

JMP
Sistemas



*MELHORES TÉCNICAS DE
ANÁLISE DE QUALIDADE
DA ENERGIA E CORREÇÃO
DE FATOR DE POTÊNCIA
EM PLANTAS INDUSTRIAIS*

VENANCIO F. OLIVEIRA

JVP SISTEMAS

OURINHOS/SP

MELHORES TECNICAS DE ANÁLISE DE QUALIDADE DA ENERGIA E CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA EM PLANTAS INDUSTRIAIS

03 PARTES:

1 – ANÁLISE DA QUALIDADE DE ENERGIA

2 – CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

3 – ANÁLISE DETECTIVA (+)

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA

A QUALIDADE DA ENERGIA NA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ETANOL

O QUE É QUALIDADE DE ENERGIA

- É quando não temos:
 - Qualquer problema na tensão,
 - Qualquer problema na corrente,
 - Qualquer desvio na frequência,
- Que resulte em falha e/ou prejudique a operação dos equipamentos!!!

QUAL A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DE ENERGIA

- Evitar queima de equipamentos
- Diminuir custos com desperdícios de energia
- Evitar aumento das cargas não lineares
- Evitar ressonância no sistema elétrico
- Evitar sobreaquecimento em transformadores
- Evitar sobrecargas em geradores e motores
- Entre outros...

O QUE AVALIAR EM UM ESTUDO DE QUALIDADE DE ENERGIA

- Distúrbios gerados pela concessionária
- Distúrbios gerados pelo consumidor
- Variações na tensão
- Transitórios
- Interrupções
- Distorção na Forma de Onda
- Harmônicas

Distúrbios gerados pela concessionária

- **A mudança de tap em Transformadores gera transitórios**
- **A atuação de disjuntores gera transitórios**
- **A inserção de capacitores/reatores gera transitórios**
- **Etc...**

Distúrbios gerados pelo consumidor

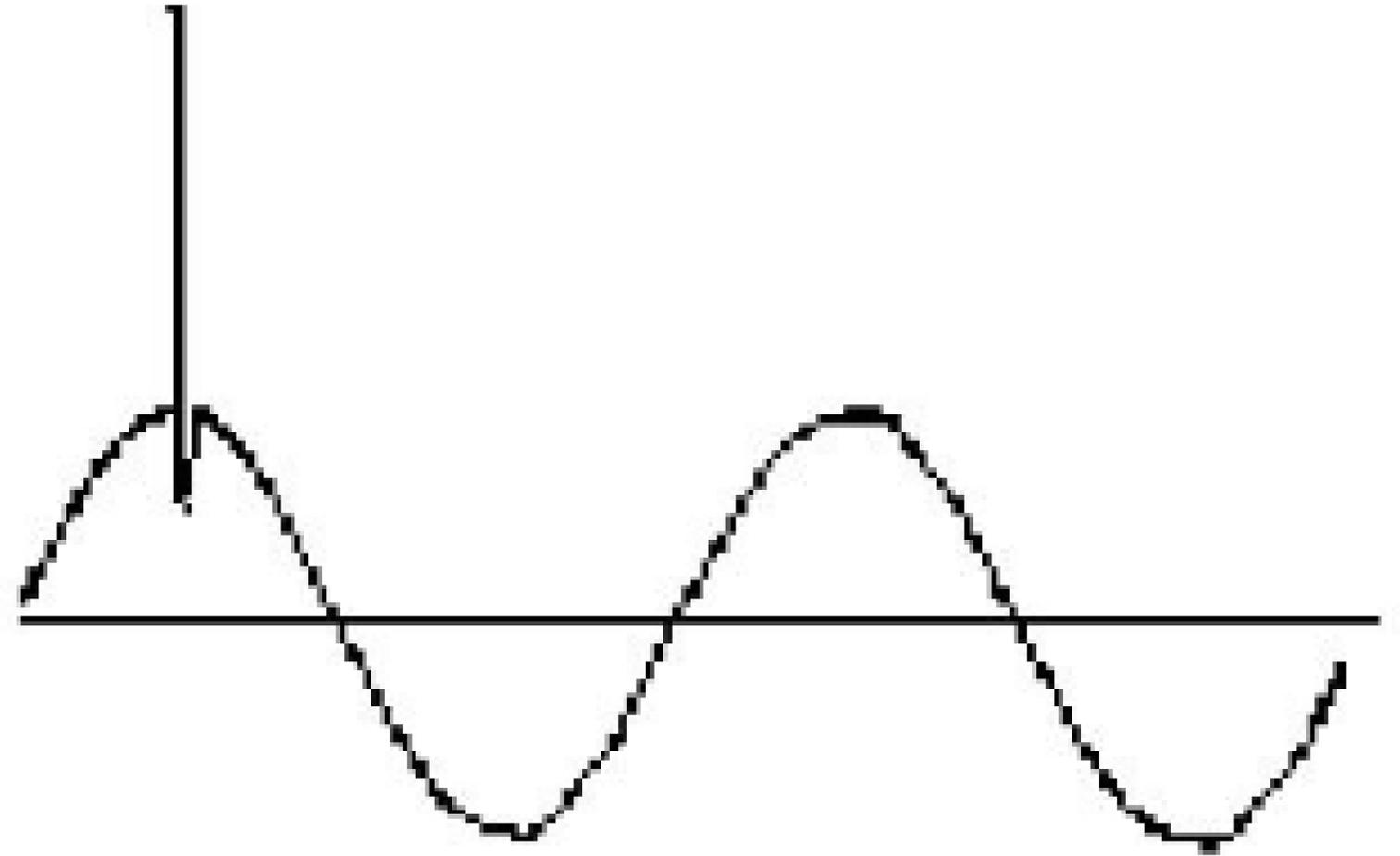
- **Inversores e Conversores Eletrônicos**
- **Fornos a arco**
- **Desequilíbrio de cargas**
- **Partida de grandes motores**
- **Etc...**

Variações na tensão

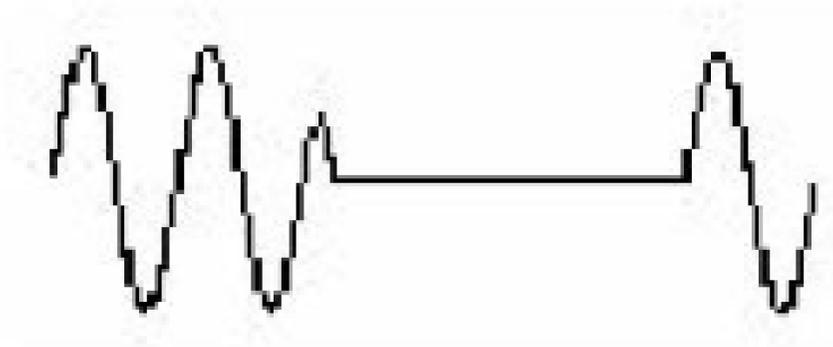
- **Transitórios**
- **Variações de curta duração**
- **Variações de longa duração – Interrupções**
- **Distorções na forma de onda – Flicker**
- **Variações na frequência**

Transitório

- Um repentino distúrbio devido a uma rápida mudança nas condições da tensão e/ou Corrente
- Duração: 30 a 200 us



Interrupções



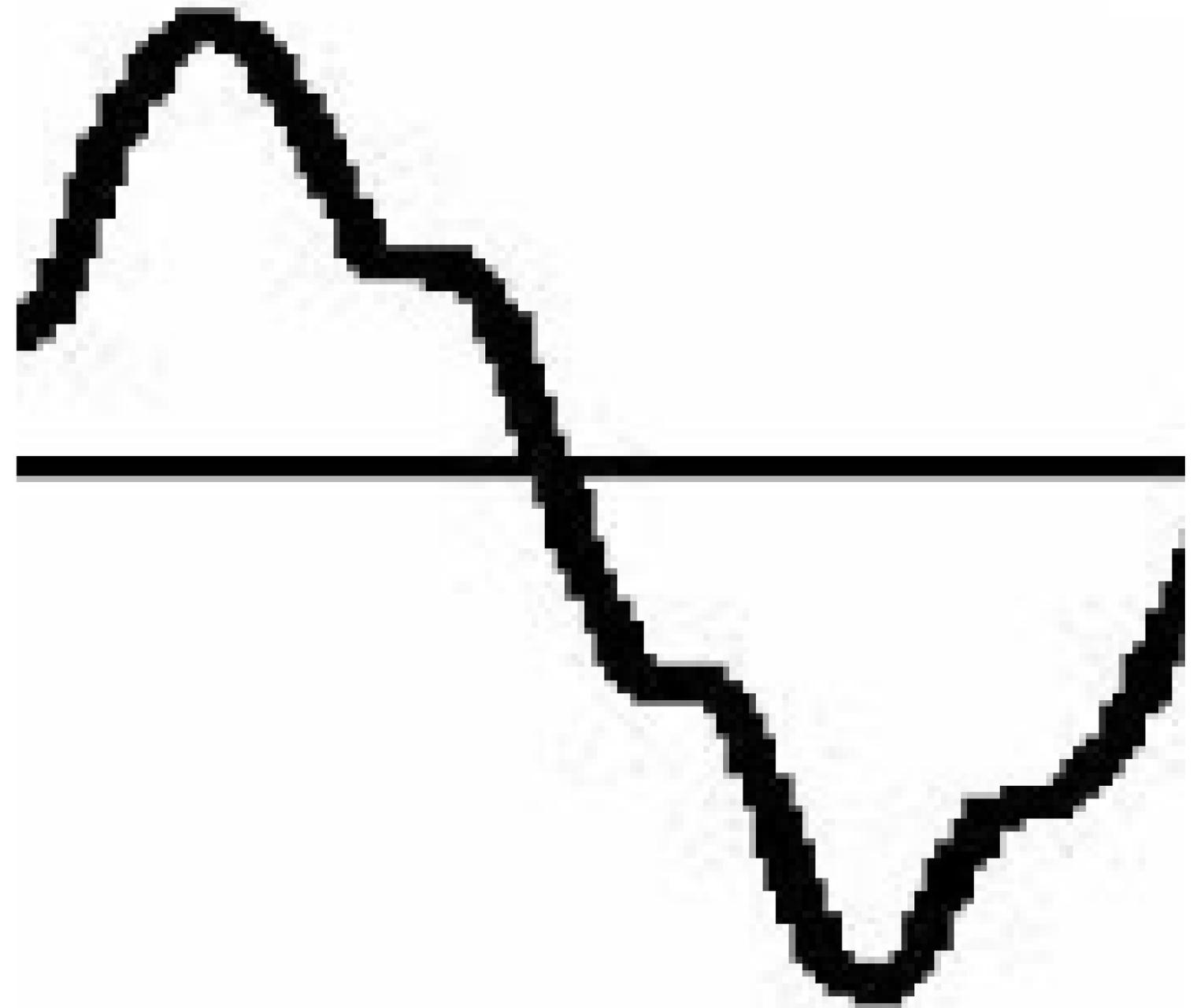
- **Interrupção momentânea: de 0,5 até 3 segundos**
- **Interrupção temporária: de 3 a 60 segundos**
- **Interrupção de longa duração: acima de 1 minuto**

