



# Análise de Qualidade da Energia com Oscilografia Contínua

**Tema:** Qualidade de Energia

**Autores:** Gustavo Travassos Aguiar da Silva, José Antonio de Souza Brito, Moira Bastos Prates

**Co-Autores:**

**Empresa:** Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - Neoenergia Coelba

---

## Resumo

A Neoenergia a partir do programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação regulado pela ANEEL desenvolveu um registrador de parâmetros de qualidade da energia com capacidade para registrar forma de onda da tensão e corrente de forma contínua. Este equipamento, denominado GODEL PQA-900, foi desenvolvido em parceria com instituto de pesquisa Lactec e parceiro industrial IMS Power Quality e representa uma nova geração de registradores Classe A. Este trabalho apresenta os resultados de análises baseadas em oscilografias contínuas para mitigação de problemas de qualidade de energia demonstrando os benefícios da utilização desse recurso para respostas mais assertivas às questões dos clientes.

A necessidade do desenvolvimento de equipamentos com esta função tem sido cada vez mais evidenciadas pela constante evolução do setor elétrico e modernização das redes de distribuição que, atualmente, apresentam casos de qualidade da energia com maior complexidade.

Este trabalho faz uma comparação entre alguns modelos de analisadores de qualidade da energia presentes no mercado brasileiro, avaliando a capacidade de registro de oscilografias destes equipamentos e apresentando exemplos de casos em que a possibilidade de analisar a oscilografia contínua, trouxe benefícios para a avaliação relacionadas de eventos e, principalmente, reclamações de clientes industriais.

## 1. Introdução

A constante evolução do setor elétrico está cada vez mais evidente atualmente e, junto com ela a exigência dos clientes por respostas mais rápidas e assertivas está crescendo, principalmente no que se trata de problemas relacionados com Qualidade da Energia Elétrica. De forma a acompanhar estas mudanças e garantir o cumprimento de regulamentos como os Procedimentos de Distribuição (PRODIST, 2010) e as demais resoluções normativas necessárias, foi identificada a necessidade da utilização de equipamentos cada vez mais completos.

A crescente demanda por energia, assim como o avanço nas mais variadas tecnologias de rede, se conectam diretamente com a necessidade de operação do sistema de distribuição de energia elétrica com necessidade de entregar um produto com cada vez mais qualidade, incentivam cada vez mais as concessionárias e empresas do setor de energia a modernizar os equipamentos de monitoramento para redes de distribuição, permitindo um aumento de sua segurança, confiabilidade, eficiência que, conseqüentemente, proporcionam um atendimento mais eficaz e direcionado aos clientes.

Por estes motivos, além da percepção de que devido principalmente a inserção de novas fonte de geração na rede elétrica e visando a melhoria contínua na qualidade do produto entregue ao consumidor, uma tecnologia inovadora de registro de formas de onda foi desenvolvida. Este equipamento tem como objetivo monitorar de maneira contínua e otimizada as mais diversas grandezas relacionadas com a QEE sem perda de informação.

O equipamento desenvolvido permite a detecção detalhada e contínua da forma de onda de tensão e corrente da rede elétrica, além de registrar todos os parâmetros de qualidade da energia elétrica estabelecidos no PRODIST. Os resultados apresentados demonstram o aspecto inovador do equipamento, que faz uso de uma técnica de compressão e descompressão de dados configurável, possibilitando o uso otimizado dos recursos de armazenamento sem prejudicar a sua classe de exatidão.

Normalmente os equipamentos que fazem registro de forma de onda requerem um disparo, conhecido como trigger, baseado em variações de grandezas elétricas. Nos qualímetros Classe A, muitos registros de forma de onda são realizados para as variações de tensão de curta duração (VTCDs), de mais ou menos 10% do valor nominal com duração de alguns poucos segundos. Isso tem se mostrado insuficiente para uma análise mais completa da sequência de eventos que possibilitem observar de forma mais completa o comportamento das grandezas elétricas durante eventos.

