

# DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE DESEMPENHO DE USINAS TERMELÉTRICAS

**Natália Natsumi Kondo**

natalia.kondo@gmail.com

**Resumo.** O trabalho em questão visa a determinação de índices de desempenho de usinas termelétricas abordando quatro aspectos: Operacional, Manutenção, Financeiro e Ambiental. As variáveis associadas com a operação de uma usina (emissões atmosféricas, tempos de parada para execução de ações de manutenção e seus custos, e valor de ativo total) foram estudadas e convertidas em índices capazes de proporcionar um panorama geral do funcionamento da usina, e desempenho frente a outras usinas termelétricas. Para tal, o trabalho está dividido nas quatro abordagens anteriormente citadas, a fim de abranger todos os aspectos de uma usina termelétrica, as quais foram desenvolvidas análises, considerações, detalhamentos e conclusões individuais e específicas. Adicionalmente foram determinadas faixas de desempenho, caracterizadas conforme operação prevista em projeto da usina termelétrica. Essas faixas apresentam valores ótimos e limites de operação, classificação das zonas intermediárias e detalhamento das considerações realizadas.

**Palavras chave:** índices, desempenho, termelétrica, benchmarking, operação.

## 1. Introdução

Medições de desempenho têm sido utilizadas para o gerenciamento de instalações fabris por séculos, a fim de reavaliar suas potencialidades operacionais. Tais medidas têm sido usadas para analisar o desempenho departamental e corporativo, direcionando ações para aproximar o desempenho obtido em relação ao planejado.

Os índices de desempenho são necessários para determinar se os recursos e custos estão sendo bem gerenciados para alcançar a meta de produção, se o patrimônio e a planta continuam operando saudavelmente e se estas medidas fornecem a garantia de que a política do patrimônio no local hoje não limita as potencialidades de amanhã.

O bom gerenciamento e funcionamento das empresas não são apenas importantes no âmbito interno, mas também possuem impacto externo. Na realidade altamente competitiva em que se encontra o mundo hoje, a busca pela melhoria de desempenho da empresa é constante, uma vez que esta tem grande impacto em sua situação no mercado. Este fato transformou a gestão dos ativos da empresa em fator de extrema relevância perante a competitividade, ou seja, a busca pela excelência tornou-se símbolo pela luta da sobrevivência no mercado. Para que as empresas saibam sua situação comparativamente às outras, elas podem utilizar índices de desempenho que permitem a comparação entre diversas unidades de negócio.

Com a necessidade de mais energia elétrica em decorrência do crescimento da demanda e com o esgotamento dos melhores potenciais hidrelétricos, o interesse pelas usinas termelétricas (UTE's) cresceu, uma vez que sua instalação é mais rápida e menos dispendiosa, tendo como contrapartida o alto custo de manutenção. Logo, obtendo-se a medição de seu desempenho é possível verificar se o seu funcionamento encontra-se em níveis adequados, tanto em relação ao projetado internamente quanto ao observado em outras empresas.

Em suma, este trabalho tem como objetivo definir índices de desempenho de usinas termelétricas, permitindo assim o monitoramento do desempenho de suas atividades e também a comparação com o mercado.

## 2. Considerações Iniciais

Antes de serem inseridos os índices de desempenho estudados no trabalho, é importante conhecer seus principais componentes e a configuração das usinas termelétricas no Brasil.

### 2.1. Usinas Termelétricas

O setor elétrico brasileiro configura-se predominantemente hidrelétrico, com 76,7% de participação percentual na geração de energia, contra 21,1% de participação das termelétricas segundo Banco de Informações de Geração – BIG (2007), da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. São 992 usinas termelétricas em operação, sendo divididas em UTE's a gás natural e de processo, óleo diesel e residual, bagaço de cana, licor negro, madeira, biogás, casca de arroz, nuclear e carvão mineral. As usinas termelétricas a gás natural destinadas à produção de energia elétrica localizadas no Brasil, que foram as usinas escolhidas para estudo, podem ser vistas na Fig. (1).

