

INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO EM TEMPO REAL COMO FERRAMENTAS PARA A SEGURANÇA DE BARRAGENS E ESTRUTURAS ASSOCIADAS.

Wilson Soares Junior, Eng. Civil, G5 Instrumentos e G5 Engenharia

RESUMO

A preocupação com a segurança, manutenção e garantia da integridade de barragens de acumulação de água e estruturas associadas a PCHs tornou-se evidente tendo-se em vista os incidentes ocorridos com barragens, e os danos causados.

A instrumentação geotécnica e estrutural é uma ferramenta fundamental para o acompanhamento do desempenho das estruturas, identificação de anomalias relativas ao comportamento previsto em projeto, situações críticas que necessitam de mitigação. A agilidade na disseminação da informação relacionada a situações de risco, assim como a tomada de decisão a partir destas informações, podem ser fatores decisivos no caso de uma tragédia eminente, considerando-se atitudes proativas para correção, ou mesmo emissão de alertas para que as entidades competentes possam executar planos de evacuação, conforme previsto na legislação atual.

Atualmente, existem inúmeros recursos e dispositivos altamente confiáveis disponíveis no mercado, tanto a auscultação de barragens e estruturas associadas, para o seu processamento, divulgação da informação e também para registros legais de situações ocorridas. O avanço tecnológico, simplificação dos processos de automação, confiabilidade dos instrumentos e redução significativa dos custos, apresentam um horizonte realista para a implantação da automação, acompanhamento e registro remotos e detecção de situações de risco de maneira rápida e efetiva.

Redes sem fio, internet das coisas (IoT), *Cloud Computing* são ferramentas eficazes e já disponíveis para a disponibilização de dados em tempo real para proprietários, operadores de usinas, autarquias públicas, agências reguladoras terem ciência do nível de segurança das estruturas, podendo garantir assim a integridade de comunidades próximas a usinas, minas e PCHs.

Palavras-Chave : Instrumentação, automação, auscultação, telemétrica, segurança de barragens, piezômetro, inclinômetro, corda vibrante, internet das coisas (IoT), Cloud Computing.

ABSTRACT

Concern for the safety, maintenance and assurance of the integrity of water accumulation dams and structures associated with SHPs has become evident in view of dam incidents and damage.

Geotechnical and structural instrumentation is a fundamental tool for the monitoring of the performance of the structures, identification of anomalies related to the behavior predicted in the project, critical situations that need mitigation. Agility in the dissemination of information related to risk situations, as well as decision making based on this information, can be decisive factors in the case of an eminent tragedy, considering proactive attitudes for correction, or even issuing alerts so that the competent authorities can carry out evacuation plans, as provided for in current legislation.

Currently, there are numerous resources and highly reliable devices available in the market, both the auscultation of dams and associated structures, for their processing, disclosure of information and also for legal records of situations occurred. Technological advancement, simplification of automation processes, reliability of instruments and significant reduction of costs, present a realistic horizon for the deployment of automation, remote monitoring and recording and detection of risk situations in a fast and effective way.

Wireless networks, Internet of Things (IoT), Cloud Computing are effective and already available tools for the availability of real time data for owners, plant operators, public authorities, regulatory agencies to be aware of the level of security of the structures and can guarantee so the integrity of communities close to power plants, mines and SHPs.

Key words: Instrumentation, automation, auscultation, telemetry, dam safety, piezometer, inclinometer, vibrating string, Internet of Things (IoT), Cloud Computing.

INTRODUÇÃO

A instrumentação de auscultação civil tem por objetivo fornecer dados a respeito do comportamento e desempenhos das diversas estruturas que compõe a usina, e através de valores de controle estabelecer critérios para tomada de decisão e intervenções necessárias para garantia da segurança na operação e funcionamento destas estruturas. Em diversos casos em que as usinas foram construídas há bastante tempo a instrumentação, quando implantada, conta com sensores mecânicos de leitura manual pela equipe de operação e manutenção ou de terceiros.

Posteriormente há a necessidade de etapas de processamento dos dados obtidos em campo e envio para avaliação por parte de profissionais especializados. Esta prática corrente em muitos casos incorre frequentemente situações de alto risco, onde o descaso ou desconhecimento no procedimento de leitura dos instrumentos, demora para o processamento e análise dos dados coletados e disponibilização da informação para os responsáveis poderiam ser evitadas.

A escolha dos instrumentos corretos, adoção de procedimentos de leitura confiáveis e disseminação da informação de maneira ágil e organizada são ferramentas importantíssimas para a manutenção da segurança das estruturas. Com a utilização de instrumentos com funcionamento experimentado e consagrado para obras de engenharia civil e mineração, técnicas modernas de coleta de dados destes sensores e plataformas de armazenamento, interpretação e gestão dos dados de monitoramento erros humanos e falhas de processo são evitadas. E as soluções profissionais de alta confiabilidade estão amplamente disponíveis e acessíveis, contando com procedimentos de implantação simplificados, integração perfeita entre sensores, sistema de coleta e transmissão e plataforma de gestão dos dados.

MATERIAIS E MÉTODOS PARA AUTOMAÇÃO

TIPOS DE INSTRUMENTOS E GRANDEZAS MONITORADAS

Os critérios de projeto de barragens para geração de energia hidrelétrica estabelecidos pela Eletrobrás apesar de não recomendarem um número mínimo de instrumentos indicam a necessidade de se monitorar as principais grandezas e quais delas devem ser observadas em diferentes tipos de estruturas de terra e concreto, visando monitorar poropressões através piezômetros e indicadores de níveis de água, deslocamentos em geral através de extensômetros de fundação, medidores de recalque entre blocos , pêndulos para estruturas de concreto, Inclinômetros, medidores de recalque magnéticos e marcos superficiais para estruturas de terra, e medidores de vazão de percolação. Existem ainda soluções para medição de variação de temperatura, tensões entre outras opções, considerando-se as características específicas de cada projeto. *Dunnicliff [1] (1998)* apresenta com detalhe diversos tipos de instrumentação geotécnica e recomendações para sua utilização.

