



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Ensaio Académico

**Instrumentação como um dos critérios de segurança hidráulica de
barragem de terra**

Ensaio académico para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água
Rural

Autor: Nelson Paulo Chissano

Tutor: Eng. Moisés José Buduio

Lionde, Agosto de 2017



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Ensaio académico sobre “instrumentação como um dos critérios de segurança hidráulica a barragens de terra” apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural em forma de Ensaio académico.

Autor: Nelson Paulo Chissano

Tutor: Eng. Moisés José Buduio

Lionde, Agosto de 2017

ÍNDICE GERAL

1.INTRODUÇÃO	i
2.Auscultação Por Instrumentação Das Barragens De Terra	3
2.1. Tipos de Instrumentação	4
2.1.2 Medidor de nível de água.....	5
2.1.3. Piezómetros stand pipe (Casa grande)	5
2.1.4. Piezómetros Eléctrico (corda vibrante).....	6
2.1.5. Poços de alívios.....	7
2.1.6. Medidor de caudal.....	8
2.2. Periodicidade das Leituras	9
2.3. Vantagens da instrumentação	10
2.4. Desvantagens da instrumentação	10
2.5. Estabilidade De Barragem De Terra	11
3.CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
4.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	13



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, Agosto de 2017

(Nelson Paulo Chissano)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em memória ao meu pai, e minha mãe que, múltiplas vezes, passaram a mão pelo meu ombro, encorajando-me a levantar a cabeça a cada vez que caía no desânimo. Aos meus irmãos, que este trabalho sirva de inspiração e motivação, para que nunca desistam de correr atrás dos livros, porque é a única enxada de um pobre que anseia triunfar na vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pai da misericórdia e do nosso senhor Jesus Cristo, que consolou-me durante as minhas tribulações, tais como doença, cansaço, desânimo, dando-me todos os dias um espírito de vencedor. Pois os que esperam no senhor, renovarão sempre as suas forças, por isso eu estou aqui.

Agradeço aos meus pais Paulo Júlio Chissano em (memória) e Maria Paulo Matavele, pois se não fosse por eles não sei se algum dia chegaria onde me encontro, o suporte sentimental, moral e material foram determinantes para a minha formação como homem. E em especial a minha irmã Odete Paulo Chissano que incansavelmente se dedicou em apostar na minha formação e deixando de lado os seus objectivos pessoais. Aos meus irmãos Breginves, Eleiotelio, Celso, Ivone, Rosimina, Cornélio, pelo apoio moral ao longo da minha carreira estudantil, sem mi esquecer da minha esposa Florência Chilundo em todos momentos difícil sempre presente e dando mi apoio moral que não desistisse do curso.

Aos meus colegas e verdadeiros amigos que se revelaram durante estes anos de licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, nomeadamente Jaime Maunde, Benix Munguambe, José Nampunda, João Matavele, e, entre outros não menos importantes.

RESUMO

O trabalho apresenta a auscultação por instrumentação como um dos critérios de segurança hidráulica a barragens de terra que monitoram o comportamento da água subterrânea que percola em diversos pontos de uma barragem de terra, bem como ao longo maciço da construção e as respectivas vazões de percolação que variam com o nível de água do reservatório, e são medidos respectivamente através de piezômetros e medidores de vazão, através da instrumentação e bem monitorado pode se conhecer o desempenho através de medições de parâmetros cujos resultados devidamente analisados e interpretados, servirão para avaliar as condições de segurança da barragem de terra, apresenta-se ainda os tipos de instrumentos e os seus procedimentos e sua função em princípio de funcionalidade visando a segurança hidráulica fazendo da monitoria através da inspeção visual rotineira, adicionalmente ainda destaca se as devidas vantagens e desvantagens de cada instrumento, assim como referenciar a sua importância do uso em barragens de terra, como um vector que dita o critério de segurança hidráulica e a sua respectiva eficiência do programa de auscultação por instrumentação.

Palavras – chaves: instrumentação; auscultação; importância; eficiência.

1. INTRODUÇÃO

A instrumentação tem como intuito de medir grandezas de interesse (tensões, deslocamentos, sub-pressões e vazões de infiltração), verificando-se, assim, a adequabilidade e reduzir o fluxo excessivo e evitar galgamento da barragem que é responsável em 11% da ocorrência de acidente de barragem de terra em tudo mundo, onde a rotura desta causaria a destruição de infra-estruturas e perda de vidas humanas a jusante (Fairbarn, 1999).

