21-abr-98 19:46	356h12	3	2	5	2
10	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 1	634	EXPLOSAO BASE	13-set-98 7:29	16-set-98 11:09	81h13	1	-	1	-
11	FOZ IGUAÇU-IBIUNA 3-4	1288-1290	VENTO	8-out-98 20:43	17-out-98 17:52	219h18	1	2	3	-
	FOZ IGUAÇU-IBIUNA 3-4	1670-1675	VENTO	8-out-98 20:43	17-out-98 17:52	219h18	4	2	6	-
12	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 3	290	CHOQUE TRATOR	25-jan-04 12:59	30-jan-04 12:46	120h31	1	-	1	-
13	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 1	213 A 216	VENTO	14-jun-05 19:26	29-jun-05 15:57	356h31	3	1	4	2
	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 2	211 A 215	VENTO	14-jun-05 19:26	24-jun-05 15:32	236h06	5	-	5	1
14	FOZ IGUAÇU-IBIUNA 1-2	796	VENTO	4-set-05 15:41	9-set-05 12:35	116h54	-	1	1	-
15	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 2	104 E 227	VENTO	4-out-05 20:38	10-out-05 15:55	139h17	2	-	2	2
	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 3	109 E 110	VENTO	4-out-05 20:40	12-out-05 22:18	193h38	1	1	2	3
	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 1	229	VENTO	4-out-05 21:51	7-out-05 20:09	70h18	1	-	1	1
16	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 3	243	VENTO	1-set-06 18:52	4-set-06 14:09	67h17	1	-	1	1
	FOZ IGUAÇU-IVAIPORÁ 2	241	VENTO	1-set-06 18:58	6-set-06 22:22	123h24	1	-	1	3
	FOZ IGUAÇU-IBIUNA 1-2	248-249	VENTO	1-set-06 19:03	5-set-06 19:17	99h21	2	-	2	2

Fonte: Arquivo FURNAS.

Pode-se observar também, que são vinte e quatro interrupções de linhas, agrupadas em quinze acidentes (já desconsiderando o primeiro acidente com a linha Itaberá-Tijuco Preto 2 ainda em etapa final de construção e comissionamento).

Podemos aferir através dessa tabela, considerando todas as ocorrências que estatisticamente temos uma média de um acidente a cada um ano e meio (0,67 acidentes/ano).

### 3.6 Configuração dos Acidentes

É importante esclarecer que conforme a configuração sistêmica de interrupção, também se altera as prioridades de recuperação devido às restrições energéticas impostas ao SIN.

Assim, temos que os acidentes já tiveram as seguintes configurações sistêmicas de queda, como se pode observar na tabela 1:

- Um bipólo de 600kV CC;
- Um circuito de 750kV CA;
- Dois circuitos de 750kV CA;
- Três circuitos de 750kV CA;
- Dois circuitos de 750kV CA e um de 600kV CC.

No caso dos circuitos de 750kV, responsáveis pela transmissão da energia “brasileira” (60Hz), a restrição somente existe a partir da queda de dois circuitos.

Desta forma, nota-se que nas últimas três configurações elencadas “existe” restrição na transmissão, pois causam redução da potência de 6000MW da transmissão possível (dos 7000MW totais da geração).

Já no caso dos circuitos de 600kV CC, embora um circuito funcione como *backup* do outro, podendo transmitir mais de 90% dos dois circuitos bipolares em apenas um, a confiabilidade de transmitir toda a energia “paraguaia” (50Hz) em apenas um bipólo fica bastante comprometida.

Destarte, observamos que esse sistema jamais chegou à totalidade da interrupção da transmissão devido à queda de estruturas.

### 3.7 Prioridade de Atendimento

Analisando a tabela 1 se pôde observar a seqüência dos tempos de atendimento, verificar a lógica de priorização de recuperação executada para os acidentes envolvendo mais de um circuito.

Em todos os casos, os fatores que determinaram a priorização de restabelecimento de um circuito foram o nível de restrição energética (potência que deixa de ser transmitida pela falta de circuitos) por sistema (AC ou CC) e tempo de serviço necessário para recuperação de cada circuito, sendo que os fatores que influenciam grandemente no tempo de recuperação são a quantidade de estruturas caídas por linha e a existência de estruturas autoportantes para recuperação.

As estruturas autoportantes influenciam consideravelmente no tempo de recuperação devido ao volume de serviços requerido. A concepção estrutural dessas estruturas não prevê a existência de “fusível” de segurança em suas pernas, ou seja, não se rompe o montante (ferragem principal) das pernas, o que poderia evitar o empenamento dos montantes da fundação quando da queda da torre. Com isso, em geral, é necessário refazer as fundações, reescavando, reinstalando fundações metálicas novas e refazendo o aterro compactado.

### **3.8 Padrões Históricos de Restabelecimento**

Analisando estatisticamente os tempos de recuperação históricos contidos na tabela 1, pôde-se concluir que existe um padrão médio de tempo de restabelecimento para recuperação com estruturas definitivas, conforme foi executado em todos os casos analisados.

Em geral, para recuperação de estruturas estaiadas, se necessitou de um dia por torre e para as autoportantes de três dias. Também foram gastos uma média de mais dois dias para localização e mobilização das equipes de manutenção.

### **3.9 Parcela Variável (PV) incidente sobre a Receita Anual Permitida (RAP)**

Conforme já mencionado e para se ter uma noção aproximada da diferença de valores das deduções aplicadas sobre uma FT, podemos exemplificar com o caso da LT 500kV CA Bateias(PR)-Ibiúna(SP) (concedida já como “linha nova”, dentro dos novos moldes de regulamentação da ANEEL). Onde uma hora de desligamento não programado custa mais de setecentos e oitenta e seis mil reais, enquanto essa mesma hora de desligamento se programado custa pouco mais de

cinquenta e dois mil reais. Ou seja, um desligamento não programado custa uma dedução da RAP de mais de quinze vezes o valor de um desligamento programado.

