



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

FI/GMI/22
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI

ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA EM DESLIGAMENTOS PROGRAMADOS DE GRANDE PORTE NAS ESTAÇÕES CONVERSADORAS DE PORTO VELHO (RETIFICADORA) E ARARAQUARA (INVERSORA) UTILIZANDO A ABORDAGEM QRM (QUICK RESPONSE MANUFACTURING)

Jader Alves de Oliveira(*)
Eletrobrás Eletronorte

Raimundo Santana
ABB

Moacir Godinho Filho
UFSCAR

Cláudio Alípio
Eletrobrás Eletronorte

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo demonstrar a possibilidade de redução dos tempos de parada de manutenção e otimização de recursos através da implementação de conceitos do QRM (Quick Response Manufacturing) e da utilização de ferramentas de gestão de projetos em uma manutenção planejada de grande porte respeitando a segurança das pessoas e patrimonial, nas Subestações Conversoras de Porto Velho-RO (Retificadora) e Araraquara II-SP (Inversora).

PALAVRAS-CHAVE

Manutenção Planejada, Quick Response Manufacturing, Custo-Benefício, Gestão da Produção e Projeto.

1.0 - INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil tem vivido um grande crescimento demográfico, acompanhado do aumento do consumo de energia elétrica na indústria, comércio e residências. Para atender essa demanda crescente, o país possui um planejamento estratégico de curto, médio e longo prazo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com vários empreendimentos já executados e previstos tanto na geração quanto na transmissão de energia elétrica de forma integrada, rentável e sustentável. Em um país com grandes dimensões territoriais, em que os grandes novos aproveitamentos hidroelétricos estão distantes dos principais centros de consumo, o estudo e o desenvolvimento de novas tecnologias de transmissão de energia elétrica a longas distâncias assumem grande importância para o desenvolvimento do país. Atualmente novos sistemas estão sendo incorporados ao Sistema Interligado Nacional, Sistemas de Transmissão de Corrente Contínua (HVDC) como, por exemplo, o implantado para transportar a energia gerada no complexo do Rio Madeira através das usinas de Santo Antônio e Jirau, constituído pelas linhas de transmissão em 600KV CC e mais 2 (dois) bipolos que interligam Porto Velho-RO e Araraquara-SP, além dos sistemas existentes como é o caso do Sistema de Itaipu. Está previsto ainda num futuro próximo, o sistema de transmissão em corrente contínua para transportar a energia gerada pela usina de Belo Monte, totalizando 4 (quatro) bipolos.

Os estudos em questão se aplicam não só aos sistemas de corrente contínua citados anteriormente, mas servem como diretriz para qualquer manutenção planejada de grande porte que implica em desligamentos das funções e indisponibilizam uma grande quantidade de equipamentos simultaneamente. Uma abordagem inovadora no setor elétrico que aplica conceitos da gestão da produção, através da abordagem QRM e contribui de maneira significativa para atender e reduzir os prazos de intervenção junto ao ONS em desligamentos programados e consequentemente reduzir a perda financeira por indisponibilidade da função denominada de parcela variável.

(*) Rodovia Nelson Barbieri, KM 11,5 – Zona Rural – CEP 14.803-010 - Araraquara, SP , Brasil
Tel.: (+55 61 9606 3009) – Cel: (+55 16) 98262 0200 – E-mail: jader.oliveira@eletronorte.gov.br

A função transmissão (FT) Polo, objeto de estudo deste trabalho, pode ser comparada a uma linha de produção contínua na indústria, onde a energia é transmitida continuamente pelos polos e a sua indisponibilidade acarretará em dedução do pagamento base que é a remuneração associada à disponibilidade de uma FT conforme regras do setor elétrico definidas pela resolução 270 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) de 2007. Portanto para o serviço de transmissão de energia elétrica a disponibilidade das FT é considerada como principal produto, dando aos processos de manutenção e operação um caráter de área fim.

A metodologia QRM é uma abordagem que permite sua aplicação em toda organização e não somente na manufatura, seu foco principal é a redução do lead time em todas as áreas da empresa, inclusive na cadeia de suprimentos, sendo assim, apresenta grandes possibilidades de aplicação nas áreas de prestação de serviços, operações de escritório, entre outras.

