



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016  
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Maysa Lira Barbosa

INSPEÇÕES ROTINEIRAS EM BARRAGENS, QUAL É A IMPORTÂNCIA DESTA  
MEDIDA? ESTUDO DE CASO: MANUEL ALVES NO MUNICÍPIO DE  
DIANOPÓLIS

Palmas – TO

2020

Maysa Lira Barbosa

INSPEÇÕES ROTINEIRAS EM BARRAGENS, QUAL É A IMPORTÂNCIA DESTA  
MEDIDA? ESTUDO DE CASO: MANUEL ALVES NO MUNICÍPIO DE DIANOPÓLIS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Michele Ribeiro Ramos.

Palmas – TO

2020

Maysa Lira Barbosa

INSPEÇÕES ROTINEIRAS EM BARRAGENS, QUAL É A IMPORTÂNCIA DESTA  
MEDIDA? ESTUDO DE CASO: MANUEL ALVES NO MUNICÍPIO DE DIANOPÓLIS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e  
apresentado como requisito parcial para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Michele Ribeiro Ramos.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Michele Ribeiro Ramos

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof.

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof.

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter proporcionado essa trajetória para realização desse curso, por ter me dado sabedoria nos momentos difíceis;

Aos meus pais, Valmira Barbosa de Lira e Luiz de Lira pelo financeiro e emocional, pela compreensão em momentos fervorosos, quando fui impaciente e agradeço imensamente por me incentivar diariamente para eu me tornar uma pessoa melhor.

Agradeço ao meu esposo Fabricio por tamanha paciência e estímulo para que eu viesse a concluir esse curso, agradeço aos cunhas, sobrinhos e irmãos, Joasira, Quezia, Dorgivan, Eloiza, Euglaudson e Maykom pois foram minhas inspirações no decorrer desses anos de muita luta.

Agradeço meu mentor de estágio Edgard, meus professores e colegas de faculdade, levarei para toda vida como verdadeiros amigos, Iara, Nielton e Leidy. Agradeço o apoio de minhas amigas Fabiula, Nyanne e Rayanne. Meu amor por essas pessoas citadas é incondicional

Agradeço a minha instituição Centro Universitário Luterano de Palmas por ter me dado a chance e todas as ferramentas que me permitiram chegar hoje ao final desse ciclo, minha orientadora Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Michele Ribeiro Ramos por todas as informações que foram necessárias para a realização do trabalho; e a todos que ajudaram e participaram direta e indiretamente na conclusão desse curso, meu muito OBRIGADA!

## EPÍGRAFE

“Mas, buscai primeiro o reino de Deus, e a sua justiça, e todas estas coisas vos serão acrescentadas”. Mateus 6: 33

## RESUMO

BARBOSA, Maysa Lira. **INSPEÇÕES ROTINEIRAS EM BARRAGENS, QUAL É A IMPORTANCIA DESSA MEDIDA? ESTUDO DE CASO: MANUEL ALVES NO MUNICÍPIO DE DIANOPOLIS- TOCANTINS**. 2020. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas - TO, 2020.

As barragens têm grande valia para a sociedade, geram energia e no caso da barragem Manuel Alves gira grande parte da economia do sudeste tocantinense exportando mais de 10 toneladas de frutas mensalmente, por isso as inspeções rotineiras são extremamente importantes nessa situação, elas permitem a barragem desempenhar seu papel com muito esmero. O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a importância das inspeções rotineiras na barragem Manuel Alves contestar sua falta de instabilidade devido à ausência dessas inspeções, avaliar o talude por completo, a crista e canaletas tendo como carro chefe o manual de preenchimento da ficha de inspeção de barragem, disponibilizada pelo **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA** foram realizadas oficialmente duas visitas técnicas com finalidade da avaliação dos itens do barramento, uma visita feita de maneira superficial e outra com conhecimentos literários apurados e com o responsável local presente, permitindo a análise acentuada com os materiais apropriados para coleta de dados. Foram verificado o barramento por inteiro e posteriormente fiz a vistoria de maneira fracionada, capturando imagens e identificando a metragem estimada. Através das análises de inspeção pode-se verificar diversas anomalias, mas nada que afetasse de maneira brusca a integridade do barramento a curto prazo, no trabalho propus medidas corretivas para sanar as não conformidades e foi proposto um workshop para apresentação de um relatório apresentando as imagens aos responsáveis.

Palavras-Chave: Segurança, Inspeções, Barragem, ANA, Manuel Alves.

## ABSTRACT

BARBOSA, Maysa Lira. ROUTINE INSPECTIONS IN DAMS, WHAT IS THE IMPORTANCE OF THIS MEASURE? CASE STUDY: MANUEL ALVES IN THE MUNICIPALITY OF DIANOPOLIS- TOCANTINS. 2020. 49 f. Course Conclusion Paper (Graduation) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas - TO, 2020.

The dams are of great value to society, they generate energy and in the case of the Manuel Alves dam, a large part of the economy of the southeast of Tocantins is exported, exporting more than 10 tons of fruit monthly, so routine inspections are extremely important in this situation, they allow the dam distribute your paper very carefully. The main objective of the present work is to evaluate the importance of routine inspections at the Manuel Alves dam, to contest its lack of instability due to the absence of these inspections, to evaluate the slope completely, the crest and channels as having the answer sheet filling manual as its flagship. of the dam, made available by the MINISTRY OF NATIONAL INTEGRATION SECRETARY OF WATER INFRASTRUCTURE, two technical visits were officially carried out with the evaluation of the items of the bus, one visit made in a manner and the other with accurate literary knowledge and with the present surface location, responsible for a sharp analysis with the necessary materials for data collection. The entire bus was checked and later I did a fractional survey, capturing images and identifying the estimated footage. Through the analysis analyzes it is possible to verify several anomalies, but nothing that would abruptly affect the integrity of the bus in the short term, no work proposed corrective measures to remedy as non-conformities and a workshop was proposed to present a report reported as images responsible.