De acordo com a nova Resolução Normativa 270/2007 da ANEEL (RN270), que se aplica às “linhas antigas” a tendência é que os valores dessas deduções sejam menores, porém proporcionalmente similares ao já aplicado nas “linhas novas”.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

A motivação para a investigação sobre planos de atendimento à emergências em linhas de transmissão surgiu pela existência de pouca literatura sobre o tema e, principalmente, por própria experiência no setor de manutenção de linhas de transmissão de Furnas, embora existam muitas pesquisas sobre o efeitos dos ventos nas estruturas, ainda pouco se fez no sentido de sistematizar as prioridades de recuperação.

A revisão da literatura será de grande importância para identificar lacunas existentes a respeito do tema proposto e para dar embasamento teórico a esta pesquisa. A seguir, fornece-se uma visão geral sobre o estado da arte dos temas investigados.

### **4.1 Normas de Vento**

Entre os itens importantes a se conhecer quanto aos critérios de projeto temos o “período de retorno” e a “velocidade básica do vento”. Segundo a norma NBR 5422 (1985) o período de retorno é o “intervalo médio entre ocorrências sucessivas de um mesmo evento durante um período de tempo indefinidamente longo e corresponde ao inverso da probabilidade de ocorrência do evento no período de um ano”. A velocidade básica do vento se refere “a um período de retorno de 50 anos, a 10m de altura do solo, com período de integração de 10 minutos e medida em um terreno com grau de rugosidade B”, ou seja, “terreno com obstáculos numerosos e pequenos” (NBR 5422,1985). É sabido que essa altura padrão do solo de 10m se deve a uma padronização mundial dos sensores de vento existentes nos aeródromos, facilitando assim, a aquisição desses dados meteorológicos.

### **4.2 Planos e Planejamento**

Para maximizar a probabilidade de atender os objetivos da Empresa, o planejamento estratégico, que segundo CHIAVENATO e SAPIRO (2003), “é um processo de formulação de estratégias organizacionais no qual se busca a inserção

da organização e de sua missão no ambiente em que ela está atuando”, é estritamente necessário. Dessa forma, deixando o escopo macro e baixando ao nível dos planos para a consecução do estratégico, esses ainda afirmam que “é preciso que, no processo de planejamento estratégico, sejam elaborados de maneira integrada e articulada todos os planos táticos e operacionais da empresa”.

Salientam ainda CHIAVENATO e SAPIRO (2003), que “um plano estratégico é um plano para a ação”, e que é necessário formalizá-lo através de programas específicos, além de requerer “um grande esforço de pessoal e emprego de modelos analíticos para a avaliação, a alocação e o controle de recursos”.

### **4.3 Manutenção**

Segundo as definições comumente utilizadas sobre a classificação do tipo de manutenção temos que, no caso dos acidentes com ou sem queda de estruturas, devem ser tratados como manutenção corretiva não programada ou de emergência, uma vez que a intervenção para o restabelecimento do sistema tem que ser imediata. Nesse sentido discorre SLACK (1996), que “manutenção é o termo utilizado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas cuidando de suas instalações físicas”. Também lembra que esta é imprescindível nas atividades produtivas onde as instalações físicas têm um papel fundamental no seu resultado final. “Em operações como centrais elétricas, hotéis, companhias aéreas e refinarias petroquímicas, as atividades de manutenção serão responsáveis por uma parte significativa do tempo e da atenção da gerencia de produção”. (grifo meu)

Vale salientar aqui que a falha é um problema ocorrido em um componente ou partes que levem a indisponibilidade do sistema, reduzindo assim sua disponibilidade anual, bem como, pode reduzir sua taxa de confiabilidade prevista em projeto.

### **4.3.1 Confiabilidade**

Ainda no campo do projeto e já vislumbrando a manutenção que será necessária logo após a entrada em operação de uma linha de transmissão, a norma IEC 60826 (2003), diz que “a confiabilidade geralmente proposta nos projetos se divide em três níveis, caracterizados pelos períodos de retorno de 50, 150 e 500 anos, para as cargas climáticas limite” (tradução do autor). A norma brasileira (NBR 5422, 1985), se utiliza de, e menciona apenas, o período de retorno de 50 anos.

## **4.4 Legislação do Setor Elétrico**

### **4.4.1 Rede básica**

A denominação “Rede Básica” do sistema interligado nacional (SIN), se refere a todas as instalações de transmissão de energia elétrica, onde incluem-se as linhas de transmissão e suas conexões, como as subestações e usinas de geração, bem como, as respectivas empresas usuárias das instalações. Tal fato se iniciou com a Resolução 66/99 e documentos complementares da ANEEL, que determinou que os até então “contratos de suprimento de energia elétrica devem ser substituídos por contratos iniciais de compra e venda de energia elétrica, contratos de uso dos sistemas de transmissão e contratos de conexão”, submetendo estas instalações à regulação e fiscalização sistemática. Na resolução consta a lista inicial das instalações integrantes da rede básica já em operação ou com entrada prevista até o último dia desse mesmo ano.

### **4.4.2 Resolução normativa 270/2007 da ANEEL**

Essa resolução, conforme Anexo I, “estabelece as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica”, o que na prática quer dizer, determinar as parcelas variáveis por indisponibilidade (PVI), que são as

deduções a serem realizadas no Pagamento Base da RAP por Desligamentos na FT.