As interrupções para manutenção, no caso de empresas de transmissão de energia, além de consumirem um grande volume de recursos em um curto espaço de tempo, fato este que já justifica um estudo e planejamento mais aprofundados do projeto, ainda tem o seu tempo de parada convertida em uma redução da sua receita pela indisponibilidade da Função Transmissão afetada, devendo ser considerados ainda os impactos ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e o fato de que todas as intervenções nas funções transmissão devem ser analisadas e autorizadas pelo ONS de acordo com os procedimentos de rede.

No estudo de caso em questão, será avaliado o desligamento programado dos polos de conversão da Subestação Conversora de Araraquara 600kV CC / 500kV CA, localizada no estado de São Paulo, na cidade de Araraquara, provenientes de manutenções periódicas necessárias para atender a garantia do fabricante e crítica para a manutenção uma vez que indisponibiliza uma grande quantidade de equipamentos que precisam ser inspecionados em várias frentes buscando sempre pela otimização do tempo e consequentemente a redução da perda de receita por parcela variável.

Este artigo apresenta simulações em diferentes cenários considerando possibilidades e limitações na utilização de recursos humanos, máquinas, materiais e toda a infraestrutura necessária sob os aspectos técnicos e financeiros. Os resultados serão apresentados como propostas na forma de projetos a serem avaliadas e aprovadas pela Diretoria da empresa para a manutenção planejada dos Polos na forma de projetos que utilizam os conceitos do QRM (Quick Response Manufacturing) e a utilização de ferramentas de gestão de projetos. Chega-se à conclusão de que o tempo de parada da manutenção planejada estudada aqui pode ser reduzido e além de trazer os benefícios já citados contribui para diminuir os impactos dos desligamentos no Sistema Interligado Nacional (SIN) e viabilizar as aprovações por parte do ONS.

Os estudos em questão servem como diretriz para qualquer manutenção planejada de grande porte que implica em desligamentos das funções transmissão

2.0 - MOTIVAÇÃO

A subestação conversora de Araraquara iniciou sua operação comercial em novembro de 2013, e recebe energia gerada pelo complexo hidroelétrico do Rio Madeira em Porto Velho, Rondônia, formado pelas usinas hidroelétricas Jirau e Santo Antônio, através da maior linha de transmissão em corrente contínua (CC) do mundo, com cerca de 2.400 quilômetros de extensão.

Conforme ilustrado na figura 1, a Subestação Araraquara II tem como principal função converter a energia recebida de Porto Velho na tensão de 600kV em corrente contínua(CC) para corrente alternada(CA) na tensão de 500kV e assim disponibilizá-la para o Sistema Interligado Nacional.

Por um lado a empresa fabricante dos equipamentos, para atender a garantia dos mesmos, exige inspeções periódicas, que somente são possíveis a partir da interrupção da função transmissão. Em contrapartida a empresa tem como cliente o ONS (operador nacional do sistema) que possui como umas das suas premissas básicas: buscar pela redução das horas indisponíveis durante as intervenções com desligamentos programados por parte das concessionárias.

As funções da transmissão com os maiores valores de receita na SE Araraquara II são os polos e os seus desligamentos indisponibilizam simultaneamente uma grande quantidade de equipamentos instalados em locais diferentes.

A Subestação Conversora de Araraquara é composta por 2 polos conversores (P1 e P2) e cada hora de interrupção programada (PV KP/Hora) de um polo corresponde a uma perda de receita para a empresa de aproximadamente 40 mil reais.



FIGURA 1 – Visão Subestação

Interrupções não programadas, ocasionadas por falhas ou por horas extras das autorizadas pelo ONS acarretam uma perda por hora de mais de 600 mil reais por polo desligado, portanto as horas solicitadas ao ONS para manutenção, como a estudada no presente trabalho, devem ser estipuladas de maneira que seja suficiente realizar todos os procedimentos.

A tabela 1 a seguir mostra os valores relacionados a perdas na receita da empresa provenientes de desligamentos na função transmissão.