São apresentados a seguir alguns dos tipos mais comuns de instrumentos existentes e opções para se executar a automação de cada um deles. A escolha da tecnologia dos instrumentos para a coleta dos dados é fundamental para a garantia de sucesso do sistema e confiabilidade a longo prazo. Os sensores de corda vibrante são ainda os mais amplamente utilizados e recomendados

para o monitoramento geotécnico e estrutural, considerando-se sua confiabilidade e estabilidade a longo prazo (*zero drifting*), possibilidade de transmissão de dados por longas distâncias sem interferência do comprimento dos cabos, como no caso de sensores eletro-resistivos, e custo baixo dos aquisitores de dados em relação à fibra ótica. *McRae e Simmonds [2] (1991)* indicam que o processo de construção dos sensores tem uma parcela fundamental na garantia das propriedades e diferenciais em relação aos diferentes fabricantes, considerando-se principalmente a experiência e histórico rastreável de fabricação destes instrumentos.

POROPRESSÃO E NÍVEL DE ÁGUA

Os piezômetros de tubo aberto (Standpipe ou Casagrande) e indicadores de nível de água são usualmente confeccionados com tubos de PVC de diâmetros variados, sendo 1”(25mm), ¾”(20mm) e ½”(12mm), lidos com medidores de nível de água (Pio Elétrico) com trena graduada. Para automação destes instrumentos são utilizados piezômetros elétricos de corda vibrante com diâmetros compatíveis aos diferentes tipos de tubo. O Piezômetro modelo 4500S por exemplo é projetado para medir a pressão do fluido, como elevações de águas subterrâneas e poropressões quando instalados diretamente nos aterros ou no solo. É igualmente apropriado para a instalação dentro de furos, poços de observações e em tubos PVC com diâmetro de a 1” ou superior. Para os instrumentos com tubos de menor diâmetro, como ¾” e ½” existem piezômetros de pequeno diâmetro. Esses piezômetros são projetados exclusivamente para permitir a automação em tubos verticais de PVC de piezômetros de tubo aberto ou indicadores de nível de água. O modelo de piezômetro 4500B caberá no interior de um tubo de 19 mm e o 4500C caberá dentro do tubo de 12 mm, ambos fabricados pela Geokon, Inc,

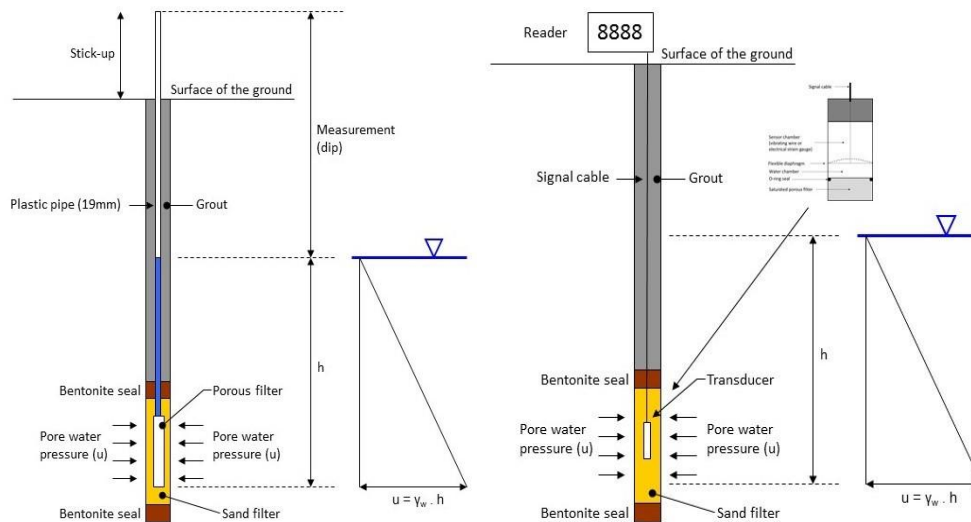
Figura -1 - Piezômetros de Pequeno Diâmetro, 11mm à frete e 17,5mm ao fundo (Cortesia Geokon, Inc. USA.).



Nas instalações de piezômetros elétricos de corda vibrante em tubos PVC abertos haverá influência da variação de pressão barométrica nas leituras, o que não ocorre quando estes

sensores estão selados dentro de furos de sondagem. Além disto, como a precisão dos equipamentos é maior do que a de um trena graduada, é ainda mais importante o uso de barômetros para corrigir a parcela final calculada e não causar dúvidas quanto ao funcionamento, uma vez que esta parcela dificilmente é detectada nas leituras com trena. No caso de piezômetros elétricos de corda vibrante previamente instalados em furos de sondagem no corpo do aterro ou fundação, a automação é bastante simples, bastando substituir painéis de leitura manuais por dataloggers, conforme as opções indicadas adiante.

Figura2 – Instrumentos de Tubo aberto e Selados (Corda Vibrante) (Cortesia Geokon, Inc. USA.).



Em piezômetros instalados em galerias, onde as pressões necessitam de leitura com manômetros, sensores de pressões podem ser instalados junto à tubulação existente, permitindo ainda a manutenção da leitura manual, se for o caso.

Figura-3- Piezômetros Automatizados em Galeria de Drenagem em Barragem de Concreto – Sensores de Corda Vibrante e Elétricos (Acervo pessoal do Autor).