O sistema de instrumentação desempenha um papel fundamental e muito importante na avaliação do comportamento da barragem, durante no período de regime de plena operação. Através da leitura de valores de cargas de pressão, dos deslocamentos, vazões e tensões desenvolvidas no corpo da barragem propriamente dita, ou no maciço de fundação, é possível comparar-se quantidades experimentalmente medidas com aquelas previstas pelo projecto (fase de construção) ou estimadas para uma operação segura da barragem, sujeita, durante sua vida útil, a várias mudanças de carregamento causadas por flutuação do nível do reservatório, oscilações de temperatura, etc (Quintiliano, 1999).

Segundo o Comité Brasileiro de Grandes Barragens (1996) estabeleceu como objectivos básicos da instrumentação os seguintes tópicos, agrupados de acordo com a etapa de desenvolvimento da barragem: construção, primeiro enchimento e operação.

Segundo o manual de instrumentação de barragens da U.S. Army Corps of Engineers (1995) os principais objectivos da instrumentação geotécnica podem ser agrupados dentro de quatro categorias, a saber: avaliações analíticas, previsão do desempenho futuro, avaliações legais e desenvolvimento e verificação de futuros empreendimentos.

De acordo com Dunnicliff (1988), os instrumentos a ser instalado em uma barragem está condicionada principalmente aos seguintes aspectos básicos: comprimento da barragem, altura máxima, características geológicas da fundação, características dos materiais utilizados no corpo da barragem, e o Dunnicliff (1988), ainda salienta que Para barragens pequenas e com nível de risco baixo a instrumentação estritamente necessária ou indispensável seres um e normalmente Alguns piezómetros; Marcos topográficos de referência de nível; Medidores de vazão. Com esta instrumentação,

instalada em pontos estratégicos (peculiares de cada barragem) entende-se que é possível verificar a ocorrência de anomalias.

Vários estudos mostram que o critério de segurança de uma barragem está intimamente relacionada aos aspectos de projecto, construção, instrumentação/inspecção, operação e manutenção.

Tese: Auscultação por instrumentação é um dos critérios básicos para segurança da barragem de terra, por isso todas as barragens de terra devem ser desprovido de dispositivos de segurança.

Este relatório tem como foco principal abordar, de forma geral, a instrumentação da barragem de terra para melhores práticas de auscultação – visando a operação e segurança hidráulica da barragem.

2. AUSCULTAÇÃO POR INSTRUMENTAÇÃO DAS BARRAGENS DE TERRA

Chama-se auscultação de uma barragem ao conjunto de processos que visam a observação, detecção e caracterização de eventuais deteriorações que constituem risco potencial às condições de sua segurança global. A auscultação pode ser feita por:

- Inspeções Visuais: é o processo da auscultação qualitativa, através de vistorias periódicas de campo (FERC, 2003).
- Instrumentação: é o processo de aquisição, Registro e processamento sistemático dos dados obtidos a partir dos instrumentos de medida instalados no aterro ou nas fundações da barragem.

Estes processos devem ser realizados em conjunto durante toda a vida útil da barragem, de forma a fornecer subsídios necessários para uma eventual revisão (Kuperman et al., 2005a) ou adaptação dos procedimentos adoptados na construção, operação ou manutenção da barragem, definindo a etapa de controle do empreendimento, permitindo ainda verificar se uma dada condição de risco está se desenvolvendo ou se é potencialmente viável de ocorrer (Fusaro, 2005).

