



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

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO -GGH**

**GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA- GGH**

**ANÁLISE DE CONFIABILIDADE E CUSTO DO CICLO DE VIDA EM ATIVOS DE GERAÇÃO DE UMA  
USINA HIDRELÉTRICA**

**Leandro Oliveira Silva(\*)  
REIVAX S/A**

**Jorge Pelaes Dantas  
ELETRONORTE**

**Waldemar Tralli Junior  
REIVAX S/A**

**RESUMO**

O informe apresentará um modelo para auxílio na tomada de decisão em projetos de modernização de equipamentos. Elencará as principais variáveis de confiabilidade e custo a serem observadas na análise de projetos tanto para novas plantas como existentes, utilizando-se de técnicas de análise de confiabilidade (AC) e custo do ciclo de vida (CCV) e apresentará um caso prático de um ativo de geração da Usina Hidroelétrica de Coaracy Nunes.

**PALAVRAS-CHAVE**

Análise de confiabilidade, custo do ciclo de vida, ativos de geração.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O fator crítico de sucesso para uma empresa de geração de energia passa sem dúvida pelo pilar da confiabilidade e disponibilidade de seus ativos de geração. As empresas, para se tornarem líderes de mercado, devem necessariamente implantar técnicas de gestão de seus ativos que visem gerar a maior confiabilidade e disponibilidade. Além disso, tais técnicas devem buscar a minimização dos custos pós-aquisição para se tornarem sustentáveis. A análise de confiabilidade (AC) e do custo do ciclo de vida (ACCV) são técnicas bastante difundidas na Europa e nos Estados Unidos (ver referências (02), (03) e (05)), para análise da viabilidade de projetos e funcionam como sistema de suporte na decisão sobre investimentos em projetos ou na análise entre alternativas de projetos distintos.

O objetivo de utilização destas técnicas é encontrar o ponto ótimo entre um desempenho técnico, operacional e financeiro, garantindo assim a melhor gestão dos ativos de um projeto. A AC já é amplamente utilizada nas empresas de geração brasileiras, mas a técnica da ACCV é relativamente nova no Brasil e praticamente não utilizada nas empresas de geração. A união destas duas técnicas introduz um enfoque inovador na escolha de projetos, pois além do custo direto de aquisição modela em sua análise variáveis do custo pós-aquisição, tais como os custos de operação, manutenção e indisponibilidade. O objetivo desta modelagem é buscar a abordagem de menor custo ao longo de toda a vida útil do projeto. Sua relevância como ferramenta, deve-se ao fato de que os custos pós-aquisição na maioria dos casos, são várias vezes maiores que os custos diretos de aquisição.

Será adotado como critério de estudo um modelo que se compõe de quatro partes principais: dados de entrada, análise preditiva de confiabilidade, análise preditiva econômica e bases para suporte da

decisão. Na análise confiabilidade (AC), serão apresentados dados históricos de desempenho dos ativos considerados. A análise preditiva econômica será realizada com o auxílio da técnica do Custo do Ciclo de Vida (CCV).

Com base neste modelo, um caso prático será aplicado ao ativo de geração regulador de velocidade da UG2 e uma comparação com os resultados obtidos na UG3 da Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes (UHCN). O período de análise será de 2009 a 2010, ou seja, dois (02) de operação destes sistemas. A análise será feita por meio da compilação dos custos passados incorridos com este ativo, identificando e classificando as principais variáveis de confiabilidade e custos pós-aquisição. Toda a análise será desenvolvida em valores por unidade (p.u.), sendo considerado 1 p.u o custo inicial de aquisição. Todos os custos passados serão trazidos a valor presente (ano base 2011), utilizando-se de uma taxa constante de 12% a.a como forma de compatibilizar as bases para análise.

## 2.0 - USINA HIDRELÉTRICA DE COARACY NUNES (UHCN)

A UHCN possui três (03) unidades geradoras, sendo as duas primeiras com potência nominal de 24 MW e a terceira com potência nominal de 30 MW. A UHCN entrou em operação no ano de 1975 e a partir do ano de 1997 iniciou um programa de modernização de seus equipamentos de controle de velocidade das UG1 e UG2. Em 2007, estes mesmos RVs foram novamente modernizados e entraram em operação no final de 2008. Recentemente o RV da UG3 foi também modernizado, entrando em operação no final de 2010. A UHCN está inserida no sistema isolado do Amapá que possui ainda a UTE Snatana também de propriedade da ELETRONORTE. Esta última supre a demanda regional quando do período de seca da UHCN.