Assim ela fixa, por exemplo, que os eventos acidentais fortuitos, como o caso das quedas de torres de linhas de transmissão, têm como padrão de restabelecimento, vinte horas para localização das torres acidentadas, mais vinte horas para recuperação de cada torre atingida. Após esse prazo determinado haverá desconto na forma de PVI da receita da empresa, para aquele empreendimento.

## 5 PROPOSTAS

As propostas que a seguir serão demonstradas, basicamente visam minimizar a subjetividade até então utilizada para a tomada de decisão quanto à recuperação de estruturas de LTs atingidas por ocorrências. Estas ocorrências podem ser maiores ou menores de acordo com sua extensão e restrição energética para o sistema e assim devem possuir planos e planejamento sistêmico adequados para atender às suas emergências.

A sistematização da decisão, ou priorização de atendimento é o primeiro ponto abordado, uma vez que em vários casos, inclusive históricos, não existe capacidade de atendimento simultâneo de todos os circuitos e estruturas atingidas. Os aspectos abordados inicialmente na sistematização da decisão são a priorização quanto à restrição subsistêmica e quanto à extensão dos danos por circuito.

Um dos fatores imprescindíveis para a tomada de decisão é o conhecimento quanto aos tempos necessários à recuperação dos sistemas, de acordo com os diversos métodos construtivos, onde então foi utilizado no estudo a média dos tempos histórico gastos para recuperação de estruturas que podemos chamar de “Tempo de Restabelecimento Histórico” (TRH).

Outro ponto de estudo é a Resolução Normativa 270/2007 (RN270), que irá impor deduções consideráveis a RAP, que conforme já citado, quando as quedas de estruturas de LTs tiverem seus tempos de restabelecimento superando vinte horas para localização da ocorrência e mobilização logística, mais vinte horas por estrutura que tenha sofrido queda.

Paralelamente a esses cenários, os métodos reconstrutivos também tem fundamental papel no estudo, uma vez que podem alterar os tempos de reconstrução dessas estruturas. Embora, até o presente momento todas as recuperações de estruturas tenham sido realizadas com estruturas reserva definitiva, uma outra alternativa se abre a partir da aquisição, neste ano, de torres modulares de emergência, acrescentando assim mais uma variável para o gerenciamento da obra de recuperação.

## 5.1 Sistematização da Tomada de Decisão

Conforme se pôde observar até aqui é necessário, tão logo se conheça a extensão do problema, ou seja, quais as linhas desligadas, a quantidade de torres caídas e avariadas, os tipos das torres caídas (estaiadas ou autoportantes), que se proceda à devida programação do atendimento emergencial, uma vez que a capacidade produtiva das equipes de manutenção é limitada pela quantidade de técnicos, maquinário e pela logística necessária para se atender o que é na verdade um extremo do sistema de transmissão da Empresa.

Visando a sistematização das decisões, observa-se a existência de dois princípios básicos e iniciais para a programação do atendimento, que são a “restrição energética por subsistema” e a “extensão dos danos por circuito”, que serão demonstrados a seguir.

### 5.1.1 Restrição energética por subsistema

Neste primeiro ponto é necessário relacionar quais e quantos circuitos possuem interrupção na FT por subsistema, onde partindo do princípio de que cada circuito possui capacidade ou é responsável pela transmissão de aproximadamente metade da potência de seu subsistema, pode-se adotar então o conceito de coeficientes ou pesos equivalentes. Assim, podemos assumir um peso de meio (0,5) para cada circuito operante após evento com queda de estruturas em pelo menos um dos subsistemas, retratando então para o subsistema de 60Hz que possui três circuitos a soma total de 1,5, ou seja, com a perda de um circuito, que é redundante, ainda se consegue transmitir 100% da potência total, pois um, multiplicado pela potência total do subsistema é igual a ela mesma. No subsistema de 50Hz, atribuindo o mesmo peso 0,5 para cada um dos dois circuitos, obtemos um, ou seja, a perda de um circuito já implica na redução de 50% da potência total – embora se saiba conforme anteriormente explicado que este sistema possui capacidade de transmitir mais de noventa por cento de sua potência em um único circuito, o que porém, não deixa o subsistema operando em sua totalidade, bem como, reduz sua confiabilidade. No entanto, se ocorre igualdade na somatória de pesos dos circuitos operantes, devido ao exposto, “sempre” se dará preferência à recuperação de

circuito do subsistema de 60Hz, excetuando-se somente um caso extremo e nunca ocorrido de interrupção dos cinco circuitos dos dois subsistemas.

Este sistema de avaliação, embora pareça bastante simplificado, confere total realidade quando comparado às decisões históricas, podendo assim ser utilizado pelo gestor da obra de recuperação das estruturas de transmissão de forma segura e confiável.

Destarte, podemos deduzir a seguinte fórmula a ser aplicada em cada subsistema atingido simultaneamente por um evento que interrompa a FT:

$$0,5 \times Nc_{50} \text{ ou } 0,5 \times Nc_{60} \quad \dots(1)$$

onde

$Nc_{50}$  ou  $Nc_{60}$  – número de circuitos operantes do subsistema de 50 ou 60Hz

Na tabela abaixo, se pode observar todas as possíveis tomadas de decisão para a atual configuração do sistema, independentemente do tipo de recuperação escolhida. Neste primeiro momento, apenas é feito a priorização por circuito que melhor restabelece o sistema ou subsistema como um todo.