Tipos de problemas frequentes em barragens de terra

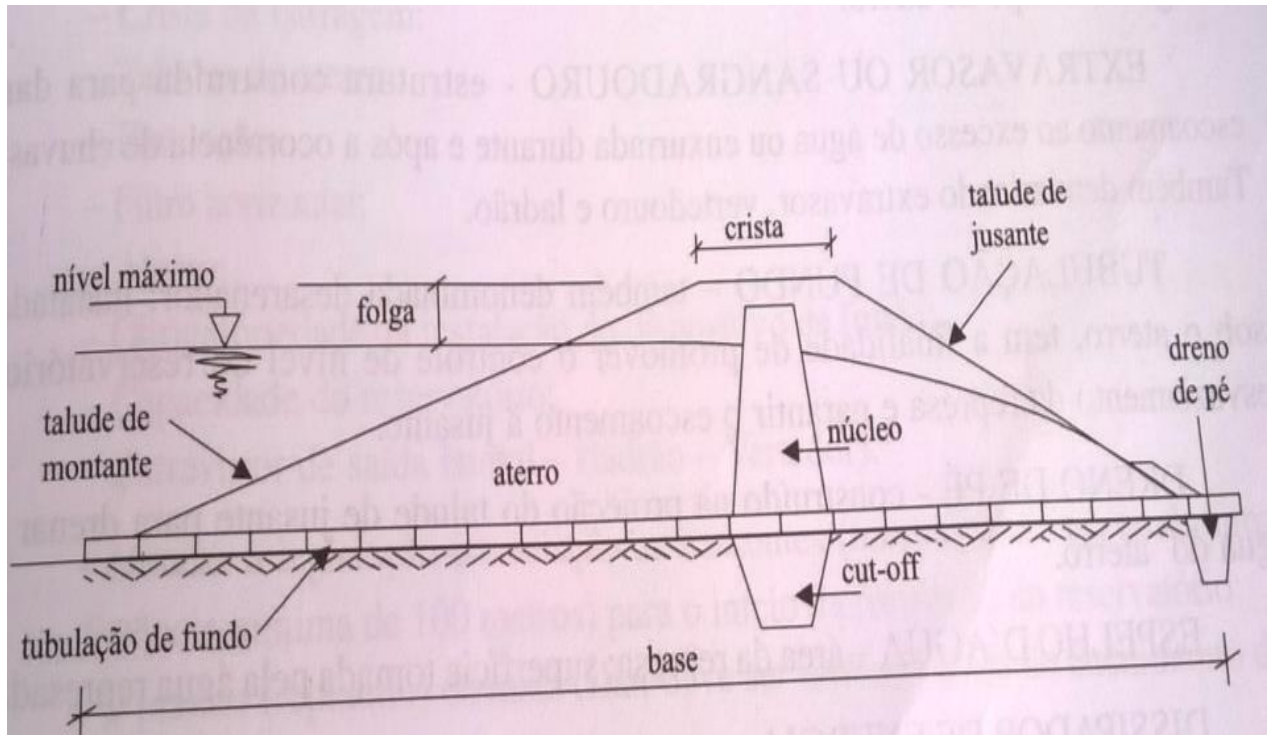
Tipo de estrutura danificado	Tipo de deterioração	Número de casos	Percentagem (%)
Fundação (solo ou rocha)	Deformação	11	3,7
	Perda de resistência e mudança no estado de tensão	24	8,1
	Erosão interna (piping)	64	21,5
	Degradação da fundação	12	4,0
Corpo da barragem (materiais de aterro)	Deformação	31	10,4
	Perda de resistência	18	6,1
	Aumento de poropressão	20	6,7
	Erosão regressiva interna (piping)	28	9,4
	Deterioração do aterro	32	10,8
Outros	Erosão da face de taludes	56	18,9
	Mudança de permeabilidade	1	0,3
	Perda de aderência entre estruturas de concreto e o aterro	12	4,0
	Fluxo pela face de concreto	7	2,4

Fonte: (International Commission on Large Dams –1994)

Surgência de água, fissuras superficiais, erosões e abatimentos localizados são problemas que podem ser detectados por meio de inspeções de campo, assim o

controle eficiente das condições de segurança de uma barragem exige a implementação de um programa específico de instrumentação (Palmeira,1996).

Elementos básicos de uma barragem de terra



Fonte: (Carvalho,2008)

2.1. Tipos de Instrumentação

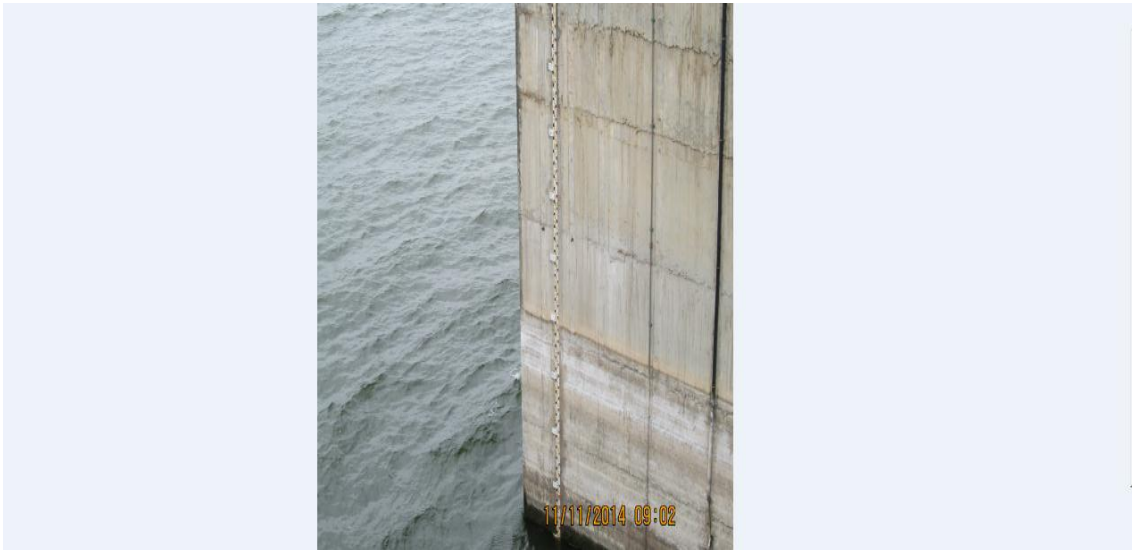
Segundo CEMIG (1977b), a auscultação por instrumentação para as barragens de terra deve ser desprovido de diversos tipos de instrumentos os tais instrumentos são apresentados resumidamente a seguir:

- Medidor de nível de água;
- Piezómetros;
- Medidor de vazão;
- Poços de alvívios.

2.1.2 Medidor de nível de água

Segundo CEMIG (1977a), o princípio de instrumentação a avaliação do comportamento do nível da água em barragens de terra constitui-se num parâmetro de segurança estrutural e ambiental indispensável em qualquer estágio de desenvolvimento destes tipos de obras.

A instrumentação da variação de nível de água durante o ciclo hidrológico certamente contribuirá na redução do número de acidentes relativos aos processos de liquefacção e piping (CEMIG, 1977a). Como ilustra a figura abaixo

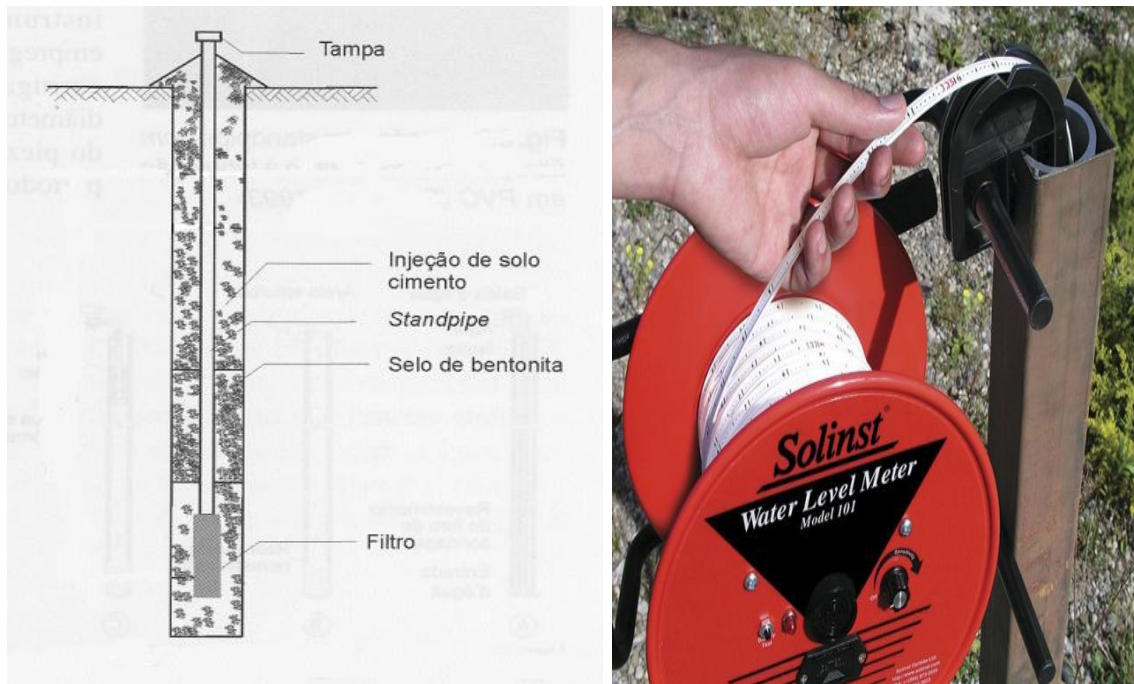


2.1.3. Piezómetros stand pipe (Casa grande)

Os piezómetros permitem a medida do nível de água, introduzindo um cabo eléctrico com pequena sonda e, quando esta entra em contacto com a superfície da água, há passagem de uma corrente eléctrica, que é detectada na superfície por amperímetro. O cabo do medidor é graduado em centímetros, A função do piezómetro é fornecer a carga de pressão no ponto em que foi instalado. Dessa forma mede-se a distância entre a boca do tubo e o nível de água (CAVALCANTI, 1994).