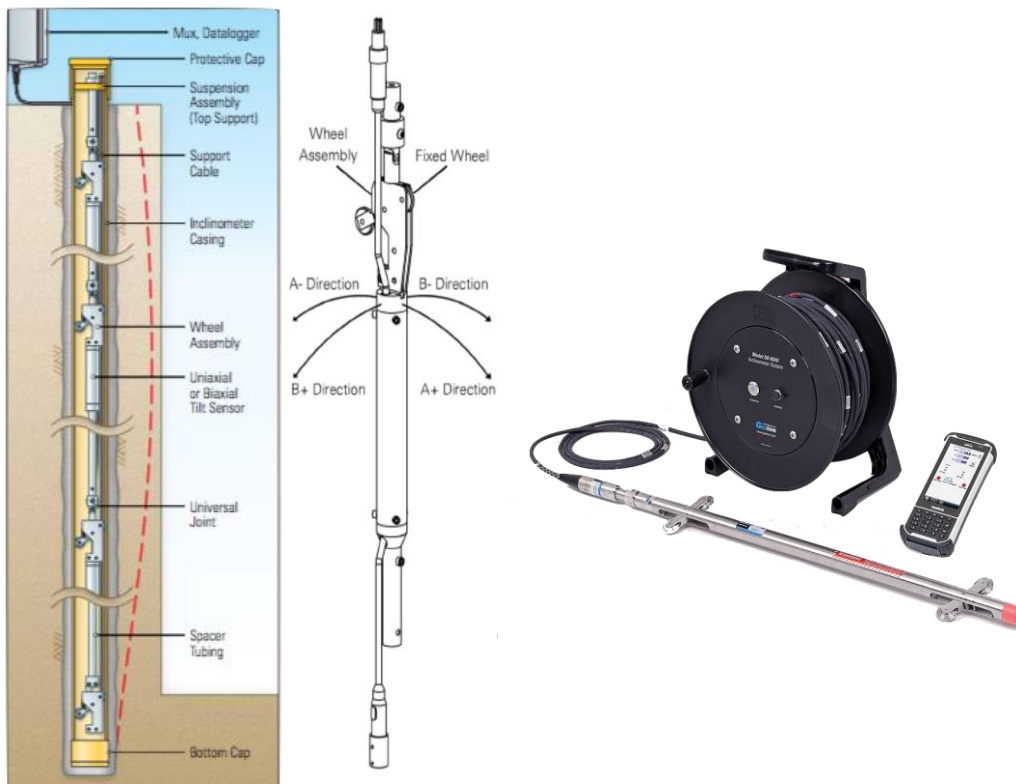


Os demais tipos de piezômetros como Twintubes, Pneumáticos, etc. em sua grande maioria já atingiram o limite de sua vida útil e a automação destes é extremamente difícil ou impossível de se executar. Nestes casos recomenda-se a instalação de novos sensores e continuidade do monitoramento.

DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS

Os Inclinômetros fixo (*IPI-In Place Inclinometers*) como o modelo 6150E fabricado pela Geokon, consistem em uma série de sensores de inclinação MEMS (sensor micro-eleto-mecânico) montados em comprimentos de tubos de aço inoxidável que são unidos por juntas universais. A sequência de sensores é inserida dentro do tubo de inclinômetros no terreno, com o cabo dos sensores passando para a superfície onde eles poderão conectados a um Datalogger, PC ou sistema SCADA. Diferentemente dos sistemas tradicionais onde as leituras cumulativas são feitas a cada 0,5m, os sensores fixos tem posições pré-determinadas, privilegiando a maior densidade nas regiões de maior risco de movimentação de acordo com o modelo geotécnico de análise de estabilidade e zonas potenciais de ruptura. Atualmente os dispositivos contam com um único cabo conectando os diversos sensores, o que elimina a limitação física de espaço para a instalação de múltiplos sensores, com o modelo produzido pela Geokon, Inc.

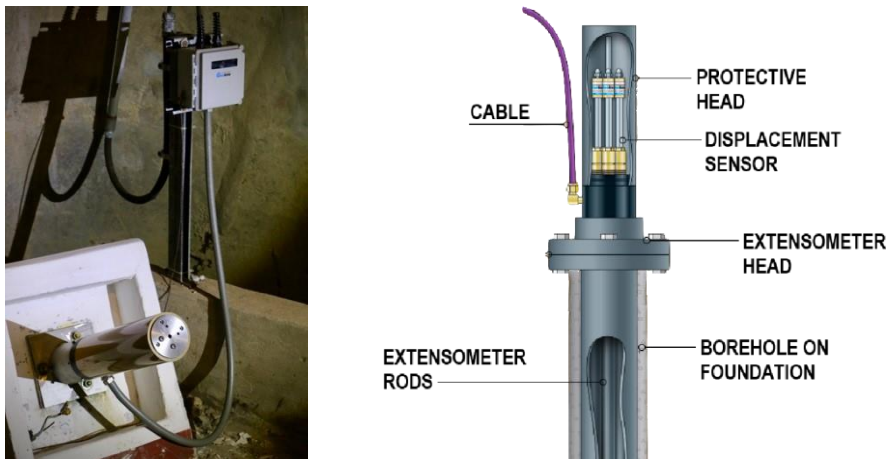
Figura 4 – Inclinômetros Fixos x Sistema Tradicional com Roldana, Torpedo e Leitora (Cortesia Geokon, Inc. USA)



DESLOCAMENTOS VERTICAIS

Os extensômetros de fundação com múltiplas hastes são usualmente lidos com relógios comparadores. A sua automação se dá através da instalação de deslocamento nos orifícios de acesso ao curso do relógio comparador. Ainda, é possível contar com sistemas mistos com leitura automatizada com sensores de deslocamento e relógios comparadores. Existem opções para os vários arranjos de hastes dentro da perfuração, deste 1 até 6 hastes para uma cabeça de medição. A cabeça do extensômetros por acomodar todos os sensores de deslocamento de corda vibrante modelo 4450 fabricados pela Geokon

Figura 5 – Automação de extensômetros de fundação e esquema de montagem (Acervo Pessoal e Cortesia Geokon, Inc. USA.).



