



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

FI/GMI/14  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO – XII**

**GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO – GMI**

**FERRAMENTA CORPORATIVA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO INTEGRADA AO SAP/R3: CASO PRÁTICO  
APLICADO À GESTÃO DA TRANSMISSÃO E GERAÇÃO DA ELETROBRAS ELETRONORTE**

**Marcelo de Melo Araújo (\*)  
ELETROBRAS ELETRONORTE**

**Paulo Roberto Alves Silva  
ELETROBRAS ELETRONORTE**

**Bruno Gomes Gerude  
ELETROBRAS ELETRONORTE**

**RESUMO**

Com as transformações que o setor elétrico brasileiro vem sofrendo ao longo dos últimos 20 anos, as empresas transmissoras e geradoras de energia vêm enfrentando uma série de desafios para gerir seus processos de manutenção. No caso da Eletrobras Eletronorte este cenário também se verifica: grande número de equipamentos nas instalações, dificuldades de priorização de intervenções, gestão dos planos de manutenção, entre outros.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta que foi desenvolvida para auxiliar os mantenedores a enfrentar estes desafios, traduzindo as informações advindas de diversas fontes em indicadores e relatórios que proporcionam mais assertividade no processo decisório.

**PALAVRAS-CHAVE**

Métodos de Priorização, Gestão da Manutenção, Gestão Integrada, Software de Integração

**6.0 - INTRODUÇÃO**

A Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A, Eletronorte, subsidiária do grupo Eletrobras opera e mantém ativos de geração e transmissão da Rede Básica nos Estados do Acre, Rondônia, Amazonas, Roraima, Amapá, Tocantins, Mato Grosso, Pará, Maranhão e São Paulo. Desde então, o crescimento do sistema, aliado ao advento de novas tecnologias e as mudanças na regulamentação do setor elétrico obrigou o processo de manutenção das instalações a sofrer uma série de transformações.

Diante disto, no final da década de 90 a Eletronorte implantou a metodologia da Manutenção Produtiva Total - TPM (*Total Productive Maintenance*) em todas as suas plantas, visando a melhoria e a busca pela excelência no processo de operar e manter.

Paralelamente ao processo de implantação da metodologia TPM, a Eletronorte, a exemplo de diversas empresas do setor passa a utilizar a ferramenta ERP (*Enterprise Resource Planning*) SAP/R3 como software de gestão corporativo.

Neste contexto, o módulo PM, integrante do SAP/R3 é implantado para gestão do processo Manutenção.

(\*) Av. dos Jequitibas, S/N, Cohebe – Bloco Azul – Gerência de Operação e Manutenção – OMAE – CEP 65.043-380 São Luís, MA – Brasil Tel: (+55 98) 3217-5134 – Email: marcelo.araujo2@eletronorte.gov.br

### 1.1 Módulo PM do SAP/R3 aplicado na Eletrobras Eletronorte

O módulo PM, provido como solução em TI para o processo de gestão de manutenção na Eletronorte, foi concebido para integrar todas as etapas e envolver todos os agentes na aprovação e execução das intervenções de manutenção nas instalações da empresa. incluindo a apropriação de custos, documentação dos serviços e o controle de realização do plano de manutenção dos equipamentos.

Para se fazer o planejamento, execução e acompanhamento dos serviços de manutenção sob a responsabilidade das equipes de manutenção alocadas nas gerências regionais, a ferramenta disponibiliza como insumos relatórios que devem então ser tratados para que se produza informação útil e de fácil apreensão.

### 1.2 Antigas Práticas na Gestão da Informação

Antes do desenvolvimento da ferramenta apresentada neste trabalho, a gestão de informações para subsídio de tomada de decisão carecia de padronização, e dependia exclusivamente de levantamentos manuais de dados dos equipamentos em condições críticas (com maior probabilidade de falhar), haja vista a vastidão de informações a serem processadas: registros de anomalias (defeitos), histórico de manutenções, condições operacionais (falhas associadas, restrições, carregamento, etc.)

Desta forma, o gestor não possuía até então uma visão sistêmica das condições dos ativos, ficando a cargo dos engenheiros locais das instalações realizarem pontualmente suas análises sob critérios próprios para subsidiar a tomada de decisão em níveis hierárquicos superiores.