Distorção na Forma de Onda

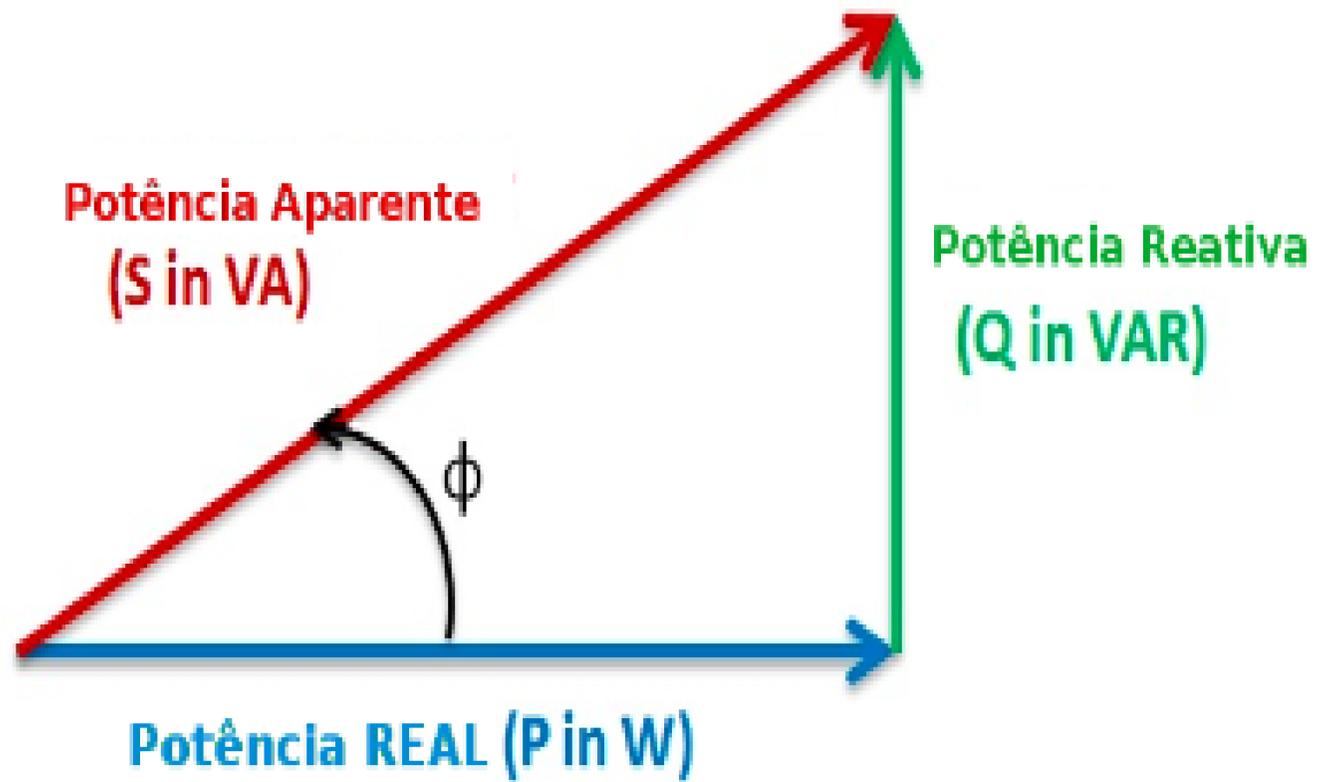
- **Harmônicas**
- **Onda deformada por comutação**
- **Onda com ruído superposto**

Harmônicas

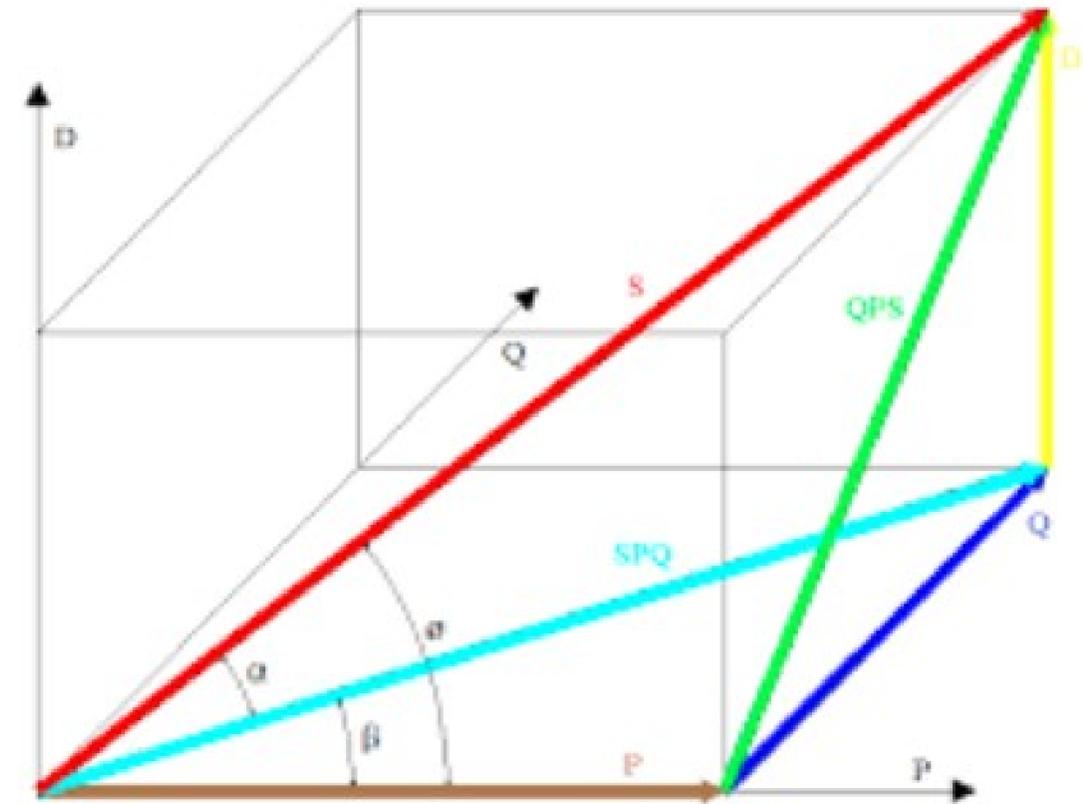
- São produzidas por cargas não lineares, tais como equipamentos de eletrônica de potência. Essas cargas geram correntes não senoidais mesmo sendo alimentadas com tensão senoidal



Análise do Fluxo de potência



Cargas Lineares - Temporal



Cargas Não Lineares - Espectral

Normas e Recomendações para QEE

- **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional PRODIST - Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**
- **Práticas Recomendadas e Requisitos IEEE para Controle Harmônico em Sistemas Elétricos de Potência - IEEE Padrão 519™-2014**

CORREÇÃO DO FATOR DA POTÊNCIA

***CORREÇÃO DE FATOR DE
POTÊNCIA EM PLANTAS
INDUSTRIAIS - AÇÚCAR E
ETANOL***

CONCEITO DE FATOR DE POTÊNCIA

- O QUE É O FATOR DE POTÊNCIA?
- O QUE É A POTÊNCIA REATIVA?
- QUAL A RELAÇÃO ENTRE AS POTÊNCIAS
APARENTE, ATIVA E REATIVA?

O FP é a relação entre a potência ativa (W) e a potência aparente (VA)

CAUSAS DE BAIXO FATOR DE POTÊNCIA

- **MOTORES ELÉTRICOS**
- **ELETROIMÃS**
- **CARGAS INDUTIVAS**
- **TRANSFORMADORES OPERANDO EM
BAIXA CARGA OU EM VAZIO**

CONSEQUÊNCIAS DE BAIXO FATOR DE POTÊNCIA

- **AUMENTO DA CORRENTE ELÉTRICA**
- **PERDAS ENERGÉTICAS**
- **QUEDAS DE TENSÃO**
- **COBRANÇAS DE EXCESSO DE REATIVOS NO SISTEMA ELÉTRICO**

MÉTODOS DE CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA (PASSOS)

- 1. MEDIÇÃO E ANÁLISE DO FP NOS CIRCUITOS**
- 2. CÁLCULO DOS BANCOS DE CAPACITORES NECESSÁRIOS E ANÁLISE DO TIPO DE CARGA**
- 3. NÍVEL DE TENSÃO DE OPERAÇÃO**
- 4. ARQUITETURA DO SISTEMA DE CORREÇÃO DO FP:**
 - CENTRALIZADO**
 - DISTRIBUIDO**
 - COMBINADO**

BENEFÍCIOS DA CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

- 1. REDUÇÃO DE CUSTOS DE ENERGIA**
- 2. AUMENTO DA CAPACIDADE DAS INSTALAÇÕES**
- 3. MELHORIA DA QUALIDADE DE ENERGIA**
- 4. ATENDIMENTO A LEGISLAÇÃO**

LEGISLAÇÃO E NORMAS SOBRE FATOR DE POTÊNCIA

A legislação brasileira, por meio da ANEEL, estabelece um fator de potência mínimo de 0,92 nas contas de energia.

Unidades consumidoras do Grupo A que operarem abaixo desse limite podem ser cobradas por energia reativa excedente.

MANUTENÇÃO E MONITORAMENTO DOS SISTEMAS DE CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

- 1. MANUTENÇÃO PREDITIVA DOS SISTEMAS DE CORREÇÃO DE FP (TERMOGRAFIA, MEDIÇÃO DAS CORRENTES)**
- 2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS SISTEMAS DE CORREÇÃO DE FP (MEDIÇÃO DOS CAPACITORES, INSPEÇÃO DOS CONTADORES)**
- 3. REANÁLISE DA QUALIDADE DE ENERGIA**

ANÁLISE DETECTIVA

ENGENHARIA ANALÍTICA DETECTIVA

- Análise detectiva do Sistema de Carga – Perfil Energético da Planta conforme IEEE-519-2014;
- Solução do Problema por Criticidade – Maior previsibilidade e gerenciamento de risco;
- O conceito Detectivo é avaliar o comportamento do fluxo de potência (DKVA) no sistema elétrico de forma dinâmica em frequências de até 120 KHZ correlacionando análise de vibração e termografia.

Resultados: Sistema em equilíbrio traz Redução dos Custos de Forma Geral, aumenta eficiência, disponibilidade operacional e elimina desperdícios financeiros.