**Tabela 2 – Decisões de recuperação por subsistema e quantidade de circuitos em operação**

SUBSISTEMA	CIRCUITO	QUEDAS (X) / PESO CIRC. OPERANTE(0,5)										
60hz	3	X	X	X	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	2	X	X	X	X	X	X	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,5	0,5
	Σ	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1,5	1,5
50hz	2	X	0,5	0,5	X	0,5	0,5	X	0,5	0,5	X	0,5
	1	X	X	0,5	X	X	0,5	X	X	0,5	X	X
	Σ	0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5
DECISÃO DE RECUPERAÇÃO (SEQUÊNCIA POR SUBSISTEMA/ QUANT. CIRC.)	1°	50Hz (1)	60Hz (2)	60Hz (3)	50Hz (1)	60Hz (1)	60Hz (2)	50Hz (2)	50Hz (1)	60Hz (1)	50Hz (2)	50Hz (1)
	2°	60Hz (2)	50Hz (1)	-	60Hz (1)	50Hz (1)	-	60Hz (1)	60Hz (1)	-	-	-
	3°	50Hz (1)	60Hz (1)	-	50Hz (1)	60Hz (1)	-	-	-	-	-	-
	4°	60Hz (1)	-	-	60Hz (1)	-	-	-	-	-	-	-

### 5.1.2 Extensão do dano por circuito

Num segundo momento é importante que se saiba qual a previsão em dias ou horas para o restabelecimento da FT de cada circuito afetado, utilizando-se para tal, a base histórica média dos tempos de recuperação de estruturas atingidas por queda, de modo a podermos chegar a fórmulas, que nos fornecerão essas estimativas temporais o mais próximas possível da realidade.

É importante ressaltar que os métodos reconstrutivos utilizados continuam sendo praticamente os mesmos em sua essência, com pequenas

variações não significativas, de modo a permitir a utilização por completo de todos os dados da tabela 1.

Para o cálculo estimativo do tempo necessário para o restabelecimento por circuito, iremos então utilizar as fórmulas abaixo, deduzidas através da conversão do número médio de horas de recuperação em dias, onde temos:

$$Tr = Ne + 2 \quad \dots(2)$$

Onde

*Tr* – tempo de recuperação em dias;

*Ne* – número de estruturas estaiadas sob queda;

Neste caso de queda de estruturas estaiadas, observa-se que o tempo de recuperação de cada estrutura estaiada é de um dia (24h), acrescida de mais dois dias (48h), em média.

$$Tr = Na \times 3 + 2 \quad \dots(3)$$

onde

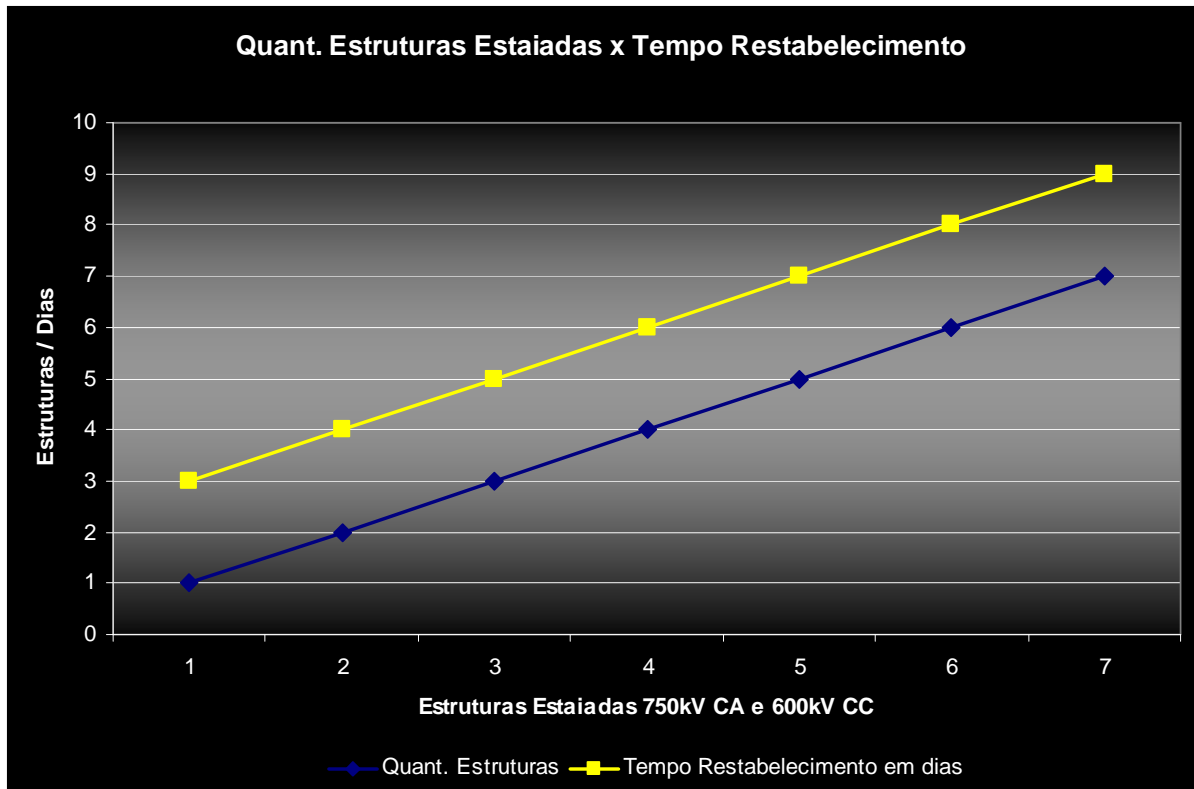
*Na* – número de estruturas autoportantes sob queda.

Já no caso das estruturas autoportantes atingidas por acidentes, o tempo de recuperação é três vezes superior ao das estruturas estaiadas, onde podemos deduzir a fórmula acima.