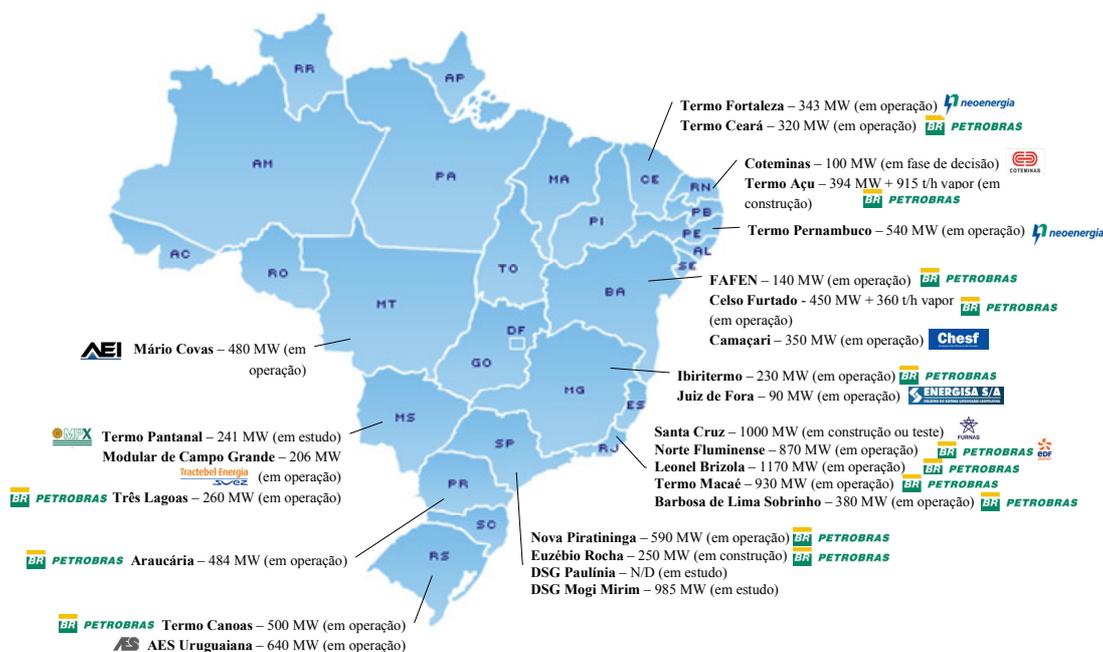


Figura 1. Usinas termelétricas a gás natural no Brasil, situação em Novembro de 2007. Fonte: Baseado no site da Gasnet: O site do Gás Natural – GNV

As usinas termelétricas a ciclo combinado movidas a gás natural (selecionadas para o desenvolvimento do trabalho devido a sua alta eficiência e ao aumento na participação do gás natural na oferta interna de energia, segundo Balanço Energético Nacional (BEN, 2007)) possuem diversos componentes, sendo os principais a turbina a gás, a caldeira de recuperação e a turbina a vapor, associadas na mesma planta. Podem compor-se de diversas maneiras, com um conjunto turbina a gás - caldeira de recuperação de geradores separados ou de eixo único, ou com dois conjuntos, como mostra a Fig. (2). Esta é a forma normalmente encontrada devido à capacidade de potência possível de ser gerada e configuração que evita problemas de parada total do sistema, uma vez que se compõem de dois conjuntos de turbina a gás - caldeira de recuperação. Ainda existem outras configurações com mais conjuntos, mas estas apresentam dificuldades técnicas na medida em que se aumenta o número de caldeiras de recuperação de calor que alimentam a turbina a vapor.

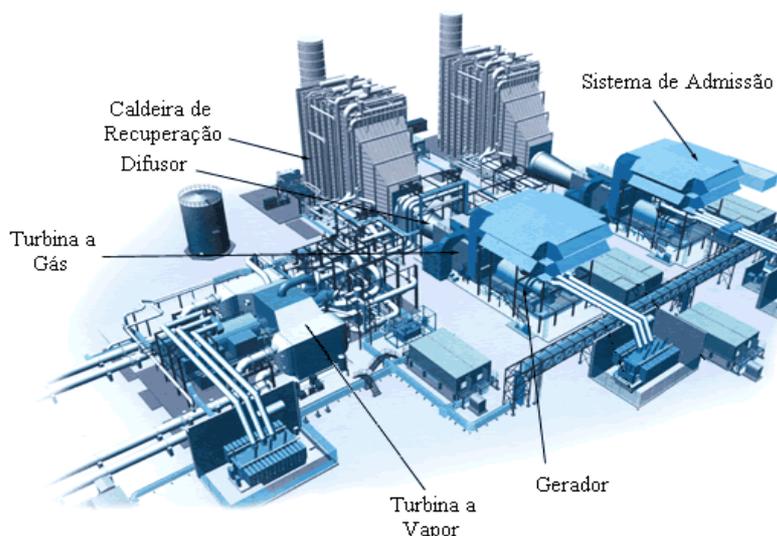


Figura 2. Usina termelétrica a ciclo combinado 2 + 1: duas turbinas a gás com sua respectiva caldeira de recuperação, associadas a uma turbina a vapor.

## 2.2. Índices de Desempenho – Considerações Iniciais

Conhecendo o sistema a ser analisado, pode-se então iniciar a determinação dos índices de desempenho. Segundo várias referências (Prêmio Nacional da Qualidade – PNQ; *National Institute of Standards and Technology – NIST*, 2007; Slack, 1993) os índices de desempenho são medidas e valores quantitativos capazes de analisar e comparar características, objetivos, padrões e resultados passados, a fim de serem capazes de determinar e delimitar a situação atual da organização internamente (relativo ao seu funcionamento interno) e externamente (relativo a outras organizações similares).

Para melhor trabalhar estes valores foi realizada uma divisão inicial, visando abranger os pontos importantes no âmbito competitivo de empresas geradoras de energia elétrica. A abordagem Operacional visa avaliar o andamento da usina termelétrica; a Financeira tem como objetivo analisar a saúde financeira da empresa, atratividade do negócio, receita e lucro, taxa de retorno, entre outros; a de Manutenção estuda os custos relacionados às práticas de manutenção, paradas programadas, aplicação de políticas de manutenção preventiva, etc.; finalmente, a Ambiental dispõe-se a verificar as emissões e efluentes liberados pela usina permitindo assim a detecção de possíveis problemas nos processos ou perda de eficiência dentro do sistema.