## **2. Desenvolvimento**

O desenvolvimento de um equipamento com capacidade para registro de oscilografia contínua é essencial para monitoramento adequado das formas de onda de tensão e corrente, viabilizando o acompanhamento em tempo real e em situações que não seriam registradas por outros dispositivos, por não terem atingido os limites necessários para sensibilização e registro das ocorrências. Ou seja, este analisador de qualidade de energia possibilita a avaliação em tempo real da rede, independentemente de haver ou não a sensibilização do equipamento frente aos eventos, possibilitando diagnósticos mais assertivos.

Este equipamento é relevante principalmente para consumidores industriais, frequentemente afetados por problemas de qualidade de energia, sejam estes causados por eventos originados no sistema de distribuição ou por perturbações nas cargas da própria indústria. O GODEL PQA-900, Figura 1, trata-se do único modelo de analisador da qualidade da energia elétrica classe A (IEC, 2015), que realiza o registro de oscilografia de forma contínua, com 2048 amostras a cada 12 ciclos.



Figura 1 - GODEL PQA-900

### 1.1 Osilografias baseadas em Trigger

Atualmente no mercado existem diversos analisadores da qualidade da energia elétrica Classe A (IEC, 2021). Esta classe, entre outros aspectos, é definida por sua maior precisão, mas a maioria destes equipamentos possuem um armazenamento limitado para as formas de onda de tensão e corrente e estes registros são iniciados apenas quando o equipamento é sensibilizado, ou seja, há um disparo de *triggers* pré-programados. A Tabela 1 fará uma comparação entre equipamentos dos mais diversos fabricantes e o GODEL PQA-900.

Tabela 1 - Comparação entre Capacidade de Registro de Diferentes Analisadores de Qualidade da Energia

<b>Equipamento</b>	<b>Capacidade de Registro</b>
Fabricante 1	Registro máximo de 0,33 segundo
Fabricante 2	Registro máximo de 2 segundos
Fabricante 3	Registro máximo de 1,5 segundos
GODEL PQA-900	Registro Contínuo

Através das formas de onda de tensão apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4, é possível realizar uma melhor comparação entre a capacidade de registro de cada um dos equipamentos apontados na Tabela 1.

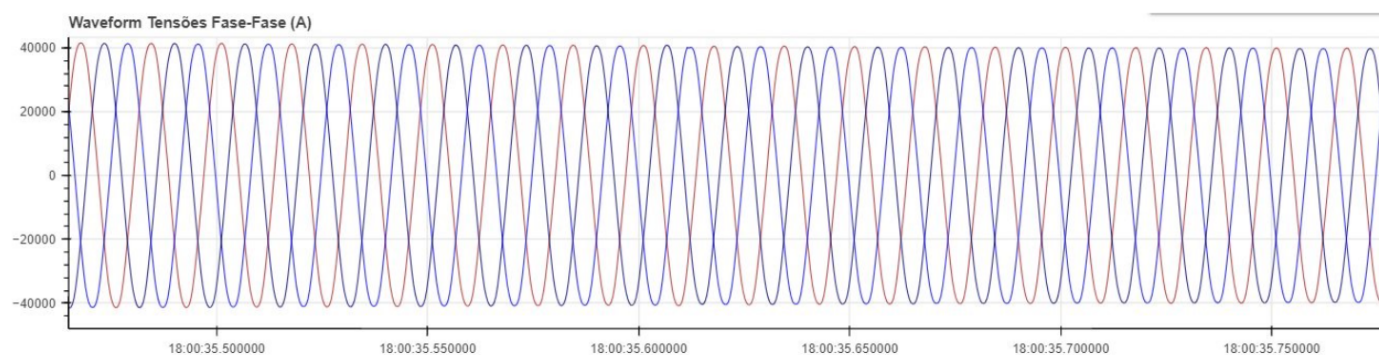


Figura 2 – Registro de Oscilografia com 0,33 segundos.