MEDIÇÃO DE VAZAO DE INFILTRAÇÃO

O modelo 4675LV fabricado pela Geokon é um sistema de controle do nível de água que utiliza um transdutor de força de corda vibrante para proporcionar um meio altamente estável e sensível de monitoramento dos níveis de água em medidores de vazão triangular. O principal componente é um peso cilíndrico suspenso a partir do transdutor de força. O cilindro de trava parcialmente submerso na água cujo nível é para ser monitorado. Como as alterações de nível de água, a força de empuxo sobre o cilindro mudando atua diretamente sobre o transdutor de corda vibrante e altera a sua tensão, e, portanto, a sua frequência de ressonância. A modernização é extremamente simples, bastando instalar o sensor nos dispositivos já existentes com vertedores triangulares, por exemplo, me substituição às régua limnimétricas.

Figura 6 – Automação de Medidores de Vazão Triangular com Sensores 4675LV da Geokon (Acervo pessoal e Cortesia Geokon, Inc. USA.).



PROTEÇÃO CONTRA SURTO

O risco de falha para equipamentos elétricos existe em qualquer situação e para os diversos tipos de equipamento. Para tanto, existem dispositivos de proteção contra sobre-carga elétrica, com aterramento, além dos existentes nos próprios painéis e dataloggers, e são especialmente recomendados no caso de longas distâncias horizontais a serem cobertas com dados. Para que os sistemas de proteção contra sobrecarga elétrica funcionem de maneira eficaz, é essencial que um aterramento seja estabelecido adequadamente. Para que um raio encontre a menor resistência possível no solo (20 ohms ou menos) , para que possa ocorrer a adequada dissipação, e, dessa forma, não chegue ao transdutor, existem algumas variáveis a considerar, como o número suficiente de hastes de aterramento, profundidade suficiente colocação nos solos com características adequadas ou a melhoria da condutividade do solo. É importante lembrar que com esses procedimentos visam uma atenuação dos efeitos prejudiciais aos equipamentos com descargas elétricas em áreas próximas. No entanto, caso de uma descarga incidindo diretamente sobre o sensor ou datalogger, os instrumentos serão danificados de qualquer maneira, independentemente do modo de instalação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

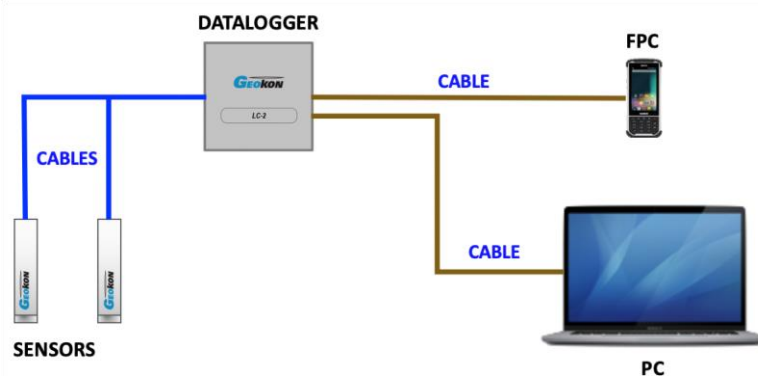
ALTERNATIVAS DE MODERNIZAÇÃO PARA ARMAZENAMENTO LOCAL

O primeiro estágio dentro do conceito de automação vislumbra a utilização de sensores elétricos de corda vibrante, existentes ou novos, conectados a dispositivos autônomos de coleta de dados, com frequência determinada de coleta de acordo com o tipo de instrumento, e armazenado as informações em um datalogger em campo, com coleta pontual destes dados em intervalo superiores aos de tomada de leituras, com frequência semanal, mensal ou semestral.

Os Dataloggers da série LC-2 fabricados pela Geokon são projetados para ler sensores de corda e seus termistores, em versões de até 16 canais. Ficam alojados dentro de gabinetes de fibra de vidro, o que os torna robustos, à prova de intempéries e adequados para operação em ambientes agressivos. Baixo consumo de energia proporciona longa vida útil da bateria, relacionada à frequência de leituras programada. A memória de dados consiste em 320K bytes de EEPROM. Isso se traduz em uma capacidade de armazenamento de memória de até 16.000 matrizes de dados, cada uma com ID do registrador de dados, data e hora, tensão da bateria principal, temperatura, leitura do sensor de corda vibrante e temperatura. A transmissão dos dados está em texto ASCII separados por vírgula, com fácil importação para editores de planilhas.

Os Dataloggers da Série LC2 estão disponíveis com uma Interface Serial RS-232 ou USB 2.0 e os dados são coletados em campo através de Field PCs ou Notebooks. Estes equipamentos tem a vantagem de serem robustos, concebidos com a finalidade de operar com equipamentos de corda-vibrante. Ainda, existe a possibilidade de se expandir sua funcionalidade conectando-se a gateways ou dispositivos para transmissão de dados remota. A figura a seguir indica uma das possíveis topologias a serem implantados.

Figura 6 – Topologia Simplificada de Automação Parcial. (Cortesia G5 Instrumentos e Geokon, Inc)



Este conceito possibilita a obtenção de um grande número de leituras, sem a necessidade presencial de equipe em campo, entretanto, a detecção de anomalias fica condicionada ao momento da coleta do grupo de dados na periodicidade de acordo com a visita de campo.