Power Quality



Prescriptive
Maintenance



Energy Efficiency



Asset Management

MÉTODO ANALÍTICO CONCLUSIVO



MANUTENÇÃO DETECTIVA



MANUTENÇÃO PREVENTIVA

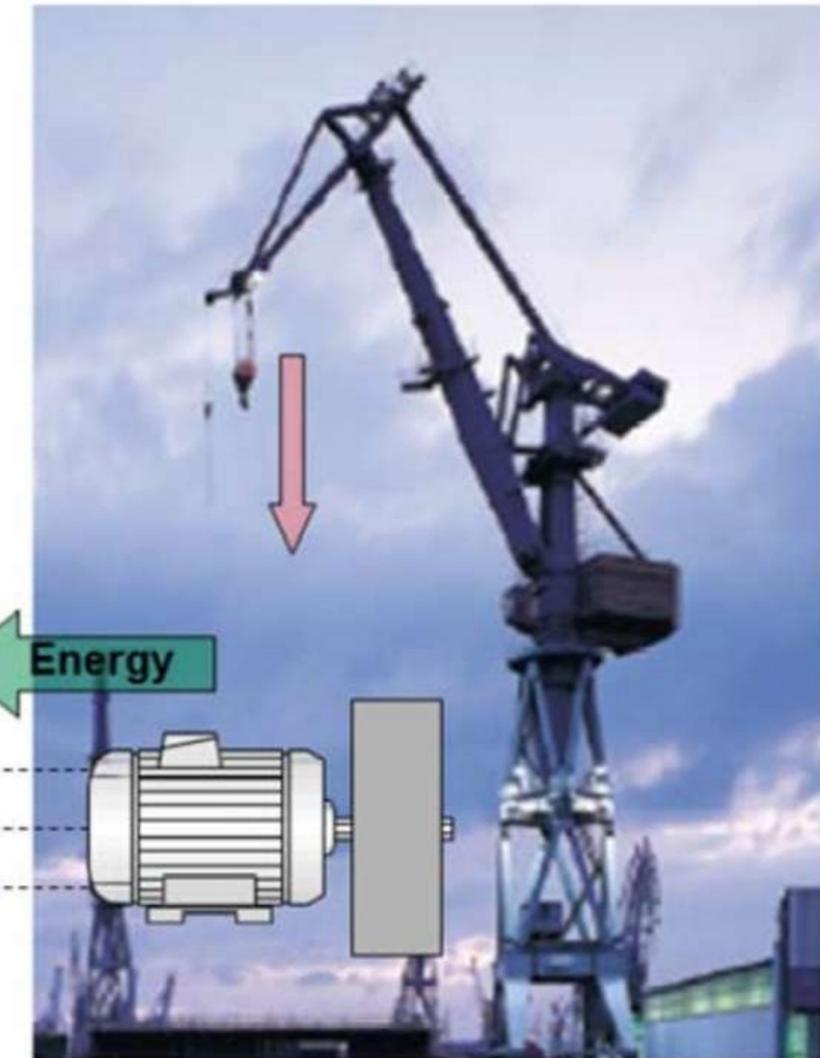
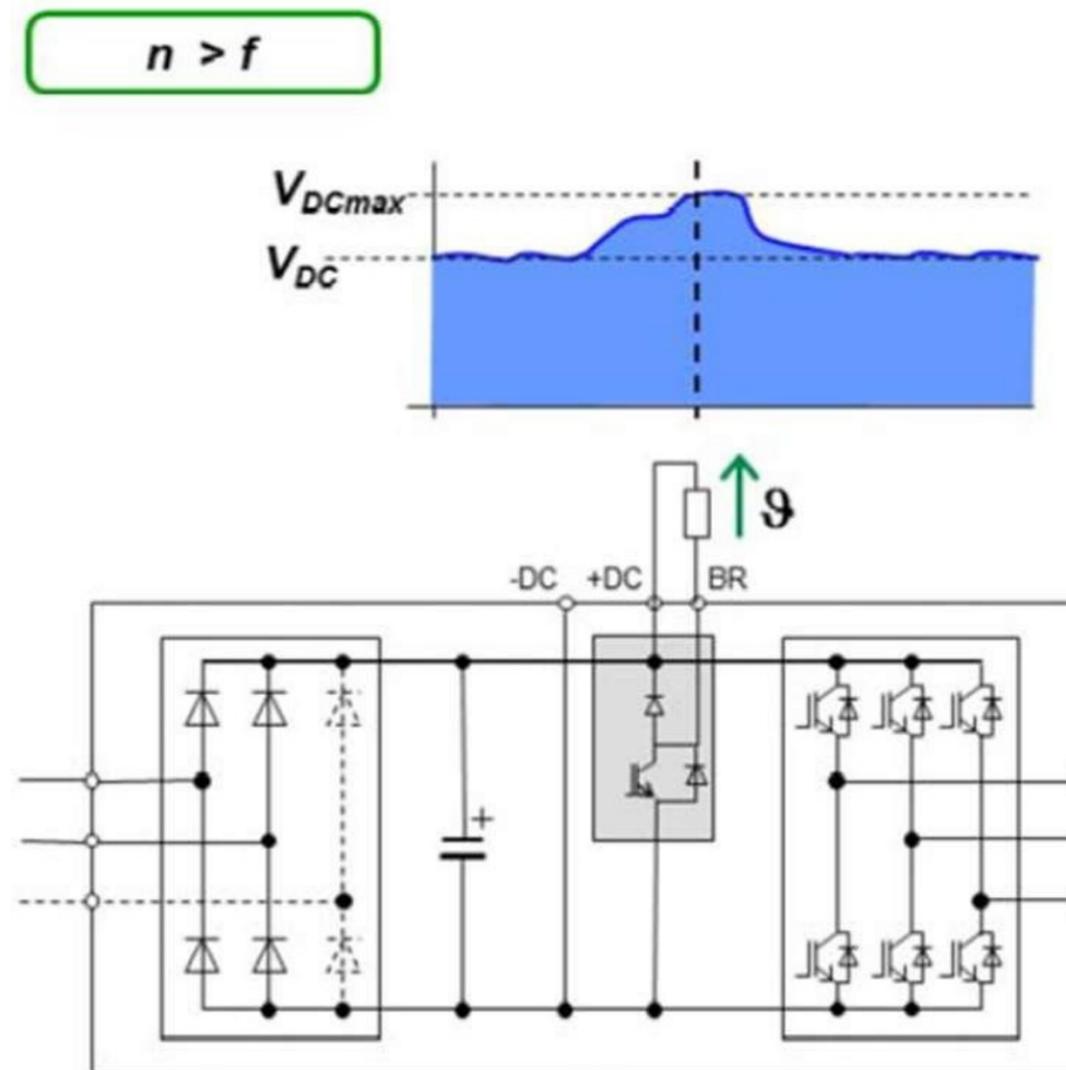


MANUTENÇÃO CORRETIVA

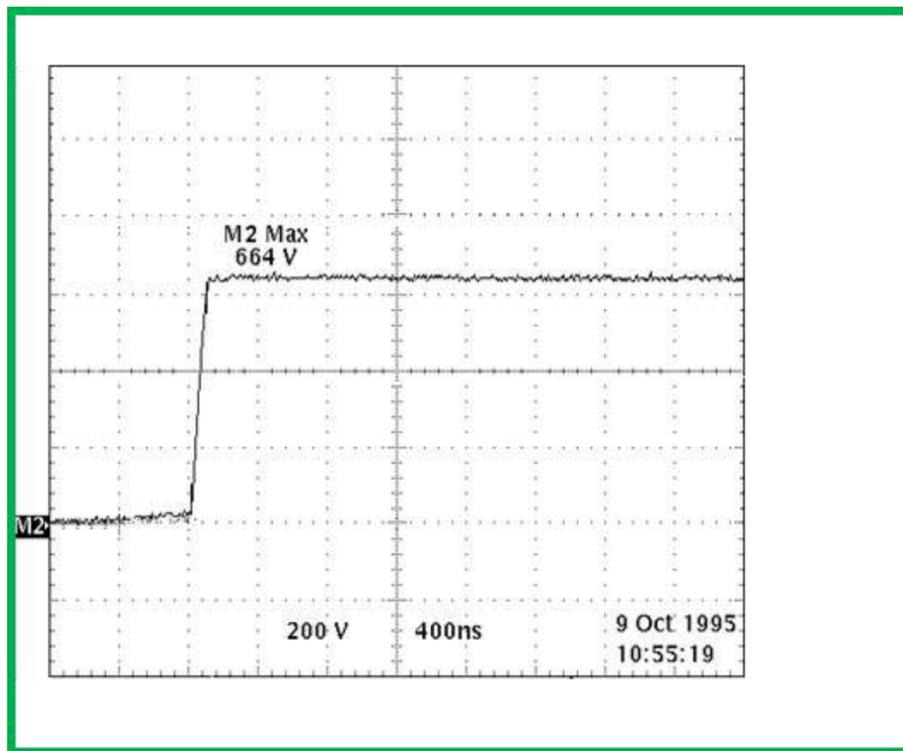
**APLICADO EM SISTEMAS DE
ALTA CRITICIDADE**

MÉTODO DETECTIVO ANÁLISE DA APLICAÇÃO

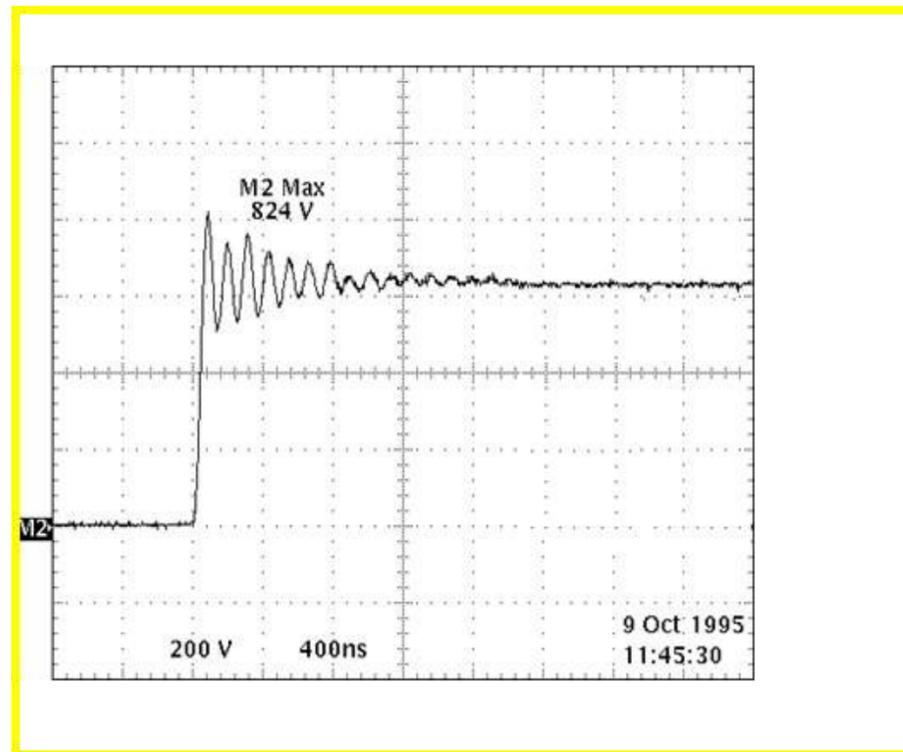
- Análise da aplicação
- Avaliação da confiabilidade
- Avaliação das proteções / Seletividade
- Análise de eficiência energética
- Análise do processo e fatores externos a aplicação