Keywords: Safety, Inspections, Dam, ANA, Manuel Alves.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Foto panorâmica talude jusante.....	25
Figura 2 – Trecho da barragem de 0 a 160 m.....	29
Figura 3 – Trecho da barragem de 160 a 340 m.....	30
Figura 4: – Trecho da barragem de 340 a 520m.....	31
Figura 5: –Trecho da barragem de 520 ao fim .....	32
Figura 6: – Panorâmica talude jusante.....	34
Figura 7: – Crista. ....	35
Figura 8: – Perfil talude .....	47
Figura 9: – Usina Hidro Elétrica. ....	48

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA	Agência Nacional de Águas
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CGH	Centrais Geradoras Hidroelétricas
PCH	Pequenas Centrais Hidroelétricas
PAE	Plano de Ação Emergencial
UHE	Usina Hidrelétrica
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização e situação da anomalia. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>2</b>
Tabela 2 - Localização e situação da anomalia .....		22
Tabela 3 – Localização e situação da anomalia.....		22
Tabela 4 - Localização e situação da anomalia .....		23
Tabela 5 – Localização e situação da anomalia.....		23
Tabela 6 - Localização e situação da anomalia .....		23
Tabela 7 – Localização e situação da anomalia.....		24
Tabela 8 – Localização e situação da anomalia.....		24
Tabela 9 - Informações sobre as legendas adotadas .....		27
Tabela 10 – Localização e situação da anomalia.....		33
Tabela 11- Localização e situação da anomalia. ....		34

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.2 HIPÓTESES.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	12
<b>1.3.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
1.4 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 AVANÇO DOS ASPECTOS LEGAIS.....	14
2.3 LEGISLAÇÃO SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGEM.....	15
2.4 GERENCIAMENTO DE RISCOS DE BARRAGENS.....	18
2.5 INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGEM.....	20
<b>2.5.1 Tipos de inspeções.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.2 Fichas de inspeção de barragens.....</b>	<b>21</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	26
3.2 LOCAL DE PESQUISA.....	26
3.3 MATERIAIS.....	27
3.5 MÉTODO.....	27
<b>3.5.1 Verificar a situação de conservação da barragem.....</b>	<b>27</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 Analisar os relatórios originados de inspeções anteriores com o relatório proposto no presente trabalho.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Propor medidas corretivas.....</b>	<b>37</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As barragens são estruturas de contenção construídas para o armazenamento de líquidos ou misturas de líquidos e sólidos. De acordo PANIAGO (2018), esse tipo de estrutura vem acompanhando a humanidade desde a antiguidade, contribuindo para o desenvolvimento tanto da agricultura através da irrigação, quanto na geração da energia elétrica, no que também contribui para os avanços tecnológicos e melhoria na qualidade de vida humana.

Os primeiros açudes feito no Brasil foram feitos para armazenamento de água, no ano de 1877 e nos anos seguintes de início a construção das primeiras hidrelétricas no país. Atualmente 90 % da energia no Brasil são fornecidas por CGH (central geradora hidrelétrica), PCH (pequena central hidrelétrica) e UHES (usina hidrelétrica) alimentadas por contenção de água formadas por barragens. Entretanto, as barragens podem trazer grandes tragédias para a humanidade, como podemos exemplificar alguns acidentes ocorrido com esses tipos de obras, como rompimento da barragem de Camará no brejo Paraibano ocorrido em junho de 2004, causou cinco mortes e deixando mais de três mil desabrigados, a causa do acidente apontada foi a falta de manutenção por parte do governo paraibano. (OLIVEIRA, 2013)

Podemos citar também o desastre de Cataguases em 29 de março de 2003, onde foi constatada a omissão tanto de particulares quanto por parte dos órgãos públicos administrativos e judiciais. As consequências dessas omissões afetaram três estados e mais de 600 mil pessoas sem o fornecimento de água segundo. (GONÇALVES, 2015)

Devido os crescentes casos de rompimentos de barragens nas últimas décadas, foi sancionada no Brasil no ano de 2010 a lei n. 12.334/10 Política Nacional de Segurança de Barragens – PSNB. Essa lei delimita parâmetros de segurança que abrange todas as fases desde a criação do projeto até pós obra. É destacada também a classificação das barragens por categorias de riscos e por dano potencial associado; art. 6º e conforme o art. 7º os critérios utilizados para a classificação das barragens por dano potencial e volume estão baseados criteriosamente no Conselho Regional de Recursos Hídricos. (SALAZAR, 2020)

Para garantir as condições de segurança da barragem tem que haver um monitoramento específico onde se avalia e detecta alterações. Após o levantamento dessas informações será elaborado um Plano de contingência onde será definido as ações que devem ser tomadas caso contatado alguma alteração no nível de segurança da barragem. (MENESCAL, 2005)

A importância desse monitoramento, influi na avaliação de risco e conseqüentemente nas medidas protetivas de segurança evitando assim uma série resultados catastróficos, como

perda de geração, capacidade de abastecimento, impactos na fauna e flora, e perda da vida humana. (SALAZAR, 2020)

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O monitoramento das barragens ocorre através de uma rotina de inspeções e estudos técnicos de modo a obter as informações atualizadas do comportamento das estruturas, com isso as inspeções rotineiras são executadas por equipes treinadas, como parte cotidiana de suas atividades.

As leituras dos relatórios de instrumentação são realizadas na mesma periodicidade das inspeções rotineiras, porém analisadas por especialistas. Na ausência das inspeções, não é possível identificar avarias irregulares do barramento que afetam sua estabilidade. Contudo, se faz necessário entender se essas inspeções rotineiras são eficazes no sentido de prevenção de acidentes. Com base nisto, qual a importância de efetuar inspeções regulares em barragens, com a intenção de evitar desastres?

## 1.2 HIPÓTESES

Com a execução de inspeções rotineiras baseados nos protocolos da Agência Nacional da Água (ANA), a fim de verificar anomalias visíveis a olho nu é possível monitorar o estado de conservação da barragem, determinar as condições de segurança estrutural e operacional, e consequentemente evitar desastres como o rompimento dessas estruturas.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar o estado de conservação da barragem do Rio Manuel Alves no município de Dianópolis no Estado do Tocantins

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Verificar a situação de conservação da barragem.
- Comparar a inspeção a ser realizada com relatórios fornecidos dos anos anteriores
- Elaborar um relatório fotográfico mapeando anomalias
- Propor medidas corretivas

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas tivemos índices altos de acidentes envolvendo barragens em nosso país, no Rio Apertado no estado de Rondônia uma barragem de terra foi rompida devido as erosões no corpo de seu barramento, em 1960 no Ceará a barragem do tipo arco, seu maciço zoneado com argila areia e enrocamento rompeu antes mesmo de alcançar a cota de coroamento. E o mais recente de Brumadinho que foi o maior acidente de trabalho e ambiental do Brasil, onde teve 259 mortes e 11 desaparecidos, tragédia essa que afetou não somente a vida das famílias que nela foram diretamente ligadas. Diante desse cenário a fim de trazer um pouco de paz e segurança à população foi criada a Política Nacional de Segurança de Barragem (PNSB) conforme o art.3, o intuito de garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências. Na necessidade de mudar esse horizonte trazendo tranquilidade a todos que se encontram nessa situação de insegurança não somente em nosso país, mas em outros que compartilham da mesma situação.

O estudo de caso que será desenvolvida essa pesquisa temos uma barragem de terra homogênea com sistema interno de drenagem, comprimento de 1.470 metros, seu volume útil de 148.500.000 m<sup>3</sup> e área de contribuição relativa ao eixo de barramento 1.553 km<sup>2</sup>. Ela tem como seu principal foco o Projeto de Irrigação, que produz mais de 850 toneladas de frutas gerando empregos e girando a economia das cidades circunvizinhas ao Projeto de Irrigação Manuel Alves.

