



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
1, 2 y 3 de Octubre de 2008

---

## **Sistema de Monitoramento Operacional por Imagens – SMOI**

**Douglas Castro de Araujo  
Usina Hidrelétrica de Itaipu  
Brasil**

### **RESUMO**

Este artigo descreve as atividades desenvolvidas durante o período de estágio na Usina Hidrelétrica de Itaipu que se concentraram no estudo dos equipamentos (câmeras, lentes, comunicação, gravadores e monitores) utilizados para um Circuito Fechado de Televisão (CFTV) e nas características dos equipamentos a serem monitorados (transformadores, comportas e outros). Inicialmente foi feito uma busca dos modelos de equipamentos encontrados comercialmente segundo alguns fabricantes de equipamentos para CFTV e foi realizado um estudo nas especificações técnicas destes, para que se pudesse especificar o modelo mais adequado e viável as condições de cada ponto a ser monitorado na Usina.

### **PALAVRAS CHAVES**

CFTV, monitoramento, câmeras, inspeção visual.

---

Douglas Castro de Araujo. Email: douglasc\_araujo@hotmail.com



## 1. INTRODUÇÃO

Sistemas de visão são sistemas que utilizam a tecnologia de visão artificial na indústria, resultado da junção de várias tecnologias, seus principais objetivos são simular a visão humana em processos de inspeção e realizar medições precisas sem contato em componentes ou produtos nos processos de fabricação e embalagem.

Este trabalho tem como objetivo elaborar um projeto básico de um sistema de visão adequado para determinados pontos da Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHI). O sistema consiste basicamente na monitoração de imagens obtidas através de unidades de captura de imagens compatíveis com o objeto de cada monitoração e com cada ambiente de instalação. A implementação do sistema prevê a utilização de equipamentos, software e dispositivos tais como: câmeras, lentes, monitores, multiplexadores, switches, interfaces, gravadores de imagens, rede de comunicação, de controle e de alimentação elétrica, iluminadores, protetores, hardware e software de tratamento, monitoração, editoração, gravação, armazenamento e distribuição de imagens.

Para o desenvolvimento do Sistema de Monitoramento Operacional por Imagens (SMOI), está previsto a implantação do sistema com o objetivo de monitorar diversos pontos da UHI como poços de drenagem, comportas do vertedouro, transformadores e outros, e dessa forma aumentar a agilidade dos serviços prestados pelas equipes de operação e manutenção da UHI, devido a grande dimensão da usina, e aumentar a segurança à integridade física das pessoas no desenvolvimento de atividades em locais de maiores riscos, os transformadores principais das unidades geradoras serão um dos pontos considerados na primeira etapa do desenvolvimento do SMOI devido aos riscos que ele pode oferecer às pessoas que realizem trabalhos próximo às celas deles, sendo então o ponto inicial do projeto e o assunto abordado nesse artigo.

## 2. JUSTIFICATIVAS

O desenvolvimento do projeto de um sistema de visão para visualizar os transformadores elevadores das unidades geradoras é motivado devido ao nível de risco oferecido por eles, de forma que se possa evitar o acesso rotineiro de operadores e equipes de manutenção à galeria dos transformadores, em especial às celas dos transformadores quando energizados.

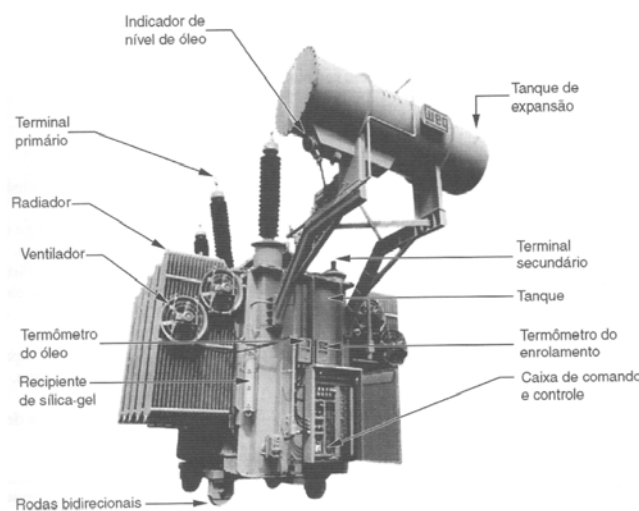
Com a decisão do fechamento das portas das celas dos transformadores, decisão tomada devido ao aumento da segurança proporcionado, o monitoramento visual do transformador se fará rotineiramente apenas através das câmeras instaladas e excepcionalmente haverá a abertura das celas, sendo então este mais um motivo para o desenvolvimento do projeto.