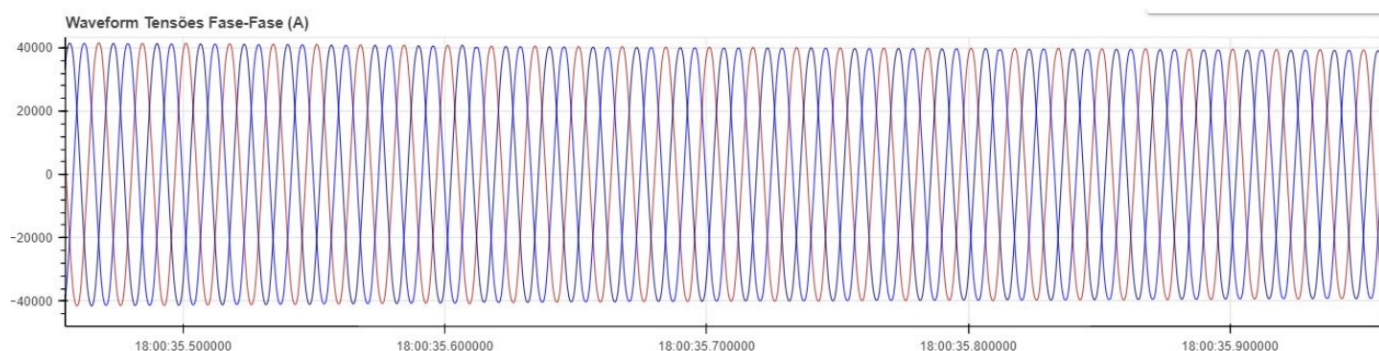


Figura 3 - Registro de Oscilografia com 1,5 segundos.

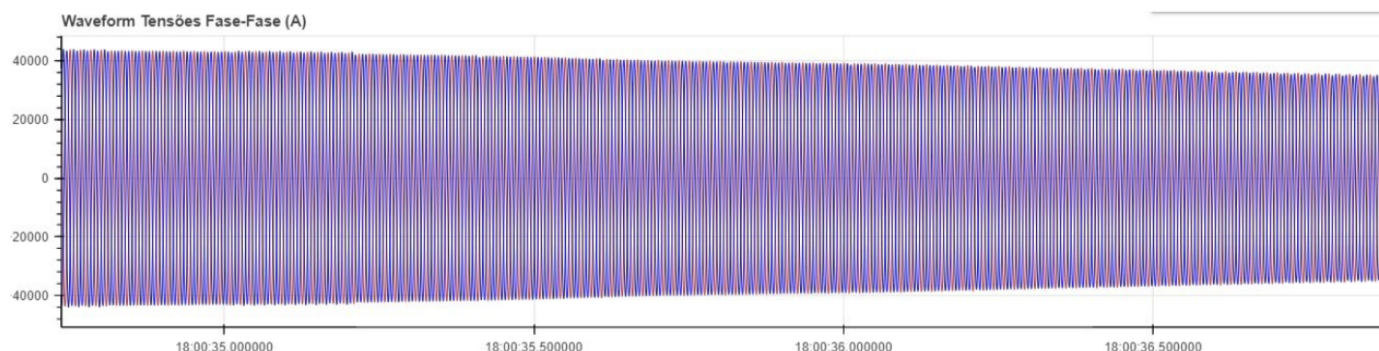


Figura 4 - Registro de Oscilografia com 2 segundos.

É possível notar que, quanto maior a capacidade de registro, medida em segundos, mais informações estarão contidas na forma de onda, possibilitando uma análise mais completa dos eventos. No entanto, apesar da possibilidade de avaliação mais completa, os três equipamentos apresentados necessitam que um evento ocorra para iniciarem o registro, limitando muitas vezes as possíveis análises e soluções para um problema. Com equipamentos baseados em trigger é comum que algumas reclamações de clientes não tenham registros.