### 2.3. Índices de Desempenho – Determinação e Escolha

Para cada uma das abordagens existem trabalhos realizados como normas ou valores normalmente calculados. Na abordagem Ambiental pode-se utilizar diversas fontes de informação. A principal referência em estudo são as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que definem limites de emissão e características importantes para a operação adequada, com a mínima ou a tolerável degradação do meio ambiente. Além das Resoluções, foram utilizadas fontes internacionais como a seguida pela comunidade europeia, citada em documento técnico-científico exposto no Workshop “Geração Termelétrica a Gás Natural” realizada conjuntamente entre o IBAMA e pela Petrobrás em 2001, denominada “*Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone*”, que define limites para emissões de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) de turbinas com potência superior a 50 MW. Podem ser considerados também os valores da “*U. S. Environmental Protection Agency (EPA)*”, a agência de proteção ambiental americana, que fornece, por exemplo, o fator de emissão do material particulado (MP). Finalmente mais duas instituições brasileiras podem ser mencionadas, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB e a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, que fornecem respectivamente índices voltados ao monitoramento da qualidade do ar e ao nível de ruído em determinados locais, ou seja, fugindo até certo ponto das proximidades da usina termelétrica. Um resumo das informações e a base de dados utilizada podem ser visualizados na Tab. (1).

Tabela 1. Fonte dos índices ambientais, a medição realizada por eles e a sua descrição.

Fonte	Medição	Descrição
<i>Resolução CONAMA 382/2006</i>	Óxido de nitrogênio (NO <sub>x</sub> ) e monóxido de carbono (CO)	Estabelece limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, fixados por poluente e por tipologia de fonte. Possui especificação para poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás para geração de energia elétrica.
<i>Resolução CONAMA 357/2005</i>	Efluentes	Determina as condições e padrões de lançamento de efluentes, ou seja, exigências para lançamento dos efluentes de qualquer fonte poluidora.
<i>“Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone”</i>	Óxido de nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	Define limites para emissões de NO <sub>x</sub> de turbinas com potência superior a 50 MW, diferenciando as turbinas utilizadas em novos empreendimentos, as de ciclos combinados, e as de instalações pré-existentes.
<i>“U. S. Environmental Protection Agency (EPA)”</i>	Material particulado	Define o valor do fator de emissão do material particulado
<i>Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB</i>	Material particulado, CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	Identifica valores associados à qualidade do ar em relação a diversos poluentes atmosféricos amostrados nas estações de monitoramento.
<i>ABNT/NBR 10.152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico</i>	Nível de ruído	Apresenta níveis de ruídos tolerados em determinados locais como hospitais, escolas, residências, hotéis, auditórios, escritórios e locais para esporte, etc.

Para a abordagem Operacional utiliza-se a norma técnica elaborada pelo “*Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*” – Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos, ANSI/IEEE Std 762-1987, que apresenta definições de padronização para o uso em divulgação de informações de unidades geradoras elétricas utilizando três conceitos bem definidos: Confiabilidade, Disponibilidade e Produtividade. A norma apresenta diversos índices e os cálculos para sua determinação, assim como explicações detalhadas de cada um. Além destes foram incluídos índices voltados à termodinâmica como, por exemplo, a eficiência do ciclo combinado. Enfim, os índices mais importantes desta abordagem estão apresentados na Tab. (2).

Tabela 2. Principais índices de desempenho citados pela norma ANSI/IEEE Std 762-1987 e detalhamento simplificado de cada um.

Índices	Descrição	Detalhamento
<i>POF</i>	<i>Fator de Parada Planejada</i>	Indica a representatividade do tempo de parada planejada sobre o tempo em que a máquina está ativa
<i>UOF</i>	<i>Fator de Parada Não-Planejada</i>	Indica a representatividade do tempo de parada não planejada sobre o tempo em que a máquina está ativa
<i>FOF</i>	<i>Fator de Parada Forçada</i>	Indica a representatividade do tempo de parada forçada sobre o tempo em que a máquina está ativa
<i>MOF</i>	<i>Fator de Parada para Manutenção</i>	Indica a representatividade do tempo de parada para manutenção sobre o tempo em que a máquina está ativa
<i>UF</i>	<i>Indisponibilidade</i>	Indica a representatividade do tempo de indisponibilidade sobre o tempo em que a máquina está ativa
<i>AF</i>	<i>Disponibilidade</i>	Indica a representatividade do tempo de disponibilidade sobre o tempo em que a máquina está ativa
<i>SF</i>	<i>Fator de Serviço</i>	Indica a representatividade do tempo de despacho sobre o tempo em que a máquina está ativa
<i>FOR</i>	<i>Taxa de Estado de Incapacidade Forçada</i>	Indica a taxa do tempo de parada forçada sobre o tempo de serviço somado com o tempo de parada forçada
<i>NCF</i>	<i>Fator de Capacidade Líquido</i>	Indica a representatividade de quanto foi gerado (líquido), sobre a máxima geração líquida no tempo em que a máquina está ativa
<i>NOF</i>	<i>Fator de Produção Líquida</i>	Indica a representatividade de quanto foi gerado (líquido), sobre a máxima geração líquida no tempo de serviço
<i>SR</i>	<i>Confiabilidade Inicial</i>	Indica a representatividade de todas as partidas que tiveram sucesso sobre todas as partidas realizadas
$\eta_{cc}$	<i>Eficiência do Ciclo Combinado</i>	Indica a relação entre a potência gerada nas turbinas a gás e a vapor do ciclo combinado, e o fluxo de energia proveniente do combustível inserido e utilizado no sistema