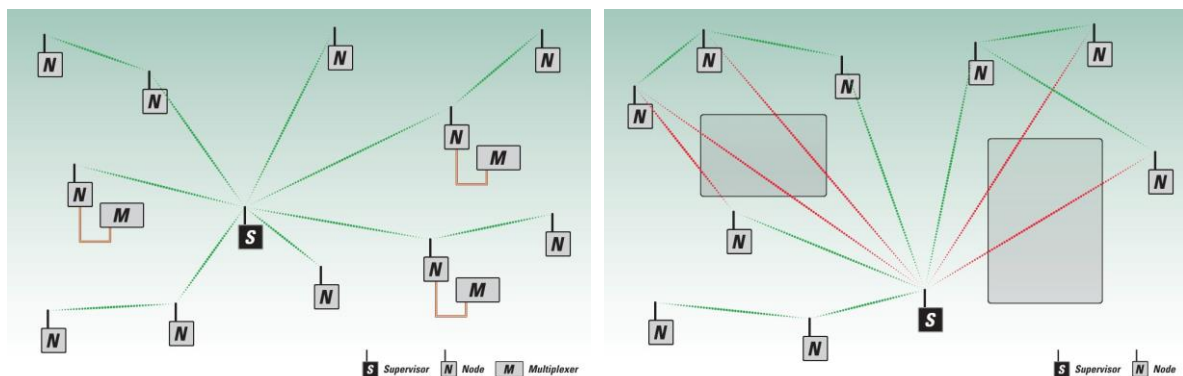
REDE DE INSTRUMENTO SEM FIO

As redes de instrumentos sem fio consistem em nós autônomos distribuídos espacialmente que monitoram condições físicas ou ambientais, como temperatura e pressão, e transmitem dados sem fio para uma localização principal ou gateway que fornece conectividade a uma plataforma de dados local ou na web, superando obstáculos como zonas remotas, de acesso difícil, evitando implantação de infraestrutura cabeada, reduzindo ainda os custos de implantação considerando-se intervenções e obras civis.

O sistema GeoNet fabricado pela Geokon é projetado para coletar dados de vários sensores. Consiste em um supervisor ou gateway, nós para sensores, sensores e software operacional. Sensores são conectados diretamente aos nós ou múltiplos sensores podem ser conectados a um único nó através de um multiplexador. Os Nós/Nodes eletronicamente alimentam os sensores e medem a frequência de ressonância. Como já comentado anteriormente, sensores de vibrante são preferidos devido à sua estabilidade a longo prazo, construção robusta, insensibilidade à resistência de contato e capacidade de registro de dados, mas sensores MEMS podem igualmente ser lidos com este sistema. Cada Rede Sem Fio GeoNet permite até 100 nós por rede ou 25 nós conectados a multiplexadores de oito canais, e até 12 redes podem coexistir definindo cada uma frequência operacional diferente (canal). O sistema é de baixa potência e opera com baterias alcalinas ou de lítio tamanho D. Os nós de sensores coletam dados de um sensor ou até oito sensores quando conectados a um multiplexador, bem como informações de nós, como voltagem da bateria, intensidade do sinal e temperatura. Cada nó, se desconectado da rede, funciona como um registrador de dados independente e pode armazenar mais de um milhão de matrizes de dados. O supervisor controla a rede e é o agregador de todos os dados coletados pelos nós sensores. Os dados dos Nós armazenados pelo supervisor são coletados usando o software proprietário fornecido ou por meio de qualquer outro mestre Modbus.

A GeoNet opera no Brasil a 900 MHz, e usa a topologia de árvore de cluster da rede mesh, que é autoconfigurável e autorrecuperável. Os dados dos Nós são enviados diretamente para o supervisor ou por comunicação via outros nós. O intervalo entre nós para o sistema de 900MHz (linha de visão) é de 6.500m. As redes suportam até quatro saltos(hops), em perfeitas condições, o que aumenta o alcance do supervisor para o nó mais remoto em quatro vezes, além de permitir que o supervisor se comunique com nós que não têm comunicação de rádio direta, permitindo que os nós operem em torno de obstáculos naturais ou outras barreiras. Estes e outros aspectos tornam as redes Mesh mais versáteis do que as redes estrela.

Figura 7 - Exemplos de Rede de Instrumentação Sem fio e Saltos para desviar obstáculos em redes Mesh (Topologia Sistema GeoNet ,Cortesia Geokon Inc.)



A vida da bateria é afetada pela temperatura, pelo ambiente de rádio, pela configuração física da rede e pela taxa de amostragem, podendo chegar a até 5 anos. A configuração da rede GeoNet e a coleta de dados é feita por meio de um programa cliente de PC, comunicando-se diretamente com o supervisor de rede, por meio de modems celulares ou servidores seriais de rede (Ethernet Add-on). Um banco de dados em um PC ou Servidor armazena os dados, que podem ser visualizados em gráficos e facilmente exportados para uso em outros aplicativos de gerenciamento de dados. Para redes GeoNet que estão continuamente disponíveis para comunicação, o programa pode ser configurado para coletar e exportar dados em um cronograma para alimentar outros sistemas automatizados de gerenciamento de informação, como o PIMS, entre outros. A interface do software proprietário, o GeoNet Agent permite a programação do sistema, conexão entre rádios e gestão das redes sem fio. No caso de conexão com a internet no momento da configuração das redes e discretização dos instrumentos na rede, os dados individuais referentes à calibração dos sensores, com Gage Factor (G) e Termal Factor (K) podem ser obtidos diretamente do banco de dados online da Geokon, evitando assim a entrada errada de dados e interpretação errônea dos resultados.

Figura Topologia simplificada para Automação com redes sem fio utilizando sistema GeoNet da Geokon Inc. com Nós, Multiplexadores , Supervisor e conexão Ethernet.