## 2.0 - GRAU DE CONFIABILIDADE DA FUNÇÃO - GCF

Conforme descrito na seção 1.2, as dificuldades para obtenção de uma visão padronizada da situação dos ativos sob o aspecto do risco de se ocorrer uma falha, bem como a classificação destes ativos conforme este critério motivaram o desenvolvimento de uma ferramenta que congregasse as mais relevantes informações para fazer a referida classificação, bem como suplementar algumas informações.

O Grau de Confiabilidade da Função (GCF) foi então definido com um número associado a cada Função de Transmissão/Geração, calculado a partir de uma combinação de índices que traduzem as condições básicas (anomalias), operacionais e de execução do plano de manutenção dos equipamentos pertencentes a estas funções.

O software baseia-se em três dados. O primeiro é um relatório de anomalias e execução dos planos de manutenção dos equipamentos elétricos e eletrônicos que compõem cada instalação cadastrada no SAP/R3 – Módulo PM. A segunda é a base de dados do SAGE – Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia. Esta ferramenta é um sistema supervisor adotado pela Eletronorte para operar equipamentos das subestações. A terceira baseia-se no histórico de ocorrências cadastrados no Info\_Opr.

Esta ferramenta é um aplicativo desenvolvido pela Eletronorte para cadastramento e classificação das ocorrências do sistema, dentre outras funcionalidades. Entretanto, o GCF utiliza apenas o histórico de ocorrências.

O software GCF, a partir destas informações realiza comparações, estratifica e classifica as informações referentes à situação das anomalias, operacionalidade e execução do plano de manutenção dos equipamentos que compõem as Funções de Transmissão/Geração (FT) para cada Regional da empresa.

Não há cálculos probabilísticos ou estatísticos, apenas manipulação das três bases de dados mencionadas. O software é desenvolvido em plataforma Web, o que possibilita ser acessado em qualquer navegador Web que esteja conectado à rede corporativa da empresa. Isto conferiu uma grande agilidade na implantação da ferramenta em toda a empresa, além de trazer a facilidade do ambiente Web, ao qual a maioria dos usuários já está familiarizada.

### 2.1 Etapas de Desenvolvimento

Para implantação da ferramenta, foi necessária a criação de uma base de dados de equipamentos, coerente com o cadastro do SAP/R3, acrescentando-se as informações referentes aos agrupamentos por função de transmissão, conforme Res. ANEEL 191/2005 (1).

Este cadastro, basicamente obedecia aos seguintes critérios:

- Subestação: Qual a SE da Função Transmissão – Ex: SE Imperatriz;
- Função: Descrição do nome da Função Transmissão – Ex: SEIZ-CL701;
- Tensão: Qual a classe de tensão da Função Transmissão – Ex: 500 KV;
- Centro de Planejamento: Qual a Divisão de Transmissão da Função Transmissão – Divisão de Transmissão de Imperatriz, centro de planejamento MA1C.
- Equipamento: Qual o código do equipamento que compõe a Função Transmissão – Ex: 10031919;
- Denominação do Equipamento: Qual o gênero do equipamento que compõem a Função Transmissão – Ex: SECCIONADORA 500 KV;
- Código Operacional: Qual o Código Operacional do Equipamento – Ex: IZSC7-01;
- Início de Operação: Qual a data de início de operação do equipamento – Ex: 24/01/1999.

Esta base de dados resultará em uma estratificação dos equipamentos elétricos e eletrônicos das SE's em Funções Transmissão, ou seja, os equipamentos serão separados em grupos que são as Funções Transmissão (FT).

Por conseguinte, os índices ICB, IAM e ICO foram definidos para composição do GCF, conforme itens 2.1.1 a 2.1.3 a seguir:

#### 2.1.1. ICB

O Índice das Condições Básicas (ICB) é definido a partir das quantidades de notas EA's (eliminação de anomalias) de alta, baixa e média importância de acordo com os requisitos de classificação do SAP/R3 – Modulo PM. Esta classificação é realizada pelo próprio mantenedor/operador que insere a nota de anomalia no SAP/R3 – Modulo PM de acordo com a necessidade.

O ICB é então calculado como uma composição dos números de notas EA de alta, média e baixa importância, ponderados por pesos. O intuito principal é penalizar o indicador conforme se aumenta a quantidade de notas EA para cada equipamento.