Tabela 1 – Valores de perda de receita por desligamentos programados e falhas (PV KP e PV KO)

FUNÇÃO DE TRANSMISSÃO SE ARARAQUARA II	Programado	Outros	Programado	Outros
	PV KP	PV KO	PV KP	PV KO
	Hora	Hora	Minuto	Minuto
POLO 1	40.151,49	602.272,29	669,19	10.037,87
POLO 2	40.151,49	602.272,29	669,19	10.037,87
GRUPOS DE FILTROS GF1 (FH11_C121)	6.690,49	100.357,29	111,51	1.672,62
GRUPOS DE FILTROS GF2 (FH21_C221)	6.690,50	100.357,50	111,51	1.672,63
GRUPOS DE FILTROS GF3 (FH31_C321)	6.690,51	100.357,71	111,51	1.672,63
GRUPOS DE FILTROS GF4 (FH41)	6.690,53	100.357,92	111,51	1.672,63
MÓDULO GERAL	770,14	11.552,08	12,84	192,53
Documento de Referência do ONS: AMSE_31/12/2013				

Estão previstos 4(quatro) planos de manutenção segundo o manual do Fabricante dos equipamentos (ABB Suécia) que envolvem grandes desligamentos: Anual(1A), Bianual (2A), Trienal (3A) e Quinquenal(5A). A empresa iniciou a operação em novembro de 2013, mas ainda não realizou manutenção programada com desligamento tendo a primeira manutenção anual dos polos, foco desse trabalho, prevista para ser realizada em março de 2015 e aguardando aprovação do ONS. A referência da listagem de atividades de manutenção programadas, bem como os tempos e quantitativos de homem x hora (Hxh) necessários para realizar cada atividade indicada no manual do fabricante dos equipamentos, tem como base sua experiência em vários empreendimentos já realizados com natureza semelhante.

A manutenção anual programada prevê a manutenção de 6 diferentes equipamentos:

- Seis (6) bi válvulas (12 válvulas no total);
- Dois (2) filtros CC;
- Três (3) reatores de alisamento;
- Quinze (15) para-raios das válvulas;

- Três (3) capacitores de radiofrequência;
- Um (1) capacitor da barra de neutro.

Nas várias frentes de serviços, para cada grupo de equipamentos a serem inspecionados, é necessário estudar e avaliar os seguintes itens:

- Estrutura necessária para realizar os serviços: máquinas, equipamentos, ferramentas especiais, materiais de consumo, equipe de especialistas, equipe de apoio etc.;
- Medir todos os tempos envolvidos durante a execução dos trabalhos inclusive as movimentações e deslocamentos das máquinas e pessoas;
- Verificar a atual estrutura disponível e identificar as necessidades e oportunidades de melhoria.

A medição dos tempos, a utilização do pessoal e maquinário, custos envolvidos e dados necessários para a aplicação da abordagem QRM na redução dos tempos de intervenção, serão detalhados na seção seguinte.

3.0 - APLICAÇÃO DA ABORDAGEM QRM NA REDUÇÃO DOS TEMPOS DE INTERVENÇÃO

Nesta seção apresentam-se e avaliam-se diversas propostas que visam reduzir o tempo necessário para a realização das atividades de manutenção anual do sistema, as quais implicam no desligamento de um dos polos, mantendo a transmissão pela operação monopolar e não bipolar como ocorre normalmente. Simulações de diversos cenários, considerando diversas possibilidades e limitações na utilização de pessoal, maquinário, materiais e infraestrutura, também são apresentadas com o objetivo de avaliar impactos técnicos e econômicos no sistema.

O objetivo principal da aplicação do QRM é reduzir em 30% o tempo requerido para a manutenção programada da função de transmissão dos polos da subestação elétrica de Araraquara.

A figura 2 mostra a disposição dos equipamentos através de uma vista superior da planta, com as bi válvulas (1) e os para-raios das válvulas (2) localizados na sala de válvulas, os capacitores de radiofrequência (3), no pátio AC, e os demais equipamentos, reatores de alisamento (4), filtros CC (5) e capacitor da barra de neutro (6), no pátio CC.