O que permite calcular a cota do nível de água, pela diferença entre a cota do topo do tubo e o comprimento do cabo.

Procedimentos de cálculos Conhecida a carga de pressão, calcula-se a carga total naquele ponto, que é a cota de instalação mais a coluna de água sobre o mesmo. Como mostra as figuras abaixo.

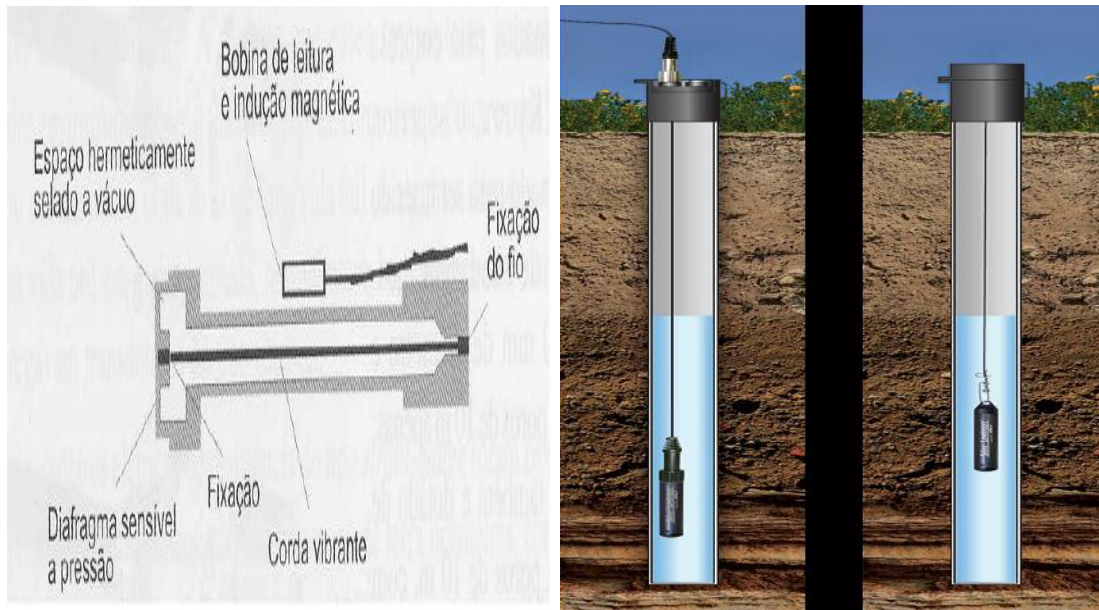


Fonte: (FACET – Sinop, 2016)

2.1.4. Piezômetros Eléctrico (corda vibrante)

Os piezômetros eléctricos de corda vibrante medem a pressão de água através da deformação de um diafragma interno, cuja deflexão é medida por um sensor de corda vibrante instalado perpendicularmente ao plano do diafragma (CEMIG, 1994).

Silveira (2006). A Figura abaixo mostra uma célula de piezômetro de corda vibrante, o valor de pressão lido é transformado de kilograma- força por centímetro quadrado (kgf/cm^2) para metros de coluna de água (m.c.a.). A altura de coluna de água é somada à cota de instalação, fornecendo a cota piezométrica no ponto, em metros sobre o nível do mar (msnm). Por serem precisos, sensíveis, poderem ser lidos à distância e integrados a sistemas automáticos de aquisição de dados.



Fonte: (FACET –Sinop, 2016)

2.1.5. Poços de alívios

Os poços de alívio são furos de drenagem abertos no terreno, com o objectivo de reduzir as sub-pressões desenvolvidas pela percolação de água na fundação que fiquem controladas e sempre abaixo do limite estabelecido de 2 m³/s. Os diâmetros mais usuais dos poços de alívio variam entre 75 e 150 mm. Os poços de alívio devem ser executados em uma só linha e com espaçamento médio de 3,0 m, com uma profundidade definida de acordo com as condições da fundação da barragem. Geralmente são construídos sob o dreno de pé, mas podem ser construídos à montante deste, até a base do filtro em chaminé. Para a sua medição usa-se um balde de 5 ou 10 litros de volume e um cronometro, os seu procedimento de calculo através da equação gravimétrica (KUPERMAN, 2005a).