Para um possível rompimento segundo o Plano de Ação Emergencial (PAE) da Barragem Manuel Alves o município de Porto Alegre do Tocantins é a cidade que seria mais afetada (em vidas humanas), tendo assim um grande impacto ambiental e um desfalque significativo na economia do Sudeste tocantinense. Diante disso a comunidade de pouco mais de 3 mil habitantes vive em constante inquietação, pois populações inteiras podem perder suas famílias, casas, empregos.

O impacto ambiental concerne na destruição da fauna e flora e outros recursos naturais que abrange toda a área de influência da barragem, e finalmente os impactos de cunho econômico, fazendo o uso de inspeções rotineiras, de baixo custo quando diluídos em períodos maiores, representaria ganho econômico se fizer a prevenção, em detrimento de não realizar as vistorias e pagar um preço maior para recuperar todos os danos pós um rompimento

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 AVANÇO DOS ASPECTOS LEGAIS

No Século XX, o processo de formação da consciência ambiental se desenvolveu de forma ampla ao longo das décadas. O Código de Águas, publicado pelo Decreto nº. 24.643 de 10 de julho de 1934, foi um dos primeiros documentos que se tem referência, no Brasil, sobre a legislação dos recursos hídricos. A discussão da temática foi tão relevante a ponto de ser recepcionada pela Constituição de 1934. Pela primeira vez na história brasileira tratou-se da tutela dos recursos hídricos, em esfera constitucional, bem como das demais riquezas do subsolo, mineração, florestas, caça, pesca e sua exploração. (MARQUES, 2004)

Em 1988, a Carta Magna Brasileira torna a água um bem de domínio público podendo legislar sobre ela, a União, os Estados e o Distrito Federal. De forma subsequente, na década de 1990, a ECO-92, Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, trouxe um amadurecimento das políticas relativas aos recursos hídricos (ROMEIRO, 2000)

Em 8 de janeiro de 1997, pela Lei n. 9.433, é instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criado o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), tendo como um dos fundamentos básicos a gestão descentralizada e participativa. Em 17 de julho de 2000, pela Lei n. 9.984, é instituída a Agência Nacional de Águas (ANA) como autarquia, sob regime especial, detentora de autonomia administrativa e financeira. Passou-se, então, a utilizar o instrumento jurídico denominada outorga de direitos de uso das águas: um dos principais instrumentos de controle da PNRH (MARQUES, 2004).

A Dentre todas as abordagens legais, destaca-se a questão dos comitês de bacia hidrográfica, formados por imposição do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que se constituem em importantes fóruns de decisões acerca do que pode ser feito em cada bacia hidrográfica. Os Comitês de bacia “funcionam como um parlamento das águas da bacia”. (MITYE,2019)

A aplicabilidade dos referidos Comitês foi destacada, ainda por Mitye (2019), quando afirma que:

A questão de onde construir uma barragem de forma ambientalmente adequada insere-se no processo de discussão e elaboração do plano de bacia, pois, inevitavelmente, alterações ambientais de diferentes graus de intensidade ocorrem como consequência das obras e de sua entrada em operação. Por essa razão, essas obras devem ser inventariadas em bases sustentáveis dentro do indissociável espaço ambiental, sendo que a unidade básica de planejamento é a bacia hidrográfica.

Toda esta evolução, que consolida o arcabouço jurídico e institucional de referência para a gestão ambiental e para a gestão de Recursos Hídricos no Brasil, está apresentada, sinteticamente, por intermédio do Quadro 2.2.

**Quadro 2.2** - Evolução do regime jurídico sobre recursos hídricos (MARQUES, 2004)

Instituto Jurídico Federal	Data	Disposição
Decreto nº. 24.643	10/07/1934	Código de Águas - Preconiza concessão administrativa para o uso das águas.
Constituição	16/07/1934	Atribui a União à competência para legislar sobre riquezas do subsolo, mineração, águas, florestas, caça, pesca e sua exploração e, ainda, que o aproveitamento industrial das águas e a energia hidráulica dependiam de autorização ou concessão de órgão federal, ainda que pertencessem a particulares (Art. 16 e 143).
Constituição	10/11/1937	Mantém a competência da União atribuída na Constituição anterior, embora tenha permitido a delegação aos Estados (Art.17) para legislar sobre águas.
Constituição	18/09/1946	Excluiu a possibilidade dos Municípios serem detentores de domínio das águas (Art. 34) o qual ficou restrito à União e aos Estados, sem afetar o domínio de particulares. Reservou para a União, os lagos e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio ou que banhassem mais de um Estado, ou que fizessem fronteira com outro país ou se estendessem a território estrangeiro. Atribui à União competência para organizar a defesa permanente contra efeitos da seca, das endemias rurais e das inundações.
Constituição	05/10/1988	Destacou um capítulo inteiro sobre o meio Ambiente (art. 225) e tornou a água um bem de domínio público da União, dos Estados e do Distrito Federal. O Artigo 21 estabeleceu as competências da União no trato dos recursos hídricos, sobretudo o Inciso XIX, que determinou a Instituição do SNGRH e a definição de critérios de outorga de direitos de seu uso.
Lei n. 9.433	08/01/1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e regulamentou o Inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal.
Decreto n. 2.612	03/06/1998	Regulamentou, inicialmente, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
Lei n. 9.984	17/07/2000	Criou a Agência Nacional de Águas (ANA) e alterou o Art. 33 da Lei 9.433 apresentando uma nova composição para o SNGRH

### 2.3 LEGISLAÇÃO SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Entre os mais importantes órgãos que dedicam sua atenção ao assunto de segurança de barragens encontra-se o Bureau of Reclamation do Departamento do Interior do Governo dos Estados Unidos da América. Diante dos muitos incidentes listados e o aumento do número de novas barragens, a International Commission on Large Dams (ICOLD), organismo responsável pela política de desenvolvimento tecnológico sobre segurança da Engenharia de barragens determinou, no fim dos anos 70, investir vigorosamente em um Programa de Segurança de Barragens, em nível mundial. Esta colocação do meio técnico contribuiu,

categoricamente, para uma profunda revisão da legislação específica para segurança e inspeção de barragens em vários países. No Brasil, o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), é um dos órgãos que reúne capacitação para tratar desta abordagem (BUREAU, 1987).

De acordo Bureau of Reclamation (1987), na sua 1ª edição em na década de 60, até a 3ª, em 1987, espalha informações importantes acerca do assunto. A 2ª edição se sobressaiu, entre os empreendedores de barragens, por apresentar um ponderado “check-list” permeando a idealização, construção, operação e manutenção de barragens ao redor do mundo. Não se tem fatos de documento antecedente que proporcionasse esta temática. Afirma, todavia, que o propósito de um programa de segurança de barragem é conhecer os riscos potenciais e diminuí-los a níveis admissíveis.