### 1.2 Benefícios da Oscilografia Contínua

O registro de Oscilografia Contínua é possibilitado por um processo de descompressão desenvolvido especificamente para este equipamento. O processo envolve a execução de diversas funcionalidades que, além da implementação do algoritmo de compressão, estão relacionadas com o armazenamento, transfer-



ência, recuperação dos arquivos e reconstrução. Dentre os benefícios oriundos da disponibilização deste tipo de informação estão:

- **Maior observabilidade:** O registro contínuo permite que as informações anteriores a ocorrência e o comportamento do sistema após reestabelecimento dos eventos sejam observadas, como ilustrado na Figura 5, facilitando a identificação das causas e compreendendo a dinâmica do sistema antes, após e durante o evento.

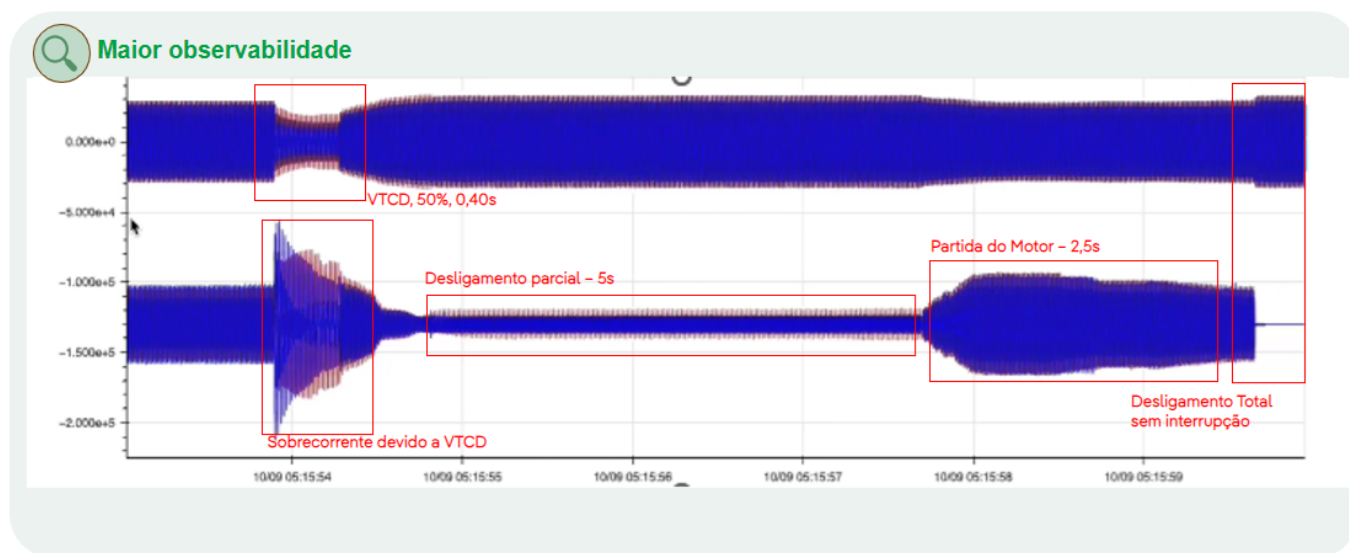


Figura 5 – Evento registrado pelo GODEL PQA-900.

- **Maior capacidade para avaliação de eventos sistêmicos:** O exemplo da Figura 6, ocorreu em 2023, no dia 15 de agosto às 08:30:38, quando foi registrada uma alteração de frequência, seguida da interrupção de energia. Este evento provocou um apagão em parte do Brasil. Neste momento, uma unidade do GODEL PQA-900 estava sendo aplicado para resolução de caso de qualidade da energia elétrica em um consumidor industrial e conseguiu, do ponto de fornecimento deste consumidor, registrar o evento. A visualização completa da ocorrido só foi possível por conta da capacidade do equipamento de registrar oscilografia contínua, que possibilitou, mesmo antes da atuação da proteção, que o registro de todas as variações ocorridas fossem armazenados e reconstruídos posteriormente.