#### 2.1.2. ICO

O Índice de Condições Operativas é calculado através de uma composição que considera as seguintes grandezas:

- Tempo de Operação;
- Carregamento;
- Número de Falhas e Desligamentos Forçados;
- Número de Manobras Programadas;
- Número de Restrições Operativas;
- Número de Indisponibilidades Operativas;
- Número de Comutações de Tap.

Os números de falhas e desligamentos forçados, manobras, restrições e indisponibilidades operativas são obtidos via registros do sistema InfoOpr, utilizado pelas áreas de Operação da empresa. Os quantitativos são então mapeados a cada função de transmissão para cômputo do indicador.

Os valores de carregamento e comutação de tap são obtidos via log de eventos do SAGE (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia), utilizado como sistema supervisor para controle e monitoramento.

Tal como o ICB, o ICO é calculado a partir de pontuações atribuídas aos critérios acima, ponderadas por pesos pré-estabelecidos. Quanto mais tempo o equipamento estiver em operação e quanto mais ocorrências de sobrecarga, desligamentos ou números excessivos de comutações de tap, mais o ICO será depreciado.

#### 2.1.3. IAM

O Índice de Atuação da Manutenção (IAM) é calculado levando em consideração o histórico de manutenção dos equipamentos, contemplando as manutenções preditivas (sem desligamento), preventivas (com desligamento) e autônomas (manutenção de primeiro nível realizada sem desligamento pelas equipes de operação).

Estas informações são retiradas do SAP/R3 – Modulo PM, a partir de relatórios do histórico das manutenções e são classificadas para composição do IAM, a partir de atribuição de pontuações para as ocorrências de atrasos na execução dos planos, ponderadas pelo tempo de atraso (quanto mais atrasado, maior a pontuação e maior a depreciação do IAM).

O GCF é então calculado como o produtório dos indicadores ICB, ICO e IAM conforme equação (i) abaixo:

$$GCF = (ICB \times ICO \times IAM) \times 100\% \quad (i)$$

A partir das informações resultantes do item 3.1 (separação dos equipamentos das SE's em Funções) o GCF é calculado para cada equipamento que compõe individualmente. Aquele que apresentar o menor GCF, será o elo mais fraco da FT e consequentemente definirá o GCF da própria Função.

A FT que tiver o menor GCF, definirá o GCF do centro de planejamento e consequentemente o da Regional de Transmissão/Geração. Este cálculo, além das Funções Transmissão, pode ser realizado também para os equipamentos de uma determinada classe de Tensão, assim como para um tipo de equipamento, a fim de identificar, por exemplo, qual o disjuntor de 500kV da SE ou do Centro de Planejamento possui maior criticidade ou qual Função Transmissão – Transformação possui maior criticidade na SE ou Divisão considerando os parâmetros ICB, ICO e IAM.

A ferramenta ainda possui uma correlação do GCF com a RAP – Receita Anual Permitida, de cada FT, que permite relacionar o impacto da criticidade da Função com o retorno financeiro da mesma. Logo, além da criticidade do ponto de vista técnico, a ferramenta considera o ponto de vista financeiro, pois quanto maior a RAP da Função Transmissão, maior será a atenção a ser dada à mesma.

Esta correlação fica estabelecida de forma visual através da classificação do gráfico de barras do GCF a partir de uma escala de cores definida de acordo com a figura 1 abaixo:

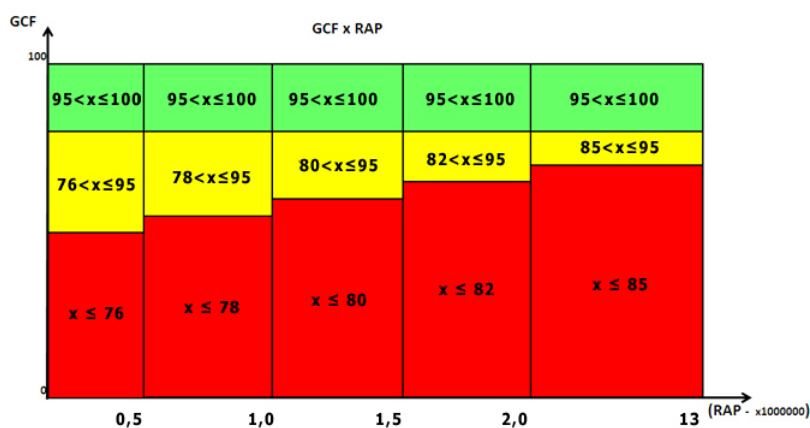


Figura 1 – Atribuição de escala de cores para o gráfico de barras do GCF conforme RAP da FT associada

Nas figuras 2 a 6 são apresentados exemplos dos gráficos e detalhamentos disponibilizados pelo GCF via página web para os envolvidos no processo de manutenção.