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Eq.(1)}$$

Onde:

Q – Caudal (m³/s)

V – Volume (m³)

t – tempo (s)



Poço de alívio



Vala de betão, Poços de alívios

2.1.6. Medidor de vazão

O medidor de vazão é utilizado para se obter o valor da vazão que percola através do sistema de drenagem da barragem e de sua fundação, colectados por tubulações ou canaletas. O procedimento típico para a medida de vazões é promover a concentração do fluxo em caixas ou galerias de concreto, às quais se incorporam vertedores de seção triangular ou trapezoidal ou calhas Parshall. Os vertedores triangulares possibilitam maior precisão de leituras no caso de vazões mais reduzidas, até 30,0 l/s (CPRH, 2000). A vazão é determinada com a utilização da equação de regime de escoamento uniforme em condutos livres. É interessante observar para o caso da medição de vazão sempre e ter dados pluviométricos pois estes podem influenciar directamente nas vazões.

$$Q = 1,40.H^{5/2} \quad \text{Eq.(2)}$$

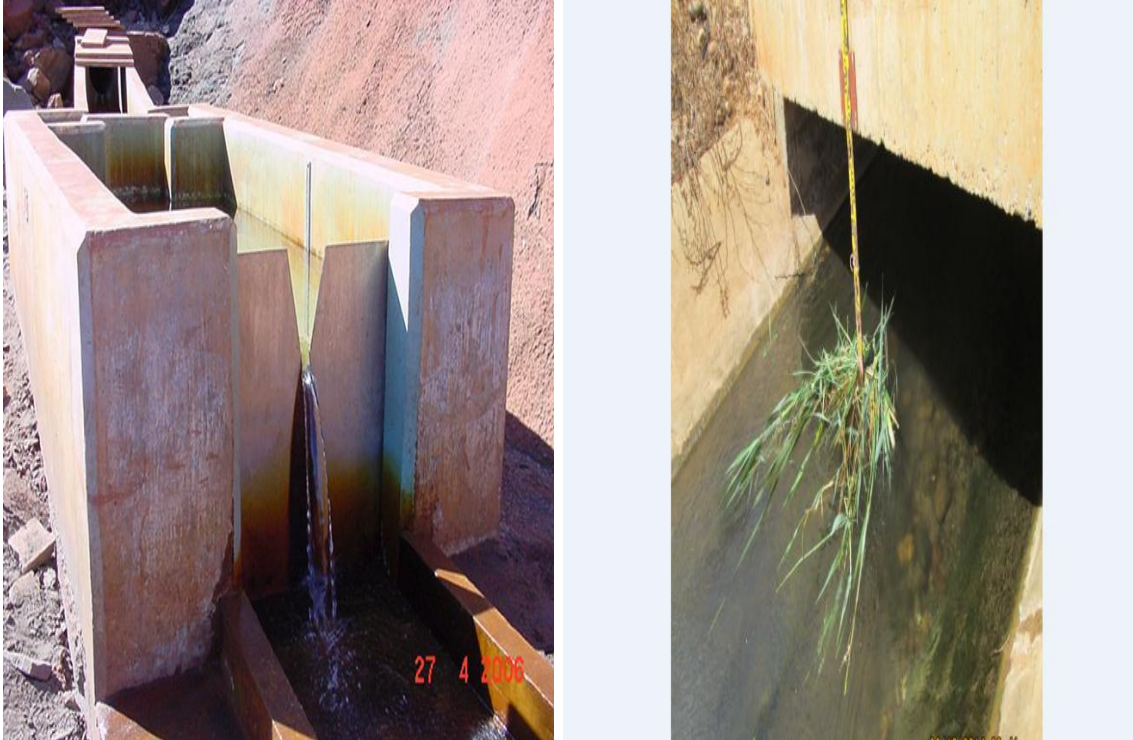
Onde: Q é a vazão em m³/s e H é a altura da lâmina d'água em m, medida a partir do vértice da abertura triangular. A rigor, o coeficiente numérico pode variar entre 1,40 e 1,46.

$$Q = 1,86.LH^{3/2} \quad \text{Eq.(3)}$$

Onde: Q é a vazão em m³/s e L é largura da soleira m, e H é altura da lâmina de água que passa (carga hidráulica) sobre a soleira

$$Q = 2.2.WH^{3/2} \quad \text{Eq.(4)}$$

Onde: Q é a vazão em m³/s; W é a largura da garganta em m e H é a altura da lâmina d'água em m.



Fonte: (FACET –Sinop, 2016)

2.2. Periodicidade das Leituras

As leituras da instrumentação devem ser iniciadas logo após a instalação. A periodicidade das leituras dependerá dos próprios resultados e de sua variação, bem como dos factores que sobre elas influem, tais como, velocidade de construção, velocidade de enchimento do reservatório entre outros.