## 3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O transformador é parte integrante de um Sistema Elétrico de Potência (SEP) e assim como qualquer outro equipamento, ele também necessita de trabalhos de manutenção. A manutenção é toda atividade que se realiza através de processos diretos ou indiretos nos equipamentos, obras ou instalações, com a finalidade de assegurar-lhes condições de cumprir com segurança e eficiência as funções para as quais foram fabricados ou construídos, levando-se em consideração as condições operativas e econômicas, [Milasch 1984].

O sistema deve monitorar as condições do transformador, e assim auxiliar e propiciar maior segurança à integridade física à equipe técnica na realização da manutenção. A manutenção no transformador através da inspeção visual externa, que é um dos objetivos do sistema, visa principalmente verificar a existência de vazamento do óleo isolante; as condições da pintura; as condições da porcelana das buchas e isoladores; as condições dos conectores e cabos; ligação à terra do transformador; as condições dos ventiladores e sua lubrificação; as condições dos indicadores de temperatura; sistema de gás; nível do óleo no conservador e nas buchas; as condições do desidratador; as condições do sistema de refrigeração forçada; relés Buchholz e de fluxo de óleo; e o número de operações registrado no contador de operações do comutador, [Milasch 1984].

A estrutura básica dos componentes externos de um transformador de potência pode ser exemplificada com a Figura 1.



**Figura 1. Componentes externos de um transformador de potência**  
**Fonte: Mamede (2005).**

#### 4. PROJETO BÁSICO

A orientação básica para a elaboração do projeto é dada segundo as verificações listadas anteriormente, não foi considerado monitorar todos os pontos mencionados, pois necessitaria de uma grande quantidade de câmeras ou algumas câmeras móveis para cada cela dos transformadores e levando em consideração que serão sessenta transformadores a serem monitorados e o custo de cada equipamento necessário para o sistema, optou-se pela utilização de duas câmeras a serem instaladas em cada cela do transformador.

Os pontos de interesse principais, considerados para o projeto são a inspeção visual dos medidores de temperatura e pressão, inspeção visual de vazamentos de água e/ou óleo e inspeção visual das buchas.

## 5. ESCOLHA DA CÂMERA

Optou-se por um sistema com uma câmera móvel (Speed Dome) e uma câmera fixa, a Speed Dome irá oferecer certa versatilidade e agilidade para visualizar o transformador e a câmera fixa irá cobrir a outra parte da área de interesse do transformador. As Speed Domes são câmeras de CFTV extremamente avançadas, com movimentação motorizada normalmente em 360° de giro horizontal (giro infinito) e 90° de giro vertical. Possuem ainda, a integração de uma lente zoom para colher informações muito mais detalhadas em determinada cena, [Peres 2007].

Um ponto muito importante na escolha de um determinado tipo de sistema é o preço e nesse aspecto a diferença entre câmeras fixas e Speed Domes é realmente muito grande, mas que oferece grandes benefícios, por isso optou-se pela utilização de apenas uma Speed Dome. Para as escolhas das câmeras foi feita uma pesquisa de mercado analisando a tecnologia hoje disponível na área de CFTV, por ser esta área que se utiliza mais intensamente dos recursos de visualização de imagens por câmeras.

Os modelos analisados são listados na Tabela 1.