Para a abordagem da Manutenção pode-se utilizar desde os índices denominados “Classe Mundial”, que são índices com mesma expressão em todos os países, como também os apresentados em livros e teses como os de Tavares (1999), Furmann (2002) apud Rosa (2006) e da Associação Brasileira da Manutenção – ABRAMAN. Neste trabalho optou-se por utilizar os valores relativos somente a custos de manutenção, não utilizando os índices de gestão ou de disponibilidade citados por estas referências, uma vez que já estão inclusos na área operacional. Assim, os índices a serem utilizados no estudo são os apresentados na Tab. (3).

Tabela 3. Índices de desempenho de manutenção selecionados, sua origem e a unidade correspondente.

Categoria	Índices	Unidade
<i>Classe Mundial</i>	Custo de Manutenção por Faturamento (CMPF)	%
	Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição (CMVR)	%
	Componentes de Custo de Manutenção (CCMN)	%
	Progresso nos Esforços de Redução de Custos (PERC)	
	Custo Relativo com Pessoal Próprio (CRPP)	%
	Custo Relativo de Material (CRMT)	%
	Custo de Mão-de-Obra Externa (CMOE)	%
	Custo de Manutenção em Relação à Produção (CMRP)	%
	Custo de Treinamento (CTTR)	%
	Imobilização em Sobressalentes (IMSB)	%
	Custo de Manutenção por Valor de Venda (CMVD)	%
	Custo Global (CMVD)	\$
	<i>Fonte: Furmann e ABRAMAN</i>	Custo Médio Anual da Manutenção Preventiva (US\$/ano)
Custo Médio Anual da Manutenção Corretiva (US\$/ano)		\$/ano
Custo Acumulado de Falha (US\$)		\$
Custo Médio Anual de Exploração (US\$/ano)		\$/ano
	Custo Médio Anual de Manutenção por Faturamento (%)	%

Finalmente, na abordagem Financeira podem ser considerados inúmeros índices, uma vez que é a abordagem mais geral utilizada pelas empresas, independente de seu ramo de atividade. Para o estudo foram utilizados os índices de Gitman (2005) por serem completos e explicativos, como podem ser vistos na Tab. (4).

Tabela 4. Índices de desempenho citados por Gitman (2005) e detalhamento simplificado de cada um.

<b>Tipo do Indicador</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>Índices de Liquidez</b>	
Índice de Liquidez corrente	Mede a capacidade da empresa de saldar suas obrigações de curto prazo.
<b>Índices de endividamento</b>	
Índice de endividamento geral	Mede a proporção dos ativos totais financiada pelos credores da empresa.
Índice de cobertura de juros	Mede a capacidade de efetuar os pagamentos contratuais de juros.
Índice de cobertura de pagamentos fixos	Mede a capacidade da empresa de satisfazer todas as obrigações de pagamentos fixos, como o pagamento de juros dos empréstimos e principal, pagamento de amortização e aluguéis, e os dividendos de ações preferenciais.
<b>Índices de rentabilidade</b>	
Margem de lucro líquido	Indica a proporção de cada valor monetário de receita de vendas restante após a dedução de todos os custos e despesas, incluindo juros, impostos e dividendos de ações preferenciais.
Lucro por ação (LPA)	Representa a quantia de lucro obtido no período para cada ação ordinária emitida.
Retorno de ativo total (ROA)	Mede a eficácia global da administração quanto à obtenção de lucros com seus ativos disponíveis.
Retorno de capital próprio (ROE)	Avalia o retorno obtido no investimento do capital dos acionistas ordinários.
<b>Índices de valor de mercado</b>	
Índice preço/lucro (P/L)	Mede a opinião dos investidores quanto ao valor da ação.
Índice preço/valor patrimonial (P/V)	Expressa como os investidores vêem o desempenho da empresa.

Com isso pode-se iniciar a análise de todos os índices a partir de valores e dados de referências citados anteriormente.

### 3. Avaliação de Valores de Referência

O trabalho preocupou-se não somente em definir os índices de desempenho para cada uma das abordagens inicialmente determinadas, mas também procurou desenvolver o estudo sobre valores de referência, faixas e suas classificações, para possibilitar a análise do funcionamento e andamento das usinas termelétricas tanto do ponto de vista interno, quanto do externo.

#### 3.1. Abordagem Ambiental – Avaliação dos Índices de desempenho

Conforme citado anteriormente, os índices de desempenho ambientais focaram-se em emissões atmosféricas, efluentes e nível de ruídos. Foi possível então, com base nas diversas fontes de informação, delimitar limites e faixas de classificação para cada um deles. As emissões de maior relevância produzidas por termelétricas e suas faixas podem ser vistas na Tab. (5).

