

UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**JOÃO PEDRO DE FARIA E SILVA
SAMUEL GARCIA BATISTELA**

**SEGURANÇA DE BARRAGENS: Uma avaliação de metodologia de gestão de riscos em
uma barragem de terra homogênea**

**CERES / GO
2019**

**JOÃO PEDRO DE FARIA E SILVA
SAMUEL GARCIA BATISTELA**

**SEGURANÇA DE BARRAGENS: Uma avaliação de metodologia de gestão de riscos em
uma barragem de terra homogênea**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: Me. PLÍNIO FERREIRA PIRES

**CERES / GO
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, JOÃO PEDRO FARIA; BATISTELA, SAMUEL GARCIA.

SEGURANÇA DE BARRAGENS: Uma avaliação de metodologia de gestão de riscos em uma barragem de terra homogênea. 2019, 22P, (UNIEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Barragem de terra

2. Analisar

3. Patologias

II. Segurança de Barragens: Uma avaliação de métodos

I. UniEvangélica

de Gestão de Risco em uma barragem homogênea.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, J. P. F.; BATISTELA, S. G. SEGURANÇA DE BARRAGENS: Uma avaliação de metodologia de gestão de riscos em uma barragem de terra homogênea. TCC, Publicação _____, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 22p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: JOÃO PEDRO FARIA SILVA; SAMUEL GARCIA BATISTELA
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
SEGURANÇA DE BARRAGENS: Uma avaliação de metodologia de gestão de riscos em uma barragem de terra homogênea

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

João Pedro de Faria

Rua 24 nº 165 – Apto C – Centro

76300-000 - Ceres/GO - Brasil

Samuel Garcia Batistela

Rua 02, Qd. 34, Lt. 10, s/n, Parque Alvorada

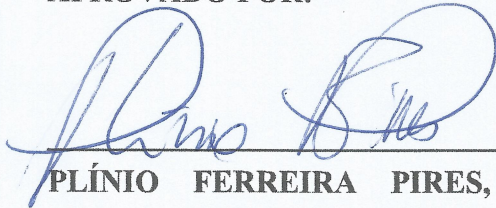
76680-000 – Itapuranga/GO - Brasil

**JOÃO PEDRO DE FARIA E SILVA
SAMUEL GARCIA BATISTELA**

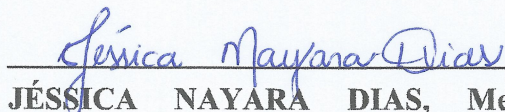
**SEGURANÇA DE BARRAGENS: Uma avaliação de metodologia de gestão de riscos em
uma barragem de terra homogênea**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

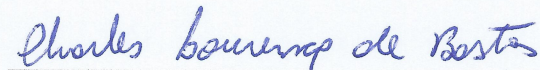
APROVADO POR:



**PLÍNIO FERREIRA PIRES, Mestre (Centro Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA – Campus Ceres)
(ORIENTADOR)**



**JÉSSICA NAYARA DIAS, Mestre (Centro Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA – Campus Ceres)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**CHARLES LOURENÇO DE BASTOS, Mestre (Centro Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA – Campus Ceres)**

CERES/GO, 11 de Dezembro de 2019.

SEGURANÇA DE BARRAGENS: Uma avaliação de metodologia de gestão de riscos em uma barragem de terra homogênea

João Pedro Faria e Silva¹
Samuel Garcia Batistela²
Plínio Ferreira Pires³

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi identificar as principais patologias que podem causar dano à barragem de terra, direcionando o estudo especificamente contra a ruptura de taludes, ajudar pequenos empreendedores a identificar problemas na barragem, analisar uma barragem e identificar possíveis danos a estrutura, avaliar as patologias através da Matriz GUT e avaliar a importância da fiscalização e o estado das fiscalizações no estado de Goiás, que acredita-se exista pouca, ou não exista. Os objetivos do estudo foram alcançados, visto que foram apresentados diversos aspectos de uma barragem detalhando como deve ser feita uma vistoria, utilizando o método da matriz GUT. A pesquisa foi apresentada ao Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA – Campus Ceres. Os resultados obtidos foram que sem as vistorias e a utilização de um método de gestão risco, podem ocasionar rompimentos de barragens no estado de Goiás que poderiam ser facilmente evitados, tendo como resultado perda de vidas, prejuízo financeiro e uma grande falta de conhecimento quanto a segurança desse tipo de barragens. Com os resultados das vistorias foi constatado que o objeto de estudo possivelmente terá sua estrutura rompido por galgamento. Tendo em vista que mesmo após toda a análise e resultados de risco de rompimento, o proprietário não se pôs interessado em solucionar os problemas.

Palavras-chave: Barragem de terra. Analisar. Patologias.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: joaopedro.faria@outlook.com;

² Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: samuelgb2010@hotmail.com;

³ Mestre, professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: plinio_pires@hotmail.com.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Componentes estruturais	6
2.2	Tipos de barragens de terra	7
2.3	Importância da fiscalização	8
2.4	Inspeção da barragem.....	10
<i>2.4.1</i>	<i>Tipos de Inspeção</i>	<i>10</i>
<i>2.4.2</i>	<i>Inspeção de Rotina</i>	<i>10</i>
<i>2.4.3</i>	<i>Inspeção Regular de Segurança.....</i>	<i>10</i>
<i>2.4.4</i>	<i>Inspeção especial</i>	<i>11</i>
2.5	MATRIZ GUT (Gravidade x Urgência x Tendência).....	11
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1	Técnicas utilizadas na inspeção.....	12
3.2	Materiais necessários para inspeção.....	12
3.3	Organização	13
3.4	Classificação da situação.....	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
4.1	Estudo de caso.....	14
<i>4.1.1</i>	<i>Realização da Inspeção.....</i>	<i>14</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Talude montante</i>	<i>15</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Crista/Topo da Barragem</i>	<i>16</i>
<i>4.1.4</i>	<i>Talude jusante</i>	<i>16</i>
<i>4.1.5</i>	<i>Vertedouros</i>	<i>17</i>
<i>4.1.6</i>	<i>Reservatório</i>	<i>18</i>
<i>4.1.7</i>	<i>Análise dos Resultados da Inspeção</i>	<i>18</i>
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
	REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo trata-se do tema segurança de barragens: uma metodologia de gestão de riscos. O interesse por esse tema surgiu com os recentes “acidentes”, se é que pode chamar imperícia, imprudência e negligência de acidente.