## 3.0 - METODOLOGIA DE ESTUDO

Conforme informado anteriormente, o ativo escolhido para a criação e aplicação do modelo, será o regulador de velocidade da UG2, bem como uma breve comparação do desempenho deste com o RV da UG3. Todas as informações de custos de indisponibilidade e custos de operação e manutenção pós-aquisição foram retiradas da base histórica de dados do sistema de gestão da UHCN.

Como os equipamentos de controle foram modernizados recentemente, o período de análise contará de apenas dois (02) anos, logo não contemplando todo o ciclo de vida útil dos equipamentos. Esta simplificação não permite uma análise de toda a vida útil do ativo, mas não inviabiliza o uso e aplicabilidade da ferramenta. Além disso, ao longo da compilação de dados, notou-se que os dados mais antigos não possuíam uma precisão adequada ou não estavam tratados da forma necessária para uma análise de ACCV. Esta constatação remete também a importância do pensamento estratégico focado na ACCV e um projeto que contemple desde o início este foco permitindo posteriormente uma melhor análise dos dados para tomada de decisão. No caso de novos projetos, a vida útil dever ser uma hipótese a ser modelada na análise.

Da análise da base de dados foram retirados os principais índices de falha de cada elemento da árvore de falha dos reguladores de velocidade das UG1 e UG2 e calculadas as indisponibilidades do conjunto. Do mesmo modo, foram identificadas as principais parcelas de custo de suporte da vida do ativo. Com estes dados o seguinte modelo de estudo foi aplicado (ver referências (01), (06), (07), (08) e (09)):

$CCV = CAS + CSV + CIV$ , onde:

- CCV: Custo do ciclo de vida;
- CAS: Custo de aquisição do sistema;
- CSV: Custo de suporte da vida;
- CIV: Custo da indisponibilidade da vida;

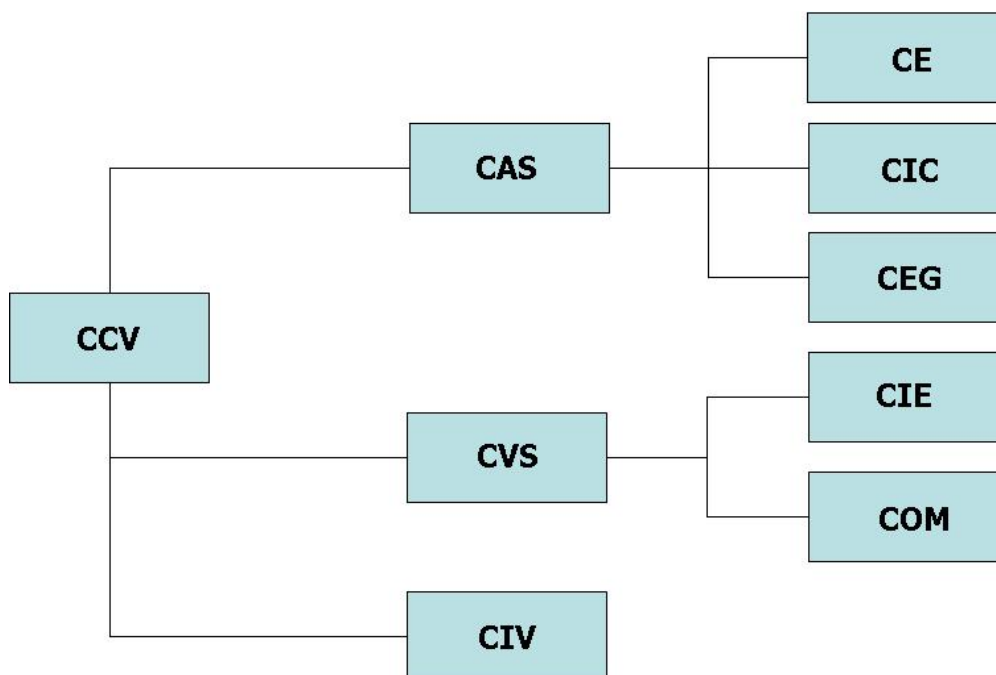


Figura 1 – Decomposição de custos CCV

É importante ressaltar que neste informe estamos analisando resultados históricos reais e apenas aplicando-os as técnicas de AC e ACCV. Para o estudo de um novo projeto (cujos dados históricos inexistiriam) as técnicas de AC, tais como a AMEFECA seriam utilizadas em sua plenitude como ferramentas para a predição de falhas. Ainda para efeito de simplificação do informe, mas sem perda de generalidade na aplicação, foi desconsiderado o detalhamento da parcela do “CAS”. Novamente tal consideração é válida, pois estamos tratando de um caso prático e com dados históricos reais. No caso de análise de um novo projeto de aquisição, tal parcela poderia também ser desmembrada e computada. Em nosso estudo o “CAS” foi considerado como nosso padrão de referência, 1,0 p.u. O detalhamento do CAS foi apresentado na figura 1.