FIGURA 2. Disposição dos equipamentos, Polo 01

Inicialmente foram mapeadas todas as tarefas a serem executadas durante a manutenção, identificando a infraestrutura necessária para realizá-las: máquinas, equipamentos, ferramentas especiais, materiais de consumo, equipe de especialistas, equipe de apoio, entre outros.

Dado que não existem registros e/ou dados históricos de atividades de manutenção na Subestação Araraquara, o mapeamento inicial macro de todas as atividades de manutenção do polo baseou-se nos tempos de execução

estimados pelo fabricante e nas adequações necessárias da área de segurança para trabalhos do setor elétrico, conforme exigências da norma regulamentadora NR-10, de 07 de Dezembro de 2004 do Ministério do Trabalho e Emprego.

Além dos tempos de execução das tarefas, os tempos de deslocamento de recursos (plataformas, máquinas, pessoas) também devem ser considerados, pois podem ter grande impacto na duração do plano, lembrando que o valor do minuto para desligamento programado do polo é de R\$ 669,00. Os tempos de execução das tarefas, movimentação de recursos e startup foram através de simulações em campo, no qual foram medidos e registrados todos os tempos envolvidos, como por exemplo, o descolamento e elevação das plataformas.

Baseado nas tarefas a serem executadas com seus respectivos tempos de execução e recursos requeridos foi feito o mapeamento do caminho crítico inicial (MCT-Manufacturing Critical-path Time) para o Plano de Manutenção Anual conforme apresentado na figura 3.

Na Figura 3 a cor cinza representa o “touch time”, os espaços em branco representam os tempos de preparação e deslocamento da plataforma, enquanto a cor verde representa tempos de espera da plataforma.

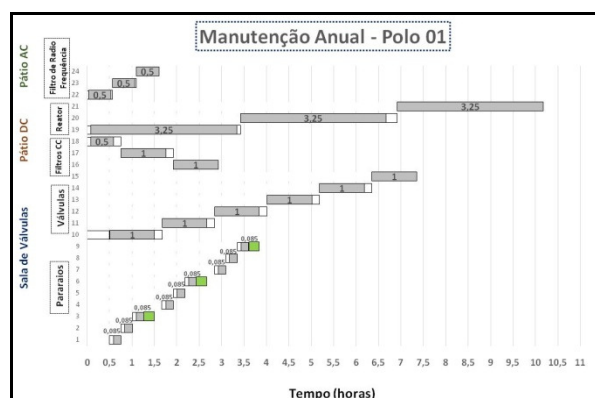


FIGURA 3. MCT inicial Plano de Manutenção Anual

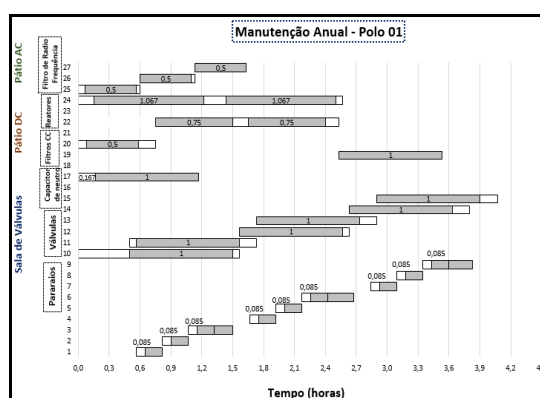


FIGURA 4. MCT com base nas propostas de melhoria

As tarefas estão divididas em três grandes frentes de trabalho – Sala de Válvulas, Pátio AC e Pátio DC e conforme figura 3 pode-se verificar as principais áreas trabalhando de forma paralela e com atividades em série dentro de cada frente de inspeção.

Na sala de válvulas é alocada uma plataforma, a qual posiciona uma dupla de técnicos nas válvulas e durante a inspeção das válvulas a mesma plataforma é utilizada para realizar a inspeção nos para-raios das válvulas com outra dupla. Vale ressaltar que durante a manutenção de uma válvula é feita a manutenção de três para-raios. No pátio DC, uma plataforma posiciona uma dupla de técnicos que realizarão a manutenção dos reatores, enquanto que outra posiciona a dupla dos filtros e a dupla do capacitor. Todas as tarefas anteriores também foram sequenciadas em série. Em cada um dos dois frentes de trabalho anteriores haverá um supervisor da empresa fabricante.