## Maior capacidade para avaliação de eventos sistêmicos

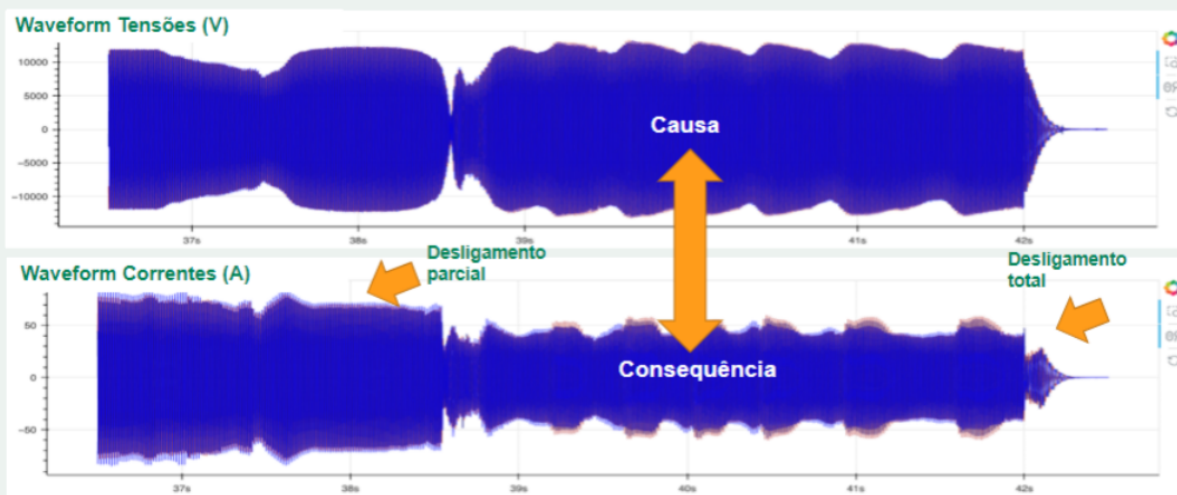


Figura 6 – Forma de onda registrada durante o apagão de 2023.

- **Melhor identificação da procedência de eventos:** Em um dos casos de Qualidade da Energia Elétrica analisados com a utilização do GODEL PQA-900, foi possível observar que o consumidor industrial, que havia reclamado diversas vezes de interrupção do fornecimento, estava tendo parte de sua carga desligada mesmo sem alterações na forma de onda da tensão fornecida, como pode ser visto na Figura 7. Este registro não poderia ter sido feito por analisadores convencionais que necessitam do disparo de *trigger*. Dessa forma, foi possível concluir que estes desligamentos estavam relacionados às instalações internas da indústria, possibilitando a distribuidora de energia elétrica realizar uma orientação mais assertiva para o cliente em questão.