No dia 5 de novembro de 2015 acontecia o maior desastre ambiental do Brasil: o rompimento da barragem de rejeitos Fundão, localizada na cidade de Mariana, Minas Gerais. Pouco mais de três anos depois, surge uma nova tragédia tão preocupante quanto: o rompimento da barragem de rejeitos da Mina do Feijão, no município de Brumadinho, no mesmo estado. (POLITIZE, 2019).

Culturalmente o brasileiro só começa a se preocupar com problemas quando esses atingem escalas imensas, que foi exatamente o que aconteceu, morreram centenas de pessoas, além de que os impactos naturais são considerados irrecuperáveis.

Buscando criar uma atmosfera de proteção à população, foi desenvolvido um método para gerenciar e prevenir riscos, focado em pequenas barragens de terra que são as mais recorrentes na região de estudo do artigo, pois em sua maioria correspondem obras agrícolas de pequeno porte. Explicar sobre as estruturas, e riscos são de grande importância para o desenvolvimento de um método seguro e eficaz.

Faz-se necessário estudar o significado que o termo “barragem” possui, visto que será imprescindível para a compreensão do estudo.

Barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas. (CONFEA/CREA, 2019, p. 3).

Segundo Gomes, Teixeira (2017), construção de barragens de terra sem elaboração e aprovação de projeto, ausência de estudo e critérios técnicos básicos é muito comum. O provável resultado está na ocorrência de acidentes e incidentes, como a ruptura total do maciço, provocando prejuízos materiais, financeiros, socioambientais, entre outros.

Foram estudados os tipos de barragens de terra, onde foi apresentado o tipo do objeto de estudo demonstrado por fotos reais, além da importância da fiscalização. Foi mostrado como procedeu a inspeção detalhada da barragem de estudo, e quais considerações foram feitas a partir desta observação, assim sendo possível gerir e explicar os resultados obtidos utilizando a Matriz GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) para demonstrar os resultados.

O objetivo geral que foi proposto ao tratar do tema era identificar as principais patologias que pode causar dano à barragem de terra, direcionando o estudo especificamente contra a ruptura de taludes, ajudar pequenos empreendedores a identificar problemas na barragem, analisar uma barragem e identificar possíveis danos a estrutura, avaliar as patologias através da GUT e avaliar a importância da fiscalização e o estado das fiscalizações no estado de Goiás.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

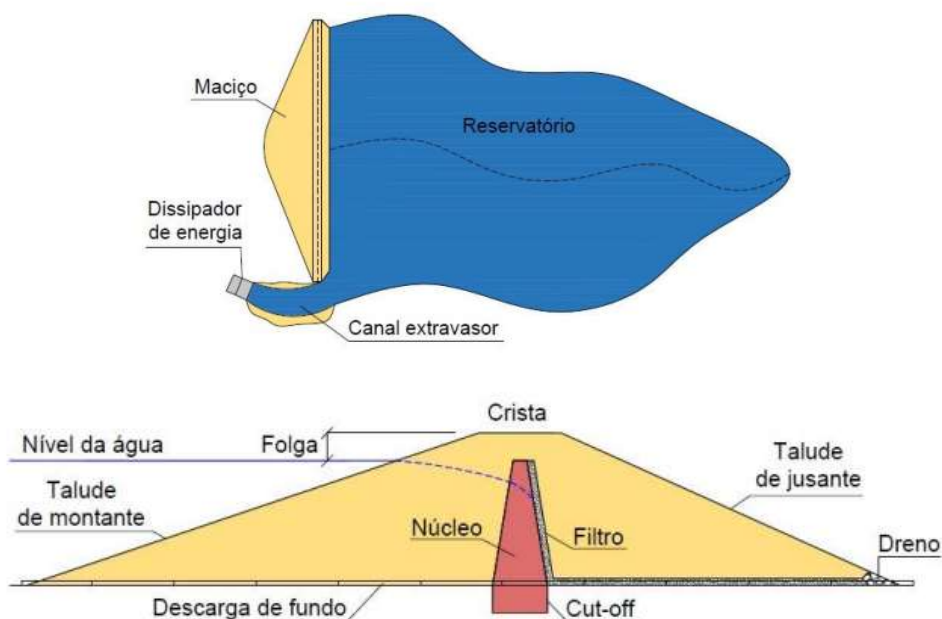
Está apresentada, inicialmente, uma breve revisão da literatura com o objetivo de contextualizar o assunto, compreendia entre os itens **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**. No item 4.6 é apresentado o resultado referente ao estudo de caso realizado na barragem de terra homogênea, localizada na Fazenda Alegria no município de Rialma-GO, as margens da BR-153.

2.1 Componentes estruturais

Entendendo o que é uma barragem e a importância do conhecimento científico, é necessário compreender os componentes estruturais de barragens. Uma barragem é dotada de várias partes e o conhecimento dessas foi de grande valia para o estudo.

Os componentes estruturais de uma barragem são: barramento, crista, borda livre, taludes de montante e jusante, ombreiras ou encontros, vertedouros e fundações. A segurança em barragens depende fundamentalmente do processo construtivo dos componentes, que devem ser executados de acordo com as normas e manuais (ANA, 2016). A Figura 1 demonstra os componentes aplicados à barragem.

Figura 1 – Componentes estruturais



Fonte: GOMES, TEIXEIRA (2017)

Para melhor compreender sobre cada componente estrutural, estão apresentados os principais de forma concisa e simples.

O barramento que é a parte principal, a estrutura de contenção, que pode ser composta de várias técnicas construtivas, como este artigo é sobre barragens de terra homogênea, a técnica estudada é a de taludes de terra. Essa estrutura é responsável por reter todo e qualquer insumo, seja ele rejeito ou água de uma barragem (MEIRELLES, 2012).

A **crista** é o cume de uma barragem, a largura deve ser determinada contando o tráfego sobre ela, mas nunca deve ser inferior a 3 metros. Já sua altura deve ser minimamente superior ao nível máximo de água somado a borda livre definida em projeto (PINHEIRO, 2019).

Borda livre é a diferença entre o nível da água e a crista, essa diferença é definida em projeto e é uma parte importante contra o transbordamento. Ela é uma segurança a mais, pois se o nível de água subir uma quantidade relativamente baixa, essa diferença é capaz de suportar esse acúmulo extra de água (MEIRELLES, 2012).

O talude de montante é o componente de barragem que tem contato direto com a água, necessitando assim de cuidados extras com a construção e manutenção. **O talude de jusante localizado** imediatamente ao lado oposto do de montante, no caso das barragens de terra eles são geralmente cobertos por gramas, para evitar deslizamentos (MEIRELLES, 2012).