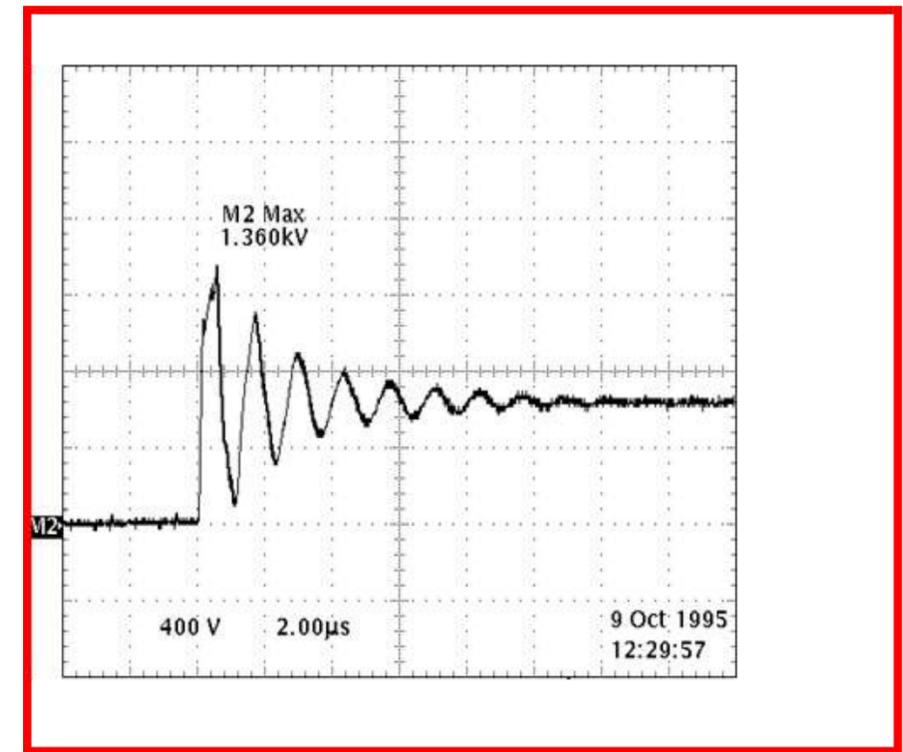
EXEMPLO DE ATUAÇÃO DE FORMA ANALÍTICA



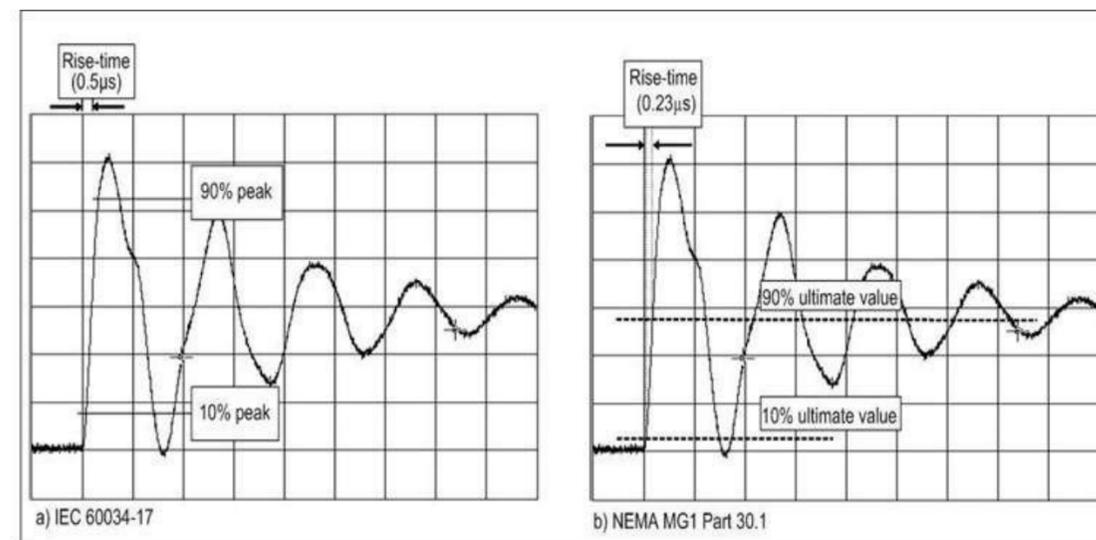
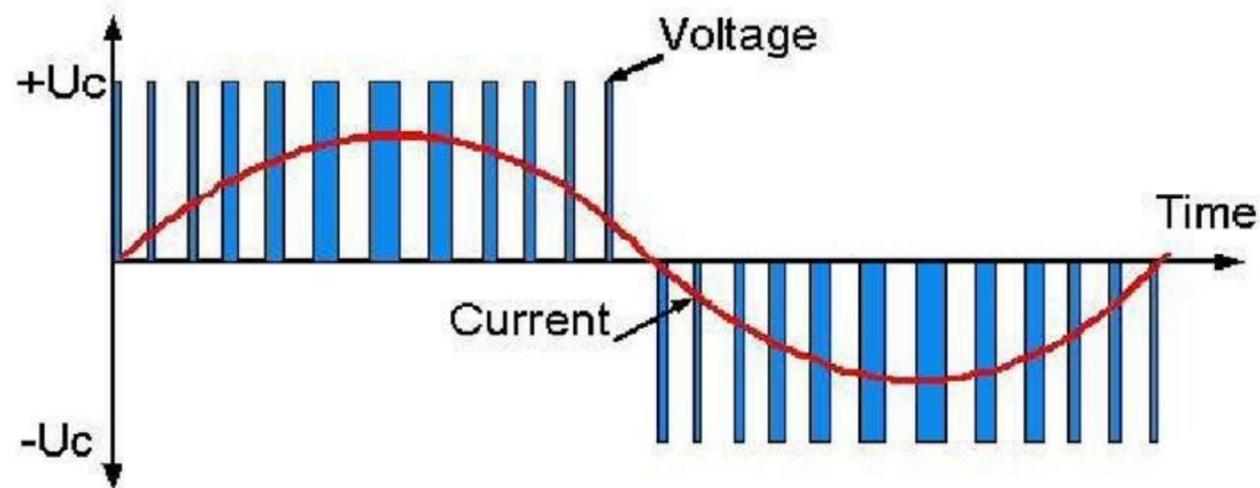
ÓTIMO



REGULAR



AVARIADO



CASE

MOENDA ELETRIFICADA

USINA SANTA ADÉLIA

	<p>RELATÓRIO TÉCNICO DETECTIVO</p>
------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------

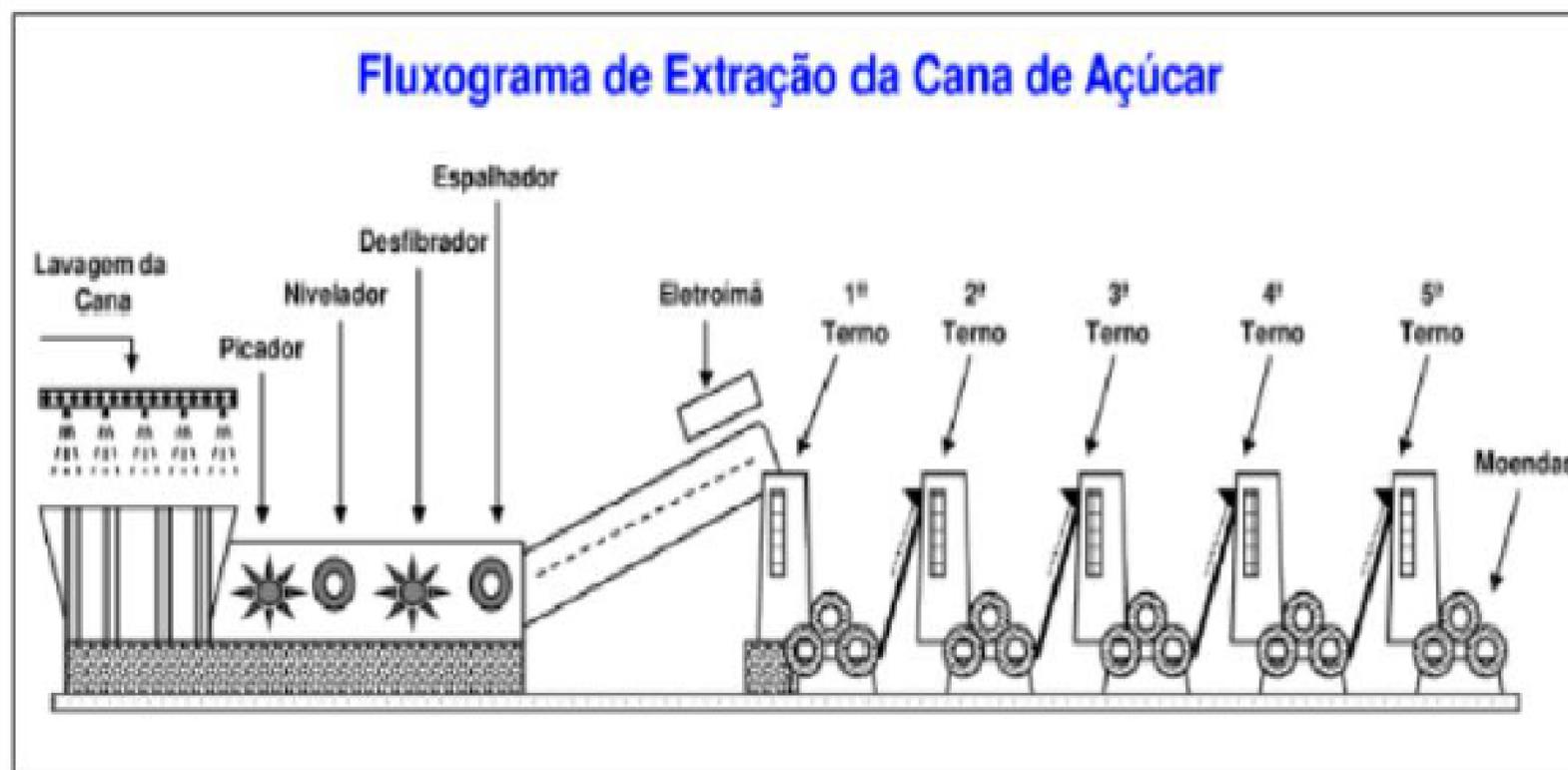


Unidade Pereira Barreto

Análise do Sistema Elétrico

Terno de moenda

Diagrama orientativo do sistema e pontos de medições sugeridos para análise:



Nosso escopo de fornecimento prevê as medições e análises dos pontos à seguir:

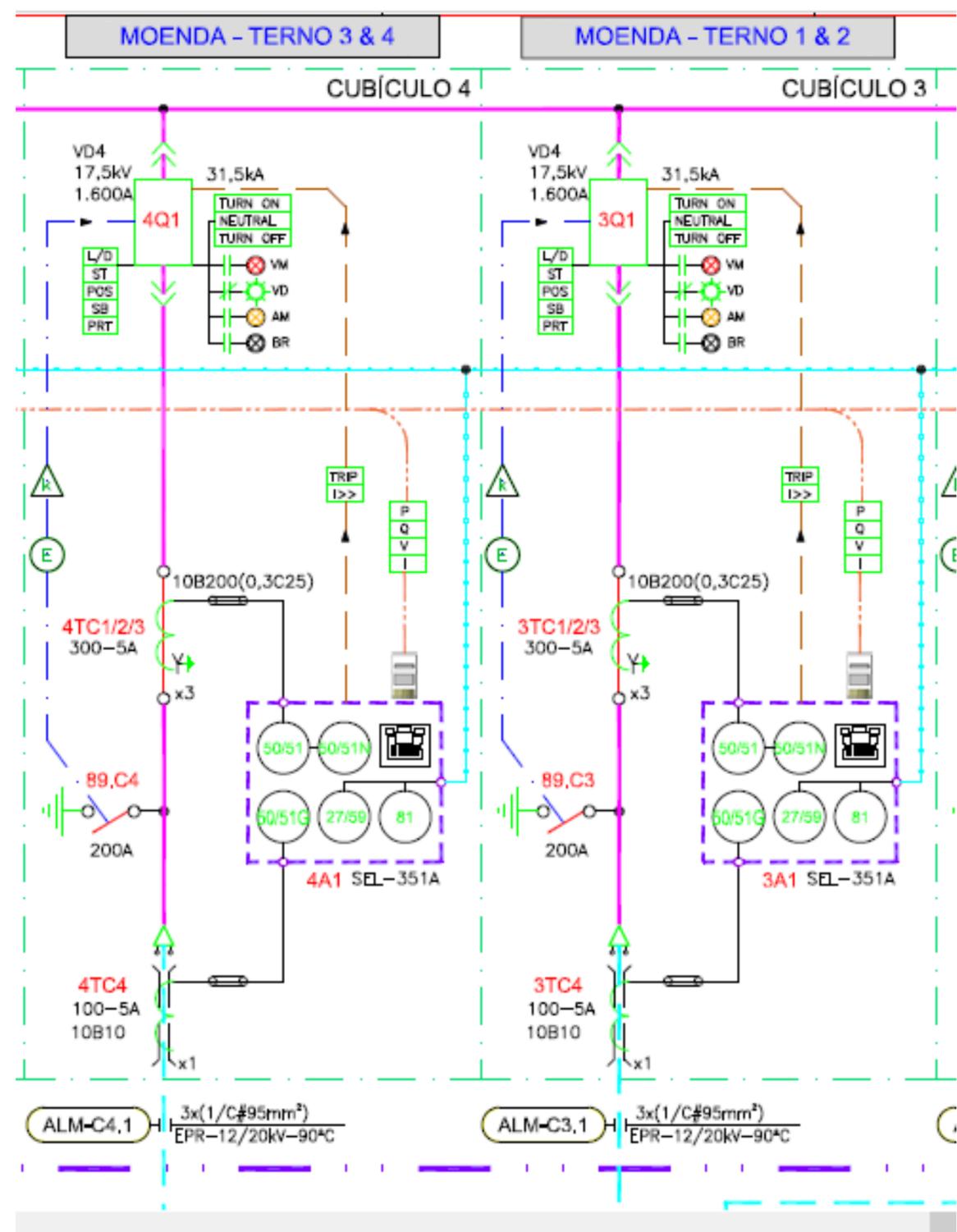
1. Avaliação em Disjuntores de Média Tensão:	5. Avaliação dinâmica dos motores
2. Análise dinâmica - Transformador MT/BT	6. Avaliação da qualidade de energia BT
3. Avaliação do sistema de acionamento	7. Avaliação do sistema de aterramento:
4. Avaliação da instalação elétrica	8. Avaliação do sistema de proteção

	Responsável: Eng. José Fernando Nunes CREA: 5060776733	Processo:	Página 4
		Terno de Moenda	Nº de página 109