## Melhor identificação de procedência

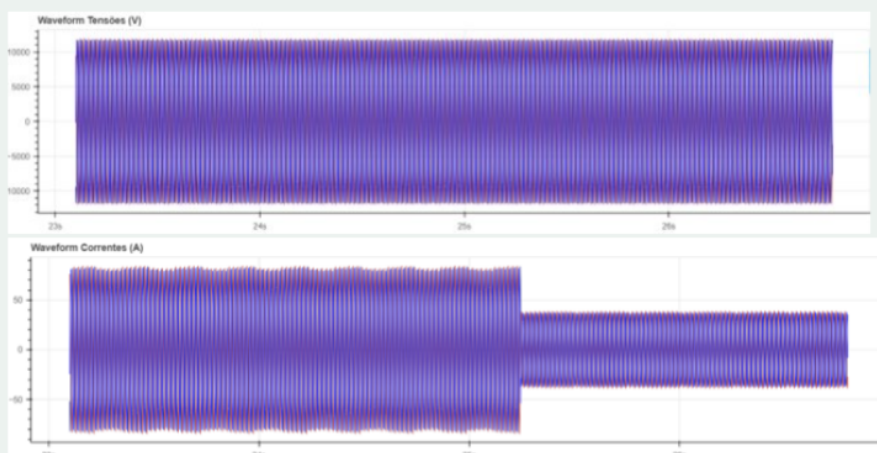


Figura 7 - Evento de desligamento parcial de cliente sem alteração das tensões de fornecimento.

- **Classificação de eventos em função do impacto no cliente e levantamento da área de vulnerabilidade:** Os registros obtidos a partir do GODEL PQA-900 permitem, em conjunto com software desenvolvido pela Neoenergia, realizar a identificação e caracterização de eventos que desligam, ou não, os equipamentos de clientes industriais. Como forma de observar o impacto que diversos eventos causam nos clientes, são coletadas as medições de regime permanente das grandezas de correntes, tensões e potências, além de outras grandezas de QEE, entre elas a ocorrência de Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD). Para esta análise, são observados também os dados dos sistemas de proteção e, realizando o cruzamento destas informações, torna-se possível determinar a área de vulnerabilidade (DUGAN, 2004) de uma instalação industrial frente a um determinado tipo de evento. Na Figura 8 é possível observar uma curva ITIC gerada com estas informações para estratificar os eventos que desligaram ou não um determinado cliente e ainda a sua zona de vulnerabilidade para Variações de Tensão de Curta Duração.