Vertedouros são estruturas que controlam o nível do reservatório, é uma estrutura que permite o fluxo da água da montante para a jusante. Assim alivia a pressão interna da barragem,

diminuindo o nível de água evitando que haja sobrecarga, evitando que ocorra o rompimento do açude (MEIRELLES, 2012).

Fundação como em qualquer outro elemento construtivo dentro da engenharia civil é a parte de sustentação, no caso da barragem é onde ela se encontrará apoiada. Grande parte do estudo dos efeitos das forças deve ser focada para a estrutura de fundação, pois será o apoio para que a estrutura se mantenha de pé e resistente às forças das águas (MEIRELLES, 2012).

2.2 Tipos de barragens de terra

Segundo o Guia Prático de Pequenas Barragens publicado pela ANA (2016), pequenas são aquelas destinadas acumulação de água para quaisquer usos, possuindo altura inferior a 15m e um volume máximo de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$. Para FAO (2011, p. 5), a construção de pequenas barragens não deve ultrapassar de 5 m de altura, e volume máximo de 50.000 m^3 .

São diversos os tipos de materiais utilizados para construção de barragens, podem ser de terra, concreto, alvenaria, pedra ou mista. A escolha do tipo de material a ser utilizado para a construção de barragens depende das condições geotécnicas e geológicas do local (MEIRELLES, 2012, p. 12), assim como o material disponível e da disponibilidade de recursos. Barragens de terra possuem um método simples de construção, utilizam apenas de material natural, por vezes retirados das encostas, sendo construídas com equipamentos simples e de fácil acesso.

Apesar das principais vantagens serem envolvidas na fácil construção, de acordo com FAO (2011, p. 13) existem algumas desvantagens nas barragens de terra, estas são:

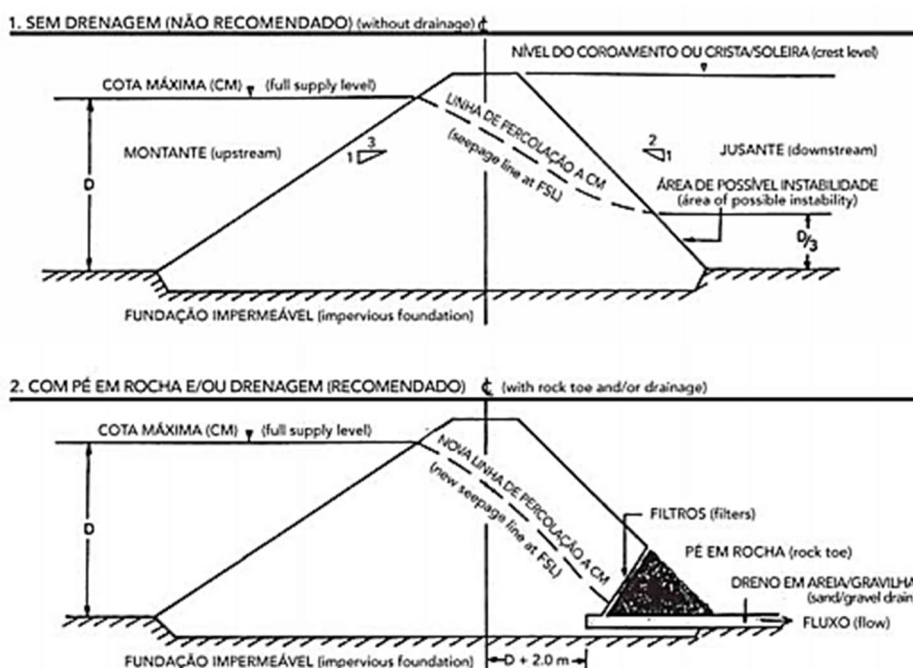
- Facilmente danificada pela passagem de água corrente (galgamento), ou batendo sobre ela (erosões no talude montante);
- Descarregadores/vertedouro também conhecido como sangradouro, são difíceis de projetar, se tornando a parte mais difícil na construção da barragem. Quaisquer locais com má qualidade de descarga (muito alta e/ou próxima do talude jusante) não deve ser utilizado;
- Problemas de infiltração e de integridade estrutural decorrentes da falta de uma compactação adequada;
- Requer manutenção contínua de forma evitar o crescimento de vegetações com raízes profundas, sedimentação, infiltração, erosão, e danos provocados por animais e insetos.

Por vezes, pequenas patologias são desconsideradas, pois não atribuem grandes riscos. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), muitas das anomalias detectadas são consideradas pequenas e sem importância, porém podem evoluir rápido tornando causa de acidentes.

Barragens de terra em específico são divididas em dois tipos: barragens de aterro homogêneo e zonadas. **Barragens de aterro homogêneo** são as mais antigas e populares, pois são construídas com um único tipo de material, geralmente adequadas para solos que permitem condições adequadas para construção e impermeabilização (MEIRELLES, 2012, p. 13).

Segundo FAO, (2011, p. 14) a ocorrência de percolação é bem comum e pode se tornar um problema devido à alta pressão exercida nos poros no interior do aterro, principalmente em reservatórios que trabalham em capacidade máxima (com borda livre menor que 1 m) ou com rápidas flutuações de nível de água podendo trazer instabilidade do maciço. A Figura 2 demonstra algumas soluções.

Figura 2 – Barragem de terra homogênea



Fonte: FAO (2011)

Por ser de fácil construção e baixo custo, as barragens de terra homogêneas são comumente construídas por pessoas sem nenhum nível técnico ou conhecimento sobre as etapas de construção, como no caso da barragem estudada, que foi construída pelos proprietários do terreno.

As **barragens de terra zoneadas** (Figura 1) são constituídas por mais de um material e possuem uma camada impermeável externa sobre a montante do talude, em alguns casos é feita utilização de lonas, porém não é recomendado que sejam utilizados materiais perecíveis, núcleo central impermeável constituído geralmente de material argiloso de boa compactação. Para maior permeabilidade o maciço é complementado com filtros de material de melhor permeabilidade, como areia, cascalho ou uma mistura desses materiais (MEIRELLES, 2012, p. 13).