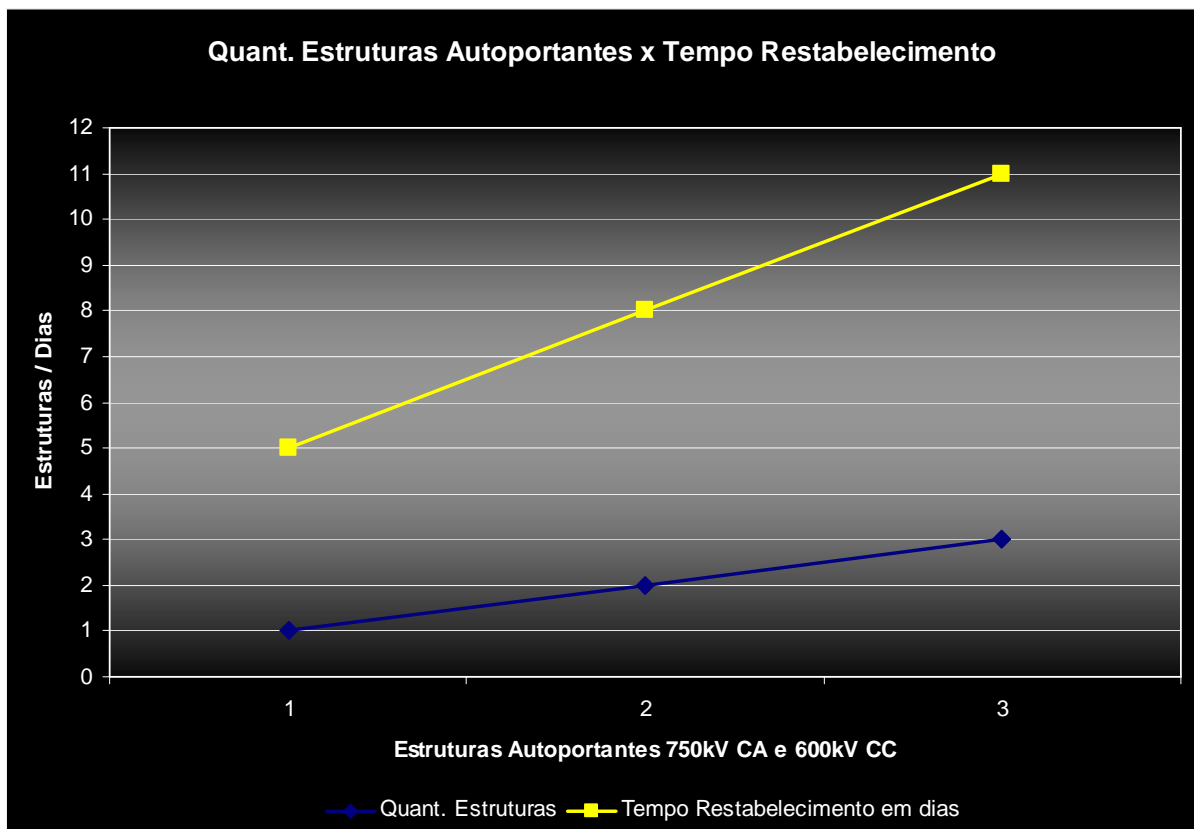
$$Tr = Ne + Na \times 3 + 2 \quad \dots(4)$$

Para o caso de acidentes mistos (queda de estruturas estaiadas e autoportantes) podemos fundir as fórmulas demonstradas em (3) e (4), onde no entanto foi observada a manutenção de apenas dois dias adicionais, em relação ao tempo demandado para recuperação de cada estrutura estaiada (um dia) e cada autoportante (três dias).

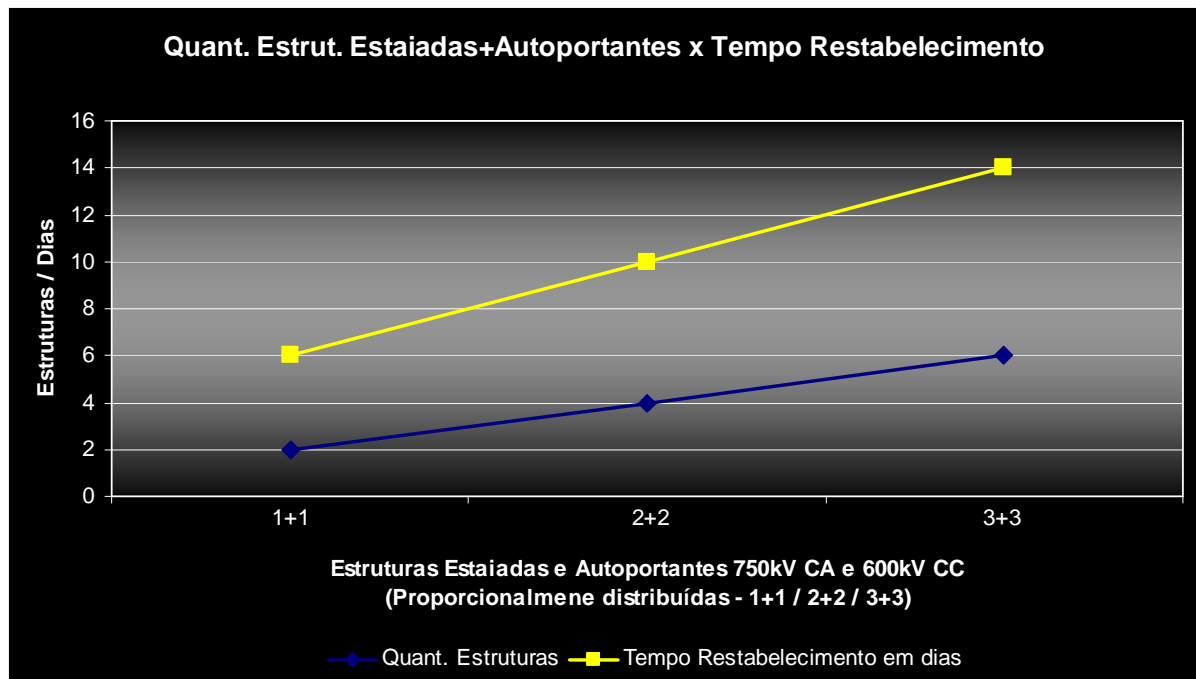
Nas ilustrações abaixo, se pode observar graficamente os tempos médios de recuperação, baseadas nas quantidades estudadas que originaram as fórmulas acima demonstradas.