Finalmente, no pátio AC a manutenção dos filtros de radiofrequência é feita em serie por uma dupla utilizando uma plataforma. O plano anterior requiere uma mão de obra total de 12 técnicos, 2 supervisores e 2 coordenadores gerais da manutenção, um dos quais representa à subestação elétrica e o outro é representante do fabricante dos equipamentos.

Com base no MCT inicial, foram propostas e avaliadas distintas alternativas que poderiam ser utilizadas para diminuir o tempo total de intervenção, o qual inicialmente foi de mais de 10 horas. As propostas de melhoria são resumidas na tabela 2.

Tabela 2: Propostas de melhoria para a redução do tempo de manutenção

Proposta de melhoria	Princípio, estratégia e/ou ferramenta QRM utilizada	Descrição
1 Quantificação do “touch time” real.	Repensar como realizar as atividades, com foco na minimização do lead time.	Foram discutidos, junto com o fabricante, os tempos fornecidos por ele para as distintas atividades de manutenção. Nessas discussões foi questionada a veracidade dos tempos do manual de manutenção. Além disso, foram feitas simulações em campo para tentar quantificar com maior precisão os tempos das tarefas.
2 Redistribuição das tarefas no	Repensar como realizar as atividades, com foco	Foi mudada a alocação das plataformas às atividades no pátio DC, de modo a minimizar e simplificar o percorrido da equipe

	pátio DC.	na minimização do lead time.	através do pátio.
3	Paralelização da inspeção na sala de válvulas.	Dinâmica de sistemas.	Utilizando o princípio ' <i>converter tarefas de sequenciais para paralelas</i> ' foi proposta a alocação de uma dupla de inspeção adicional na sala de válvulas, o que permite realizar a manutenção de duas válvulas simultaneamente.

Em relação à primeira proposta, o tempo de manutenção dos reatores de alisamento foi reduzido devido à eliminação da tarefa "Limpeza dos reatores com a utilização de jatos d'água", pois esse tipo de limpeza é mais indicado para situações de salinidade e alta poluição atmosférica. Desta forma, em função das condições locais (somente poeira) foi decidido pela eliminação desta tarefa. Com isso, o tempo da manutenção dos reatores passou de 195 minutos para 64 minutos.

A segunda proposta de melhoria surge a partir de simulações feitas em campo, as quais permitiram observar a movimentação excessiva de alguns recursos. Inicialmente, uma dupla de técnicos executa as tarefas de manutenção de dois reatores localizados um do lado do outro. Ao finalizar estas tarefas, a plataforma de elevação leva a dupla até o reator faltante, atravessando o pátio DC, o que resulta em um alto tempo de deslocamento de técnicos e plataforma. Para contornar este problema, algumas tarefas no pátio DC são redistribuídas: uma dupla de técnicos se encarrega exclusivamente das tarefas dos dois reatores localizados um do lado do outro. O outro reator é realocado à dupla de técnicos encarregados dos filtros, os quais estão mais próximos do reator. Desta forma elimina-se a necessidade de deslocamento entre os reatores e minimiza-se a movimentação total das plataformas.

Finalmente, como última proposta de melhoria, uma nova dupla de técnicos será capacitada e treinada para executar tarefas de manutenção na sala de válvulas, de modo a paralelizar as atividades de manutenção dentro da sala. Inicialmente, a plataforma posiciona uma dupla em uma válvula e, em seguida, posiciona a outra dupla em outra válvula. Após posicionar as duplas nas válvulas, a plataforma fica livre e pode ser utilizada para as inspeções dos para-raios. O anterior gera uma redução de quase 50% do tempo de intervenção na sala de válvulas. É preciso destacar que várias simulações em campo foram realizadas com o objetivo de determinar com maior precisão os tempos de duração das tarefas. Neste caso, verificou-se que o tempo utilizado é realmente de 60 minutos para cada bi válvula.