**Tabela 1. Análise das câmeras**

Produto	Características	Preço
Speed Dome Samsung - SCC-C6403	BR, DN, CL, PTZ, LF, BS, BSR, AV	R\$ 4.057,00
Speed Dome Pelco - SD53CBW	BR, DN, CL, PTZ, BS, BSR, AV	R\$ 4.304,00
Speed Dome Adtecno - ADTSPEED	BR, CL, PTZ, BS, BV	R\$ 2.048,00
Câmera Fixa Samsung - SCC-131B	BR, CL, CF, LF, MS, BSR	R\$ 570,00
Câmera Fixa Bosch - LTC0435	MR, CL, CF, LF, MS, BSR	R\$ 700,00
Câmera Fixa Panasonic - WV-BP144P1	MR, PB, CF, LF, BS, BSR	R\$ 560,00

**Tabela 2. Legenda**

Característica	Legenda
Nível médio de resolução	MR
Bom nível de resolução	BR
Uso dia/noite	DN
Monocromática	PB
Colorida	CL
Câmera fixa	CF
Câmera móvel	PTZ
Compensação de luz de fundo	LF
Média sensibilidade	MS
Boa sensibilidade	BS
Bom nível de sinal/ruído	BSR
Baixa velocidade de movimentação (Pan e Tilt)	BV
Alta velocidade de movimentação (Pan e Tilt)	AV

## 6. ESCOLHA DALENTE

A escolha das lentes é restrita as câmeras fixas, pois as Speed Dome já possuem sua lente e estas possuem a característica de alterar sua distância focal se adaptando a situação existente. Para a escolha das lentes primeiro foi realizado o cálculo de qual seria o ângulo horizontal necessário para cobrir todo o perfil horizontal da área de

interesse do transformador, em seguida foi realizado uma pesquisa de qual lente encontrada comercialmente se adaptaria a necessidade. Através da análise da planta da cela do transformador foi constatado que seria necessário um ângulo de  $82^\circ$  para cobrir todo o transformador.

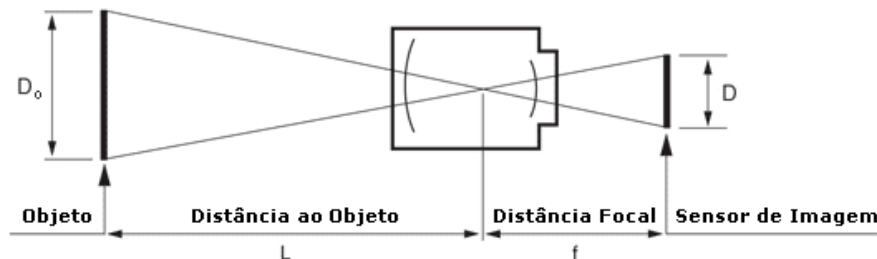
As lentes encontradas comercialmente são listadas na Tabela 3 com seus respectivos ângulos de visão. Os ângulos de visão foram calculados com a seguinte equação [Koerich 2007]:

$$\theta = 2 \times \tan^{-1} \frac{D}{2f}$$

Onde:  $\theta$  é o ângulo de visão;  $D$  é a dimensão do sensor;  $f$  é a distância focal.

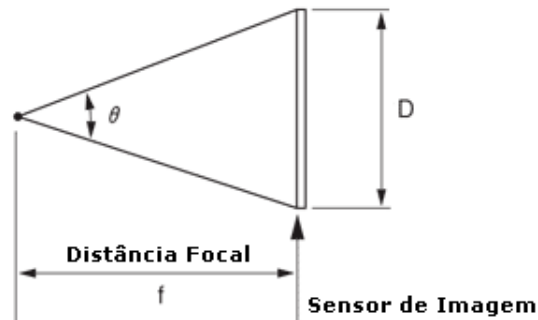
Em seu nível mais básico, uma câmera digital, assim como uma câmera convencional, possui uma série de lentes que focaliza a luz para criar a imagem de uma cena (objeto). Mas em vez de focalizar essa luz sobre um pedaço de filme, ela o faz sobre um dispositivo semicondutor [Wilson 2008] que “grava a luz eletronicamente”, o sensor de imagem, que irá converter a energia luminosa em energia elétrica, o esquema básico da câmera é apresentado na Figura 2.

A distância focal, medida em milímetros, é a distância entre o centro ótico da lente e a película fotográfica (ou o CCD/CMOS nas digitais), situada no interior do corpo da câmera. É através dela que classificamos as lentes. É ela que define todas as características próprias de cada objetiva e o resultado estético da imagem produzida por cada uma, [Axis 2006].