Em caso específico das barragens de quaisquer portes, as práticas de segurança devem se aplicar a todos os tipos. Evidentemente, o grau de aplicação dessas práticas tem que ter julgamentos baseados no tamanho da barragem e do reservatório, assim como nos riscos que há para as pessoas. A segurança da barragem deve sanar as mais elevadas prioridades em todas as fases de seu desenvolvimento e uso, incluindo o planejamento, desenho, construção e operação, bem como, a manutenção. A Engenharia de não é uma ciência exata que possa abolir completamente o risco de acidentes, embora a meta de segurança seja diminuir as possibilidades das falhas. (AGOPYAN, 2019).

Apesar do Brasil não oferecer amplos registros de graves catástrofes súbitos de evolução aguda como: terremotos, furacões, erupções vulcânicas, tsunamis, dentre outros, sofre, de igual forma, com vendavais, chuvas de granizo, enxurradas, tornados, enchentes e inundações que geralmente acontecem em todas as regiões do país com periodicidade e características distintas, em cada região. (MARQUES, 2004)

Parece um acordo entre os enormes empreendedores, que hoje em dia os pequenos barramentos, muitas vezes desprovidos de técnicas atualizadas de construção civil e, principalmente de monitoramento contra rompimentos, se transformaram numa enorme ameaça.

Fontenelle (2007) afirma que:

Em geral, estas centenas de pequenas barragens, são denominadas vulgarmente pelo nome de “barreiros”, são construídas anualmente, sem projeto ou qualquer acompanhamento técnico, às vezes com a ajuda de equipamentos pertencentes às prefeituras, muitos deles sem a umidade e a compactação adequada do maciço (“parede”), os vertedouros ou “sangradouros” estão obstruídos por cercas de arame

e vegetação ou mesmo são de pequenas dimensões, arrombando por ocasião de chuvas de maior intensidade [...].

#### Segundo AVILA (2008):

Embora essas estruturas, pelas suas próprias características de pequeno porte, devam não representar riscos de grande intensidade em caso de acidentes, aspectos específicos como a ocupação não atinada de vales a jusante ou o efeito cascata de obras construídas em série no igual curso de água podem volver expressivo o potencial de risco de alguns desses empreendimentos.

O resultado cumulativo das obras de barragem deve ser estimado no todo, ou em outras palavras, quando em uma bacia, são construídas várias obras, sem o efeito cumulativo pode insinuar grandes choques sociais, ambientais e econômicos, por vezes até maiores que os decorrentes de uma só obra de grande porte. Para o licenciamento ambiental de uma barragem deve ser analisado o seu impacto por toda a bacia hidrográfica considerando-se os empreendimentos que lá existam ou que estão sendo delineados para o corpo d'água em questão (SILVEIRA, 2006).

Por causa aos registros de casos adversos que originaram impactos sobre o meio ambiente e suas relações entende-se que a sociedade ficará cada vez mais exigente em metas públicas de fiscalização, em obras de barramento (FONTENELE, 2007).

Um informativo do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens (CBGB), no ano de 1994, alertava aos interessados sobre a relação vivente entre os acidentes verificados em barragens e os critérios de segurança estabelecidos. O expediente preceituava a necessidade de uma ligeira regulamentação do assunto, através da criação de um Programa Nacional de Segurança de Barragens (ZUFFO, 2005).

Em 2003, o Governo Federal criou um grupo de trabalho sobre Segurança de Barragens, dentro da Câmara Técnica de análise de projetos do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, com alvo de avaliar o Projeto de Lei nº. 1.181 - Legislação que propõe situar a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB pela CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2003. Este grupo foi formado por técnicos da Agência Nacional de Águas, do Ministério da Integração Nacional, do Ministério de Minas e Energia, do Comitê Brasileiro de Barragens, das Empresas geradoras de energia, do Ministério do Meio Ambiente, da Defesa Civil, do Exército e por representantes da Sociedade Civil (Comitês de Bacias). O grupo elaborou um documento que foi aprovado pela CNRH e encaminhado ao Congresso na forma de Substitutivo de Projeto de Lei.

Os fatores de segurança devem ser contemplados, como dito, desde a fase de planejamento de uma barragem e devem ser considerar, de forma holística, a seleção do local

e o tipo de barragem, sobretudo, para evitar prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Geralmente são avaliados vários tipos de barragem antes que possa ser aprovado o projeto mais econômico e adequado. A escolha inadequada do local e do tipo do barramento pode comprometer todo e qualquer investimento, seja ele no campo social ou econômico – variáveis que devem ser consideradas no trato da questão (BUREAU, 1987). Uma equipe multidisciplinar deve se posicionar em relação a estes parâmetros (seleção e tipo), isto considerando que a barragem será mesmo necessária. Engenheiros, com experiência em Hidráulica, em Recursos Hídricos e em Estruturas são fundamentais, assim como geotécnicos, geólogos, dentre outros incluindo-se os profissionais dedicados às ações de Educação Ambiental (OLIVEIRA, 2007).

Considerações diversas devem ser exploradas antes da escolha final do tipo de barragem: proteção contra transbordamentos, topografia, desvio de cursos d'água, disponibilidade de mão-de-obra e equipamentos, acesso e falhas físicas do local, geologia da fundação e materiais disponíveis para a construção. Evidentemente, o custo monetário para a construção será uma das premissas para aprovação deste ou daquele tipo de barragem e local, mas isto não pode ser a única ou a primeira premissa.

Schall; Lowrey (1993) exemplificam a importância do planejamento para que seja evitado o estabelecimento de escolas a jusante de represas (FRANCO, 2008). Com base em um estudo de caso que envolve o Reservatório de Perris, na Califórnia. A inundação da represa é avaliada e os resultados são utilizados para ilustrar como este fator de risco pode ser útil na construção de cenários prospectivos para o planejamento de áreas de risco. De forma análoga, poder-se-ia estender o raciocínio de análise de risco para a localização de órgãos públicos, cinemas, teatros e outras áreas de concentração de pessoas. Um fator de risco que, sempre, deve ser considerado é a possibilidade de falhas em barragens que poderia provocar a inundação destas áreas localizadas a jusante. Havendo uma falha na estrutura do barramento, o dano e a destruição seriam, potencialmente, grandes. (OLIVEIRA, 2007).

## 2.4 GERENCIAMENTO DE RISCOS DE BARRAGENS

Faz-se mister que por força cada vez mais crescente da sociedade, do estabelecimento de legislações e normas, as barragens operem com o maior nível de segurança possível, ou seja, com um mínimo de risco aceitável pela sociedade. Sabe-se que não se pode eliminar totalmente o risco (FONTENELE, 2007) e reforçando este conceito (OLIVEIRA, 2007). alega que:

[...] riscos existem, em todas as obras, projetos e atividades de engenharia. A abordagem determinística tem procurado, de forma indireta, minimizá-los ou afastá-los, numa ilusória e, por vezes, onerosa tentativa de eliminá-los totalmente. Na abordagem determinística, o uso de padrões e coeficientes de segurança tem sido, certamente, a maneira mais tradicional e mais "segura" de fazê-lo; segura, no ponto de vista da responsabilidade profissional e civil do executor. Quanto aos usuários e público em geral, são induzidos a pensar que estão absolutamente protegidos pela exatidão dos cálculos, pela competência dos engenheiros e pela qualidade das especificações técnicas.