**Figura 11 – Gráfico do padrão de recuperação para estruturas estaiadas**



**Figura 12 - Gráfico do padrão de recuperação para estruturas autoportantes**



**Figura 13 - Gráfico do padrão de recuperação simulado para estruturas estaiadas e autoportantes em igual quantidade**

## 5.2 Tempo Histórico de Restabelecimento (TRH) versus Resolução 270/2007 da ANEEL

Comparativamente ao TRH, anteriormente apresentado, temos a necessidade de comparar esses tempos com o tempo padrão previsto na RN270 (20h localização/mobilização + 20h por torre) e conhecer assim o *gap*, ou seja, a diferença de tempo entre o TRH e o tempo sem deduções previsto na RN270. Os gráficos abaixo demonstram os intervalos de tempo levantados, sendo que estes serão objeto de busca na redução do tempo total de restabelecimento dos circuitos.

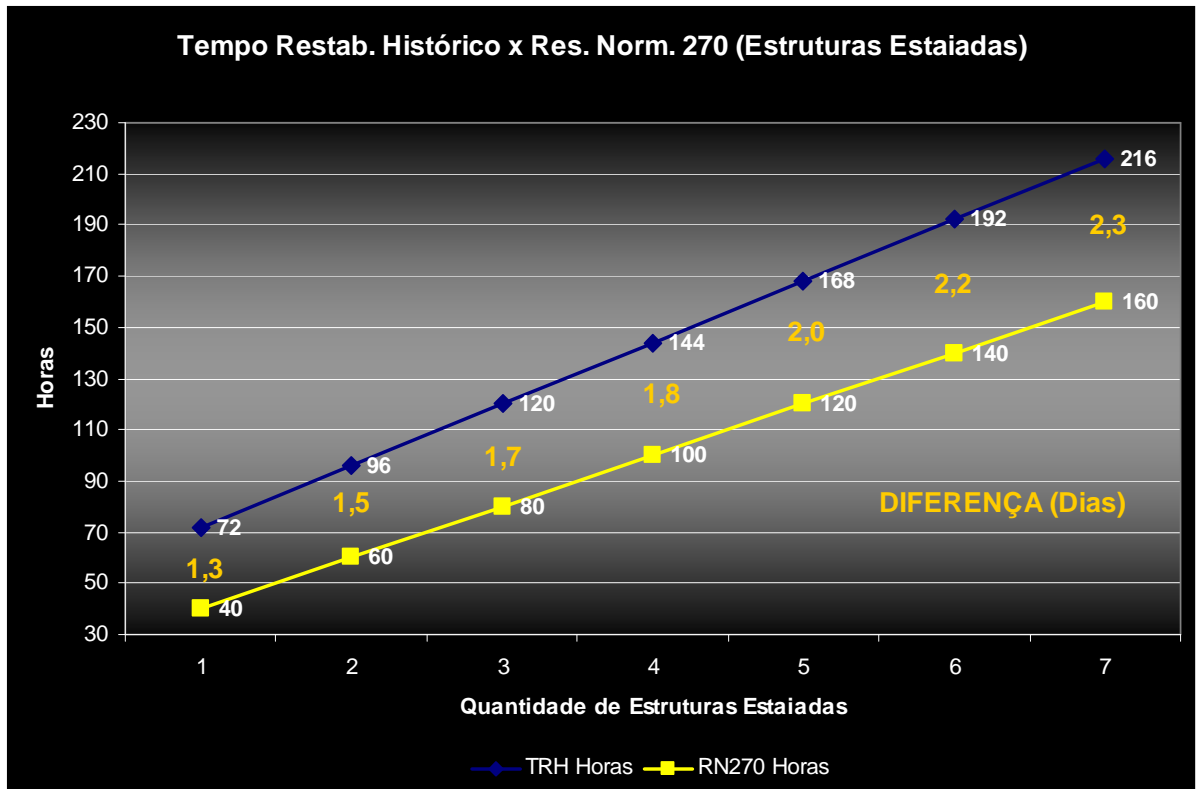


Figura 14 – Gráfico comparativo entre o TRH e a RN270 para estruturas estaiadas.