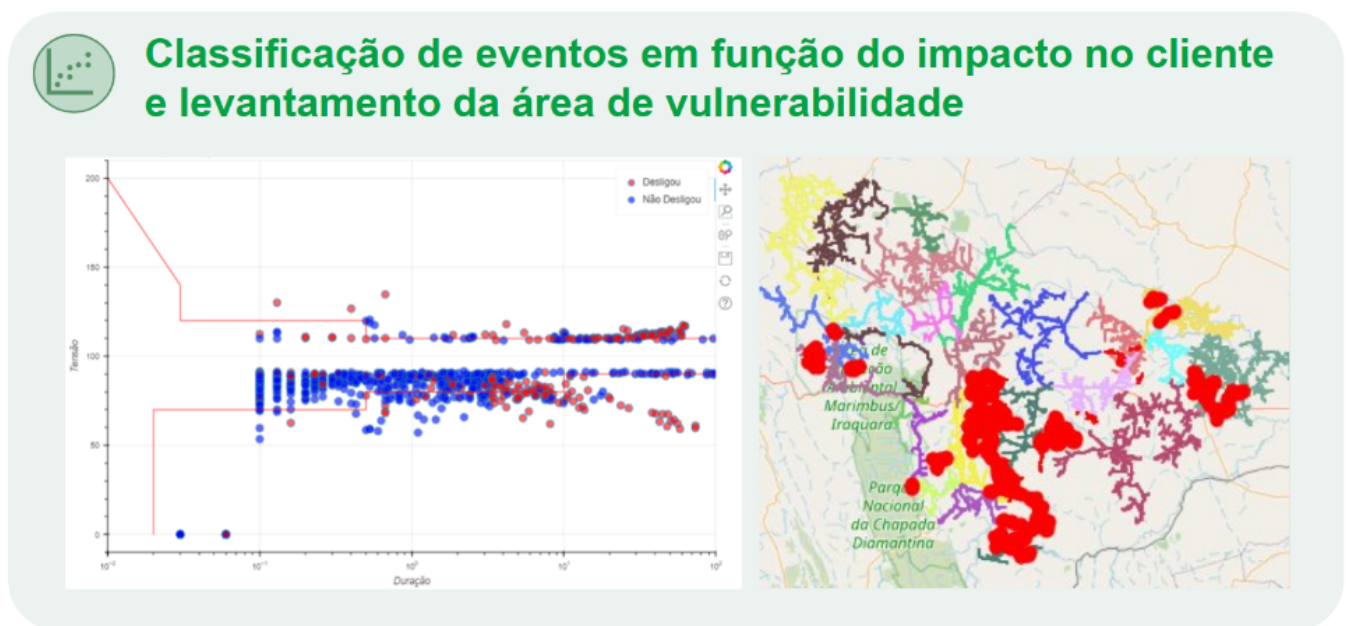


Figura 8 – Eventos registrados e área de vulnerabilidade do cliente.

- **Registro completo de Eventos de longa duração devido a inserção de Geração Distribuída:** A atual crescente na inserção de Geração Distribuída na rede tem ocasionado alguns eventos, como o mostrado na Figura 9, com assinaturas específicas e que não seriam identificados sem a utilização de um analisador de qualidade com oscilografia contínua. Muitas vezes, por falta de registro estes eventos não tem as suas causas identificadas, dificultando o processo de melhoria que pode ser definido para a rede com o objetivo de mitigar estes problemas.



## Registro completo de Eventos de longa duração devido às GDs

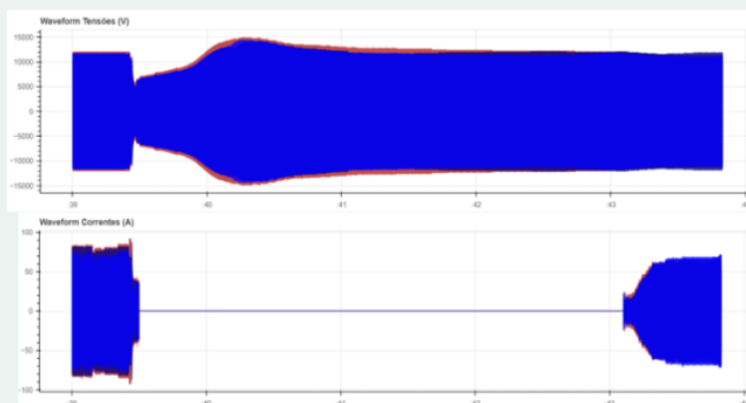


Figura 9 – Exemplo de evento visualizado apenas pelo GODEL PQA-900.

### 3. Conclusão

Se comparado com os analisadores de Qualidade da Energia Elétrica disponíveis no mercado brasileiro, é notável o benefício deste equipamento para as distribuidoras de energia elétrica e outras empresas do setor, uma vez que irá contribuir diretamente para a melhoria da qualidade da energia, possibilitando uma tratativa cada vez mais personalizada e eficiente para as reclamações dos consumidores, além de impactar diretamente na redução de custos associados com a resolução de reclamações.

Dessa forma, no dias atuais, o GODEL PQA-900 se mostra um equipamento cada vez mais necessário para o monitoramento de redes, subestações e pontos de suprimento de clientes, principalmente os industriais, possibilitando o registro e acompanhamento de fenômenos oriundos das mudanças que vem ocorrendo no setor, principalmente pela inserção dos recursos energéticos distribuídos. Este equipamento tem demonstrado resultados extremamente positivos, com diversas unidades em operação na área de concessão da Neoenergia, tanto na assertividade das informações passadas para o clientes, quanto na economia direta de tempo e recursos que traz para cada uma das análises realizadas.

### 4. Referências bibliográficas

DUGAN, Roger C. et al. Electric power systems quality. 2004.

PRODIST, Procedimentos de Distribuição. Módulo 8—qualidade da energia elétrica. **Agência Nacional de Energia Elétrica—ANEEL**, 2010.

IEC, International electrotechnical commission et al. IEC 61000-4-30, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-30: Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods. **International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland**, 2015.