A avaliação do risco deve ser um processo rotineiro que vise (SILVEIRA, 2007):

- a) Identificar os riscos em potencial e os modos de ruptura;
- b) Proceder a uma estimativa estatística de risco;
- c) Avaliar a tolerabilidade de risco;
- d) Avaliar o potencial de redução de risco, através de medidas corretivas eventualmente necessárias;
- e) Estabelecer uma estratégia de atenuação de risco.

Não existe, ainda, no Brasil, uma cultura nacional voltada à gestão pró-ativa que dedique atenção a programas de prevenção e preparação para acidentes. É o denominado “fenômeno da indiferença – a inércia”, citado pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (2002) como sendo o descaso das autoridades e da sociedade, em geral, para a importância do assunto.

Com relação a estimativa de perdas de vidas, segundo Bureau (1999) qualquer acidente com barragem induz ao entendimento de que as perdas serão altas e proporcional ao número de pessoas ocupando a área de inundação; à existência de sistemas de alerta disponibilizados às pessoas expostas ao perigo de inundação e; à magnitude da onda de cheia causada pelo rompimento da estrutura.

Bureau (1999) sugere, ainda, como procedimento para esta estimativa, a adoção de sete estágios, a saber:

- a) Determinar os vários cenários de ruptura para análise do risco provável;
- b) Determinar as categorias de tempo para as quais a estimativa de perdas de vidas é necessária;
- c) Determinar quando devem ser iniciados os sistemas de alerta da barragem;

- d) Determinar a área de inundação para cada cenário;
- e) Estimar o número de pessoas em risco para cada cenário de ruptura e categorias de tempo;
- f) Aplicar equações empíricas para estimar o número de fatalidades;
- g) Avaliar as incertezas.

Bureau of Reclamation (2003) e Fontenelle (2007) apresentam metodologias simplificadas de avaliação de risco que podem ser categorizados como elevado, quando podem ser afetadas muitas vidas humanas e custos materiais muito elevados; risco significativo, quando podem ser afetadas algumas vidas humanas e custos materiais elevados e; risco baixo, quando apenas estão em causa custos materiais não muito elevados.

A avaliação de risco permite, em regras gerais (FONTENELLE, 2007):

- Avaliar a importância relativa de perigos, para subsidiar decisões acerca da melhoria da segurança da sociedade;
- Comparar os riscos associados a obras de barragens a partir da formação de base de dados consistente;
- Priorizar melhorias na segurança das barragens;
- Agilizar o acionamento dos órgãos de resposta aos desastres.

## 2.5 INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

### 2.5.1 Tipos de inspeções

As inspeções de segurança são realizadas a fim de verificar se uma barragem atende os requisitos de um bom desempenho em aspectos estruturais, ambientais, econômicos e sociais. São procedimentos que devem fazer análises quanto a aspectos hidráulicos, hidrológicos, estabilidade estrutural e adequabilidade operacional. (Ministério da Integração, 2010).

Ainda, de acordo com o volume II do Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens da ANA, as inspeções de segurança têm a finalidade de identificar e monitorar anomalias que possam trazer perigo ou risco de rompimento a uma estrutura de barragem, permitindo antecipar ações e planos de mitigação de possíveis danos. Elas devem ser realizadas por equipe composta de profissionais treinados e capacitados e deverá abranger todas as estruturas de barramento do empreendimento

**Inspeção de Segurança Regular:** As inspeções de segurança regulares são aquelas que devem ser realizadas regularmente pelo empreendedor com periodicidade a depender da categoria de risco e do dano potencial associado à estrutura, conforme mostrado no Quadro 6. Essas inspeções visam identificar anomalias e perigos potenciais à barragem. (ANA, 2016)

**Inspeção de Segurança Especial:** são aquelas que devem ser realizadas após eventos excepcionais, como rupturas de barragens a montante, quedas de taludes no reservatório, sismos ou cheias com período de retorno maior do que os previstos em projeto, secas, dentre outros. Esse tipo de inspeção também é de responsabilidade do empreendedor realizada com uma equipe de especialistas multidisciplinar, sob orientação de uma entidade fiscalizadora. (ANA, 2016)

A Lei nº 12.334/2010 estabelece o Plano de Ação de Emergência como um dos instrumentos da PNSB. Trata-se de um documento formal elaborado pelo empreendedor da barragem, no qual deve ser explanado as ações e atividades a serem executadas em casos emergenciais. O órgão fiscalizador determina de acordo com a categoria de risco e o dano potencial da barragem a elaboração do PAE, sendo obrigatório para barragens com dano potencial alto, conforme o art. 11 da Lei.

O PAE deverá contemplar, pelo menos:

- I. identificação e análise das possíveis emergências;
- II. procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;
- III. procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em emergências, com indicação do responsável pela ação; e
- IV. estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em emergência (Art. 12 da Lei 12.334/2010).

### **2.5.2 Fichas de inspeção de barragens**

As anomalias presentes em uma inspeção de segurança de uma barragem são identificadas e avaliadas através de fichas de inspeções, fornecidas no portal da ANA – adaptada do Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção do Ministério da Integração (2002) e baseado no Manual (FEMA, 1987) da Federal Emergency Management Agency (FEMA) dos Estados Unidos.

São dois os modelos de fichas de inspeção de segurança fornecidos: para barragem de terra e para barragem de concreto. Em cada modelo são identificados os elementos das

barragens e os itens das principais e possíveis anomalias que podem vir a acontecer naquelas estruturas. Para a avaliação das anomalias são adotados os critérios de Situação, Magnitude e Nível de Perigo.

A primeira parte dos critérios avaliados da tabela diz respeito a situação daquela anomalia inspecionada. São oito situações, quatro classificações de magnitude e quatro níveis de perigo que podem ser consideradas para cada item:

- Situação:

NA – Este item Não é Aplicável: quando não se pode avaliar o item na barragem;

NE – Anomalia Não Existente: quando a barragem não apresenta a anomalia do item;

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: quando se é verificado na visita pela primeira vez a anomalia na barragem;

DS – Anomalia Desapareceu: quando a anomalia desaparece em visitas posteriores;

DI – Anomalia Diminuiu: quando a anomalia identificada em visita prévia diminuiu;

PC – Anomalia Permaneceu Constante: quando a anomalia permanece no estado verificado em visitas anteriores;

AU – Anomalia Aumentou: quando a anomalia aumenta em relação a avaliação anterior;

NI – Este item Não foi Inspeccionado: quando o item não é inspecionado, devendo-se justificar.