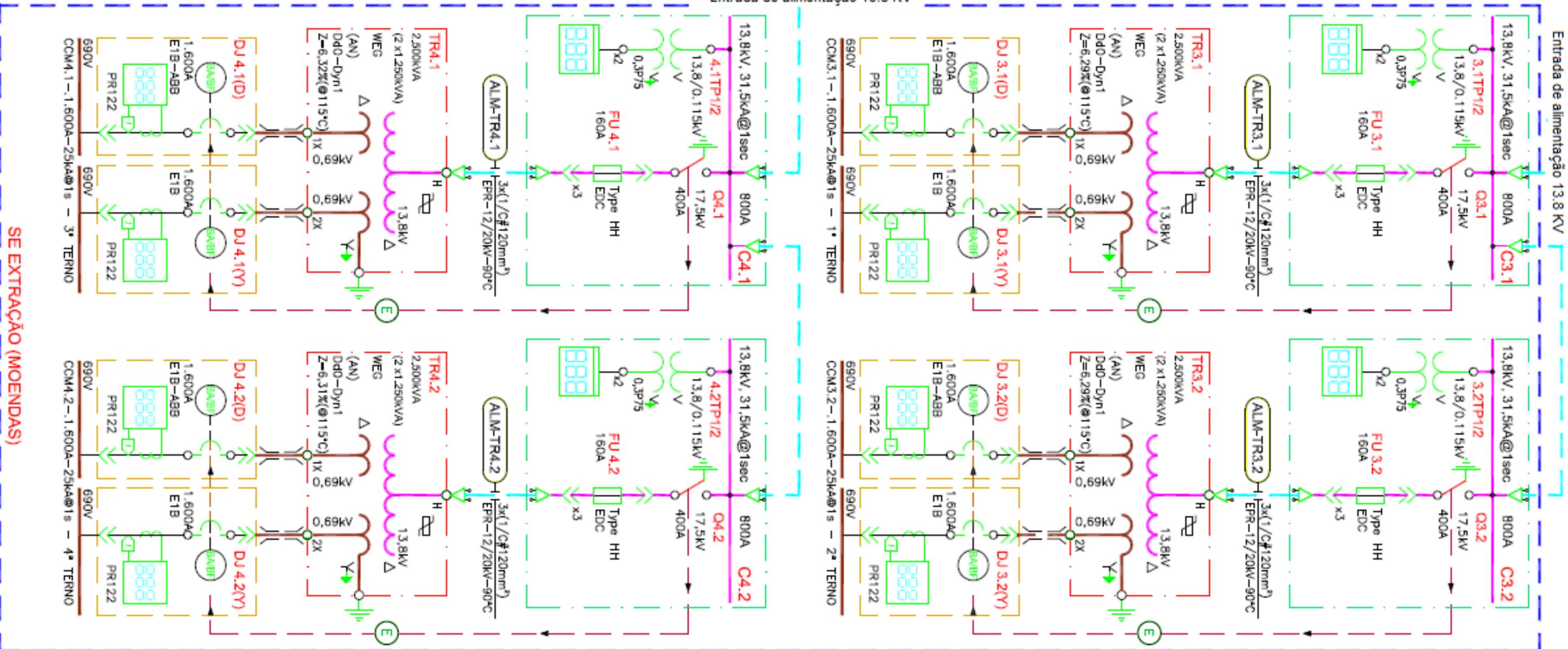
Escopo de trabalho

- Atendimento **EMERGENCIAL** para a realização de Inspeção Técnica Detectiva com objetivo de avaliar a condição dinâmica e atual no domínio da frequência do sistema elétrico conectados a 5 ternos de moenda, onde serão avaliados fluxos de potência de 5 transformadores MT/BT de duplo secundário, 15 inversores de frequência WEG – 12 X CFW09 e 3 X CFW11 – 690V e 15 motores trifásicos AC-690V na Usina Santa Adélia na cidade de Pereira Barreto – SP.
- Motivo: Queima em cascata de transformadores MT/BT de 2500KVA após a instalação do inversores de frequência CFW11 no lugar do CFW09 como acionamento do terno 3.

Diagrama Unifilar Moenda



Entrada de alimentação 13.8 KV



SE EXTRAÇÃO (MOENDAS)



Figura 1 - (Painel WEG – CFW09) – aplicado ao 1º, 2º, 4º e 5º termo.



Figura 2 - (Painel WEG – CFW11) – Aplicado ao 3º termo.

Inversores utilizados na moenda



Inversor de frequencia 690V

Transformador de 13.8kv / 690V



3.1 Dados de placa dos painéis elétricos relacionados aos inversores WEG.

Produto: TERNO 1	(X) Inversor VSD () Conversor DC () Softstart	N/s: 795631, MD1764, AW7933, AW7901
<ul style="list-style-type: none">• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1411• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1412• CFW090428T669HF e CFW090428T669HG_Tag_1413		

Produto: TERNO 2	(X) Inversor VSD () Conversor DC () Softstart	N/s: 771465, MC478, 795630, AY7631
<ul style="list-style-type: none">• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1421• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1422• CFW090428T669HF e CFW090428T669HG_Tag_1423		

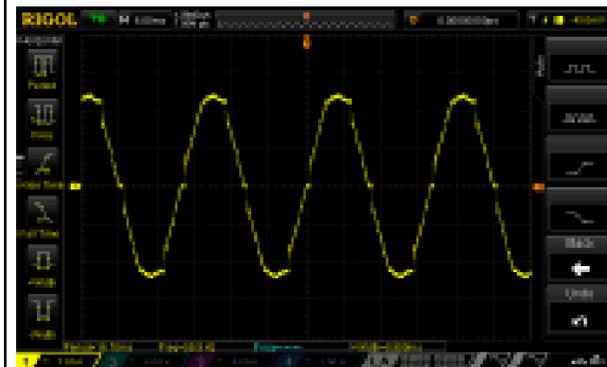
Produto: TERNO 3	(X) Inversor VSD () Conversor DC () Softstart	N/s: 1076518994, 1076518392, 1076518703, 1076985864
<ul style="list-style-type: none">• CFW11_Tag _ Rolo inferior 1• CFW11_Tag _ Rolo inferior 2• CFW11_Tag _ Rolo Superior		

Produto: TERNO 4	(X) Inversor VSD () Conversor DC () Softstart	N/s: AW4292, 793837, BL5319, BL5320
<ul style="list-style-type: none">• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1441• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1442• CFW090428T669HF e CFW090428T669HG_Tag_1443		

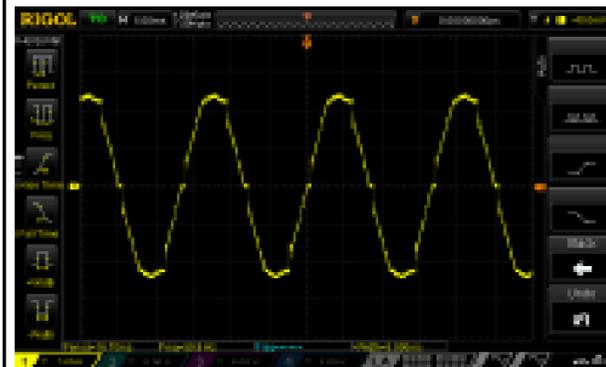
Produto: TERNO 5	(X) Inversor VSD () Conversor DC () Softstart	N/s: 771464, CB8453, BV6123, ME7785
<ul style="list-style-type: none">• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1451• CFW090428T6669POB1PDHDZ_Tag_1452• CFW090428T669HF e CFW090428T669HG_Tag_1453		

RESUMO DAS MEDIÇÕES

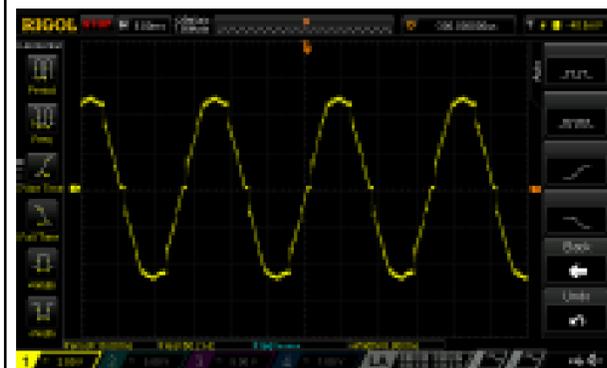
Medições no secundário do transformador MT / BT – Duplo secundário – Terno 1



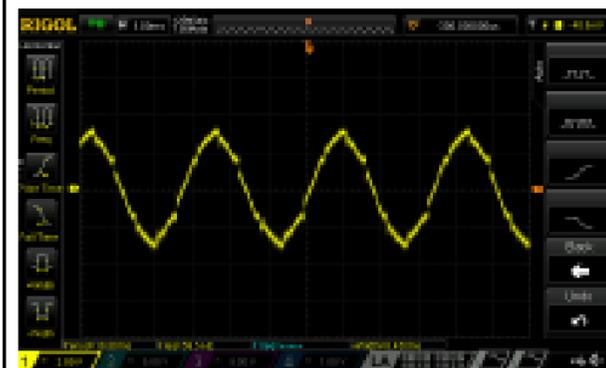
Sinal entre fase R // S - Delta



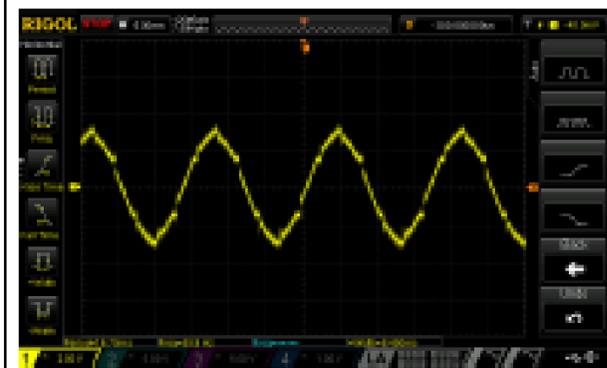
Sinal entre fase T // S - Delta



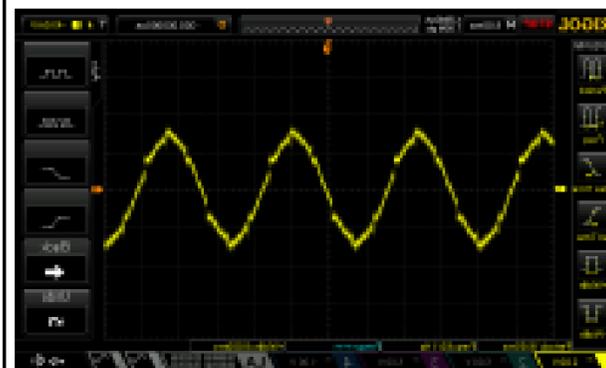
Sinal entre fase R // T - Delta



Sinal entre fase R // S - Estrela

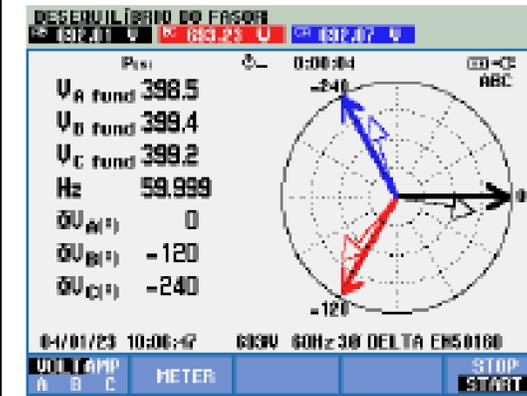


Sinal entre fase R // T - Estrela

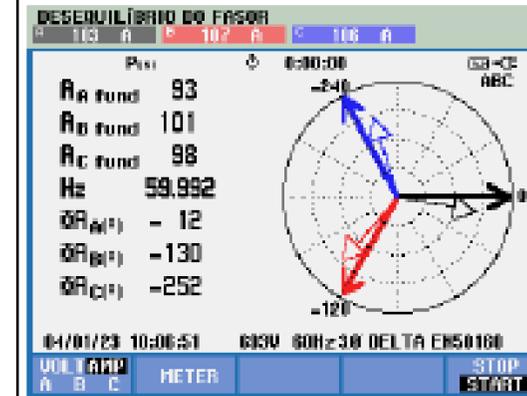


Sinal entre fase T // S - Estrela

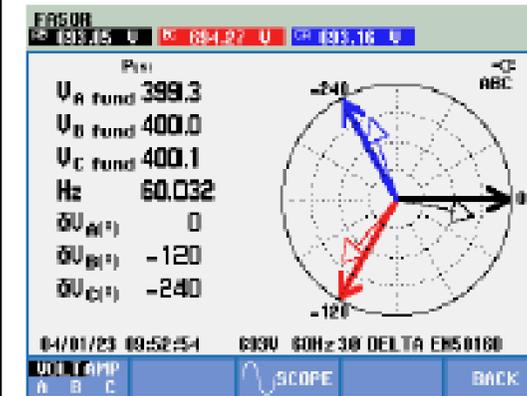
Medições no secundário do transformador MT / BT – Duplo secundário – Terno 1