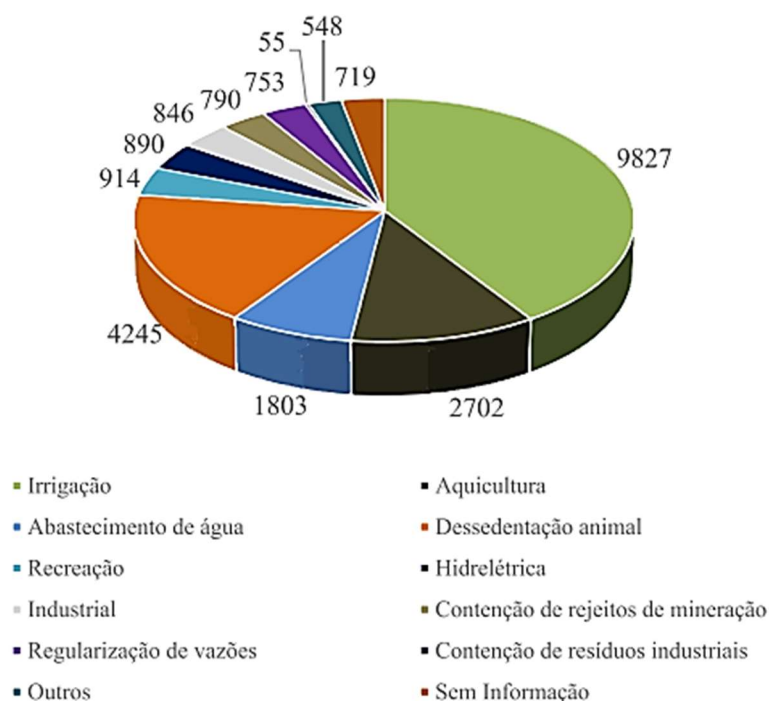
Devido ao maior nível técnico requerido juntamente com altos custos devidos a escavação, transporte de outros materiais, diferentes etapas de compactação e terraplanagem, não é o tipo de barragem mais utilizado (FAO, 2011, p. 66).

2.3 Importância da fiscalização

Por mais simples que sejam, pequenas barragens são importantes obras de engenharia cuja segurança deve ser gerenciada frequentemente ao longo de sua vida. Segundo Gomes, Teixeira (2017), por mais que a hipótese de ruptura de barragens seja de baixa probabilidade, devem ser tratados com seriedade. Vistorias frequentes devem ocorrer de forma a evitar danos ao meio ambiente, perdas econômicas e em alguns casos, potenciais perdas de vida.

No último Relatório de Segurança de Barragens (RSB) de 2017 publicado pela ANA, no Brasil estão registradas mais de 24.000 barragens, das quais 1.172 foram cadastradas entre 2016 e 2017.

Figura 3 – Principais tipos de barragens no Brasil



Fonte: RSB (ANA, 2017)

É possível notar que a maioria das barragens estão ligadas ao setor agrícola (9827), dessedentação animal (4245) e aquicultura (2702).

Os dados para a elaboração do RSB são coletados através de órgãos estaduais e federais fiscalizadores da segurança de barragens. “No Brasil, há 43 órgãos potencialmente fiscalizadores da segurança de barragens, em âmbito federal e estadual.” (ANA, 2017, p. 15). No estado de Goiás estes dados são obtidos pela Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos Infraestrutura, Cidade e Assuntos Metropolitanos do Estado de Goiás (SECIMA).

Segundo o SECIMA, Goiás tem 136 barragens cadastradas sendo apenas 11 de grande porte, é um número pequeno, pois segundo o RSB (ANA, 2017) muitos órgãos fiscalizadores interpretam que só devem enviar informações sobre barragens que se enquadram a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), ou seja, barragens com altura maior de 15m e volume maior que $3 \times 10^6 \text{ m}^3$. Porém dados publicados no site de notícias do Governo do estado de Goiás em 22/07/2019 havia 2.5 mil pedidos esperando licenciamento ambiental e filas de espera de até três anos.

A implementação da PNSB no Estado de Goiás está lenta e carece de mais empenho e dedicação no que se refere a recursos humanos e financeiros, no entanto entendemos que houve avanços significativos em relação ao ano de 2016, principalmente na evolução do cadastro, que conta hoje com 136 barragens, todas inseridas no SNISB, e na definição de 2 (dois) servidores, mesmo que de maneira compartilhada, para serem pontos focais da implementação da Política no Estado. (ANA, 2017, p. 50)

Este é um dado preocupante, pois ainda não se sabe o universo de barragens que devem ser fiscalizadas no estado de Goiás. Uma consequência disso é vista em forma de acidentes e incidentes ocorridos por todo estado. Um exemplo, foi o rompimento de duas barragens que causaram danos a GO-070, trecho entre as cidades de Itaberaí e Itauçu-GO em 2016.

Figura 4 – Danos causados pelo rompimento da barragem



Fonte: DEMA (2016)

Segundo a Delegacia Estadual de Repressão a Crimes contra o Meio Ambiente (DEMA) as barragens não possuíam licenciamento ambiental, os danos alcançaram um raio de 20 quilômetros e bloqueio da via por 45 dias para obras de reparo. Segundo a Agência Goiana de Transportes e Obras (AGETOP) o reparo do trecho gerou um custo de 2.7 milhões.

Outro evento que merece destaque foi o rompimento de uma barragem no ano de 2014 na zona rural de Uruana-GO, próximo do distrito de Uruíta, onde duas pessoas morreram afogadas dentro do carro que foi arrastado pelas águas (GLOBO, 2014).

2.4 Inspeção da barragem

Inspeções de barragens são fundamentais para gestão de sua segurança e funcionalidade. São atividades simples, devem ser realizadas com frequência e com método estabelecido. Segundo a ANA (2016) sempre que forem detectadas anomalias relevantes, deve ocorrer a manutenção corretiva.

De preferência as inspeções devem ser feitas por profissionais qualificados com treinamento adequado ou no mínimo agentes com conhecimentos básicos sobre funcionamento de barragens, porém com a falta de profissionais qualificados, e a ineficiência na fiscalização um dos objetivos, é ajudar a pequenos empreendedores sem conhecimentos básicos sobre barragens a fazer a simples inspeção.

2.4.1 Tipos de Inspeção

Inspeções visuais são essenciais para o controle de segurança de pequenas barragens. Para que sejam úteis, deverão ser realizadas de forma organizada e regular.

A ANA estabelece os seguintes tipos de inspeção, estes

2.4.2 Inspeção de Rotina

A frequência recomendada para esse tipo é mensal. Trata-se de uma atividade frequente e rápida, na qual analisa o aspecto geral da barragem ficando atento a qualquer alteração ao estado anterior. Detectar novas anomalias e suas respectivas evoluções. Esse método também deve ser realizado com atividade de manutenção preventiva, caso houver.