- Magnitude:

I – Insignificante: anomalia que pode ser mantida sob observação da Administração Local;

P – Pequena: quando a anomalia pode ser resolvida pela Administração Local;

M – Média: quando a anomalia pode ser resolvida pela Administração Local apenas com o apoio da Administração Regional;

G – Grande: quando a anomalia pode ser resolvida apenas pela Administração Regional com o apoio da Administração Central.

- Nível de Perigo:

0 – Nenhum: quando não compromete a segurança da barragem (má conservação, descaso)

1 – Atenção: não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser monitorada

2 – Alerta: quando traz riscos a segurança da barragem;

3 – Emergência: quando traz riscos de ruptura iminente da barragem

Fichas de inspeção de barragem de terra de alguns dos seus principais elementos.

Tabela 1 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>B.</b>	<b>BARRAGEM</b>													
<b>B.1</b>	<b>TALUDE DE MONTANTE</b>													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rip-Rap incompleto, destruído ou deslocado.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Tabela 2 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>B.3</b>	<b>TALUDE DE JUSANTE</b>													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Tabela 3 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>B.4</b>	<b>REGIÃO À JUSANTE DA BARRAGEM</b>													
1	Construções irregulares próximas ao rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Fuga d'água	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Erosão nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Árvores e arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Tabela 4 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>B.5</b>	<b>INSTRUMENTAÇÃO</b>													
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de registro de leituras da instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Tabela 5 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>C.</b>	<b>SANGRADOURO/VERTEDOURO</b>													
<b>C.1</b>	<b>CANAIS DE APROXIMAÇÃO E RESTITUIÇÃO</b>													
1	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Desalinhamento dos taludes e muros laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Erosão na área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Construções irregulares (aterro, casa, cerca )	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Tabela 6 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>C.5</b>	<b>COMPORTAS DO VERTEDOURO</b>													
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Estrutura (corrosão, amassamento e falha na pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Defeito das rodas (comporta vagão)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeito no ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Tabela 7– Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>E.3</b>	<b>COMPORTAS</b>													
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Estrutura (corrosão, amassamento e falha na pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Defeito das rodas (comporta vagão)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeito no ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Tabela 8– Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
<b>I.</b>	<b>MEDIDOR DE VAZÃO</b>													
1	Ausência da placa medidora de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Corrosão da placa	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falta de escala de leitura de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Assoreamento da câmara de medição	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Erosão à jusante do medidor	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa cultiva buscar e produzir relatos do estado atual do barramento gerando assim conteúdo confiável para acesso de toda comunidade interessada no assunto da importância das inspeções de barragens seguindo as recomendações da Agência Nacional de Águas (ANA). A primeira parte do projeto está constituída numa pesquisa bibliográfica embasada em livros e artigos científicos e a segunda será uma visita em campo, aplicando os conceitos da primeira fase.

#### 3.2 LOCAL DE PESQUISA

Foram realizadas conforme o cronograma desse trabalho com o passo a passo para realização das inspeções em campo na Barragem Manuel Alves no município de Dianópolis – TO, região sudeste do Tocantins à 330 Km da capital, Palmas - TO entre agosto/2020 e outubro/2020. Foi avaliado e inspecionado os elementos da barragem de acordo a Resolução ANA n° 236/2017 e o manual de preenchimento da ficha de inspeção de segurança regular.

Figura 1: foto panorâmica talude jusante



Fonte: internet

### 3.3 MATERIAIS

Na inspeção foram utilizados os seguintes materiais:

- Fita métrica
- Prancheta
- EPI's (capacete, blusa manga comprida, protetor solar etc.)
- Caneta

### 3.5 MÉTODO

Neste tópico ficam descritos cada etapa para chegar ao resultado pretendido, definindo métodos e abordando as normas regulamentadoras para sair resultados válidos. Não há uma NBR específica para avaliação de barragens e sim uma Lei nº 12.334/2010 que tem como sua finalidade garantir a observância de padrões de segurança de barragens amenizando a possibilidade de acidentes e suas consequências e deixando a Agência Nacional das Águas (ANA), responsável pela fiscalização e o monitoramento, responsabilizando os proprietários de barragens pela manutenção de seus reservatórios.

#### **3.5.1 Verificar a situação de conservação da barragem**

Todo esse processo seguirá a metodologia do Manual De Preenchimento Da Ficha De Inspeção De Barragem 2ª Edição, disponibilizada pelo Ministério Da Integração Nacional Secretaria De Infraestrutura Hídrica com o devido preenchimento das tabelas anexadas no manual, a forma de apresentação foi dada pelo registro fotográfico em seguida o preenchimento da tabela com as devidas anomalias diagnosticadas para cada trecho do barramento. Para melhor entendimento o comprimento total do barramento foi fracionado, detalhado e preenchido de acordo o manual de inspeção de barragem na tabela no final de cada item da barragem.

Para apresentar esses problemas, as estruturas precisam passar por manutenções. Com o intuito de reduzir os desastres ocorrido nos últimos anos, foi criada a Lei nº 12.334/2010 com fins de garantir os padrões de segurança de barragens e reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências. Segundo o Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens (2016), anomalia do barramento se define em qualquer deficiência/irregularidade, anormalidade ou deformação que venha a prejudicar de longo a curto prazo a segurança.

Na ficha de inspeção é adotado o seguinte sistema de legendas:

Tabela 9 – Informações sobre as legendas adotadas

<b>SITUAÇÃO:</b>	<b>MAGNITUDE:</b>	<b>NÍVEL DE PERIGO: (NP)</b>
<b>NA</b> – Este item Não é Aplicável	<b>I</b> - Insignificante	<b>0</b> - Nenhum
<b>NE</b> – Anomalia Não Existente	<b>P</b> - Pequena	<b>1</b> - Atenção
<b>PV</b> – Anomalia constatada pela Primeira Vez	<b>M</b> - Média	<b>2</b> - Alerta
<b>DS</b> – Anomalia Desapareceu	<b>G</b> - Grande	<b>3</b> - Emergência
<b>DI</b> – Anomalia Diminuiu		
<b>PC</b> – Anomalia Permaneceu Constante		
<b>AU</b> – Anomalia Aumentou		
<b>NI</b> – Este item Não foi Inspeccionado (Justificar)		

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

**NA** - Este item Não é Aplicável: O item a ser analisado não é pertinente à barragem que esteja sendo inspeccionada.

**NE** - Anomalia Não Existente: Quando não existe anomalia no item analisado, ou seja, a barragem não apresenta falha ou defeito e não foge às normas.

**PV** - Anomalia constatada pela Primeira Vez: Anomalia constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores, esse item também será utilizado para qualquer anomalia constatada.

As demais anomalias (**DS**, **DI**, **PC**, **AU**, **NI**) não serão utilizadas, pois só serão analisadas as condições atuais do barramento.