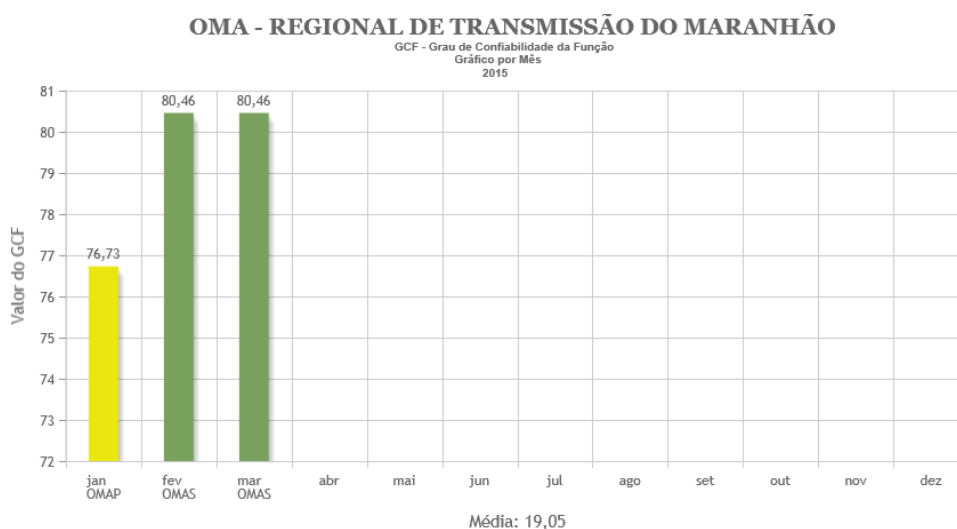


Figura 2 – Evolução histórica do GCF da Regional do Maranhão em 2015

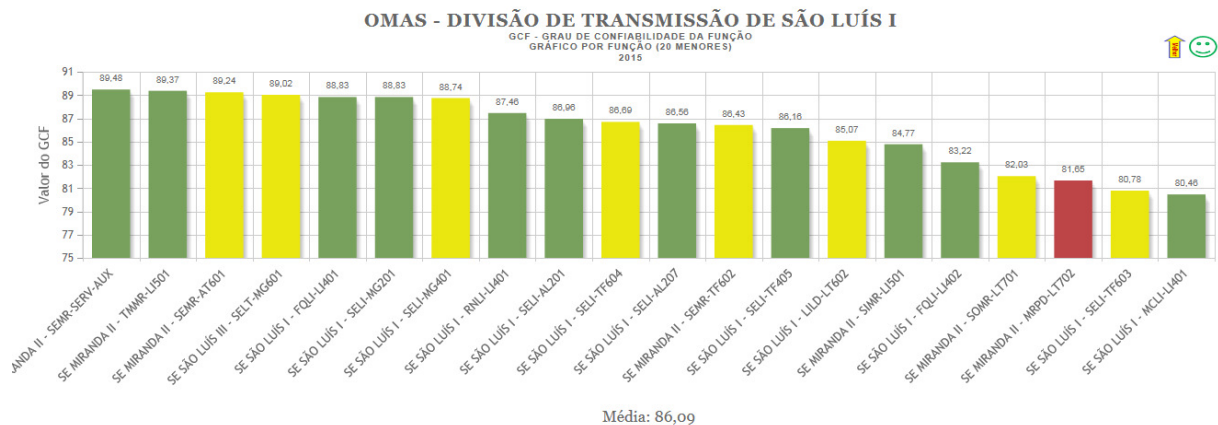


Figura 3 – 20 funções de transmissão com o menor GCF na Divisão de Transmissão de São Luís I - OMAS