Tabela 5. Classificação e faixa de valor para as principais emissões atmosféricas: NO<sub>x</sub>, CO e Material Particulado (MP).

<b>Classificação</b>	<b>NO<sub>x</sub>* (como NO<sub>2</sub>)</b>			<b>CO*</b>	<b>MP</b>
	<b>Turbinas a gás em novas instalações</b>	<b>Ciclo combinado em novas instalações</b>	<b>Ciclo combinado em instalações existentes</b>		
<i>Adequada</i>	0-50 mg/Nm <sup>3</sup>	0-75 mg/Nm <sup>3</sup>	0-150 mg/Nm <sup>3</sup>	0-65 mg/Nm <sup>3</sup>	0 - 240 x 10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>3</sup> de gás natural
<i>Inadequada</i>	Acima de 50 mg/Nm <sup>3</sup>	Acima de 75 mg/Nm <sup>3</sup>	Acima de 150 mg/Nm <sup>3</sup>	Acima de 65 mg/Nm <sup>3</sup>	Acima de 240 x 10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>3</sup> de gás natural

\* em base seca e 15% de excesso de oxigênio.

Para o lançamento de efluentes, as usinas termelétricas precisam estar atentas às seguintes condições de lançamento:

- pH entre 5 a 9;
- temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;
- materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- óleos e graxas:
  - óleos minerais: até 20mg/L;
  - óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L;
- ausência de materiais flutuantes; e
- dentro dos limites de determinados parâmetros inorgânicos e orgânicos.

Os limites do nível de ruído são definidos considerando dois pontos: a ocorrência decorrente dos equipamentos da UTE, e o nível tolerado para diversos locais. Para efeito de estudo, será fixado como limite de ruído admissível o valor médio de 45 dB(A), também adotado pela norma NBR 10.151 - “Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade” como critério geral. Assim, pode-se montar a Tab. (6).

Tabela 6. Classificação e faixas de valor para os níveis de ruídos.

<b>PADRÕES E CLASSIFICAÇÃO DOS RUÍDOS</b>		
<b>Qualidade</b>	<b>Faixa, dB(A)</b>	<b>Definição</b>
<i>Boa</i>	Abaixo de 20	Nível sonoro baixo
<i>Confortável</i>	21-45	Nível sonoro de conforto
<i>Desconfortável</i>	46-55	Nível sonoro de desconforto
<i>Má</i>	55-70	Nível sonoro prejudicial à saúde*
<i>Péssima</i>	71-75	Nível sonoro muito prejudicial à saúde**
<i>Crítica</i>	Acima de 75	Nível sonoro extremamente prejudicial à saúde***

\* Com início de estresse.

\*\* Estresse crescente, com risco de comprometimento auditivo.

\*\*\* Liberação de endorfinas circulantes, perda da audição.

### 3.2. Abordagem Operacional – Avaliação dos Índices de desempenho

Iniciando a análise pela abordagem voltada à termodinâmica, pode-se determinar uma faixa de valor aproximado para a eficiência do ciclo combinado. A partir de referências como Kehlhofer (1999) e Lora; Nascimento (2004) pode-se ver que a eficiência convencionalmente varia entre 49% e 60%. Valores acima de 60% são considerados muito bons, enquanto os abaixo de 49% representam valores inferiores à operação ideal, os quais devem ser analisados.

Considerando a norma IEEE 762-1987, não foram encontrados muitos valores de referência nacionais para que fosse possível traçar uma base de referência brasileira. Assim, foram utilizados dados americanos para estudo dos valores (provenientes do banco de dados “*Generating Availability Data System – GADS*” da “*North American Electric Reliability Corporation – NERC*”), uma vez que utilizam a mesma medição da norma e apresentam valores de todas as usinas termelétricas a ciclo combinado do país para diversos anos, tornando os dados mais plausíveis ao estudo. Os valores ideais são determinados pela empresa, pois é necessário considerar quais valores são admissíveis para cada um dos índices, dependendo da estrutura do empreendimento. Além disso, os índices são úteis quando comparados com anos anteriores, na forma de monitoramento do funcionamento da usina (avaliação de melhoria/piora). Um caso exemplo pode ser visto a seguir, na Tab. (7).

Tabela 7. Comparação dos valores de referência para o ano de 2006 e a média dos anos de 1999 a 2003, incluindo a variação. Fonte: GADS (2003) e (2006).

Índices	Descrição	Valor 2006	Valor 1999-2003	Variação 2006-(1999-2003)
POF	Fator de Parada Planejada	4,04%	5,68%	-1,64%
UOF	Fator de Parada Não-Planejada	5,64%	5,06%	0,58%
FOF	Fator de Parada Forçada	1,63%	2,40%	-0,77%
MOF	Fator de Parada para Manutenção	1,60%	2,66%	-1,06%
UF	Indisponibilidade	7,27%	10,74%	-3,47%
AF	Disponibilidade	92,73%	89,26%	3,47%
SF	Fator de Serviço	39,01%	57,52%	-18,51%
FOR	Taxa de Estado de Incapacidade Forçada	4,01%	4,00%	0,01%
NCF	Fator de Capacidade Líquido	28,08%	44,86%	-16,78%
NOF	Fator de Produção Líquida	71,54%	77,99%	-6,45%
SR	Confiabilidade Inicial	98,26%	97,56%	0,70%

### 3.3. Abordagem de Manutenção – Avaliação dos Índices de desempenho

Com todos os registros de custos relativos à área de manutenção, é possível determinar os custos totais e médios da área, os valores por item analisado, por ano e por tipo de manutenção realizada, e relacioná-los com o faturamento da empresa, o valor de compra/reposição de equipamentos e revenda de itens. Os custos relacionados à produção (custo de mão-de-obra própria e contratada, material, imobilização de sobressalentes) e produção no período podem ser expressos por participação nos custos totais de manutenção ou no investimento em equipamentos, sendo possível avaliar a contribuição de cada um destes valores.