Para **MAGNITUDE** onde for diagnosticado **NE** ou **PV** a anomalia:

**I** – Insignificante: pode simplesmente ser mantida sob observação pela administração local.

**P** – Pequena: pode ser resolvida pela administração local.

**M** – Média: pode ser resolvida pela Administração Local com apoio da Administração Regional.

**NÍVEL DE PERIGO:** Nível de perigo causado pela anomalia e indicar a rapidez para anomalia ser corrigida.

**0** – Nenhum: Não compromete a segurança, mas entende-se como descaso e má conservação.

**1** – Atenção: Não compromete a segurança a curto prazo, deve ser controlada e monitorada.

**2** – Alerta: Risco a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.

**3** – Emergência: Risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As inspeções realizadas permitem-se afirmar que, a barragem se encontra estável, as equipes são bem instruídas e treinadas. Na primeira visita apenas observamos o local, identificamos se havia animais circulando, verificamos as cercas e o acesso é bem restrito e monitorado, foi apresentado as edificações do setor de administração e previamente marcado a segunda etapa de visitação.

Na segunda visita tinham pontos estaqueados no barramento, provavelmente demarcando os possíveis locais para plantação da camada de proteção vegetal, as placas e os cupinzeiros seguiam conforme a primeira visita, ou seja, sem manutenção.

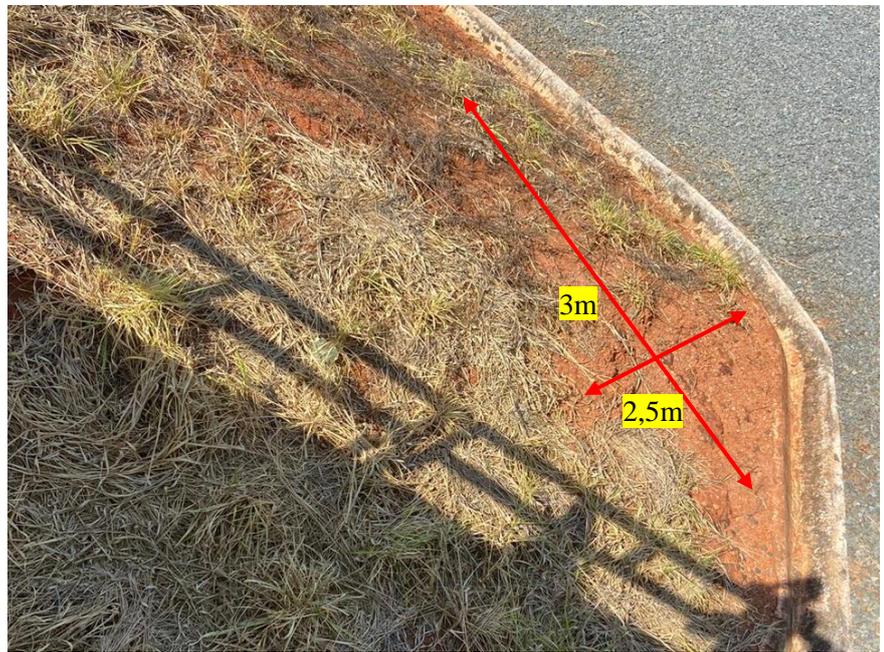
A figura 2 apresenta a grama com coloração desbotada devido a estação seca e por falta de umidade ou trânsito de pessoas/animais podem surgir essas falhas na proteção vegetal do talude de jusante, com isso a incidência pode causar erosões e com a regularização e retirada das protuberâncias é possível plantar grama baixa responsável por evitar as erosões e crescimento de cupinzeiros.

Formigueiros e cupinzeiros podem atrair animais que facilmente fazem buracos a procura de insetos para se alimentar, conseqüentemente esses buracos podem se tornar tocas de outros animais (figura 3); As “casas” dos cupins e raízes podem fazer com que caminhos preferenciais sejam criados, deixando haver escoamento de águas superficiais dentro do maciço. Essa anomalia ocorre por falta de manutenção rotineira, sendo necessário erradicar esses cupinzeiros com inseticida apropriado, caso seja ignorada essa anomalia ela pode favorecer erosões e a mudança do curso da água.

Figura 2: Trecho da barragem de 0 a 160 m



Fonte: Google Earth



Fonte: Autor, falha na vegetação

Figura 3: Trecho da barragem de 160 a 340 m



Fonte: Google Earth

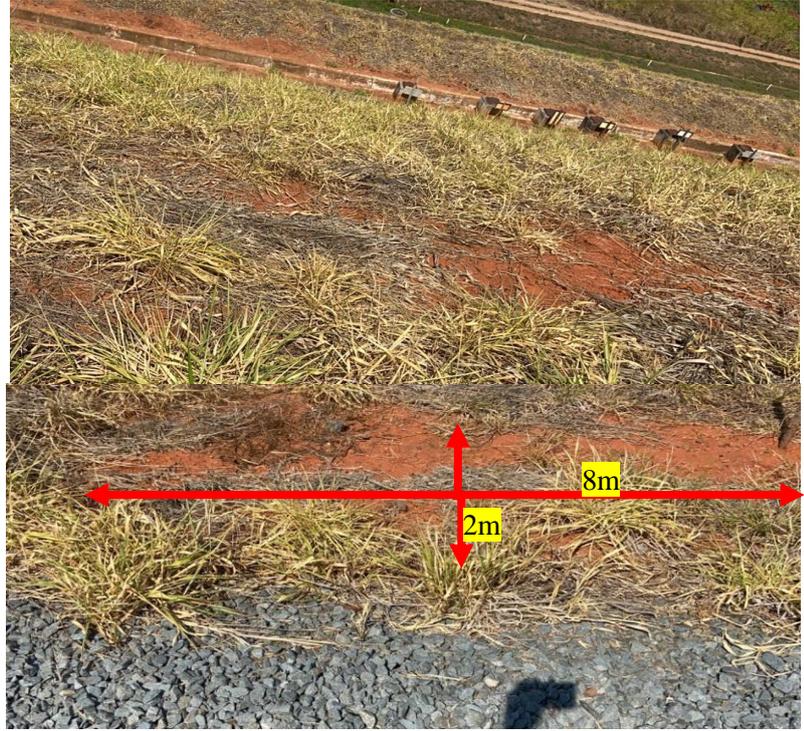


Fonte: Autor, cupinzeiros

Figura 4: Trecho da barragem de 340 a 520 m



Fonte: Google Earth



Fonte: Autor

Figura 5: Falha na grama no trecho 520m ao fim



Fonte: Google Earth



Fonte: Autor

Tabela 10 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO										MAGNITUDE	NP	
<b>B.3</b>	<b>TALUDE DE JUSANTE</b>													
1	Erosões	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha na proteção granular	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	<del>PV</del>	DS	DI	PC	AU	NI	I	<del>P</del>	M	G	1
6	Afundamentos e buracos	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Árvores e arbustos	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais.	NA	NE	<del>PV</del>	DS	DI	PC	AU	NI	I	<del>P</del>	M	G	1
12	Sinais de movimento	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

A tabela 10 apresenta todas as anomalias encontradas no talude a jusante, verifica-se o ressalte de duas específicas, são elas: falha na proteção vegetal com um grau de atenção no qual não compromete a barragem de um rompimento imediato, porém deixa a anomalia em observação. Itens inspecionados como: coroamento vertedouro, comportas do vertedouro, torre de tomada d'água, medidor de vazão todos os tópicos se encaixam como Anomalia Não Existente.