**SE SÃO LUÍS I**  
GCF - GRAU DE CONFIABILIDADE DA FUNÇÃO  
MARÇO / 2015

**LEGENDA**

**ICB - ÍNDICE DAS CONDIÇÕES BÁSICAS**  
AAI: nº de Anomalias de Alta Importância Pendentes  
AMI: nº de Anomalias de Média Importância Pendentes  
ABI: nº de Anomalias de Baixa Importância Pendentes

**ICO - ÍNDICE DAS CONDIÇÕES OPERATIVAS**  
T.O.: Tempo de Operação  
FDF: Falhas e Desligamentos Forçados  
NMP: Nº de Manobras Programadas  
NRO: Nº de Restrições Operativas  
NIO: Nº de Indisponibilidades Operativas  
NCT: Nº de Comutação Tap

**IAM - ÍNDICE DE ATUAÇÃO DA MANUTENÇÃO**  
Atraso na Preditiva (Sem Desligamento)  
Atraso na Preventiva (Com Desligamento)  
Atraso no PMA

**OUTROS**  
NE: Não Existe

Obs: Clique sobre os valores do ICB, ICO ou IAM para exibir mais detalhes.

FUNÇÃO		ICB		ICO										IAM		
EQUIPAMENTO	GCF	ICB	ICO	AAI	AMI	ABI	T.O.	CARR.	FDF	NMP	NRO	NIO	NCT	ATRASO NA PREDITIVA (SEM DESLIG.) SITUÇÃO	ATRASO NA PREVENTIVA (COM DESLIG.) SITUÇÃO	ATRASO NO PMA SITUÇÃO
SELI-TF603																
MA-CPLZ-LZ-SELI-BP402-SD420 (LISD4-20)	80,78	96,00	93,50	90,00	0	1	1	33						NE	ATRASO > 50% DA PERIODICIDADE	NE
MA-CPLZ-LZ-SELI-BR602-SB604 (LISB6-04) ESTRUTURA DE SUPORTE EM AÇO	98,7	99,00	99,70	100,00	0	0	2	6						NE	NE	NE
MA-CPLZ-LZ-SELI-BR602-SB604 (LISB6-04) SECCIONADORA 230 KV	89,64	100,00	99,60	90,00	0	0	0	8						NE	ATRASO > 50% DA PERIODICIDADE	NE
MA-CPLZ-LZ-SELI-DJ3602-DJ602 (LIDJ6-02) DISJUNTOR 230 KV	97,61	98,00	99,60	100,00	0	0	3	8						NE	SEM ATRASO	NE
MA-CPLZ-LZ-SELI-TF603-SD604 (LISD6-04) SECCIONADORA 230 KV	92,57	99,00	93,50	100,00	0	0	1	33						NE	SEM ATRASO	NE
MA-CPLZ-LZ-SELI-TF603-SY602 (LISY6-02) SECCIONADORA 230 KV	88,83	100,00	93,50	95,00	0	0	0	33						NE	10% < ATRASO <= 25% DA PERIODICIDADE	NE
MA-CPLZ-LZ-SELI-TF603-TC401 (FA) TRANSFORMADOR DE CORRENTE 69 KV	98,7	99,00	99,70	100,00	0	0	1	6						NE	NE	NE
MA-CPLZ-LZ-SELI-TF603-TF603 (LITF6-03) TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 230 KV	85,09	91,00	93,50	100,00	0	3	8	33						SEM ATRASO	SEM ATRASO	NE

Figura 4 – Detalhamento da composição do GCF da função SELI-TF6-03

Observa-se de acordo com as figuras acima, que duas notas de anomalia (ICB), o elevado tempo de operação (ICO) e o atraso na manutenção preventiva (IAM) estão impactando no menor GCF do centro de planejamento São Luís I, que por consequência, representa o menor GCF da Regional do Maranhão.