2.4.3 Inspeção Regular de Segurança

A frequência recomendada para esse tipo é semestral, é recomendado que fosse realizada uma inspeção no início da estação da seca e outra no início da estação das chuvas, para que ocorram situações distintas de níveis de água e condições da vegetação.

Esse tipo de inspeção requer um nível de detalhes superior, na qual requer uma descrição dos aspectos inspecionados, ou seja, medidas e classificação da anomalia de acordo com eventos históricos, e prioridade de intervenção, aspectos que serão analisados através da ferramenta GUT (Tópico 2.5).

2.4.4 Inspeção especial

Deve ocorrer sempre que ocorra um evento excepcional, especialmente com grandes cheias. Após grandes chuvas deve sempre fazer uma inspeção minuciosa das condições de funcionamento dos vertedouros, visando principalmente erosões. Geralmente pequenas barragens não possuem extravasor, em grandes cheias é comum ocorrer o transbordamento sobre as ombreiras e o topo da barragem, portanto verificar erosões nessas áreas é essencial para evitar o galgamento.

Lembrando que todos os componentes devem ser inspecionados, identificando quaisquer evoluções das manifestações anteriormente detectadas.

Logo após a inspeção e organização das manifestações encontradas, é feita a análise através da Matriz GUT.

2.5 MATRIZ GUT (Gravidade x Urgência x Tendência)

Criada por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe, em 1981 é uma ferramenta utilizada na solução de problemas. Define prioridades entre as alternativas de ação.

Considerando a gravidade, urgência e tendência do fenômeno, o objetivo é priorizar ações de forma racional, permitindo assim tomar a ação mais adequada.

- Gravidade: intensidade, consequências se nada for feito;
- Urgência: prazo para tomada de decisão, ou resultados indesejáveis se não atuar sobre o problema;
- Tendência: proporção futura do problema, caso não houver correções.

Segundo Sotille, PMP (2014) são realizados os seguintes tipos de análise:

Quadro 1 – G – Gravidade; U – Urgência; T – Tendência

GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
1 = Sem Gravidade	1 = Não há pressa (longuíssimo prazo)	1 = Não vai piorar
2 = Pouco Grave	2 = Podem aguardar (longo prazo)	2 = Vão piorar em longo prazo
3 = Grave	3 = O mais cedo possível (prazo médio)	3 = Vão piorar em médio prazo
4 = Muito Grave	4 = Com alguma urgência (curto prazo)	4 = Vão piorar em pouco tempo
5 = Extremamente Grave	5 = Imediatamente (ação imediata)	5 = Vão piorar rapidamente

Fonte: Adaptado de Sotille (2014)

Após a identificação e organização dos problemas na barragem é realizado um estudo histórico sobre os efeitos que cada patologia pode causar, e assim os dados serão analisados conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz GUT

Pontos	G	U	T	G×U×T
	Gravidade	Urgência	Tendência	
5	Extremamente Grave	Imediatamente	Vão piorar rapidamente	125
4	Muito Grave	Com alguma urgência	Vão piorar em pouco tempo	64
3	Grave	O mais cedo possível	Vão piorar em médio prazo	27
2	Pouco Grave	Podem aguardar	Vão piorar em longo prazo	8
1	Sem Gravidade	Não há pressa	Não vai piorar	1

Fonte: Adaptado de Sotille (2014)

Para a Matiz GUT possuir aplicabilidade o usuário deve dispor de uma lista organizada de atividades que devem ser realizadas e se essa lista é completa. Essa ferramenta perde seu potencial se o usuário não possuir uma ampla visão do que deve verificar.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta metodológica utilizada para a análise foi a identificação e avaliação das manifestações patológicas existentes nas barragens de terra homogênea, foi realizada seguindo os critérios estabelecidos pela ANA no volume VIII do Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens; Guia Prático de Pequenas Barragens (ANA, 2016), assim como métodos utilizados por Stephens no Manual Sobre Pequenas Barragens de Terra (FAO, 2011), além de projetos de pesquisa e artigos estudados durante o desenvolvimento desse artigo.

Para a avaliação das manifestações patológicas, foi utilizada uma ferramenta de priorização, a Matriz GUT (2.5), de forma a qualificar, e quantificar de maneira sucinta e racional as patologias encontradas na inspeção, permitindo tomar ações mais adequadas sobre quais patologias devem ser primeiramente contidas.

As inspeções se dividem em: rotina, regular de segurança e inspeção especial. Devem ser realizadas para descrever a situação de seus elementos, para que, caso sejam feitas outras avaliações, compará-los com as posteriores. Algumas situações mais comumente encontradas são demonstradas durante a avaliação do estudo de caso apresentado. É importante frisar que esses tipos de inspeções se referem à detecção visual das manifestações através de sinais de deterioração da barragem.

Para a avaliação da barragem foi utilizada a inspeção regular de segurança (2.4.3), avaliando todos os aspectos possíveis da barragem, onde foi feito um memorial fotográfico, com os problemas encontrados. Todo perímetro da barragem foi percorrido, com olhares atentos, apesar da grande quantidade de vegetação, foi possível fazer uma análise completa sem maiores problemas.

A análise foi executada já com a pré-elaboração em cima da Matriz GUT, onde já era sabido o que seria levado em conta. Sendo constatadas as patologias da barragem buscou-se chegar às possíveis causas do mesmo, através de fatores históricos, tentando entender as reais causas, e claro usando também os resultados colhidos na inspeção.

Para demonstrar essa metodologia de gestão de risco foi realizado um estudo de caso em uma barragem de terra homogênea, localizada na Fazenda Alegria no município de Rialma-Go, as margens da BR-153, utilizada para dessedentação animal e irrigação de lavouras.

3.1 Técnicas utilizadas na inspeção

O padrão de inspeção de uma barragem é caminhar sobre ela quantas vezes forem necessárias, analisando toda a superfície. Para o estudo de caso, foi utilizada a recomendação do Guia Prático de Pequenas Barragens (ANA, 2016), uma trajetória em zigue-zague por toda superfície da barragem, incluindo os taludes montantes (caso possível) e jusante.

Para identificar irregularidades no maciço, foi tomada uma distância de aproximadamente 30 metros a fim de visualizar a uniformidade de toda superfície visível, tentando identificar pequenos deslocamentos ou uniformidades em todos os elementos da barragem.

3.2 Materiais necessários para inspeção

Foram necessários alguns materiais para registro de medidas e fotográfico das patologias:

- Registros da inspeção anterior (caso houver);
- Caderneta e caneta ou celular com o **Quadro 1** – Organização das patologias de acordo com o trecho, ou uma planta esquemática para anotações;

- Máquina fotográfica ou celular;
- Uma régua pequena (em cm ou mm) para medição dos elementos da barragem, trincas ou pequenos deslocamentos, para servir de escala para fotos;
- Fita métrica de 20 ou 50 m.