#### 4.0 – RESULTADOS OBTIDOS

Conforme informado anteriormente, o RV da UG2 foi adquirido no ano de 2007. Este valor, foi levado a valor presente tomando como base o ano de 2011 e a taxa constante de 12% a.a. As parcelas de custos CVS e CIV também foram levadas ao valor presente tomando como base o ano de 2011 e a taxa constante de 12% a.a.

A UHCN modela em sua árvore de perdas duas macro parcelas:

- Perdas de produção;
- Perdas por gestão;

A primeira subdivide-se em 11 tipos de perdas e a segunda em 12 tipos de perdas. As tabelas a seguir, apresentam estas perdas:

PERDAS DE PRODUÇÃO
<b>P-01</b> - Falha Interna
<b>P-02</b> - Agente Externo
<b>P-03</b> - Indisponibilid.p/ Manut.Preventiva
<b>P-04</b> - Limitação Operacional
<b>P-05</b> - Falha Humana
<b>P-06</b> - Consumo Interno
<b>P-07</b> - Partida e Parada
<b>P-08</b> - Operação à Vazio
<b>P-09</b> - Despacho

<b>P-10</b> - Consumo Específico
<b>P-11</b> - Indisponibilid. P/ Manut. Corretiva
PERDAS POR GESTÃO
<b>P-12</b> - Contrato com os PIE's
<b>P-13</b> - Crédito do ICMS
<b>P-14</b> – Tarifa
<b>P-15</b> - Demanda Trabalhista
<b>P-16</b> – Absenteísmo
<b>P-17</b> - Serviços de Terceiros
<b>P-18</b> - Manutenção Corretiva
<b>P-19</b> - Hora Extra
<b>P-20</b> - Imobilizado (Inst./Eqptos)
<b>P-21</b> – Estoques
<b>P-22</b> - Materias de Consumo
<b>P-23</b> – Utilidades

Tabela 1 – Tipos de perdas UHCN

Assim as principais variáveis do CCV identificadas foram:

CINV		
ANO/UG	UG2	UG3
2009	-0,0659	-0,0916
2010	0	-0,1025
TOTAL	-0,0659	-0,1941

Tabela 2 – CINV

Os valores apresentados referem-se ao tipo de perda P-01. A análise do custo de indisponibilidade para o caso da UHCN toma como base que uma indisponibilidade nesta, implica no suprimento da demanda por meio da UTE Santana uma geração térmica, logo de maior custo, visto que o sistema de Amapá ainda se encontra isolado. Importante salientar que o RV, por sua maior predominância de elementos eletrônicos, possui sua probabilidade de falha modelada pela curva da banheira. Neste sentido, a UG2 teve seu período de análise no início da curva onde a taxa de falhas possui uma característica exponencial decrescente. Já no caso da UG03 que se encontrava em seu final de vida útil, a característica era de uma exponencial crescente.

Em termos de horas de indisponibilidade, a UG2 teve no período de estudo um total de 21,93 horas de indisponibilidade e a UG3 um total de 70,64 horas de indisponibilidade. Para estas indisponibilidades de horas teríamos a disponibilidade de 99,87% e 99,59% respectivamente para as UG2 e UG3.

Para a parcela do CVS da UG2, este basicamente compõe-se do COM (custo de operação e manutenção) e CIE (custo de investimento em equipamentos para operação e manutenção). Neste caso, a parcela COM refere-se a custos de homem-hora de suporte e o CIE ao custo de aquisição de peças sobressalentes. Além disso, as informações do CVS do RV da UG3 não estavam disponíveis, o que não permite uma comparação do valor total final.

CVS	
ANO/UG	UG2
2009	-0,0193
2010	-0,0127
TOTAL	-0,0320

Tabela 3 – CVS

COM	
ANO/UG	UG2
2009	-0,0115
2010	0,0000
TOTAL	-0,0115

Tabela 4 – Decomposição do CVS – Parcela COM

CIE	
ANO/UG	UG2
2009	-0,0078
2010	-0,0127
TOTAL	-0,0205

Tabela 5 – Decomposição do CVS – Parcela CIE

Para estas parcelas de custos, o CCV das UG2 e UG3 teve o seguinte resultado:

CCV		
PARCELA/UG	UG2	UG3
CAS	-1,0000	-1,1521
CINV	-0,0659	-0,1941
CVS	-0,0320	-
TOTAL	-1,0979	-1,3462

Tabela 6 – CCV

Importante ressaltar que o custo de aquisição do RV da UG3 foi superior ao da UG2 em 15,21%.