Os dados devem ser processados após a leitura da instrumentação, utilizando as ferramentas existentes. É recomendado que as leituras de poropressão com os dados de recalque.

É interessante observar para o caso da medição de vazão sempre ter dados pluviométricos pois estes podem influenciar directamente nas vazões.

Sempre que houver variação significativa dos resultados ou dos factores que neles influem, deve –se reduzir o intervalo de tempo entre as leituras.

Recomendação da ANA (2015) para a realização das leituras

Tipo de observação	Período			
	Construção	Enchimento do reservatório	Inicial de operação	Operação
Deslocamento superficiais	Mensal	Semanal	Mensal	Semestral
Deslocamento internos (verticais e horizontais)	Semanal	Semanal	Quinzenal	Mensal
Deformação	Semanal	Semanal	Semanal	Mensal
Pressão total/effectiva	Semanal	2 Semanas	Semanal	Mensal
Porosidade - pressão	Semanal	2 Semanas	Semanal	Quinzenal
Sub-pressão	Semanal	3 Semanas	Semanal	Quinzenal
Nível de água	Semanal	3 Semanas	Semanal	Quinzenal
Vazão de infiltração	Semanal	Diárias	3 Semanas	Semanal

Fonte: (GAIOTO, 2003)

2.3. Vantagens da instrumentação

- A confiabilidade, e simplicidade, durabilidade e custo reduzido.
- Relativa rapidez das leituras e, tempo de resposta relativamente pequeno.
- Livre localização do aparelho de medições.

2.4. Desvantagens da instrumentação

- Contudo, tem a desvantagem de vida útil limitada e de alteração dos parâmetros de calibração que ocorre ao longo do tempo. E como o instrumento está instalado no maciço, não é possível recalibrá-lo periodicamente, o que pode ocasionar perda de precisão nas leituras.
- A instrumentação pode ser danificada, pode falhar ou começar a funcionar precariamente como envelhecimento, fornecendo resultados errados;
- Muitos relatos de acidente afirmam que o problema não foi detectado pela instrumentação e que o “alarme” foi dado pela observação visual;

2.5. Estabilidade De Barragem De Terra

Nesta situação, o talude crítico ocorre a montante, pois como processo de esvaziamento do reservatório passa a existir um novo regime de fluxo queiras e estabelecer no interior do maciço da barragem. A cunha de ruptura possui uma força de percolação que leva em conta as sub-pressões que atuam na sua superfície. Para esta situação devem ser realizados estudos em softwares computacionais, pois o efeito deste esvaziamento pode ser mais desastroso e de difícil remediação. A envoltória de resistência utilizada é a total.

Coeficiente de seguranças mínimos sugeridos para barragens de terra				
Caso	Condição de projecto	FS mínimo	Envoltoria de resistência	Observações
I	Final de construção	1,4	Q ou S	Talude de montante e de jusante
II	Rebaixamento do reservatório a partir do NA máximo	1,5	R,S	Talude de montante; envoltoria composta
III	Operação, com reservatório parcial	1,5	R,S	Talude de montante; envoltoria composta
IV	Operação, com reservatório no nível máximo	1,5	(R+S)/2 para R<S; S para R>S	Talude de montante; envoltoria media
V	Terramoto (casos I, III e IV) com carregamento sísmico	-	-	Talude de montante e de jusante

Fonte: (FACET – Sinop, 2016)

Q- Ensaio rápido

R – Adensado – rápido

S - Drenado

Quando a barragem já entrou em operação, considera-se que o fluxo de água já foi estabelecido. O talude crítico é o de jusante, sabendo que a montante o talude fica estável devido o força de percolação existentes.

O ensaio para se obter a envoltória de resistência é o de adensamento -rápido

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Olhando para aquilo que é a observação ou a visão dos três autores a respectiva a instrumentação da barragem de terra como um dispositivo de segurança é inevitável a existência de instrumentação pois independentemente do nível potencial do risco as barragens devem ser instrumentadas, porque é sabido que estas são construídas de matérias naturais e há pequenas percolações de água pela fundação e estas precisam de uma monitoria que só é possível controlar esta evolução através da instrumentação.

Especificamente, foram enfatizados os campos de aplicação de cada um destes instrumentos e a potencial localização dos mesmos, bem como as principais vantagens e equações usados para o processamento dos mesmos.

Portanto, conclui-se que o processo de monitoramento da estrutura pela auscultação da instrumentação de forma contínua e realizada correctamente, somado a uma equipe treinada e qualificada se tornam, directrizes vitais e indispensáveis para o barramento em barragens de terra.