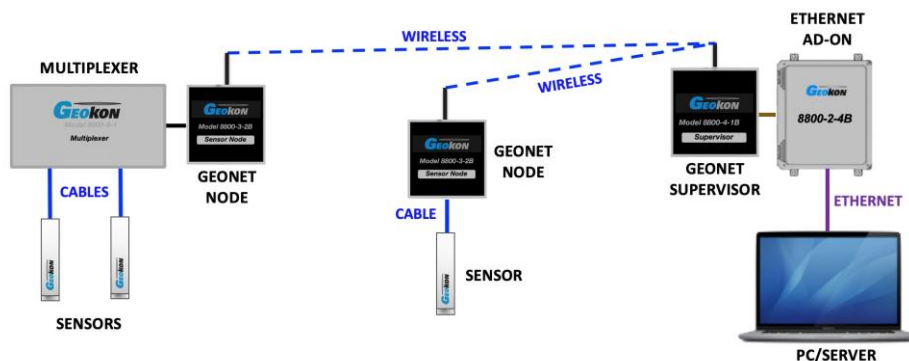


Figura 8 – Exemplos de Instalação de Nó e Supervisor. (Nó Geonet e Supervisor Geonet com Painel Solar)



ACOMPANHAMENTO REMOTO EM TEMPO REAL 24x7x365

A Sensemetrics fornece uma plataforma on-line que fornece transmissão de forma transparente dos dados dos sensores através de um gateway, próprio chamado de Thread ou de terceiros. Há uma integração perfeita de hardware e software, fornecendo um processo completo de gerenciamento de dados e solução de campo para escritório, sem interfaces complexas, necessidade de desenvolvimento de soluções de hardware com montagem de partes de diversos fabricantes ou desenvolvimento específico de softwares ou rotinas para a coleta de dados, todo o processo foi concebido e desenvolvido para ser uma solução pronta para uso ou *plug-and-play* possibilitando que os recursos necessários para implantação dos sistemas sejam aplicados em questões técnicas relativas à concepção do plano de instrumentação, quantidade e tipo de sensores e disponibilizando informações claras, precisas e em tempo real, para que gestores, especialistas, auditores possam ter de maneira instantânea a informação necessária sobre a condição de segurança das estruturas mais variadas.

O conceito de IOT cabe perfeitamente e é uma necessidade premente para instrumentação geotécnica e estrutural de barragens e estruturas associadas, uma vez que os três principais aspectos relativos ao tema que são a existência de sensores monitorando as “coisas” ininterruptamente, o meio de comunicação e integração autônoma das informações através da internet e o benefício aos seres vivos e meio ambiente são todos primordiais para o conceito de segurança e desempenho destas estruturas a longo prazo.

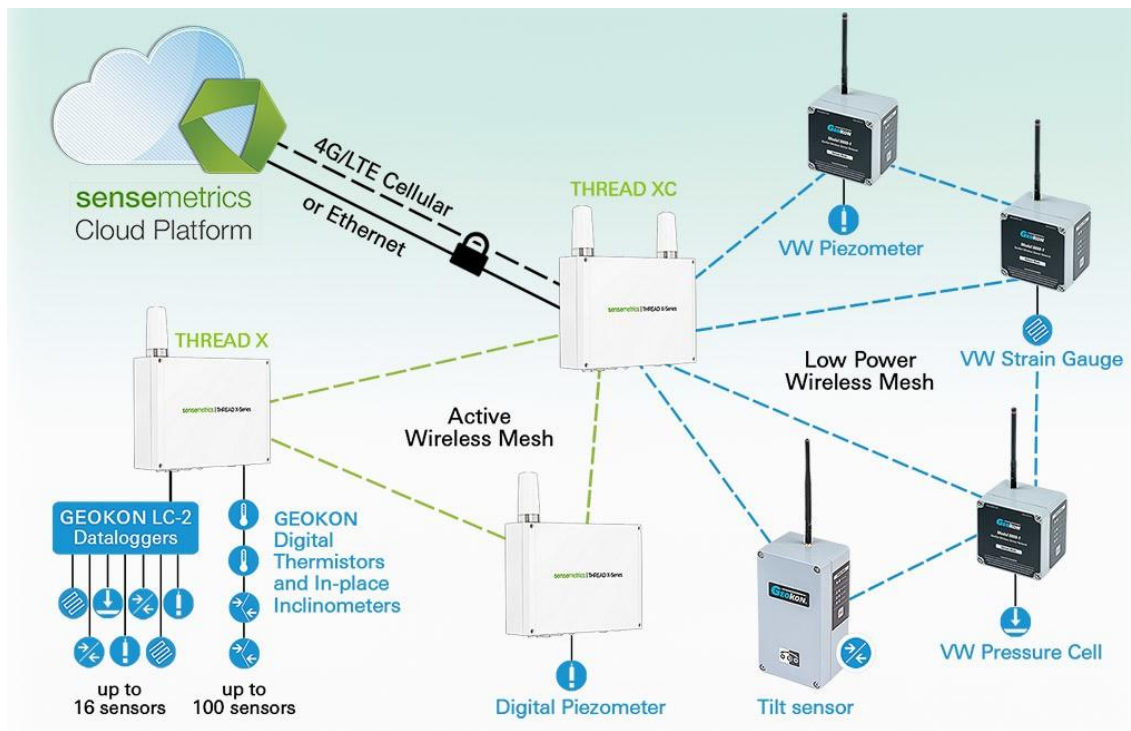
Os mais variados sensores e sistemas de monitoramento fazem parte do início desta cadeia, passando pela alimentação da plataforma de gestão inteligente sobre os dados de campos recebidos por rádio, ethernet, Celular ou satélite, e a finalmente apresentação de resultados compilados para usuários, entidades gestoras e a população em geral, entregam de maneira eficaz e dinâmica informações preciosas para gestão destes ativos de maneira segura e eficiente, sem riscos para a sociedade.

Figura 9 – Ilustração do Conceito de IoT para instrumentação geotécnica e estrutural, com sensores de vários fabricantes, processamento na nuvem no servidor da Sensemetrics e visualização em qualquer browser.