## 5.0 – CONCLUSÃO

Através da análise dos dados do caso prático podemos perceber que os custos pós-aquisição são parcelas importantes do custo total da vida útil do ativo, mesmo com um período de análise de apenas dois (02) anos. Extrapolando os custos apresentados, pode-se concluir que ao longo de toda a vida útil do ativo podemos ter parcelas de custos elevadas, sendo inclusive para alguns casos, maiores que o custo direto de aquisição.

Podem-se identificar as principais variáveis de custo pós-aquisição e a importância da mudança de foco nos processos de compra atualmente empregados pelas principais empresas do setor, buscando-se o melhor custo e não o menor custo direto de aquisição. O modelo apresentado tratou de um ativo específico, mas pode ser extrapolado para qualquer outro ativo de uma central de geração. Este modelo pode ser usado também como indicador de desempenho para os ativos em estudo, pois modela além dos custos de aquisição os custos de indisponibilidade e suporte ao longo da vida útil o que reflete de forma indireta a qualidade do fornecedor do ativo analisado. Finalmente, pode-se constatar que para uma melhor precisão no processo de tomada de decisão é necessário um comprometimento estratégico da companhia com a ACCV desde os primeiros passos do processo (definição das informações a serem coletadas, base de dados, etc.). Como sugestão de estudos futuros, próximos trabalhos poderiam focar um caso prático de análise de novos projetos, onde os dados históricos para a parcela CIV não existiriam e teriam de ser modelados pelo uso pleno das ferramentas de AC.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE E CUSTO DO CICLO DE VIDA DE MANIFOLDS SUBMARINOS DE PRODUÇÃO (MSP). – Salvador Simões Filho, Carlos Cavalcanti Moreira, Ricardo Yoshinori Okada, Guilherme S. T. Naegeli, Luiz Gustavo Cosentino. Rio de Janeiro, 1998.
- (2) LIFE CYCLE COST BASED PROCUREMENT DECISIONS. A CASE STUDY OF NORWEGIAN DEFENCE PROCUREMENT PROJECTS. – Bernt E. Tysseland. Norway , September 2007.
- (3) LIFECYCLE OPTIMIZATION FOR POWER PLANTS - Marc Antoine, Luiz Ruiz-Escribano. ABB Switzerland Ltd, Utility Automation, Baden, CH.
- (4) USABILITY ENGINEERING – Jakob Nielsen
- (5) A LIFE CYCLE COST SUMMARY – H. Paul Barringer, P.E., Barringer & Associates, Inc. Australia, 2003.

(6) LIFE CYCLE COST ANALYSIS PROCEDURES MANUAL – Pavement Standards Team \* Division of Design. November 2007.

(7) GUIDE TO COMPUTING AND REPORTING THE LIFE CYCLE COST OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PROJECTS. – Laura I. Schultz and Stephen F. Weber. Washington 2003.

(8) METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV) – Guilherme de C. Queiroz, Gilberto De M. Jannuzzi, Edson A. Vendrusculo, Herculano Xavier da Silva Júnior, Eloísa Elena Corrêa García. – Revista Brasileira de Energia Vol. 12 | Nº 2.

(9) GESTÃO DE CUSTOS DO CICLO DE VIDA DE UM ATIVO – Mariano Yoshitake – São Paulo.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

### LEANDRO OLIVEIRA SILVA

Natural Sinop - MT (1981)

Engenheiro Eletricista graduado pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Especialização em Gestão de Empresas e Gestão Estratégica de Empresas pela FGV-SC.

Iniciou suas atividades profissionais na REIVAX S/A AUTOMAÇÃO E CONTROLE em 2004 e tornou-se gerente comercial em 2008.

### JORGE PELAES DANTAS

Natural de Macapá - AP (1968).

Matemático graduado pela UNIFAP.

Especialização em Ciência da Computação pela UFSC.

Especialização em Engenharia Elétrica Automação e Controle pela UFPA.

Especialização em Automação e Controle pela UFPA.

Desde 2003 atua como gerente da divisão de geração hidráulica UHE Coaracy Nunes - Eletronorte.

### WALDEMAR TRALLI JUNIOR

Natural de São Paulo – SP (1964)

Engenheiro Eletricista graduado pela Universidade de Mogi das Cruzes – SP.

Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela SOCIESC.

Desde 2009 atua como engenheiro de vendas na REIVAX S/A AUTOMAÇÃO E CONTROLE.