3.3 Organização

Logo após a inspeção, as manifestações e anomalias encontradas podem ser organizadas de acordo com o Quadro 1:

Quadro 3 – Organização das patologias de acordo com o trecho

Talude montante	-Rachaduras ou trincas; -Altura da borda livre; -Deslizamentos; -Erosão; -Presença de árvores/arbustos; -Presença de tocas de animais/insetos etc.
Talude jusante	-Erosões; -Deslizamentos; -Rachaduras ou trincas; -Presença de árvores/arbustos; -Áreas molhadas; -Vazamentos; -Tráfego de animais domésticos etc.
Crista/Topo	-Rachaduras ou trincas; -Deslocamentos verticais; -Crista desalinhada; -Vegetação excessiva; -Presença de tocas de animais/insetos etc.
Vertedouro	-Erosão excessiva ou deslizamento de terra; -Vegetação excessiva; -Desvios, quedas, ou perfurações etc.
Reservatório	-Assoreamento; -Vegetação excessiva etc.

Fonte: Adaptado de ANA (2016) e TEIXEIRA; et al. (2017)

O conteúdo do quadro é apenas um exemplo, não apresenta todas as patologias que podem ser encontradas em uma barragem de terra, apenas as mais comuns. Alguns tipos de anomalias que podem ser encontradas e suas possíveis localizações foram apresentados junto ao estudo de caso, no Tópico 4.1.

É importante organizar de modo a ficar mais fácil a utilização da matriz GUT, pois é com ela que se define a gravidade de cada manifestação encontrada e qual a ordem de intervenção.

3.4 Classificação da situação

O produto final da Matriz $GUT = G \times U \times T$, é o que vai indicar a prioridade dos problemas a serem resolvidos. A ANA estabelece uma classificação de intervenção de acordo com estados de prioridade, que adaptado com a matriz GUT fica a seguinte classificação (Quadro 4).

Quadro 4 – Classificação da situação

Classificação	Situação	Resultado $G \times U \times T$
E	Alerta e de emergência; Implementação imediata de intervenção;	$125 = GUT < 64$
A	Situação de atenção; Pode ser implementada sem a necessidade de ações de emergência. Mobilização de um engenheiro ou técnico de barragens e ou meios exteriores;	$64 \leq GUT < 27$
1	Potencialmente grave, resolver no imediato, pode necessitar a intervenção de um engenheiro de barragens;	$27 \leq GUT < 8$
2	Sem gravidade, resolver assim que for possível, com meios existentes no local. Pode dispensar a intervenção do engenheiro de barragens.	$8 \leq GUT < 1$

Fonte: Adaptado de ANA (2016)

É através do nível de alerta que se define qual a ordem dos problemas a serem resolvidos, e com qual urgência deve ser feita a intervenção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo de caso

Segundo FAO, (2011, p. 79), todas as barragens devem ser inspecionadas ao menos uma vez ao ano, preferencialmente na estação da seca e logo antes da estação das chuvas, quando a maior parte da barragem e do reservatório podem ser vistos.

A seguir estão abordadas as patologias e manifestações encontradas na barragem inspecionada, assim como algumas manifestações patológicas comumente encontradas numa barragem de terra.

4.1.1 Realização da Inspeção

Figura 5 – Georreferenciamento da barragem



Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH (2019)

O tipo de inspeção utilizada foi a regular (Tópico 3.4.3), que engloba todos os aspectos a serem analisados.

Para uma melhor compreensão do barramento, é necessário coletar alguns dados:

- Nível do reservatório (m): 1 m;
- Borda livre (m): 1,5 m;
- Área de influência do barramento (m²): 8.924,27 m²;
- Área de lâmina d'água: 1.534.43 m²;
- Tempo no dia da inspeção (seco ou chuvoso): Seco;
- Estado do tempo nos dias anteriores: Chuvoso;
- Altura do aterro: 4,5 m;
- Largura: 4 m;
- Comprimento: 75 m.

Devido nunca ter sido feita uma inspeção, e já ser uma barragem bem antiga, o que é a maioria dos casos das pequenas barragens, foi realizada apenas inspeções do corpo da barragem, vertedouro e reservatório. Em casos que houver riscos de vida, como ocupações no vale a jusante, devem ser realizados todos os parâmetros prescritos pela ANA no Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens, e com a intervenção de um engenheiro de barragens.

4.1.2 Talude montante

Foi constatada a existência erosões devido à degradação do material e ao trânsito dos animais. Vegetação com raízes profundas no topo do talude e próximas às ombreiras da barragem. O excesso de vegetação pode criar caminhos preferenciais para água no interior do maciço.

Ao contrário do senso comum o crescimento de árvores no aterro/maciço não contribui com a estabilidade do aterro, principalmente a montante, pode ocorrer infiltração através de suas raízes que podem atravessar o aterro.

Figura 6 – (A) vegetação excessiva; (B) Erosão montante

(A)



(B)



Fonte: Autoria própria (2019)

Em caso de morte das árvores suas raízes se deterioram deixando vazios propiciando o escoamento livre dentro do maciço desestabilizando a estrutura ocasionando o seu rompimento. O mesmo ocorre com os insetos e animais, formigas e cupinzeiros devem ser contidos frequentemente. O barramento deve ser cercado de forma evitar que animais andem pelo aterro, evitando erosões a jusante e a montante e danos ao vertedouro.

4.1.3 *Crista/Topo da Barragem*

Foi identificada a existência de formigueiros, e tráfego de animais, além do excesso de vegetação que podem criar caminhos preferenciais, proporcionando a percolação de águas superficiais para dentro do maciço.

Figura 7 – Excesso de vegetação na crista



Fonte: Autoria própria (2019)

A quantidade de capim é tão alta que pela foto não é possível perceber que é um aterro. Na inspeção da crista, devem-se atentar as trincas longitudinais, afundamentos e deslocamentos que podem representar recalques na fundação ou indícios de futuras erosões das bordas do talude jusante e montante ou do adensamento do aterro (MEIRELLES, 2012). Nesse caso são necessárias visualizações frequentes, pois se houver aumento rápido de largura ou comprimento, medidas corretivas devem rapidamente ser feitas.

Lembrando que excesso de vegetação impossibilita uma verificação detalhada do aterro, portando serviços de roçagem devem ser frequentemente empregados.