A determinação das faixas de valor e classificações é uma tarefa difícil de ser realizada, visto que os dados referentes aos índices não são divulgados publicamente pelas usinas termelétricas. Além disso, os valores-limites a serem adotados são particulares para cada empreendimento, dependendo do seu porte e sua gestão. Apesar disso, é possível dar certo direcionamento a fim de facilitar a determinação destes valores e classificações pela própria usina.

Alguns valores podem ser obtidos no estudo desenvolvido pela ABRAMAN, um documento nacional intitulado de “A situação da manutenção no Brasil” (2005). Neste documento pode-se extrair os seguintes valores de referência (âmbito nacional, sem distinção de atividade da empresa) para os custos de manutenção, mostrados na Tab. (8).

Tabela 8. Classificação do custo total da manutenção por faturamento bruto, valores de referência, e composição de custos da manutenção.

Classificação	Custo Total da Manutenção/Faturamento Bruto			
<i>Bom</i>	Menor que 4%			
<i>Regular (valor de referência)</i>	4% a 5%			
<i>Ruim</i>	Maior que 5%			
	Pessoal	Material	Serviços Contratados	Outros
<i>Valor de referência</i>	35,10%	31,80%	23,71%	9,40%

Em artigo publicado na revista digital “Plant Services – The Digital Resource of Plant Services Magazine”, Smith (2006) levanta alguns “Key Performance Indicators (KPI)” – do português “Índices Chaves de Desempenho” – a serem utilizados na gestão de uma instalação industrial. Dentre eles o autor fornece dois índices em comum aos utilizados neste trabalho. Assim, pode-se observar os seguintes valores e faixas na Tab. (9).

Tabela 9. Classificação e faixas de valor para a relação do custo de manutenção com o custo de produção e total de vendas. Fonte: Smith (2006).

Classificação	Custo de Manutenção/Custo de produção	Custo de Manutenção/Total de vendas
<i>Bom</i>	Menor que 10%	Menor que 6%
<i>Regular (valor de referência)</i>	10% a 15%	6% a 8%
<i>Ruim ou Péssimo</i>	Maior que 15%	Maior que 8%

Os índices que se referem a valores monetários como o Custo Global, Custo Médio Anual da Manutenção Preventiva e Corretiva, de Exploração do Equipamento e Custo Acumulado de Falha são altamente dependentes da administração do empreendimento, sendo um valor particular para cada empresa e ramo de atividade.

Enfim, estes são os índices, classificações e faixas de valores possíveis de serem determinados, com algumas ressalvas referentes a abordagem (valores gerais e não específicos às usinas termelétricas a ciclo combinado) e ao porte do empreendimento, sendo então apenas como base para uma análise inicial do negócio. Alguns valores podem ser utilizados na forma de comparação ao longo dos anos, como os índices com valores monetários, medindo-se então a evolução ao longo do tempo. Os índices que não foram detalhados (o Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição, por exemplo) devem ser analisados caso a caso, dentro do contexto específico ao qual está inserido.

### 3.4. Abordagem Financeira – Avaliação dos Índices de desempenho

Em decorrência dos valores dos índices variarem de acordo com o setor em estudo, foi feita uma estimativa de possíveis faixas para o trabalho. Assim, analisando possíveis faixas e posteriormente calculando-se alguns dos índices tem-se o caso da usina Termopernambuco, Tab. (10).

Tabela 10. Índices com faixa estimada, detalhamentos e valores calculados para a usina Termopernambuco.