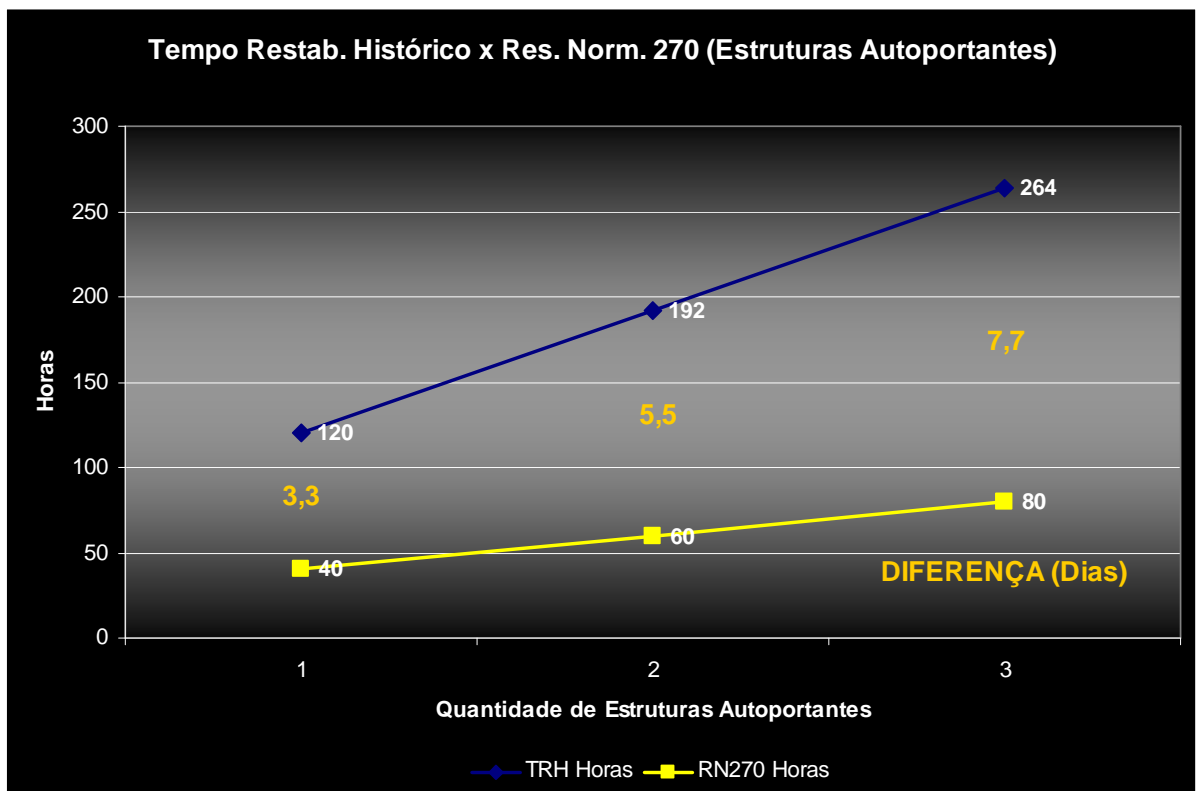
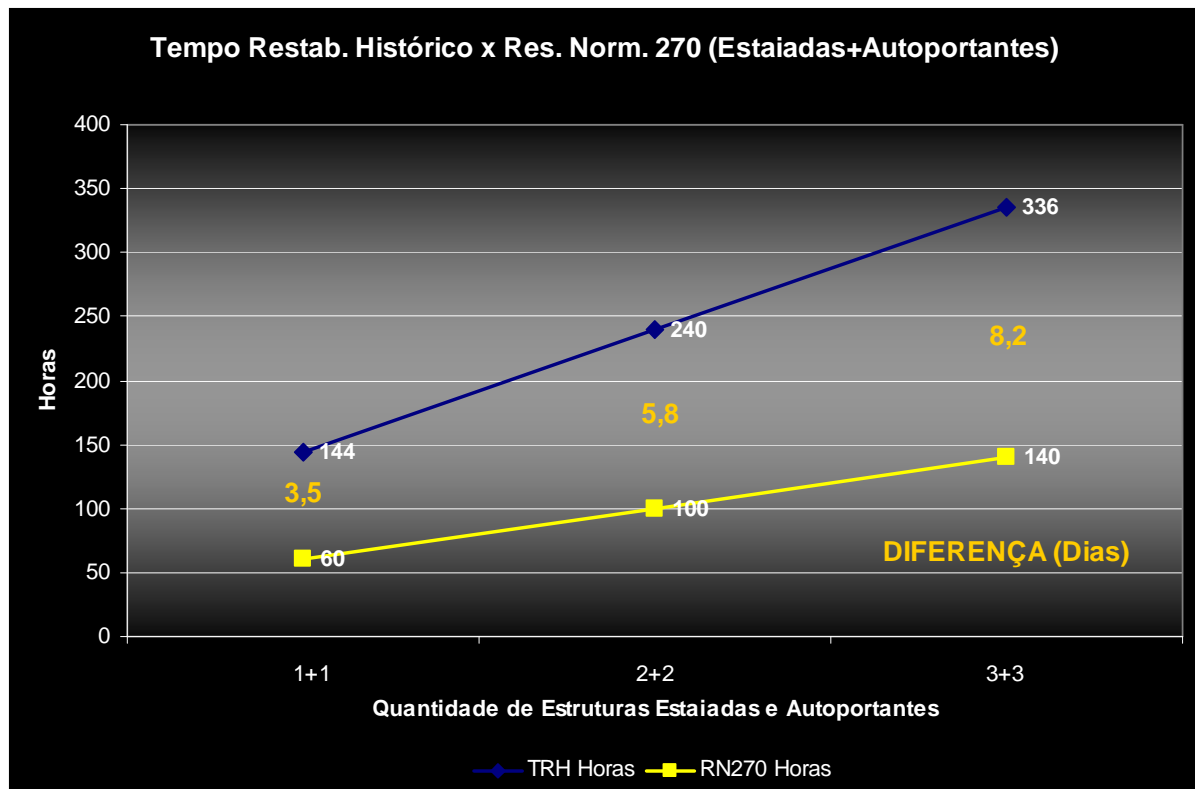


Figura 15 – Gráfico comparativo entre o TRH e a RN270 para estruturas autoportantes.



**Figura 16 – Gráfico comparativo entre o TRH e a RN270 para estruturas estaiadas e autoportantes.**

### 5.3 Utilização de Torre de Emergência

A utilização de torres de emergência, conforme projetos dos Anexos II e III obteve resultados bastante próximos de uma montagem de torre estaiada, conforme os tempos registrados em treinamento, chegando à projeção de 2,65 dias, ou seja, praticamente três dias, já considerando as demais variáveis que geralmente causam atrasos no cronograma. O que coincide com o tempo médio padrão de restabelecimento através da montagem manual das estruturas estaiadas.