**Figura 2. Esquema básico de uma câmera**

Com a estrutura da câmera definida na Figura 3 pode-se encontrar o ângulo  $\theta$  através da fórmula apresentada anteriormente, que define o ângulo que a câmera poderá visualizar a imagem de cena (objeto), ou seja, o tamanho da cena (largura e altura) que a câmera consegue enxergar.


**Figura 3. Estructura da câmera para definição do ângulo de visão**
**Tabela 3. Ângulos de visão horizontal**

Distância Focal (mm)	Ângulo de Visão Horizontal Aproximado ( ° )			
	2/3"	1/2"	1/3"	1/4"
2,0	-	-	-	77
2,8	-	-	81	59
4,0	-	77	62	44
4,8	85	67	53	37
6,0	73	56	44	30
8,0	58	44	33	23
12,0	40	30	23	15
16,0	31	23	17	11
25,0	20	15	11	7
50,0	10	7	5	4

**Tabela 4. Ângulos de visão vertical**

Distância Focal	Ângulo de Visão Vertical Aproximado ( ° )			
	2/3"	1/2"	1/3"	1/4"
2,0	-	-	-	62
2,8	-	-	65	46
4,0	-	62	48	33
4,8	69	53	41	28
6,0	58	44	33	23
8,0	45	33	25	17
12,0	31	23	17	11
16,0	23	17	13	9
25,0	15	11	8	5
50,0	8	5	4	3

As câmeras consideradas na pesquisa são de sensores de imagem de 1/3", portanto será necessário utilizar uma lente de 2.8 mm para satisfazer a condição de ângulo de visão de horizontal de 82°, o que conseqüentemente resulta em um ângulo de visão vertical de 65°, na Figura 4 e Figura 5 é mostrado o posicionamento das câmeras e os ângulos de visão horizontal e vertical, as dimensões da cela do transformador são dadas em metros.

Os modelos analisados das lentes são listados na Tabela 5.

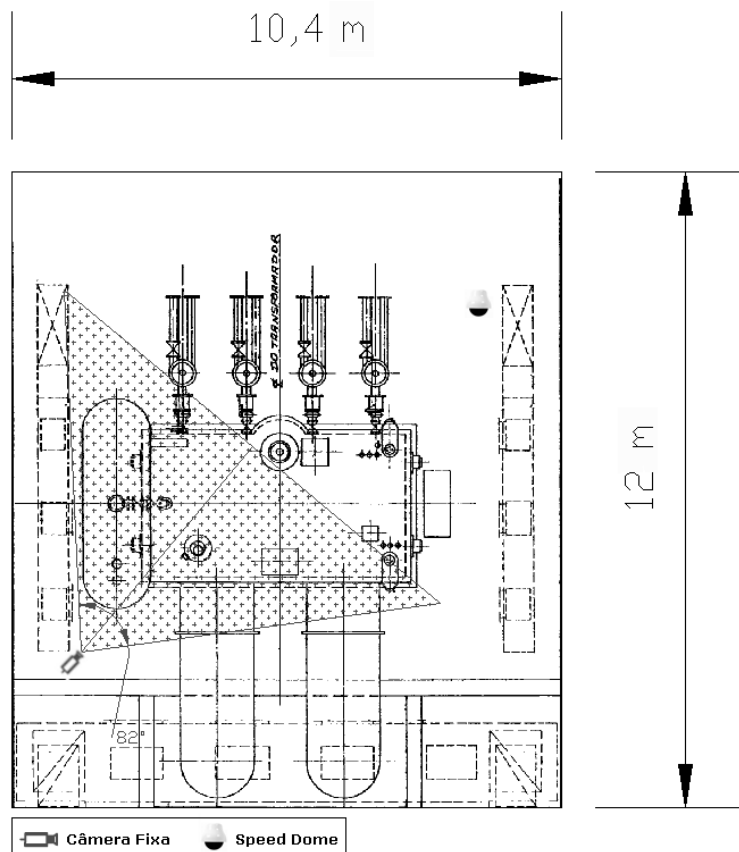
VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
1, 2 y 3 de Octubre de 2008