Adicionalmente, foram implementados relatórios com visualizações em forma de cronograma da programação de inspeções preventivas e preditivas, conforme figura 5 abaixo:

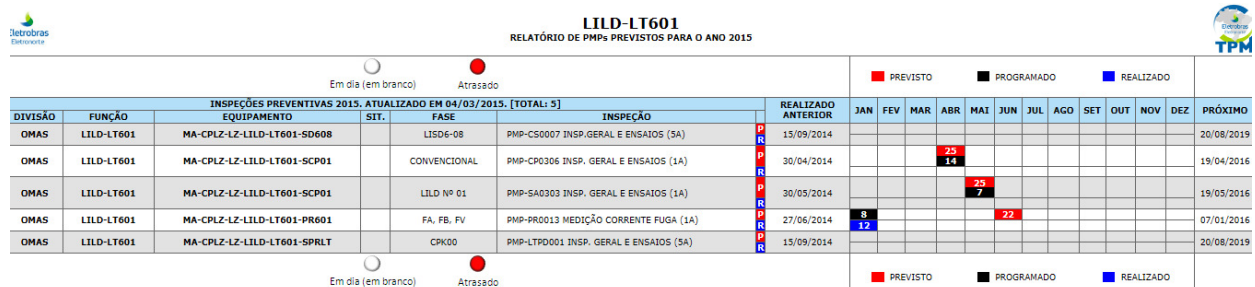


Figura 5 – Detalhamento das manutenções programadas da função linha de transmissão LILD-LT601 para o ano de 2015

Estas informações são disponíveis via intranet para todos os executores, planejadores e gestores de manutenção, de forma que se torna uma ferramenta poderosa de priorização de esforços nos equipamentos que de fato apresentam maior criticidade no sistema, além de ser possível discernir entre aqueles com maior impacto financeiro em caso de uma falha.

### 3.0 - INTEGRAÇÃO COM O SAP/R3 E IMPLANTAÇÃO NA ELETRONORTE

Conforme descrito na seção 2, a ferramenta GCF utiliza como entrada para processamento dos resultados as informações provenientes de três sistemas corporativos, sendo o SAP/R3, Módulo PM a fonte com maior volume de dados e com maior complexidade: relatórios de notas de anomalias e histórico do plano de manutenção dos equipamentos.

Em 2011, o GCF foi implementado a partir de na Regional do Maranhão como projeto piloto, com um cadastro de equipamentos de 12 subestações e 17 linhas de transmissão, totalizando 24.000 registros.

A carga de dados para alimentar o processamento se dava de forma semanal através de uma consulta aos relatórios de notas e planos de manutenção diretamente ao SAP/R3, sendo exportados para arquivos Excel e posterior importação para o sistema.

Comprovada a eficácia da ferramenta, a partir de 2012 houve a replicação para utilização nas demais regionais da empresa, totalizando um cadastro de 75.000 registros.

Contudo, nesta fase houve a substituição do processamento manual da consulta dos dados de entrada do SAP/R3 para uma carga automática.

A solução encontrada foi a utilização de um “Web Service” que permitisse a consulta aos arquivos de notas de anomalia e planos para carga do banco de dados do GCF com uma periodicidade diária e automática. Este procedimento foi então testado e validado, eliminando definitivamente a necessidade de carga de dados manual, liberando o recurso de hxx para tal atividade, além de reduzir as chances de erros.

A figura 6 abaixo ilustra a arquitetura para consulta dos dados de notas de anomalias e planos do SAP/R3 para o GCF:

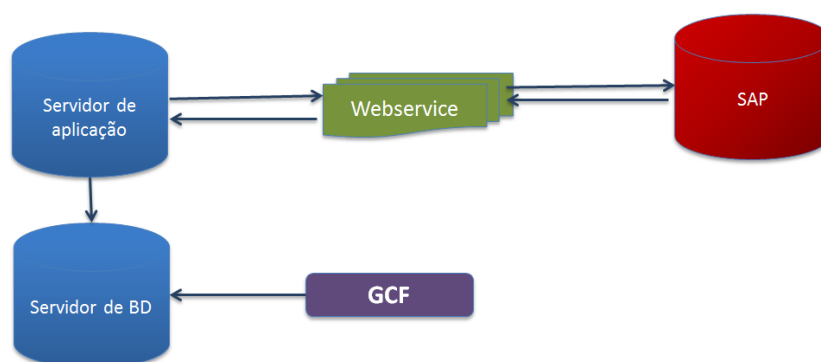


Figura 6 – Arquitetura de consulta para atualização da base de dados do GCF

### 4.0 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

A utilização do GCF como ferramenta o processo da manutenção na Eletronorte tem trazido diversos resultados positivos. Com a possibilidade de se antever às falhas e padronizar o acompanhamento da realização das manutenções programadas, aliado à interface amigável de visualização dos cálculos por todos os envolvidos no processo, tem se percebido a dinamização da gestão.