O novo MCT para o plano de manutenção anual é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**4 e mostra que as tarefas continuam distribuídas em três frentes de trabalho (sala de válvulas, pátio AC e pátio DC), porém com as modificações geradas a partir das propostas. É válido destacar que a quantidade de técnicos só foi alterada na sala de válvulas (mais uma dupla), enquanto o número de plataformas permaneceu igual. Note que no pátio AC a manutenção dos filtros permaneceu igual ao plano inicial já que essa atividade não é crítica em relação ao tempo total de intervenção.

A proposta com abordagem QRM só requer mais dos técnicos, em relação ao plano inicial, conservando a mesma quantidade de coordenadores e supervisores, totalizando 14 técnicos, 2 supervisores e 2 coordenadores gerais da manutenção.

Após a análise do MCT com as propostas de melhoria, os resultados indicam que o tempo do desligamento para realizar a manutenção pode ser reduzido em cerca de 60% em relação ao tempo total de intervenção projetado inicialmente.

Os custos envolvidos na manutenção estão representados em três itens principais: perda de receita da subestação por desligamento de equipamentos, aluguel de plataformas de elevação e horas extras trabalhadas (por se tratar de desligamento nos finais de semana). Na Tabela são mostrados esses custos para os dois planos abordados.

Tabela 3: Custos totais Plano inicial v.s. Plano proposto

Item	Descrição	Valor (R\$)	
		Plano inicial	Plano proposto
1	Perda de receita	$(10,5h+2h) \times R\$40.000 = R\500.000	$(4h+1h) \times R\$40.000 = R\200.000
2	Aluguel de plataformas (4 plataformas)	R\$ 32.000	R\$ 32.000
3	Estimativa de horas extras	R\$ 20.000	R\$ 8.000

No plano inicial, às 10,5 horas representam o desligamento programado mais duas horas de 'folga' por causa da falta de confiabilidade ao se tratar de um desligamento de alta duração. Essa alta 'folga' para o plano inicial também surge pela não conscientização dos trabalhadores para atividades deste tipo. No entanto, no plano proposto, pode-se observar que a 'folga' é só de uma hora já que através do QRM atingiu-se um menor tempo de intervenção projetado, alcançando uma maior confiabilidade durante a execução da manutenção. Ainda, cada hora de desligamento não programado representa um custo de R\$ 600.000 para a subestação elétrica em contraste com os R\$ 40.000 por cada hora de desligamento programado. Desta forma, o tempo de 'folga' oferece maior

segurança e permite contornar eventualidades não contempladas no plano que poderiam aumentar o tempo de intervenção.

4.0 - CONCLUSÃO

Com base em metodologias e ferramentas consolidadas na administração da produção, o projeto proposto no artigo garante uma coordenação ampla que envolve todas as áreas de manutenção, operação, segurança e administração com o foco em minimizar o tempo de intervenção, aliado a outros ganhos como otimização de recursos materiais, humanos e maior controle dos processos fins da gerencia da produção, no caso em específico, as áreas de operação e manutenção. O presente trabalho contribui para aumentar a divulgação do paradigma QRM no setor elétrico nacional e práticas gerenciais brasileiras.

As propostas de melhoria refletem em uma redução de aproximadamente 58% do tempo de intervenção inicial, o qual vale ressaltar, foi mapeado com base nos tempos do manual de manutenção fornecido pelo fabricante.

Finalmente, deve-se lembrar que apesar dos ganhos potenciais obtidos através das propostas de melhoria, ainda existe uma outra barreira na redução do lead time durante a manutenção. Conforme os princípios do QRM, pode-se afirmar que o maior obstáculo são as "mentalidades" (mind-set). Portanto para a concretização da manutenção em um pouco mais de 4 horas é necessário a conscientização e o treinamento da equipe envolvida.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa 270, de 26 de Junho de 2007.

ONS, OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. Procedimento de rede – Submódulo 16.2 Acompanhamento de manutenção de equipamento e linhas de transmissão, de 05 de Agosto de 2009.

ERICKSEN, P. D.; SURI, R. EL-JAWHARI, B.; ARMSTRONG, A. J. Filling the gap: rethinking supply management in the age of global sourcing and lean. APICS, February, 2005.