O processo de implantação é extremamente simples e intuitivo, considerando-se que não há necessidade de configuração ou montagem dos sistemas, os gateways vêm de fábrica pré-configurados, a detecção da malha de rede é feita de forma automática, com alcance de até 6,5km entre os Threads Intermediários e o Gateway. Cada Thread pode armazenar os dados em sua memória até o próximo momento de envio, caso ocorram problemas de comunicação e a atualização do firmware do Hardware de campo é feita automaticamente através da plataforma de gestão online.

Figura -10 Topologia Simplificada para Rede Sem fio e Plataforma com sensores Geokon, sistema de transmissão sem fio GeoNet e gateway Thread da Sensemetrics.



Além disso, pode-se acessar imediatamente e acompanhar em tempo real a medição por meio de aplicativo em nuvem através de qualquer navegador em plataformas móveis ou computadores, de modo que seja possível configurar, personalizar e gerenciar remotamente as redes de sensores sem fio. A

plataforma permite a calibração instantânea de sensores (o que diminui o tempo gasto e as possibilidades de erro) através de acesso ao banco de dados dos principais fabricantes globais de instrumentos, além de cálculos dinâmicos temporais e espaciais, recursos de colaboração ininterruptos, mapas de base 2D com os dados e a localização do sensor, possibilidade de criação de gráficos a partir das leituras realizadas, criação e distribuição de relatórios de forma parametrizada e automática. Os dados salvos no servidor na nuvem ficam armazenados eternamente e acessíveis ao usuário. O acesso à plataforma é feito através de usuários individuais, com autenticação e registro, de maneira segura. A transmissão dos dados é criptografada. Outro recurso fundamental é o recebimento automático de notificações via e-mail quando algum sensor registra uma medida limite especificada pelo usuário além de dados em tabelas padronizadas, para fácil compreensão e comparação. Esta ferramenta de gestão de dados de instrumentação geotécnica e estrutural permite que se observe de maneira simples e intuitiva mapas com a indicação de todos os locais das diferentes obras monitoradas, com indicação de cores para onde existem sensores com níveis de controle superados. A telas sinóticas configuráveis com mapas, desenhos esquemáticos e gráficos, com dados de diversos sensores e apresentação de dados em tempo real são ferramentas extremamente versáteis, claras e dinâmicas, além de totalmente customizáveis.

Figura 11 -Modelo de mapas com sensores sobre as estruturas monitoradas. Exemplo de barragem de água monitorada nos EUA (Cortesia Sensemetrics)

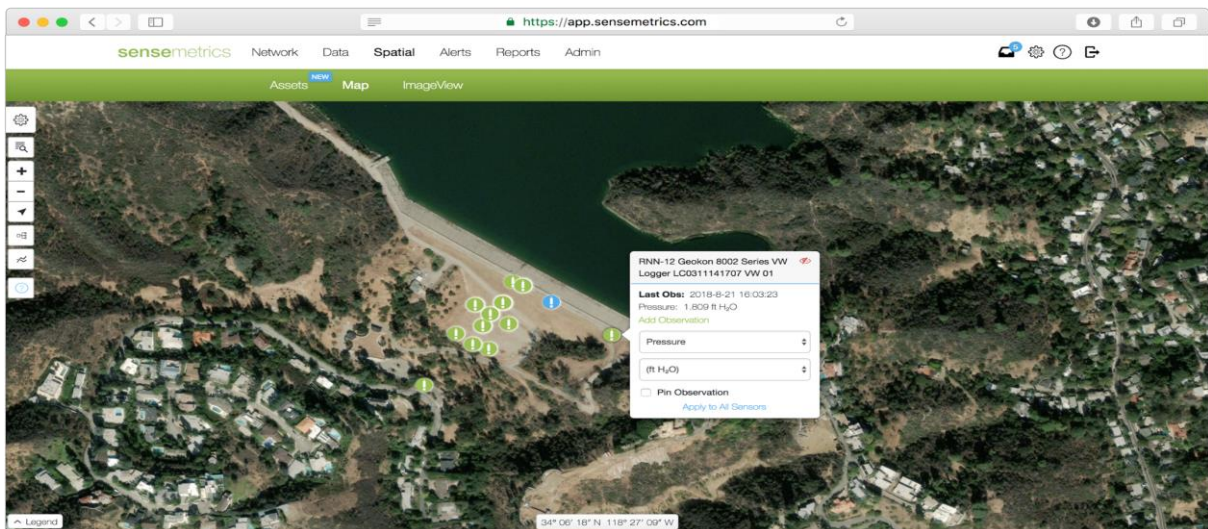
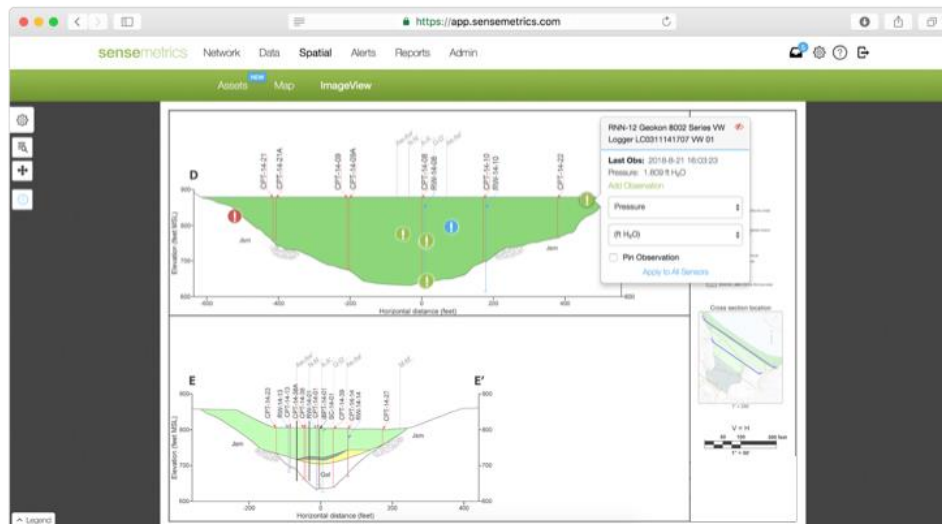


Figura 12 – Seções de projeto dom indicação de posição, status e medias em tempo real de uma barragem (Cortesia Sensemetrics).