Tipo do Indicador	Faixa estimada	Valores calculados	Interpretação
<b>Índices de Liquidez</b>			
Índice de liquidez corrente	O ideal é acima de 1, sem grandes problemas em ser bem próximo do número, em decorrência do setor em estudo. Não se aconselha que ele seja muito alto, pois indica um possível desperdício de ativos.	1,063	A empresa possui \$1,063 de ativo circulante para cada \$1 de passivo circulante, ou o passivo circulante é coberto 1,063 vezes. O valor é aceitável por ser uma empresa prestadora de serviços de utilidade pública.
<b>Índices de endividamento</b>			
Índice de endividamento geral	São aceitos valores altos devido às características particulares das redes de infra-estrutura, como a necessidade de grandes volumes de capital imobilizado, longo prazo de maturação dos projetos e a existência de elevados riscos associados aos retornos financeiros.	67,32%	A empresa financia mais de 60% de seus ativos com dívidas. Alto grau de endividamento e elevado grau de alavancagem financeira. Isto é tolerável uma vez que as usinas demandam alto investimento, e muitas vezes a geração interna não é suficiente.
Índice de cobertura de juros	Valor aceitável, no mínimo 3 e de preferência próximo de 5.	3,076	Apresenta valor aceitável (entre 3 e 5), a empresa pode encolher até 67% $[(3,076-1,0)/3,076]$ que continuará sendo capaz de pagar seus juros.
Índice de cobertura de pagamentos fixos	Pelo menos, maior que 1.	1,706	Como os lucros disponíveis são 1,7 vezes maior que as obrigações fixas de pagamento, a empresa poder ser capaz de saldar essas obrigações.
<b>Índices de rentabilidade</b>			
Margem de lucro líquido	Depende de quanto a empresa está interessada. Geralmente é utilizada em comparações com anos anteriores.	20,02%	Cerca de 20% de cada unidade monetária de receita de vendas resta após a dedução de todos os custos e despesas, incluindo juros, impostos e dividendos de ações preferenciais
Lucro por ação (LPA)	Normalmente é analisado por crescimento ao longo dos anos. Os investidores tendem a se interessar por negócios os quais possuem essa relação em ascensão.	R\$ 0,293	R\$ 0,293 de lucro obtido no período para cada ação ordinária
Retorno de ativo total (ROA)	É o retorno que a empresa considera adequado.	8,09%	Indica que a empresa obteve 8,09 centavos por dólar de investimentos em ativos.

Retorno de capital próprio (ROE)	É o retorno que a empresa considera adequado.	24,77%	Indica lucro de 24,77 centavos de retorno obtido para cada dólar de capital dos acionistas ordinários da empresa
<b>Índices de valor de mercado</b>			
Índice preço/lucro (P/L)	Uma companhia com P/L > 20 é aquela em que o mercado antecipa um rápido crescimento e está disposto a pagar um preço maior por suas ações que o justificável por seu histórico de lucros. Uma com um P/L < 5 é aquela que está “fora-de-moda”, ou que está no fundo de seu ciclo industrial, e que o mercado vê pouca excitação. O ideal é que a ação possua P/L's entre 7 e 10	3,41	Investidores estão dispostos a pagar \$ 3,41 por \$ 1 de lucro da empresa
Índice preço/valor patrimonial (P/V)	Valores maiores do que 1 significa que as empresas estão sendo bem avaliadas pelo mercado	0,85	Indica que os investidores estão pagando atualmente \$ 0,85 para cada \$ 1 de valor patrimonial da ação da empresa

#### 4. Conclusões e Recomendações

As termelétricas no Brasil ainda possuem participação no mercado de geração de energia elétrica muito pequena, comparativamente às usinas hidrelétricas. Com a necessidade de mais energia elétrica em decorrência do crescimento da demanda e com o esgotamento dos melhores potenciais hidráulicos, o interesse pelas usinas termelétricas cresceu. O estudo baseou-se no ciclo combinado (que produz considerável eficiência para o sistema), operando com gás natural.

Concluiu-se que os índices ambientais podem ser definidos baseados nas Resoluções do CONAMA, em dados do EPA, nas normas NBR e em regulamentações emitidas pela CETESB, sendo basicamente focados no controle das emissões de NO<sub>x</sub>, CO e Material Particulado, além dos efluentes como a água residual do processo e do ruído. Enfim, foram definidas classificações, faixas de valor para cada um dos índices selecionados.

Conforme citado anteriormente, os índices da abordagem operacional foram baseados na norma IEEE 762-1987, complementando-os com a abordagem termodinâmica, relativa às eficiências do equipamento e sistema. Os valores definidos são para referência, uma vez que há particularidades que devem ser levadas em conta nos dados utilizados. Assim, faixas de valor são dificilmente bem definidas em decorrência das inúmeras análises que podem ser feitas, considerando o tamanho do empreendimento, como é realizada a manutenção, o tempo de uso do equipamento, entre outros pontos.

Os índices de manutenção foram determinados segundo Tavares (1999), partindo-se para a linha de custos de manutenção. Assim, diversos percentuais relativos ao custo de manutenção, faturamento da empresa, produção, reposição e revenda foram definidos e posteriormente estimados a partir de valores da ABRAMAN, sendo que os valores referentes somente a custos não foram determinados, uma vez que são particulares para cada empreendimento.

Finalmente, os índices financeiros possuem equacionamento dados por Gitman (2005), sendo então aplicados a uma usina termelétrica a ciclo combinado operando com gás natural, como um estudo de caso. Os valores foram calculados e estudados considerando a faixa de valores definida, podendo-se então analisar cada um dos índices e avaliar a situação financeira a qual se encontra o empreendimento. Alguns valores são particulares a cada empresa, sendo então responsabilidade da gerência definir os valores para ser possível acompanhar o andamento da usina.