Neste contexto, especialmente na Regional do Maranhão o GCF tem auxiliado no controle da realização das manutenções preventivas, onde se observa a acentuada redução do percentual de planos de manutenção atrasados desde a implantação da ferramenta em 2009 (ver figura 7).

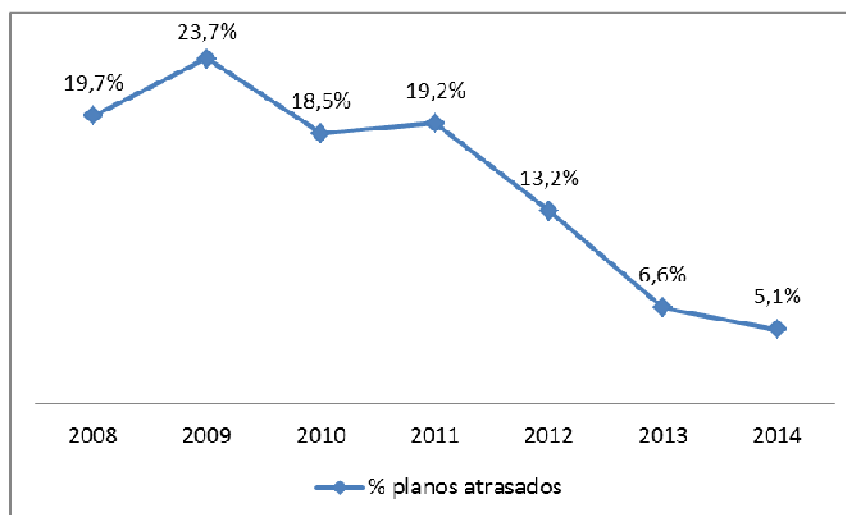


Figura 7 – Histórico do percentual de planos de manutenção atrasados na Regional do Maranhão

O GCF como ferramenta de gestão da manutenção trouxe uma série de benefícios, mas pode-se considerar como o mais importante deles a padronização e integração da avaliação das condições dos ativos, sob uma ótica de manutenção, operacional e financeira. Atualmente todos os níveis hierárquicos da empresa têm acesso às informações disponibilizadas pelo sistema, o que otimizou e acelerou o processo de tomada de decisão.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Res. ANEEL 191/2005, Art. 2, item IV

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Marcelo de Melo Araújo nasceu em 1982 em Rio Branco - AC, é engenheiro eletricista, graduado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ e mestre em Sistemas Elétricos de Potência também pela PUC-Rio. Trabalhou de 2007 a 2011 como engenheiro de estudos e planejamento na Companhia Energética do Maranhão – CEMAR. Atualmente é engenheiro de manutenção especialista em Sistemas de Proteção, Controle e Supervisão na Eletrobras Eletronorte, Regional de Transmissão do Maranhão.



Paulo Roberto Alves Silva nasceu em Marabá-PA em 1980, é engenheiro eletricista, graduado pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA em 2005 e pós-graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade Pitágoras em 2011. Trabalha na Eletrobras Eletronorte desde 2006. Foi membro da equipe de Engenharia de Manutenção e Operação da Regional de Transmissão do Maranhão, na área de proteção do sistema elétrico, até 2013. Foi coordenador na Regional de Transmissão do Maranhão do Pilar Manutenção da Qualidade na consolidação da Metodologia TPM – Premio Consistência em Manutenção Produtiva Total. Atualmente é engenheiro de Operação na Divisão de Transmissão de São Luís I. Trabalhou no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE na área de telecomunicações e na empresa PROBANK com administração e suporte de redes de comunicação de dados.



Bruno Gomes Gerude nasceu em São Luís - MA em 1985, é engenheiro eletricista, graduado pela Universidade Federal do Maranhão em 2007 e pós-graduado em engenharia de produção pela faculdade Pitágoras em 2011. Trabalha na Eletrobras Eletronorte desde 2007, atuando atualmente como Gerente da Divisão de Transmissão São Luís I. Atuou também como engenheiro de operação e engenheiro de manutenção da área de proteção.