Dessa forma, se torna correto afirmar que a utilização de torre de emergência para recomposição do sistema se torna viável a partir do momento em que ocorre a queda de estruturas “autoportantes”, que dependem cerca de cinco dias, utilizando o critério de primeira torre a ser atendida.

## 5.4 Gerenciamento da Obra

Conforme se pode observar no Anexo IV (exemplo), o planejamento e acompanhamento das obras de recuperação seguem basicamente um mesmo roteiro, com atividades de localização, mobilização, desmontagem, topografia, montagem e cabos.

Assim, fica facilitado o controle das etapas de atendimento emergencial de LTs. O dimensionamento das equipes já é definido em virtude da quantidade de técnicos treinados para cada especialidade, conforme o Plano de Atendimento a Emergências em LTs (PAE LTs), que possui basicamente as seguintes quantidades de equipes e integrantes por nível de emergência, conforme tabela abaixo:

**Tabela 3 – Níveis de emergência e quantitativos de equipes e técnicos.**

NÍVEL	MONTAGEM		DESMONTAGEM		CABOS		TOPOGRAFIA		LOCALIZAÇÃO	
	EQUIPES	TÉCNICOS	EQUIPES	TÉCNICOS	EQUIPES	TÉCNICOS	EQUIPES	TÉCNICOS	EQUIPES	TÉCNICOS
1	1	20	1	8	1	6	1	4	2	2
2	2		2		2		2			
3	3		3		3		3			
4	3		3		4		3			
5	3		3		4		3			

Fonte: PAE LTs – FURNAS.

Pela tabela acima se pode totalizar cento e vinte técnicos disponíveis para as atividades de atendimento de emergência, no entanto, em relação ao quantitativo cadastrado no PAE LTs que é de trezentos e quinze técnicos (embora cerca de vinte por cento desse contingente seja de pessoal de apoio administrativo, de telecomunicações, coordenação, supervisão e engenheiros). Desconsiderando estes vinte por cento ainda restam duzentos e cinquenta e dois técnicos cadastrados, o que resulta num total de cento e trinta e dois técnicos que não estão sendo utilizados no PAE LTs e pelo menos teoricamente, também não utilizados nos atendimentos de emergência.

Talvez, na prática tal fato não ocorra, porém pode ser constatado que as equipes de montagem e cabos, fundamentais para a consecução do restabelecimento são as descritas na tabela anterior. Onde, recomenda-se verificar qual o motivo da indisponibilidade desses técnicos para o PAE LTs.

Pode-se de antemão prever algumas razões para isto, como a falta de cadastro no sistema que é totalmente informatizado via tecnologia Web ou também falta dos treinamentos específicos para estes técnicos ainda não utilizados nas equipes.

## 6 CONCLUSÃO

Diante de toda a problemática estudada pôde-se concluir algumas necessidades primárias, de modo a vislumbrar possibilidades de aperfeiçoamento no atual sistema de recuperação emergencial das estruturas, bem como, diante da nova regulamentação (RN270), imprescindível para a não redução de receita (RAP) para a empresa.

Os tempos de recomposição das estruturas estaiadas definitivas, para o tamanho do sistema estudado estão dentro do atual estado da arte na construção destas torres, podendo-se manter sua sistemática de recomposição;

Os tempos de reconstrução das estruturas autoportantes definitivas demandam um tempo maior que o utilizado para a montagem de estrutura temporária de emergência, devendo ser esta última utilizada, já que o custo dos desligamentos posteriores programados para montagem da estrutura definitiva deverá ser relativamente muito menor com a entrada em vigência da RN270 a partir de junho de 2008;

A sistemática de tomada de decisão proposta atende as atuais demandas sistêmicas, priorizando a restauração dos circuitos na ordem de sua maior necessidade para o sistema como um todo. No entanto, este método poderá ser afetado futuramente com a entrada da PV, caso não ocorra nenhuma regulamentação complementar para esse sistema específico, pois prevalecendo o formato atual, mais valerá recuperar os circuitos por extensão de danos em ordem crescente, não importando o quesito sistema, uma vez que isto não é contemplado na RN270.

Para atender os tempos previstos na RN270 será necessário um grande empenho, no sentido de agilizar a mobilização, utilizar maior número de técnicos do sistema e se equipar para trabalhar de forma ininterrupta, por exemplo, com dois turnos de doze horas cada. No quesito equipar serão muito necessárias as torres de iluminação para o trabalho noturno. As necessidades de redução no tempo de recuperação para se adequar à RN270 variam de 1,3 e 8,2 dias, o que só será possível com a adoção de trabalho por turno e torres de emergência conjuntamente.

## **7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

Estudo do impacto financeiro e metodológico da aplicação da Resolução Normativa 270/2007 da ANEEL.

Estudo comparativo das mudanças introduzidas nas concessionárias de transmissão de energia elétrica com a aplicação da Resolução Normativa 270/2007 da ANEEL.

## 8 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. Resolução Normativa 270/2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5422*: Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica - procedimento. Rio de Janeiro, 1985.

CHIAVENATO, I. SAPIRO, A. Planejamento estratégico – fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 60826: Design criteria of overhead transmission lines. Switzerland, 2003.

SLACK, N. et al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1996.

**ANEXOS**

**ANEXO I – Resolução Normativa 270/2007 da ANEEL**

**ANEXO II – Gráfico de Gantt do Projeto de Montagem de Torre de Emergência  
Turno Normal (6 – 21h)**

**ANEXO III – Gráfico de Gantt do Projeto de Montagem de Torre de Emergência  
em Turnos (24h)**

**ANEXO IV – Gráfico de Gantt da Recuperação Emergencial de Santa Terezinha  
de Itaipu (11/05/1994)**