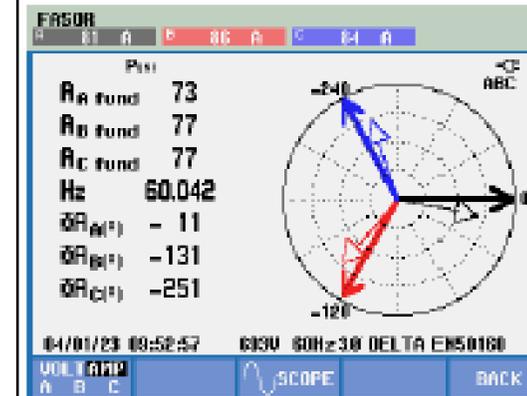
Secundário Delta – Tensão trifásica



Secundário Delta – Corrente trifásica



Secundário-estrela – Tensão trifásica



Secundário-estrela – Corrente trifásica

POTÊNCIA E ENERGIA

	P ₁	P ₂	P ₃	Total
kW	34.8	36.8	36.2	107.7
kVA	38.6	40.8	40.0	119.4
kvar	6.9	7.4	6.9	21.2
PF	0.90	0.90	0.90	0.90

Secundário-estrela – Potência trifásica

POTÊNCIA E ENERGIA

	P ₁	P ₂	P ₃	Total
kW	49.5	49.6	48.8	147.9
kVA	53.3	53.4	52.8	159.6
kvar	6.1	6.3	8.3	20.7
PF	0.93	0.93	0.92	0.93

Secundário Delta – Potência trifásica

Medições nos 3 motores – Terno 1

<p>SETUP FUNC. PREF.</p> <p>MOTOR SETUP</p> <p>From motor nameplate</p> <p>Rated Power: 345.0kW</p> <p>Rated Speed: 1160 rpm</p> <p>Rated Voltage: 690 V</p> <p>Rated Current: 355.0 A</p> <p>Rated Frequency: 60 Hz</p> <p>Rated Cosφ: 0.90</p> <p>Rated Service Factor: 1.00</p> <p>Motor Design Type: NEMA-A</p> <p>Variable Speed Drive: YES</p> <p>UNIT SETUP TREND SETUP DEFAULTS START</p> <p>Motor 1 – Dados de Placa</p>	<p>ANÁLISE DE MOTOR</p> <p>Run 0:00:02</p> <p>Mechanical % of nominal</p> <p>kW mech. 177.4 82%</p> <p>Na torque 1717 82%</p> <p>rpm speed 986.7 100%</p> <p>% efficiency 92.7</p> <p>04/01/23 15:08:05 630V 60Hz30 DELTA ER50160</p> <p>ANALYZER LIMITS METER SCISS DETECT SW MOTOR SETUP STOP START</p> <p>Motor 1 – Condição real</p>
<p>SETUP FUNC. PREF.</p> <p>MOTOR SETUP</p> <p>From motor nameplate</p> <p>Rated Power: 671.1kW</p> <p>Rated Speed: 1180 rpm</p> <p>Rated Voltage: 690 V</p> <p>Rated Current: 645.0 A</p> <p>Rated Frequency: 60 Hz</p> <p>Rated Cosφ: 0.90</p> <p>Rated Service Factor: 1.00</p> <p>Motor Design Type: NEMA-B</p> <p>Variable Speed Drive: YES</p> <p>UNIT SETUP TREND SETUP DEFAULTS START</p> <p>Motor 2 – Dados de placa</p>	<p>ANÁLISE DE MOTOR</p> <p>Run 0:00:01</p> <p>Mechanical % of nominal</p> <p>kW mech. 131.7 85%</p> <p>Na torque 1990 85%</p> <p>rpm speed 656.3 101%</p> <p>% efficiency 90.0</p> <p>04/01/23 09:28:23 630V 60Hz30 DELTA ER50160</p> <p>ANALYZER LIMITS METER SCISS DETECT SW MOTOR SETUP STOP START</p> <p>Motor 2 – Condição real</p>
<p>SETUP FUNC. PREF.</p> <p>MOTOR SETUP</p> <p>From motor nameplate</p> <p>Rated Power: 348.0kW</p> <p>Rated Speed: 1160 rpm</p> <p>Rated Voltage: 690 V</p> <p>Rated Current: 355.0 A</p> <p>Rated Frequency: 60 Hz</p> <p>Rated Cosφ: 0.90</p> <p>Rated Service Factor: 1.00</p> <p>Motor Design Type: NEMA-A</p> <p>Variable Speed Drive: YES</p> <p>UNIT SETUP TREND SETUP DEFAULTS START</p> <p>Motor 3 – Dados de placa</p>	<p>ANÁLISE DE MOTOR</p> <p>Run 0:00:08</p> <p>Electrical % of nominal</p> <p>kW electr. 245.2 88%</p> <p>PF full 0.76 88%</p> <p>% Unbalance 0 100%</p> <p>Harmonics 0.01 100%</p> <p>04/01/23 11:02:26 630V 60Hz30 DELTA ER50160</p> <p>ANALYZER LIMITS METER SCISS DETECT SW MOTOR SETUP STOP START</p> <p>Motor 3 – Condição real</p>

<p>TERNO 1 - 1411</p>	
<p>Foto interna, trafo, Terno 1.</p>	<p>Foto Motor Elétrico Tag.: 1411.</p>
<p>Medição de Tensão de Entrada Tag.: 1411.</p>	<p>Medição Link DC, Tag.:1411</p>

: Qualidade de Energia no sistema elétrico – Secundário Estrela: Terno 1

	Descrição	Status Atual
8.1.0.1	Análise fasorial de sinais senoidais de tensão.	OK
8.1.0.2	Análise fasorial de sinais senoidais de corrente.	OK
8.1.0.3	Potência em regime senoidal.	OK
8.1.0.4	Potência em regime, não senoidal.	OK
8.1.0.5	Análise do fator de potência.	OK
8.1.0.6	Distorções harmônicas – THD (I) e THD (V).	OK
8.1.0.7	Sentido das potências de fontes harmônicas.	OK
8.1.0.8	Medições de harmônicos.	OK
8.1.0.9	Análise das potências ativa reativa e aparente do sistema elétrico.	OK
8.1.0.10	Análise da seletividade MT e BT.	Melhorias
8.1.0.11	Análise de possíveis distúrbios existentes na rede de alimentação:	OK
8.1.0.12	Subtensão.	OK
8.1.0.13	Sobretensão.	OK
8.1.0.14	Sub/sobrefrequência.	OK
8.1.0.15	Sag.	OK
8.1.0.16	Swell.	OK
8.1.0.17	Flicker.	OK
8.1.0.18	Transientes Oscilatórios.	OK
8.1.0.19	Inrush.	OK
8.1.0.20	Interrupção.	OK
8.1.0.21	Surtos.	OK
8.1.0.22	Notch.	OK
8.1.0.23	Ruído.	OK

OK	X	Melhorias	Avariado / Risco
----	---	-----------	------------------

**Melhorias: Trabalhar um plano de ação para melhorar a variável analisada.

**Avariado/risco: Necessita intervenção para evitar riscos de parada ou incêndio.

Análise de Rede: Qualidade de Energia no sistema elétrico – Secundário Triângulo:

Itens	Descrição	Status
8.1.0.24	Análise fasorial de sinais senoidais de tensão.	OK
8.1.0.25	Análise fasorial de sinais senoidais de corrente.	OK
8.1.0.26	Potência em regime senoidal.	OK
8.1.0.27	Potência em regime, não senoidal.	OK
8.1.0.28	Análise do fator de potência.	OK
8.1.0.29	Distorções harmônicas – THD (I) e THD (V).	OK
8.1.0.30	Sentido das potências de fontes harmônicas.	OK
8.1.0.31	Medições de harmônicos.	OK
8.1.0.32	Análise das potências ativa reativa e aparente do sistema elétrico.	OK
8.1.0.33	Análise da seletividade MT e BT.	Melhorias
8.1.0.34	Análise de possíveis distúrbios existentes na rede de alimentação:	OK
8.1.0.35	Subtensão.	OK
8.1.0.36	Sobretensão.	OK
8.1.0.37	Sub/sobrefrequência.	OK
8.1.0.38	Sag.	OK
8.1.0.39	Swell.	OK
8.1.0.40	Flicker.	OK
8.1.0.41	Transientes Oscilatórios.	OK
8.1.0.42	Inrush.	OK
8.1.0.43	Interrupção.	OK
8.1.0.44	Surtos.	OK
8.1.0.45	Notch.	OK
8.1.0.46	Ruído.	OK

OK	X	Melhorias	Avariado / Risco
----	---	-----------	------------------

**Melhorias: Trabalhar um plano de ação para melhorar a variável analisada.

**Avariado/risco: Necessita intervenção para evitar riscos de parada ou incêndio.

amentamentos e aplicações não linear (Aplicação com Inversores VSD- 12P)

Item	Descrição:	Status
8.1.1.1	Análise dinâmica da operação, da unidade retificadora.	OK
8.1.1.2	Análise dinâmica do comportamento do Link DC.	OK
8.1.1.3	Avaliação dos filtros de entrada e saída, referente ao sistema de acionamento.	OK
8.1.1.4	Avaliação da unidade de controle I/O's, e fontes auxiliares.	OK
8.1.1.5	Inspeção visual e técnica no sistema de ventilação forçada.	OK
8.1.1.6	Avaliação do rise-time da frequência de chaveamento e do sistema sincronismo de retificação.	OK
8.1.1.7	Medições de dv/dt e di/dt, na entrada e saída do sistema de acionamento.	OK
8.1.1.8	Avaliação da somatória do fluxo de potência (DKVA) na aplicação.	OK
8.1.1.9	Avaliação do rendimento da aplicação	OK
8.1.1.10	Sistema de medição de corrente via TC's.	OK
8.1.1.11	Circuito de comando e intertravamento de segurança.	OK
8.1.1.12	Análise de seletividade do sistema de proteção das unidades retificadora em paralelo.	OK

X	OK	Melhorias	Avariado / Risco
---	----	-----------	------------------

****Melhorias:** Trabalhar um plano de ação para melhorar a variável analisada.

****Avariado/risco:** Necessita intervenção para evitar riscos de parada ou incêndio.

Análise Elétrica do Fluxo de Potência da aplicação com duplo secundário:

Item	Descrição:	Status
8.1.2.1	Avaliação do rendimento da aplicação de forma dinâmica.	OK
8.1.2.2	Avaliação do índice de polarização das bobinas do motor de forma dinâmica.	OK
8.1.2.3	Avaliação do índice de absorção das bobinas do motor.	OK
8.1.2.4	Avaliação do índice de envelhecimento do motor de forma dinâmica.	OK
8.1.2.5	Avaliação da temperatura do motor e cabeamento de forma dinâmica.	OK
8.1.2.6	Análise dos limites do motor.	OK
8.1.2.7	Análise de proteção de sobre carga V/F.	OK
8.1.2.8	Análise dos limites ajustado no inversor de frequência	OK