4.1.4 *Talude jusante*

Foram identificadas áreas úmidas que podem indicar num futuro breve aparição de surgências devido à pressão excessiva na barragem, assim como moradas de animais e pequenas árvores. Não são problemas que se agravam com rapidez, porém com o tempo podem causar vazões excessivas e a instabilidade do maciço, por isso devem ser reparados com certa urgência.

Figura 8 – (A) acúmulo de vegetação na área úmida; (B) Toca de animal

(A)



(B)



Fonte: Autoria própria (2019)

Também foram identificadas erosões devido ao transbordamento da barragem, um problema grave que pode levar ao galgamento da barragem.

Figura 9 – Erosão no talude jusante



Fonte: Aatoria própria (2019)

4.1.5 Vertedouros

No vertedouro deve-se verificar seu estado no geral, a uniformidade do perfil de água, desvios, quedas, perfurações, no caso de vertedouros naturais verificar se ocorreu erosões excessivas, de modo a prejudicar o volume do reservatório. No caso da barragem de estudo, a quantidade de capim no vertedouro era tão alta que quase não possível identificá-lo, só foi possível devido à vegetação mais verde de suas bordas.

O vertedouro possui descarga longe da base do talude jusante, por ser fim da estação seca, não havia passagem de água, mesmo após a chuva do dia anterior, apesar da vegetação foi possível identificar uma boa integridade, sem quedas d'água ou desvios no perfil. Lembrando que se devem realizar inspeções sempre que ocorrer longas precipitações de chuva.

Figura 10 – Erosão no talude jusante



Fonte: Aatoria própria (2019)

Devido ao alto custo de construção e dimensionamento, os descarregadores/vertedouros, geralmente conhecido na região como “Ladrão” são naturais, ou seja, sem a construção de guias de concreto para água. Segundo Stephens, (2011, p. 66) geralmente vertedouros naturais normalmente é a melhor opção para barragens de terra, porém será necessário certo grau de escavação e compactação para obter a inclinação necessária.

Em casos de vertedouros dimensionados para uma determinada vazão é necessária fazer algumas análises hidrológicas considerando a bacia hidrográfica da barragem.

4.1.6 Reservatório

No reservatório deve-se analisar o assoreamento devido ao carreamento de terra pelas águas da chuva, altura da borda livre (1 m) e vegetações dentro do reservatório. O assoreamento além de causar redução no volume da água do reservatório, em casos de chuvas fortes e com longa duração junto com o acúmulo de vegetação podem causar o bloqueio do vertedouro, levando ao galgamento da barragem.

No caso da barragem de estudo, foi identificado o quase completo assoreamento da barragem, ao ponto de chegar apenas a 1 m de profundidade, além da vegetação propícia de terrenos alagados que tomou conta de toda área do reservatório.

Figura 11 – Reservatório



Fonte: Autoria própria (2019)

É possível perceber uma tentativa de limpeza do reservatório, isso é um fato curioso, pois os materiais retirados de dentro do reservatório foram depositados dentro da área de influência da barragem, e o material retirado próximo ao aterro, foi espalhado pela crista e talude jusante da barragem, em seguida foi adicionada uma camada de terra por cima desse material orgânico. Pode se dizer que foi um serviço perdido, pois o material depositado na área de influência vai ser carregado pelas águas da chuva de volta para o reservatório, e o que foi enterrado no aterro vai se deteriorar ocasionando na erosão dessa tentativa de reaterro.

4.1.7 Análise dos Resultados da Inspeção

Após a análise da barragem foram encontradas as seguintes manifestações:

Quadro 5 – Organização das patologias de acordo com o trecho

Talude montante	-Erosão superficial; -Presença de árvores/arbustos; -Presença de tocas de animais/insetos; -Tráfego de gado.
Talude jusante	-Erosão superficial devido ao galgamento; -Presença de árvores/arbustos; -Presença de tocas de animais/insetos; -Áreas molhadas; -Surgência.
Crista/Topo	-Vegetação excessiva; -Tráfego de gado; - Formigueiros e Cupinzeiros.
Vertedouro	-Vegetação excessiva;
Reservatório	-Assoreamento; -Vegetação excessiva.

Com as patologias e manifestações já identificadas; agora é feita a aplicação na Matriz GUT, onde foi atribuído pontos para cada tipo, analisando como podem evoluir, e os riscos que podem causar na estabilidade do maciço, de modo identificar quais problemas devem ser primeiros resolvidos e com qual urgência:

Quadro 6 – Análise dos dados a partir da Matriz GUT

Problemas	G	U	T	G×U×T	Prioridade
	Gravidade	Urgência	Tendência		
Talude Montante					
Erosão Superficial	3	2	2	12	1
Árvores/arbustos	3	1	2	6	2
Tocas de animais/insetos	3	3	3	27	1
Tráfego de gado	2	1	2	4	2
Talude Jusante					
Erosão superficial devido ao galgamento	4	3	4	48	A
Árvores/arbustos	3	1	2	6	2
Tocas de animais/insetos	3	3	3	27	1
Áreas molhadas	3	2	2	12	1
Surgência	4	4	4	64	A
Crista/Topo					
Vegetação excessiva	2	1	1	2	2
Tráfego de gado	2	1	2	4	2
Formigueiros e Cupinzeiros	3	2	3	18	1
Vertedouro					
Vegetação excessiva	4	3	5	60	A
Reservatório					
Assoreamento	1	1	2	2	2
Vegetação excessiva	2	3	2	12	1

Fonte: Autoria própria (2019)

As prioridades classificadas com A no Quadro 6 devem ser as primeiras a serem resolvidas, logo após as prioridades 1 e 2 respectivamente.

As prioridades se alteram de acordo com a estação do clima no período da inspeção. Um exemplo nesse estudo é o vertedouro, devido ser início da estação chuvosa, o excesso de vegetação pode obstruir a passagem de água, além de reter detritos que são jogados dentro do reservatório pelas águas das chuvas, ocorrendo o galgamento da barragem.

Das prioridades classificadas como A, a surgência é um aspecto comum nas barragens de terra, porém sem intervenções podem comprometer rapidamente a estabilidade do maciço, e em piores casos até mesmo o carregamento do material contido no interior do talude, isso é notado olhando a cor da água que sai pela infiltração, nesse caso já é uma classificação E, e deve ser contida imediatamente.

Dos problemas que receberam as classificações 1 e 2, apesar de alguns não causarem danos que comprometam a estabilidade da barragem, é bem comum a ocorrência de infiltrações causadas por formigueiros, graves erosões no talude jusante, montante e no vertedouro causados

por tráfego de animais. Como foi dito anteriormente, as menores patologias podem com o tempo se tornar grandes problemas.