Ressaltando que, para uma auscultação por instrumentação adequada das barragens é necessário um plano completo de monitoramento que abranja todas as fases da vida da barragem, bem como as actividades a serem realizadas, tais como o plano de análise e interpretação do comportamento da barragem com bases nos resultados da instrumentação e das inspecções visuais.

Através dos piezómetros, permitem estabelecer limites associados aos diversos graus de segurança da barragem. Com estas informações, o controle das condições de estabilidade do maciço pode ser feito com base em um simples acompanhamento da instrumentação.

Com isso, concluiu-se que fica evidenciado que um programa de monitoramento adequado, associado a um processo de análise, possibilitam um gerenciamento eficaz das condições de segurança de barragens.

4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

Ávarez, J.P. 1977, *Análise dos Resultados de Leituras Piezométricas, - Barragem de São Simão*. Usina Hidrelétrica de São Simão. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais.

Balbi, D.A.F.; Fusaro, T.C. e Magalhães, R.A. 2005. *Inspetor – Sistema Inteligente de Controle e Segurança de Barragens*. XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens, p. 230-248, Salvador, BA.

FERC, 2003, *Relatório de Inspeção da Barragem de Terra e Enrocamento*, Departamento de Estudos Usina Hidrelétrica de São Simão. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. 11128 – PG/EE – 121.

Cavalcanti, A.J.C.T.; Souza, R.J.B.; Rocha Filho, P. e Albuquerque Junior, F.S. 1994, *Utilização de Eletrônicos na Monitoração da Barragem de Xingó*. XXI Seminário Nacional de Grandes Barragens, p. 85-90, Rio de Janeiro, RJ.

CBGB. Palmeira, 1996, *Auscultação e Instrumentação de Barragens no Brasil*, Volume 1 e 2, Belo Horizonte, MG, II Simpósio Sobre Instrumentação de Barragens.

CEMIG 1977a. *Instrumentação nas Estruturas de Terra e Enrocamento – Relatório Final de Construção – Margem Direita*. Usina Hidrelétrica de São Simão. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. PG/PCSS-612.

CEMIG 1994, *Análise do Comportamento das Estruturas e Fundações da UHE de São Simão*. Usina Hidrelétrica de São Simão. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. 11128-GR/EC3-025.

Gonçalves, E.S.; Carvalho, C.J. e Carim, A.L.C. 1996. *Desempenho dos Medidores de Recalques Internos Instalados nas Barragens Mais Recentes da CEMIG*, pg. 43-52, Volume 2, Belo Horizonte, MG.

IESA, 1975, *Manual de Instrumentação de Barragens de Terra e Enrocamento – Volume 1*, CEMIG, SS-RC-088, Belo Horizonte, MG.

IESA 1980b. *Instrumentação das Estruturas de Terra e Enrocamento*, CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Relatório SS-RC-099.

Kuperman, S.C.; Moretti, M.R.; Re, G.; Pereira, P. N.; Santos, R.P. e Ferreira, W.V.F. 2005a. *Reavaliação da Instrumentação de Auscultação Instalada em Barragens da CESP*. XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens, p. 116-134, Salvador, BA.

LEME ENGENHARIA 1981, *Manual de Instrumentação. – Barragem de Terra e Enrocamento*. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais.

Lindquist, L.N. 1983. *Instrumentação Geotécnica: Tipos, Desempenhos, Confiabilidade, Eficiência da Qualidade e Quantidade*. Simpósio Sobre a Geotecnia da Bacia do Alto Paraná, p. 279 – 317, São Paulo, SP.

Ortigão, J.R. 1975. *Piezômetro Hidráulico Fabricados pelo I.P.R.. Anais do Simpósio Sobre Instrumentação de Campo em Engenharia de Solos e Fundações*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, p. 147-178, Volume 1, Rio de Janeiro, RJ.

Piasentini, C. 2005, *Considerações Sobre a Importância das Observações Visuais na Auscultação de Barragens*. XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens, p. 149-155, Salvador, BA.

PACHECO, G. L, 2002 (Org). *Seleção ambiental de barragens: análise de favorabilidades*. Santa Maria: UFSM, 390 p.

Rosso, J.A. e Piasentin, C. 1996. *Crerios Usados nos Projeto de Auscultação da Barragem de Itaipu e a sua Reavaliação com Base no Desempenho da Instrumentação*. CBGB - II Simpósio Sobre Instrumentação de Barragens, Volume 2, p. 33-42.