**Tabela 5. Análise das lentes**

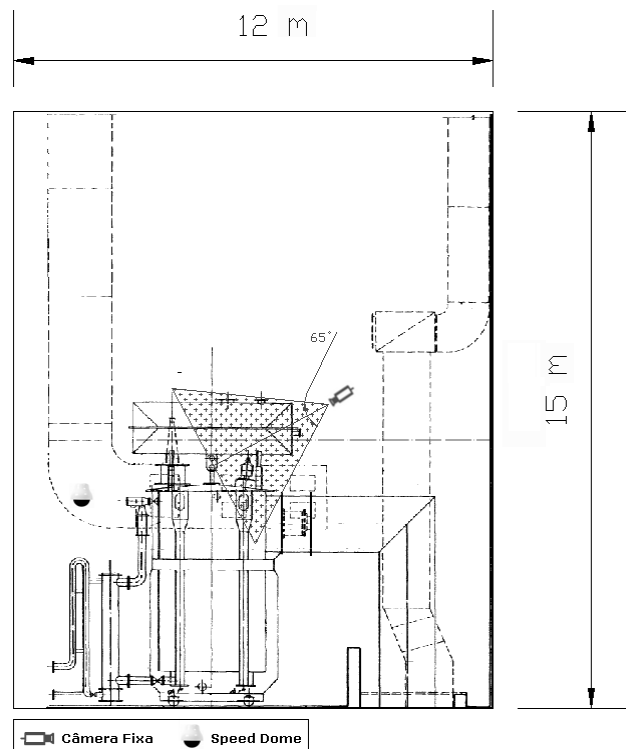
Produto	Características	Preço
Lente 2.8 mm Tecvoz	IF, CCS	R\$ 46,00
Lente 2.8-12 mm PlastromVideo	AI, VF, CS	R\$ 158,50
Lente 2.8 mm Panasonic	AI, *MO	R\$ 700,00

**Tabela 6. Legenda**

Característica	Legenda
Íris fixa	IF
Auto-íris	AI
Varifocal	VF
Montagem C ou CS	CCS
Montagem CS	CS
Não foi encontrado especificação da montagem	*MO



**Figura 4. Ângulo de visão horizontal**

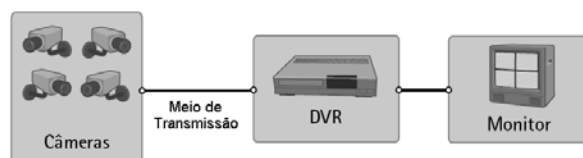


**Figura 5. Ângulo de visão vertical**

## 7. CONSIDERAÇÕES

O projeto básico de um sistemas de CFTV é composto por elementos captadores de imagens (câmeras), elementos transmissores do sinal de vídeo (transmissores, receptores, cabos), elementos gravadores de imagem (VCR, DVR, NVR) e elementos reprodutores de imagens (monitores).

A Figura 6 exemplifica os equipamentos necessários para se concluir o projeto básico, para finalizar a etapa da especificação das câmeras e lentes deverá ser feito ainda algumas simulações com câmeras com características semelhantes às das especificadas para validar as escolhas.



**Figura 6. Sistema básico de CFTV**

Para o meio transmissão espera-se utilizar ainda transmissores e receptores que irão fazer as conversões elétricas e óticas do sinal de vídeo para que se possa utilizar a fibra ótica e com a utilização da fibra ótica será possível aumentar a imunidade do meio de transmissão a interferências eletromagnéticas e preservar a qualidade do vídeo a ser transmitido. Para o prosseguimento do trabalho deverá ser especificado o restante dos





equipamentos analisando-se as opções existentes no mercado e considerando a viabilidade destes serem instalados na UHI .

## 8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Milasch, Milan. (1984) Manutenção de transformadores em líquido isolante. Edgard Blücher, São Paulo.
- [2] Mamede Filho, João. (2005) Manual de equipamentos elétricos. LTC, Rio de Janeiro.
- [3] Peres, Marcelo. (2007) “Módulo 1”, Guia do Circuito Fechado de Televisão. Porto Alegre.
- [4] Koerich, Alessandro L.; Brito Jr., Alceu de Souza. (2007) Hardware para visão computacional. São Paulo.
- [5] Wilson, Tracy V.; Nice, K.; Gurevich, V. Como funcionam as cameras digitais. Disponível em: <<http://hsw.uol.com.br/>>. Acesso em 04 abr. 2008.
- [6] Axis Communications. (2006) Technical guide to network video.