É importante frisar que, a ANA fornece gratuitamente um guia com todas as patologias encontradas em barragens de terra e que contam com experiências e dados históricos. Para uma melhor compreensão e necessário tê-lo em mãos quando for feita a inspeção e identificação das patologias, o guia também apresenta os tipos de manutenções encontradas para cada tipo de patologia.

Em relação às vistorias, foram realizadas apenas duas vistorias, uma regular e outra especial logo após alguns dias de chuva, porém na segunda vistoria não foi notada nenhuma alteração do estado anterior da barragem. Por se tratar do início da estação das chuvas, as curvas de nível das lavouras que cercam a bacia hidrográfica da barragem ainda estão secas, contudo no final da estação chuvosa os solos estarão saturados, fazendo pouco efeito sobre as águas da chuva, assim causando um perigo maior à barragem, período no qual devem ser feitas mais inspeções.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se aprender primeiramente que é fundamental o conhecimento técnico para a construção e inspeção de barragens. Por esse motivo o presente trabalho aprofundou em diversos aspectos da importância deste conhecimento que foram sendo encontrados ao decorrer da pesquisa.

No estado de Goiás é comum a prática de construção de pequenas barragens em propriedades rurais sem elaboração e aprovação de um projeto para construção junto ao órgão competente, mesmo com leis exigindo essa documentação. Essa prática vem provocando rompimento de barragens, tendo como resultado perda de vidas, prejuízo financeiro e uma grande falta de conhecimento quanto a segurança desse tipo de barragens.

Na barragem visitada foi notado três problemas gravíssimos utilizando a matriz GUT, a surgência, erosão superficial devido ao galgamento e a vegetação excessiva. Esses problemas são considerados de alta gravidade pois podem levar ao rompimento da barragem seja em um curto período ou por um desgaste lento (ANA,2016). Tendo em vista que mesmo após toda a análise e resultados de risco de rompimento, o proprietário não se pôs interessado em solucionar os problemas.

Acredita-se que assim como esse barramento vários outros sofram com os mesmos problemas, segundo relatos de moradores próximos, é uma prática comum abandonar as represas sem uma vistoria periódica ou uma fiscalização, os proprietários podem estar correndo riscos e arriscando vidas de outras pessoas. Faz-se necessário um incentivo e uma conscientização da população e do governo quanto a manutenção e fiscalização dos reservatórios.

Segurança de barragens: uma metodologia de gestão de riscos ainda é um tema que merece ser debatido e estudado principalmente por engenheiros, para que o governo se sensibilizasse para os riscos de uma má fiscalização.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Guia Prático de Pequenas Barragens**. Brasília, 2016- (Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, 8).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Relatório de Segurança de Barragens 2017**. 6. ed. Brasília, 2017- (Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens, 8).

BRASIL. **Lei nº 12,334, de 20 de Setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

CARDIA. R. C.; KUPERMANN. S. Módulo II – Barragens: Aspectos Legais, Técnicos e Sócioambientais. **Unidade 1: Anomalias em Barragens**. Disponível em: https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/110/22/Unidade_1-modulo2.pdf. Acesso em: 16 nov. 2019.

CREA/CONFEA. **Fiscalização de Barragens - Nota Técnica 001/2019**. Disponível em: http://www.confea.org.br/sites/default/files/2019-05/cartilha_barragens_2.pdf. Acesso em: 16 nov. 2019.

DELEGACIA ESTADUAL DE REPRESSÃO A CRIMES CONTRA O MEIO AMBIENTE (DEMA). **Itaberaí: Dema conclui inquérito sobre rompimento de barragens**. Disponível em: <https://www.policiacivil.go.gov.br/noticias/dema-conclui-inquerito-sobre-rompimento-de-barragens-em-itaberai.html>: 16 nov. 2019.

FAO. **Manual sobre pequenas barragens de terra: guia para a localização, projeto e construção**. Roma: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. 2011. (Publicação da FAO sobre Rega e Drenagem, nº 64).

GOIÁS. Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos Infraestrutura, Cidade e Assuntos Metropolitanos - SECIMA. **Manual de Licenciamento Ambiental**. Núcleo de Licenciamento. Goiânia-GO, 2019.

GLOBO. **Barragem se rompe, água atinge carro e mata duas pessoas em Goiás**. Disponível em: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2014/03/barragem-se-rompe-agua-atinge-carro-e-mata-duas-pessoas-em-goias.html>. Acesso em: 16 nov. 2019.

GOVERNO DE GOIÁS. **Lançado cadastramento de barragens em Goiás**. (2014). Disponível em: <http://www.goias.gov.br/noticias/66049-lan%C3%A7ado-cadastramento-de-barragens-em-goias.html>. Acesso em: 16 nov. 2019.

GOMES. M. O.; TEIXEIRA. R. L. **Análise e Desenvolvimento de Projeto Construtivo de uma Pequena Barragem de Terra no Córrego da Cava – Morrinhos/Go, com foco na segurança**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG Campus Aparecida De Goiânia, Aparecida De Goiânia, 2017.

GOOGLE EARTH. **O globo terrestre mais detalhado do mundo**. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 16 nov. 2019.

MEIRELLES. F. S. C. Módulo I – Barragens: Aspectos Legais, Técnicos e Sócioambientais. **Unidade 9: Barragens de Terra e Enrocamento**. (2012). Disponível em:

https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/110/20/Unidade_9-modulo1.pdf.
Acesso em: 16 nov. 2019.

POLITIZE! Barragem de rejeitos e os casos Mariana e Brumadinho. Disponível em:
<https://www.politize.com.br/barragem-de-rejeitos/>. Acesso em: 16 nov. 2019.

PINHEIRO. I. Barragens na Engenharia: Tipos e Patologias. (2019). Disponível em:
<https://www.inovacivil.com.br/barragens/>. Acesso em: 16 nov. 2019.

SOTILLE. M. A.; PMP. A Ferramenta GUT – Gravidade, Urgência e Tendência. (2014).
Disponível em:
http://portaldaestrategia.infraestrutura.gov.br/images/Dicas_PMP__Matriz_GUT.pdf. Acesso
em: 16 nov. 2019.

TEIXEIRA, S. H. C.; DE SOUZA JÚNIOR, T.F.; PASQUAL, R.S.; Luz, C.C. Método exemplificado de inspeções de campo para avaliação de anomalias e manifestações patológicas em barragens de terra. 2º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (2º SPPC). Paraná, 2017.