Não obstante, os recursos de envio de alertas configuráveis em 4 níveis (baixo, moderado, alto e crítico), pode ser configurados com legendas de cores para as apresentações nas telas sinóticas, configurações de ação como verificação automática de recorrência dos valores atingido, evitando envio de alertas no caso de erros ou leituras contraditórias , envio de e-mails em cada um dos distintos estágios de controle para níveis hierárquicos dentro das organizações, e até mesmo comandos para que sirenes, bombas de sucção, sinais visuais de alerta sejam acionados automaticamente quando da ocorrência de valores de controle pré-determinados.

CONCLUSÃO

A implantação de sistemas automatizados para instrumentação e monitoramento em tempo real propiciam uma redução significativa nos custos operacionais, considerando os recursos necessários para o procedimento de leituras manuais, processamento de dados e disponibilização da informação, além de estarem disponíveis e acessíveis em regime 24X7X365, com a base de dados puros (raw data) e resultados em grandezas de engenharia, com atualização constante e instantânea da avaliação dos parâmetros de controle, diminuindo ainda incrivelmente a possibilidade de erro humano.

A acuidade e velocidade na entrega dos dados, com processamento das informações disponibilizadas em gráficos e tabelas interativas e de fácil interpretação sejam talvez as principais vantagens dos sistemas automatizados, além da redução dos erros por parte da interpretação e transmissão da informação.

Os sistemas de gestão de segurança de estruturas quando monitoradas remotamente, com aquisição e entrega de dados sistematizado, com sistema de alarme para situações de

emergência e protocolos de gerenciamento de crise, pode fornecer junto às Seguradoras uma redução significativa dos prêmios contidos nas apólices de seguros.

Os dados registrados pelos sistemas de monitoramento automatizados podem fornecer provas legais para uma defesa extrajudicial ou judicial para todas as partes envolvidas no processo de construção e gestão de empreendimentos, oferecendo ainda subsídios para a tomada de decisão em situações críticas, evitando-se assim consequências desfavoráveis ou mesmo registrando a iniciativa para mitigação de riscos.

A atualização constante dos níveis de segurança pela Instrumentação e monitoramento em tempo real fornecem antecipadamente sinais de alerta indicando risco antecipado de falhas iminentes, sendo de operação dos sensores ou mesmo de um risco de colapso. A confiabilidade dos dados e velocidade da disponibilização das informações são aspectos fundamentais para se garantir um adequado desempenho em estruturas de barragens de terra, de concreto bem como suas estruturas associadas. Atualmente o mercado disponibiliza soluções profissionais, prontas para consumo e de eficácia amplamente comprovada dentro e fora do Brasil, evitando-se assim a necessidade de desenvolvimento de soluções “caseiras” ou desenvolvimento de projetos demorados, cheios de incertezas quanto ao bom funcionamento, bem como com garantia de suporte a longo prazo.

Diante dos diversos aspectos favoráveis à adoção de sistemas de automação da instrumentação geotécnica e estrutural, destacam-se os seguintes diferenciais dos sistemas compostos pela Geokon e pela Sensemetrics, modelos GeoNet wireless Network e os Threads, respectivamente, em relação aos demais existentes no mercado, como a redução de custos de implantação do sistema, pois as soluções convencionais dependem de integração de partes de diferentes fabricantes, com necessidade de programação e configuração das diversas interfaces, disponibilização imediata dos dados no momento da configuração do sistema, pois os dados de calibração são obtidos diretamente das bases de dados dos fabricantes, e as leituras iniciam imediatamente após a configuração do sistema dada a integração entre os sensores, gateways e plataforma. A informação é disponibilizada na plataforma e acessada remotamente pelos usuários, sem necessidade de instalação de aplicativos.

REFERÊNCIAS

- [1] Dunncliff, J. “Geotechnical instrumentation for monitoring field performance”. John Wiley and Sons, Inc., New York. 1988

- [2] McRae, J.B., & T. Simmonds 1991. Long-term stability of vibrating-wire instruments: one manufacturer's perspective. In Sorum (ed.), 3rd Proc. International Symposium on Field Measurements in Geomechanics. Vol.1 :283-293, Rotterdam: Balkema.
- [4] Durham, G.N, Allen Marr, W. – Editors. Field Instrumentation for soil and rock – ASTM. ASTM Stock Number: STP 1358, 1998
- [5] Silveira, J.F.A. (1998) – “Diretrizes para Instrumentação de Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas” – 1o Simpósio Brasileiro de Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas – Tema III – Projeto e Construção, Poços de Caldas, MG, de 17 a 20/08/9.
- [6] SILVEIRA, J.F.A. - “Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento”, Livro editado pela Oficina de Texto, São Paulo.2006, - “Instrumentação e Comportamento de Fundações de Barragens de Concreto”, Livro editado pela Oficina de Texto, São Paulo; 2006
- [7] Geokon, Inc. www.geokon.com . Fabricante de equipamentos de corda vibrante como Piezômetros 4500B, 4500C e 4500S, Inclinômetros Fixos 6150E, Sensores de deslocamento para Extensômetros de Fundação modelo 4450, Medidores de Vazão 4675LV e sistema GeoNet Wireless Network.
- [8] Sensemetrics, Inc. www.sensemetrics.com. Fabricante dos Gateways Threads e da plataforma de gestão de dados em tempo real