Item	Descrição:	Status
8.1.3.1	Avaliação de ruídos na malha de aterramentos.	OK
8.1.3.2	Avaliação de flutuação na ponta do fornecimento de energia.	OK
8.1.3.3	Avaliação de circulação de harmônicos, de sequência negativa no aterramento.	OK
8.1.3.4	Avaliação da impedância do sistema de aterramento, relacionado à aplicação.	OK
8.1.3.5	Avaliação de dv/dt e di/dt na malha de aterramento.	OK
8.1.3.6	Avaliação do sistema elétrico com o neutro do secundário aterrado.	Melhorias
8.1.3.7	Avaliação do sistema elétrico com o neutro do transformador flutuando.	OK
8.1.3.8	Avaliação do sistema elétrico com todos os equipamentos em operação (CFW09 e CFW11)	OK

OK	X	Melhorias	Avariado / Risco
----	---	-----------	------------------

****Melhorias:** Trabalhar um plano de ação para melhorar a variável analisada.

****Avariado/risco:** Necessita intervenção para evitar riscos de parada ou incêndio.

Análise da Instalação Elétrica referente à aplicação:

Item	Descrição:	Status
8.1.4.1	Verificação das impedâncias da instalação elétrica com os 5 termos em operação	OK
8.1.4.2	Verificação do efeito capacitivo nos cabos de interligação entre inversores e transformadores.	OK
8.1.4.3	Verificação das conexões com análise termográfica.	OK
8.1.4.4	Análise das proteções e seletividade dinâmica da instalação elétrica entre inversor e motor.	OK
8.1.4.5	Avaliação do sistema de forma dinâmica, referente às correntes parasitas.	OK
8.1.4.6	Análise de frequências nos acoplamentos por THDI.	OK
8.1.4.7	Análise de vibração nos motores por FFT.	OK
8.1.4.8	Avaliação térmica dos equipamentos e painéis elétricos responsáveis pelo sistema em operação.	OK

X	OK	Melhorias	Avariado / Risco
---	----	-----------	------------------

****Melhorias:** Trabalhar um plano de ação para melhorar a variável analisada.

CONCLUSÃO

9. Considerações finais / Conclusões com Plano de Ação:

Após realização de inspeção técnica detectiva no sistema elétrico referente aos 5 ternos da moenda e análise dos dados coletados em campo, foram detectados pontos de não conformidade e instabilidade que podem acarretar em baixa confiabilidade do sistema.

Devido ao fato das proteções dos transformadores dos 5 ternos não serem individualizados, a proteção não foi capaz de identificar eventos de baixa isolamento entre fases e terra no secundário de um transformador, ocorrendo circulação de corrente de fuga no neutro do secundário – estrela de todos os transformadores já que este estava solidamente conectado ao aterramento principal nos momentos de falhas e danos aos transformadores. Segue abaixo os pontos de instabilidade e os pontos de que devem ser melhorados para maximizar as proteções e a confiabilidade do Sistema elétrico em análise.

8.1.0.10	Análise da seletividade na alta tensão (MT e BT) no terno 1 **Anomalias informadas nas páginas 24 e 25.	Melhorias
8.1.0.33		
8.2.0.10	Análise da seletividade na alta tensão (MT e BT) no terno 2 **Anomalias informadas nas páginas 41 e 42.	Melhorias
8.2.0.33		
8.3.0.10	Análise da seletividade na alta tensão (MT e BT) no terno 3 **Anomalias informadas nas páginas 59 e 60.	Melhorias
8.3.0.33		
8.4.0.10	Análise da seletividade na alta tensão (MT e BT) no terno 4 **Anomalias informadas nas páginas 78 e 79.	Melhorias
8.4.0.33		
8.5.0.10	Análise da seletividade na alta tensão (MT e BT) no terno 5 **Anomalias informadas nas páginas 97 e 98.	Melhorias
8.5.0.33		

Recomendação 1: Sugerimos a reavaliação dos cálculos e proteção dos 05 (cinco) transformadores MT/BT de 2500KVA de forma individualizada nos primários dos transformadores para que sejam protegidos em casos de baixa isolamento monofásica que possam ocorrer no secundário do transformador (Delta-Estrela) antes dos disjuntores de baixa tensão.

Após inspeção técnica das instalações e análise dos dados coletados no cliente, foi constatado que há recirculação de corrente (LOOP GROUND) acima dos 3% do fluxo de corrente que circula nos retificadores. Essa circulação acima dos 3% foi medida entre os neutros de cada um dos transformadores MT/BT de 2500KVA operante nos ternos de moenda.

8.1.3.6	Avaliação do sistema elétrico com o neutro do secundário-estrela conectado a malha de aterramento. (Terno 1). **Anomalias informadas na página 27.	Melhorias
8.2.3.6	Avaliação do sistema elétrico com o neutro do secundário-estrela conectado a malha de aterramento. (Terno 2). **Anomalias informadas na página 44.	Melhorias
8.3.3.6	Avaliação do sistema elétrico com o neutro do secundário-estrela conectado a malha de aterramento. (Terno 3). **Anomalias informadas na página 62.	Melhorias
8.4.3.6	Avaliação do sistema elétrico com o neutro do secundário-estrela conectado a malha de aterramento. (Terno 4). **Anomalias informadas na página 81.	Melhorias
8.5.3.6	Avaliação do sistema elétrico com o neutro do secundário-estrela conectado a malha de aterramento. (Terno 5). **Anomalias informadas na página 100.	Melhorias

Recomendação 2: Sugerimos que os neutros dos fechamento secundário-estrela de cada um dos transformadores sejam desconectados da malha de aterramento para evitar recirculação e riscos de incêndio em caso de baixa isolamento nos transformadores principais que alimenta os inversores de frequência em operação nos ternos de moenda.

Recomendação 3: A instalação de um sistema de monitoramento de fuga de corrente para a malha de aterramento em cada um dos transformadores de 2500KVA operante nos ternos de moenda.

Após inspeção técnica das instalações e análise dos dados coletados no cliente, foi constatado que o sistema de aterramento do painel elétrico do terno 3 onde estão instalados os inversores de frequência não está eficiente e apresenta instabilidade e dv/dt entre as fases de saída do transformador e a malha de aterramento. Durante a inspeção técnica detectada foi detectado que o painel elétrico não está conectado a malha de aterramento conforme as documentações do fabricante WEG.

8.3.3.5	Avaliação de dv/dt e di/dt na malha de aterramento conectada ao neutro do secundário-estrela do transformador principal. (Terno 3). **Anomalias informadas na página 62.	Melhorias
---------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Recomendação 4: Sugerimos que o painel elétrico onde estão instalados os inversores de frequência CFW11 sejam conectados ao aterramento de forma direta e sólida. Verificar no manual de instalação do fabricante a forma recomendada.

Análise Geral de Confiabilidade após a mudança do (neutro – estrela) para flutuante.

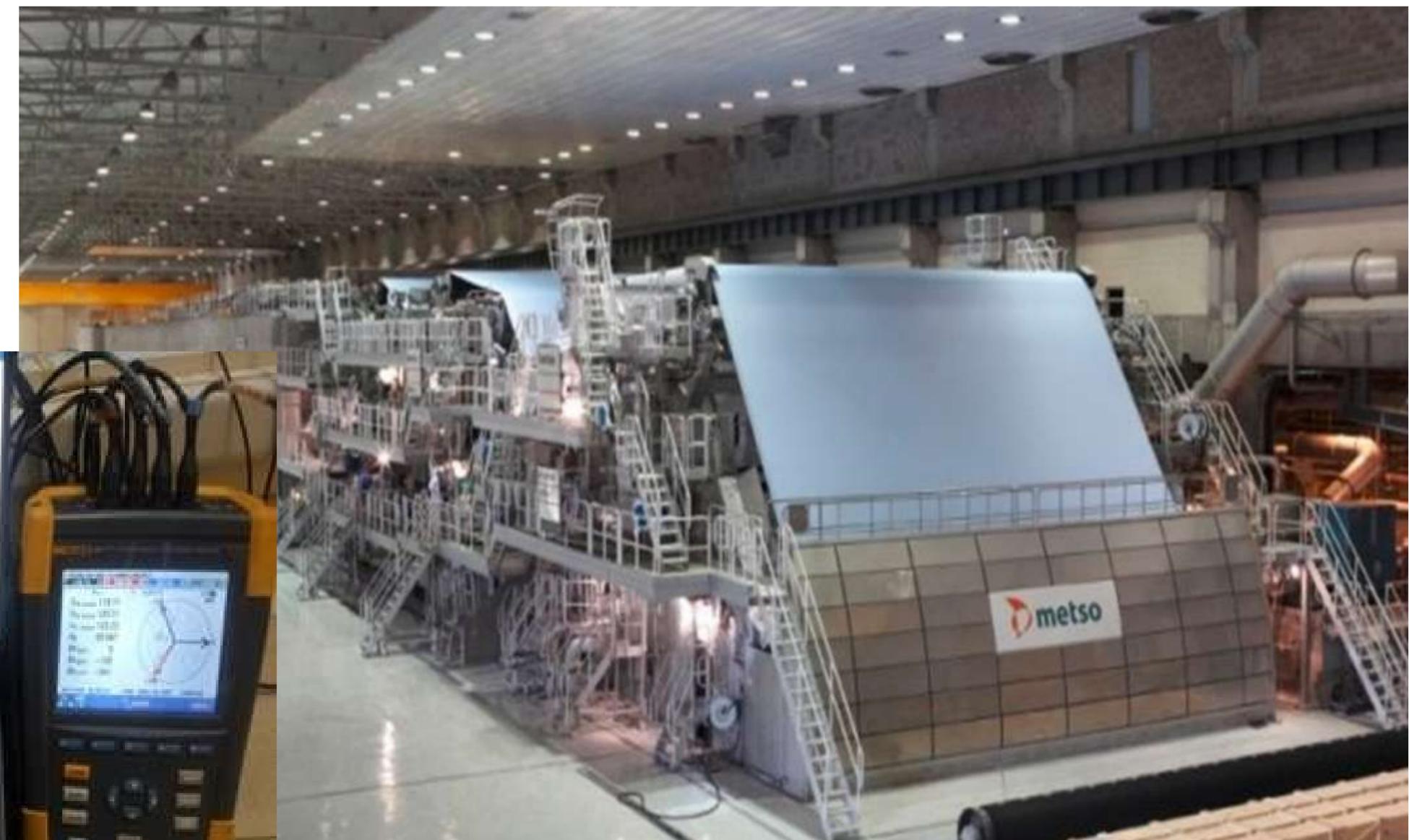
Itens	Descrição da Aplicação: Terno 1	Normal Confiável	Alerta Melhorias	Perigo Corretiva
01	Transformador MT / BT – 2500KVA			
02	Inversor de frequência WEG – Rolo inferior 1			
03	Inversor de frequência WEG – Rolo inferior 2			
04	Inversor de frequência WEG – Rolo superior			
05	Motor AC~3 - WEG – Rolo inferior 1			
06	Motor AC~3 - WEG – Rolo inferior 2			
07	Motor AC~3 - WEG – Rolo superior			
08	Qualidade de energia na baixa tensão			
09	Malha de aterramento conectada ao painel elétrico			
10	Rendimento da instalação elétrica			
11	Sistema de proteção na média tensão - MT			
12	Sistema de proteção na baixa tensão - BT			
13	Avaliação preventiva de forma estática e dinâmica nos motores AC relacionado a aplicação. <u>Observação:</u> Informações e medições e resultados de testes realizados e mencionados em relatório técnico fornecido ao cliente final.			
14	Avaliação preventiva de forma estática e dinâmica nos inversores de frequência relacionado a aplicação. <u>Observação:</u> Informações e resultados de testes realizados e mencionados em relatório técnico fornecido ao cliente final.			
15	Avaliação preventiva de forma estática e dinâmica nos transformadores MT / BT relacionado a aplicação. <u>Observação:</u> Informações e resultados de testes realizados e mencionados em relatório técnico fornecido ao cliente final.			
15	Avaliação preventiva de forma estática e dinâmica na instalação elétrica (cabos e conexões) relacionado a aplicação. <u>Observação:</u> Informações e resultados de testes realizados e mencionados em relatório técnico fornecido ao cliente final.			

O FUTURO...