ERICKSEN, P. D.; STOFLET, N. J.; SURI, R. Manufacturing Critical-path Time (MCT): The QRM Metric for Lead Time. April, 2007.

GIL, A. C. Métodos e técnicas em pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

GODINHO Filho, M. FERNANDES. F.C.F. Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs) elementos chave e modelo conceitual. Gestão & Produção. São Carlos v.12, n.3, p.333-346, 2005.

SAES, Elizangela Veloso. Quick response manufacturing (QRM) uma alternativa para redução do lead time na área produtiva de uma empresa de materiais de escrita / Elizangela Veloso Saes – São Carlos: UFSCar, 2010.

SURI, R., Quick Response Manufacturing. A Companywide Approach to Reducing Lead Times, Productivity Press, 1998.

SURI, R. It's about time: the competitive advantage of quick response manufacturing. Productive Press, 2010.
TREVILLE, S. Using rapid modeling to make kaizen work more effectively. APICS The Performance Advantage, October 1994.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora NR-10, de 07 de Dezembro de 2004.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Jader Alves de Oliveira nasceu em 1983, em Araguari, Minas Gerais, Brasil. Graduiu-se em Engenharia Elétrica em 2006, pela Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, especialista em Qualidade e Eficiência da Energia Elétrica pela UFMT em 2010, MBA em Gestão da Qualidade e Engenharia da Produção pelo IPOG em 2012 e atual mestrando em Engenharia de Produção pela USP. Sua experiência profissional inclui trabalho para a BR Foods, na época antiga Sadia, como trainee cooperativo. Trabalha na Eletronorte desde fevereiro de 2007 como engenheiro de manutenção elétrica, atuando como coordenador do Centro de Planejamento Regional do Mato Grosso até janeiro de 2013 e atualmente integra a equipe de O&M HVDC Rio Madeira no Bipolo 1 da Eletrobrás Eletronorte em Araraquara, São Paulo.

Raimundo Santana nasceu em 1954, em Guaratinguetá, São Paulo, Brasil. Graduiu-se em Engenharia Elétrica em 1978, pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Brasil. Sua experiência profissional inclui trabalho para a Inducon Capacitores, na época do grupo GE, depois denominada como LAELC, para a ABB, na área de HVDC, no projeto Garabi e na área de FACTS em Guarulhos, em vários projetos, todos no Brasil. Trabalhou na

Hidroaysen (ENDESA) no Chile, no projeto de interconexão em HVDC, entre centrais geradoras localizadas na Patagônia e o centro de consumo na região central. Trabalha atualmente na ABB Brasil desde 2013, no projeto HVDC Rio Madeira, coordenando o contrato de O&M com a Eletronorte no bipolo 1 em Araraquara e Porto Velho.

Moacir Godinho Filho nasceu em 1975, em Botucatu-SP, Brasil. Moacir possui graduação em Engenharia de Produção - Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (1998), MBA na Fundação Getúlio Vargas - FGV (2000), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2001), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2004), pós- doutorado em Quick Response Manufacturing - QRM (Manufatura Responsiva) na Universidade de Wisconsin at Madison - USA (2007) e pós-doutorado em aplicação de System Dynamics e Factory Physics à gestão de sistemas de produção na North Carolina State University - USA (2008). Atualmente é professor adjunto IV da Universidade Federal de São Carlos, pesquisador nível 1D do CNPQ e editor adjunto do periódico Gestão & Produção.

Claudio Alipio Santos da Silva was born in 1952 in Macapa - Ap, Brazil. He graduated in Electrical Engineering in 1980 from the Federal University of Pará, Brazil, manages expert maintenance by FUPAI 1985 MBA in Business Management from FGV in 2012. His professional experience includes work for DENPASA manage maintenance Electromechanical. Works in Eletronorte since January 1984 as electrical maintenance engineer, acting as manager of the Division of Maraba / Vila do Conde / Bethlehem and Manager of the Regional Good Transmission Vista and Manus office manager until 2007 and currently part of the team of O & M HVDC bipole Madeira River in one of Eletrobras Eletronorte in Araraquara, São Paulo.