Em suma, os índices propostos foram definidos com o intuito de propiciar uma visão macro da situação de uma usina termelétrica a ciclo combinado, em torno das quatro abordagens, não somente considerando a empresa individualmente, mas se preocupando também na análise de outras empresas do gênero (mercado), na forma de um “*benchmarking*”. A escolha dos índices foi feita de forma a abranger os pontos principais do funcionamento de uma usina termelétrica, tendo a preocupação em não haver redundância entre os índices. As faixas foram determinadas de maneira geral, certas vezes utilizando as médias dos valores, com a preocupação em sempre definir de maneira clara e objetiva as condições levadas em consideração para o levantamento dos valores e os cálculos. Enfim, a classificação das faixas foi até certo ponto simples, considerando-se apenas o valor de referência ou faixa como uma estimativa de valor médio e adequado, complementando a classificação com valores fora desta faixa, considerando o impacto positivo ou negativo destes sobre a usina termelétrica.

Ao longo do trabalho a obtenção dos dados referentes aos índices mostrou-se difícil, uma vez que as usinas termelétricas brasileiras não disponibilizam essas informações publicamente. Isso refletiu muitas vezes na utilização de informações de instituições internacionais, como forma de solucionar este problema. Apesar disso os índices foram claramente determinados, levando-se em conta as ressalvas citadas ao longo do trabalho, e podem ser utilizados para proporcionar maior controle e conhecimento da usina termelétrica para a gerência do empreendimento.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se realizar um estudo mais aprofundado de todos os índices em âmbito nacional, sem a utilização de dados de outros países, tornando a análise mais próxima da realidade brasileira. Isso pode ser realizado através de uma pesquisa mais profunda nas instituições de pesquisa (ANEEL, ABRAMAN, CONAMA), preocupando-se em obter informações nacionais e gerais e realizar um “*benchmarking*” entre as usinas termelétricas brasileiras.

## 5. Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Gilberto Francisco Martha de Souza, pela orientação no trabalho, pelo apoio dado e por todo o conhecimento transmitido ao longo do tempo em que trabalhamos juntos.

Às pessoas do Laboratório de Confiabilidade (Relab), Érico, William, Matheus, e principalmente Fernando, pela ajuda neste trabalho e pela ótima convivência e amizade ao longo de todos esses anos.

À minha família e amigos, pelo suporte dado durante o trabalho, pela companhia nos momentos difíceis e pela compreensão da importância deste projeto em minha formação acadêmica.

Ao engenheiro Juliano Nicolielo Torres da AES Tietê, pela disponibilização de dados de operação de usinas termelétricas.

## 6. Referências

- American National Standards Institute/The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. – ANSI/IEEE, 1986, “IEEE Standard Definitions for Use in Reporting Electric Generating Unit Reliability, Availability, and Productivity”. ANSI/IEEE Std 762-1987. New York, USA, 30 p.
- Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN, 2005, “A Situação da Manutenção no Brasil” 30 slides. Documento Nacional 2005.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1999, “NBR 10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade”.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1987, “NBR 10.152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico”.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Ministério de Meio Ambiente). “Resolução CONAMA 357-2005: Resolução nº.357 de 17 de Março de 2005”.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Ministério de Meio Ambiente). “Resolução CONAMA 382-2006: Resolução nº.382 de 26 de Dezembro de 2006”.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE, (Ministério de Minas e Energia), 2007, “Balanço Energético Nacional 2007: Ano Base 2006”, Relatório Final. Rio de Janeiro, 48 p.
- Gitman, L. J., 2005, “Princípios de Administração Financeira” (10ª edição), Pearson Education do Brasil. Tradução técnica: Antonio Zoratto Sanvicente – São Paulo: Addison Wesley, 2004, 745 p.
- Kehlhofer, R. H.; Bachmann, R.; Nielsen, H.; Warner, J., 1999, “Combined-Cycle Gas & Steam Turbine Power Plants”. Tulsa: PennWell Publishing Company, 298 p.
- Lora, E. E. S.; Nascimento, M. A. R., 2004, “Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação”. Rio de Janeiro: Interciência, Vol. 2. 2 v, 1-632 p.
- Rosa, E. B., 2006, “Índices de Desempenho e Sistema ABC: O Uso de Índices para uma Gestão Eficaz do Custeio e das Atividades de Manutenção”. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Vol. 1. 2v, 530 p.
- Slack, N., 1993, “Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais”. Trad. Sônia Maria Corrêa. São Paulo: Atlas, 200 p.
- Tavares, L. A., 1999, “Administração Moderna da Manutenção”. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 208 p.

## 7. Direitos autorais

### DETERMINATION OF PERFORMANCE INDEXES OF THERMOELECTRIC POWER PLANTS

**Natália Natsumi Kondo**

natalia.kondo@gmail.com

**Abstract.** The study in question aims at the determination of performance indexes of thermoelectric power plants approaching four aspects: Operational, Maintenance, Financier and Environment. The variables associated with the operation of a plant were studied and converted into indicators capable to provide a general panorama of the functioning of the plant, and performance front to other thermoelectric power plants. For the determination of the indexes, initially the study it was divided in the four approaches previously quoted, in order to enclose all the aspects of a thermoelectric power plant, which were developed analyses, considerations, detailings and individual and specific conclusions. Additionally, ranges of performance were determined, characterized as operation foreseen in project of the thermoelectric plant. These ranges presented excellent values and limits of operation, classification of the intermediate zones and detailing of the made considerations.

**Keywords.** *indexes, performance, thermoelectric, benchmarking, operation.*