- **A Manutenção Analítica Preditiva surgiu com a evolução dos processos industriais ao longo das últimas décadas e em especial com o advento da indústria 4.0.**
- **Prever falhas e possíveis paradas nos processos de produção tornou-se algo essencial para garantir tanto a disponibilidade do processo quanto a confiabilidade dos ativos.**

EXEMPLOS

EXEMPLO 1 DE PROCESSO DE ALTA CRITICIDADE



WEG frequency inverters applied to high performance paper machines.

EXEMPLO 2 DE PROCESSO DE ALTA CRITICIDADE



VSD - Frequency Inverter 690 voltage /water-cooled - Schneider Electric

EXEMPLO 3 DE PROCESSO DE ALTA CRITICIDADE



Generation centers and biodigesters

EXEMPLO 4 DE PROCESSO DE ALTA CRITICIDADE



800KW Siemens frequency inverter applied to centrifugal compressor - Atlas - Copco

EXEMPLO 5 DE PROCESSO DE ALTA CRITICIDADE



VSD Compressor - Atlas Copco - ABB frequency inverter

ESTRUTURA DE CAMPO

TESTE DE CARGA NO CLIENTE



ANÁLISE DE QUALIDADE DE ENERGIA



IMPROVING ENERGY EFFICIENCY AT ALBRAS: A CASE STUDY IN THE RODDING SHOP

Paulo Douglas S. de Vasconcelos*, Marcelino Pascal Rodrigues Vasconcelos*, José Fernando Nunes*
*Albras Alumínio Brasileiro S/A, "Elosolutions"

Keywords: Energy efficiency, Rodding shop, Baghouse, Induction furnace.

ABSTRACT

Aluminum industry is very competitive on international level, which is forcing aluminum smelters to reduce their costs. Electrical power accounts for the biggest part of the aluminum production cost, consequently, there is a drive for increasing energy efficiency of the smelters. In 2012, Albras launched an Improvement Program to reduce its production costs. So, more than 1000 suggestions were received from the employees to reduce the cost with fast return to help Albras overcome the crisis. The focus of the rodding shop was on the reduction of the energy consumption of the induction furnaces and the fans of the baghouses. These together represent 72.8% of energy consumption in the plant. Effort was also concentrated on educating the plant personnel on saving energy. This paper shows how the rodding shop reduced the total energy consumption from 879 MWh/month to 720 MWh/month and the specific energy consumption (per anode) from 75.82 kWh/ton to 67.7 kWh/ton (2010 to 2013).

INTRODUCTION

The electrical energy was subsidized for Albras from the start up in 1985 to 2004. In this period, the engineering department improved the workplace environment and the pouring station capacity by installing electro-intensive baghouses and two induction furnaces of 1 MW in the rodding shop. To support this upgrade, the local substation was repowered from 3 MVA to 6.7 MVA. The electric motors of the baghouse exhausters of 110 kW with softstart drives controlled the motor start-up but did not control the volumetric air flowrate of the baghouses. Therefore, the dedusting of the workplace was adjusted via the exhauster damper as shown in figure 1.

After 2005, the energy price increased more than five times and the aluminum price (LME) decreased almost by half since 2008. So, Albras has to increase energy efficiency to stay competitive.



Figure 1 - Exhauster's damper to adjust the volumetric air flowrate of the baghouse.

DESCRIPTION OF THE PROJECT

Until 2004, electric energy accounted for less than 20% of the Albras' production cost, but today it represents almost 50% of the cost. So, it is necessary to change the old ways of thinking and introduce new concepts to eliminate energy and raw material waste.

Even after installing eight huge baghouses in the two rodding shops, demands of operators continued for better workplace without pollution, especially, the pouring station receiving cast iron from the induction furnaces. These issues were related to the conception of the original projects. The pipeline of the baghouse that dedusts the shot blasting machine, autogenous and roller mills became clogged from time to time due to deposition of coarse particles collected at the hood as it can be seen in figure 2.



Figure 2 - Clogged pipeline due to lack of intelligent control of the exhauster's baghouse.

Other problem was the reliability and availability of the induction furnace, which is the state of the art technology. However, at that time, there was a lack of spare parts and personnel trained to repair it quickly in case of failure in addition to the equipment design problems.

CASE STUDY

Characterization of the problem

As explained above, the induction furnace was not very reliable. Extra-hours of work were required to reach the production target. When the induction furnace of 1 MW was available, it was used in full power mode which increased the energy consumption as illustrated in figure 3 (46% of total energy consumption).

Light Metals 2014
Edited by: John Grandfield
TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), 2014

Results and Discussion

Figure 11 indicates the increased reliability of the induction furnace after the improvement of the NAMC card and the new maintenance strategy. According to this strategy, the main goal is to educate the technicians and operators so that they are conscious of the fact that they must do their best to eliminate the waste of raw material and electrical energy for Albras to stay competitive.

Average repair time - Induction Furnace's shutdown

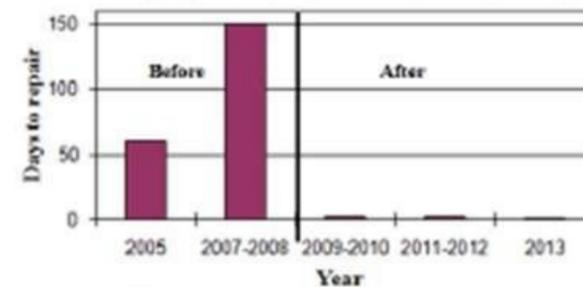


Figure 11 - Shutdown in the Albras' induction furnace.

Figure 12 shows the increase in the availability of the rodding shop since 2005. This indicates the increase in the efficiency of the process due to decreased waste of energy and manpower.

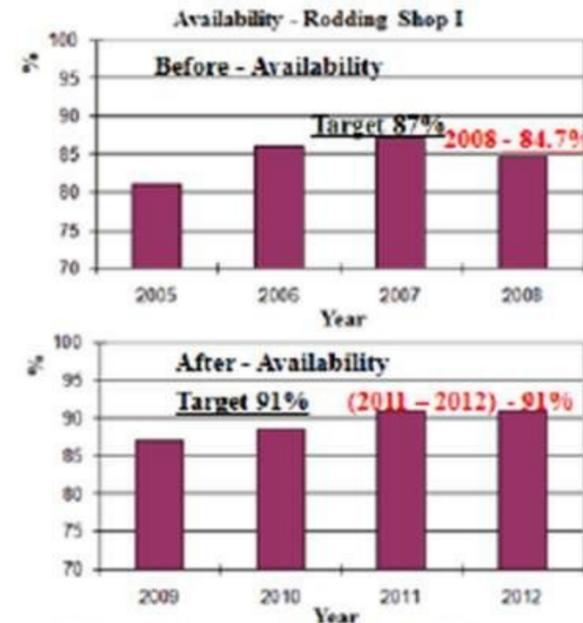


Figure 12 - Evolution of Albras' rodding shop furnace availability.

The energy consumption decreased from 879 MWh/month in 2010 to around 725 MWh/month in 2013 as it is illustrated in figure 13. This shows that a suitable solution was found for the problems of the induction furnaces and the baghouses by

installing the speed controllers in five baghouses with 110kW motors as it was explained in the previous section (figure 4).

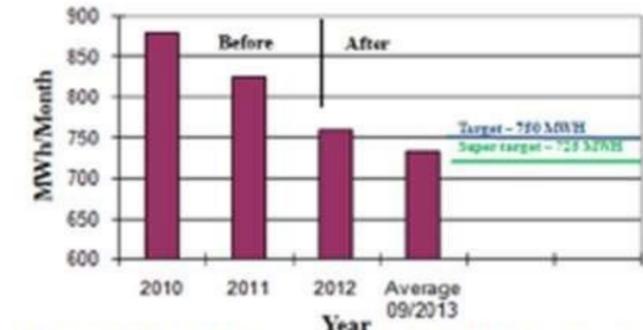


Figure 13 - Electrical Energy consumption in the Albras' rodding shop between 2010 and 2013.

Figure 14 correlates the specific energy consumption with the productivity of the process, thus, shows the improvement in the energy efficiency. This is mostly due to the improvement of Albras' rodding shop which resulted in reduction of specific energy (per anode) from 75.8 kWh/ton in 2010 to around 67.5 kWh/ton in 2013.

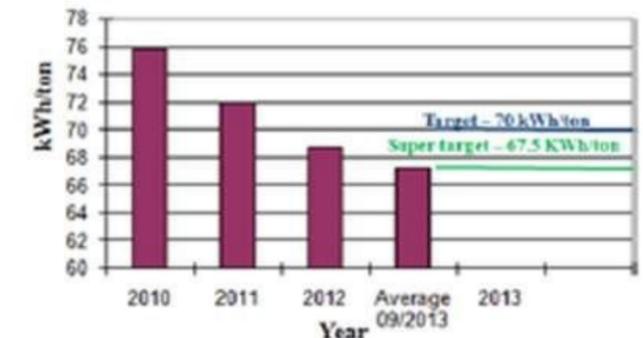


Figure 14 - Specific Electric Energy consumption (per anode) in the Albras' rodding shop between 2010 and 2013.

CONCLUSIONS

The induction furnace has a direct impact on the rodding shop reliability and availability.

Availability of the rodding shop increased from 84.7% (2010) to 91% (2012):

The installation of speed controller is a key factor to control the motor's start-up and the volumetric air flowrate of the baghouses. This optimizes the energy efficiency and reduces the workplace pollution;

The education and training of the teams are very important to perpetuate the results and keep saving energy even in lighting;

The partnership established with an external company has been very useful for Albras.

CASE DE SUCESSO

“Drives Technology Company: Attesting and Validate the Prescriptive Maintenance Methodology”

- AMBEV
- CAESB
- USIMINAS

São Paulo, 27 setembro de 2019

A quem possa interessar,

Nós da empresa de tecnologia DANFOSS / VACON, certificamos a excelência dos trabalhos realizados pela empresa ELO em sistemas elétricos de potência com aplicações de acionamentos de alta criticidade analisando de forma conclusiva as grandezas elétricas referente a (Qualidade de Energia, Comportamento Dinâmico do Aterramento, Rendimento de Drives e Motores AC / DC), Seletividade, quantificando perdas por efeito joule em sistemas com equipamentos não lineares em operação tipo: Nobreak, Inversora de Frequência, Conversores AC/DC e Softstarter para controle de velocidade e partidas suave que necessitam de confiabilidade, disponibilidade, produtividade e previsibilidade na gestão de manutenção do processo.

A empresa ELO, através de uma engenharia elétrica especializada em sistemas de potência e extremamente capacitada com instrumentos de alta tecnologia e exclusiva, atuaram de forma conclusiva extraindo todas as informações do sistema elétrico, realizando medições de forma segura aplicando o método exclusivo de Inspeção e Manutenção Técnica Detectiva.

Os relatórios conclusivos entregues nos surpreenderam pelo nível de detalhamento, nos fornecendo a real situação do sistema elétrico e dos nossos equipamentos e/ou fatores externos que impactam na confiabilidade da aplicação de alta criticidade, indicando ações a serem tomadas por ordem crítica, indicando pontos de correções e melhorias para obter a maior eficiência do sistema elétrico e da aplicação.

As informações reportadas referente aos trabalhos realizados nas unidades da AMBEV, CAESB e USIMINAS certamente proporcionarão maior qualidade de energia, segurança operacional, confiabilidade sistêmica, maior disponibilidade e conseqüente redução no desperdício de energia do cliente final após realizarem o plano de ação proposto.

Adicionalmente informamos que todos os prazos previamente acordados foram respeitados e o que nos trouxe a percepção ainda maior de compromisso e seriedade da empresa ELO. Todos os trabalhos de Inspeção e medições foram realizados em campo e gerenciado pelo Eng. José Fernando Nunes CREA: 50607767/33 da engenharia especializada da ELO.



Gerente de Assistência Técnica e Pós-Venda

PERGUNTAS

CONTATOS:

(11) 99529-2177

venancio@jvpsistemas.com.br

SITE: jvpsistemas.com.br

MUITO OBRIGADO