#### **4.1 Analisar os relatórios originados de inspeções anteriores com o relatório proposto no presente trabalho.**

As barragens exigem cuidado e manutenção contínuos assegurando que elas permaneçam em operação e capazes de desenvolver todas as finalidades de projeto, sem colocar em risco pessoas e propriedades à jusante. Foi feito um levantamento com o órgão competente referente ao relatório do ano de 2018, ele foi utilizado para comparação com o relatório realizado na pesquisa deste projeto, identificando se houve melhoria ou se os objetos analisados seguem inertes perante seu relato. Uma inspeção rotineira foi realizada, de acordo a inspeção do ano de 2018 e foi registrada por fotos de aparelho celular onde havia quaisquer anomalias no perímetro do talude à jusante e crista onde foram gastos 2 dias de inspeções.

Na tabela 11 todas as anomalias foram marcadas como inexistentes, exceto o tópico número 8 onde fala sobre a deficiência de placas e seus avisos, diagnosticado na figura 7, percebe-se que houve a “desfixação” da parte superior da placa, mantendo a indicação da velocidade máxima de tráfego de ponta cabeça. Já na figura 6 verificamos uma diferença em relação a coloração da vegetação entre as fotos do ano de 2018 e 2020 devido ao período de seca.

Tabela 11 – Localização e situação da anomalia

	LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
A.	<b>INFRAESTRUTURA OPERACIONAL</b>													
1	Falta de documentação sobre a barragem	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de material para manutenção	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de treinamento do pessoal	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Precariedade no acesso de veículos	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de energia elétrica	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	<del>PV</del>	DS	DI	PC	AU	NI	<del>I</del>	P	M	G	
9	Falta de acompanhamento da Administração Regional	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Falta de instrução dos equipamentos hidromecânicos	NA	<del>NE</del>	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

Fonte: Secretaria de infraestrutura hídrica

Figura 6: Panorâmica talude jusante



Fonte: internet 2018



Fonte: Autor 2020

Figura 7: Crista



Foto 01 - Placas de sinalização da barragem em condições satisfatórias de manutenção e conservação.

Fonte: relatório 2018

Figura 8: vista do perfil do talude



Fonte: Autor 2020

Os círculos no talude indicam a escassez de grama, onde a falta de vegetação pode acarretar erosões seríssimas podendo prejudicar a estabilidade do barramento. A seta indica a construção de uma usina hidrelétrica (PCH) sendo finalizada, segue foto ampliada da construção (figura 9).

Figura 9: Usina Hidro Elétrica



Fonte: relatório 2018



Fonte: 2020

## 4.2 Propor medidas corretivas

Com as anomalias devidamente identificadas foi gerado um relatório para ser enviado ao setor responsável com finalidade de total ciência das suas atuais condições, as fotos utilizadas no relatório são as mesmas usadas no corpo desse trabalho, a equipe disponibilizou um espaço para realização de um workshop no início de 2021, não havendo data definida devido a pandemia do COVID- 19.

No decorrer da visita foi relatado diversas irregularidades que saiam da conformidade, de acordo as normas da ANA, algumas anormalidades são admissíveis até certo ponto depois disso é necessário tomar medidas cabíveis para solução total ou mudar o status da anomalia para aceitável.

*De acordo o Ministério da Integração Nacional as medidas corretivas mais eficazes de para cada irregularidade encontrada são:*

**Cupinzeiros/formigueiros** podem atrair animais que cavam buracos/túneis, para medida de precaução é viável aplicar o pesticida correto para eliminar os cupins/formigas reduzindo a quantidade de “casas” desses insetos e prevenindo assim maiores danos, caso haja buracos, como medida corretiva é necessário aterrar e compactar com material apropriado.

**Falha na proteção vegetal** é algo a ser sempre monitorado e reparado, pois com a exposição do aterro pode causar erosões. Um método corretivo é renovar a plantação dessa grama de proteção para evitar problemas mais sérios como erosões citadas anteriormente.

**Placas danificadas** devem ser substituídas ou restauradas e recolocadas imediatamente para boa sinalização e fluência do ambiente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que apesar das anomalias notificadas e observadas pelo autor o barramento segue em perfeita plenitude em seu funcionamento devido a periodicidade das inspeções rotineiras por parte do órgão responsável.

Diante dos estudos teóricos e práticos condições de realização do trabalho pode-se considerar que:

- Verificou-se a existência de diversas anomalias presentes a jusante da barragem, tais como, excesso de formigueiros/cupinzeiros, falta de vegetação protetora e vegetação alta no pé do talude.

- O barramento está em pleno funcionamento com segurança e vemos a importância das inspeções por esses meios, pois tem as pequenas irregularidades sob controle.

As condições atuais da barragem comparadas com as inúmeras irregularidades a serem avaliadas no manual, pelo grande número de Anomalia Não Existente (NE) que foi preenchida na tabela, podemos afirmar total segurança. As inspeções são feitas de 15 em 15 dias, tendo em conta que a barragem com sua idade superior a 10 anos, as inspeções poderiam ser feitas de 3 em 3 meses segundo (KOCHEN, 2010)

## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A Importância da inspeção na prevenção de falhas em barragens com volumes acima de 150hm<sup>3</sup>

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE OPERAÇÃO MANUTENÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO DE BARRAGENS. BRASÍLIA: ANA, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). GUIA DE ORIENTAÇÃO E FORMULÁRIOS DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE. BRASÍLIA: ANA, 2016.

AGOPYAN, Vahan em a Engenharia não é uma ciência exata, 2019.

ANEEL “Manual de Fiscalização das Empresas de Geração de Energia Elétrica – Diagnóstico dos Procedimentos de Operação e Manutenção”, Versão 01/02/2001, ANEEL, Brasília, DF, 2001.

AVILA, Pimenta 2008, Relatório da auditoria Sarbox - de todas as barragens da VALE. VALE, 2008.

BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 fev. 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília DF, 13 fev. 1998.

BUREAU, Descrição do equipamento de permeabilidade do Bureau of reclamation (adaptado de ISAIA, 1987

COMISSÃO REGIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS - Guia Básico de Segurança de Barragens, São Paulo, SP, NRSP-CBDB, 1999

FEMA, Federal Emergency Management Agency, 1987

FONTENELLE, A. de S. Proposta Metodológica de Avaliação de Riscos em Barragens do Nordeste Brasileiro – Estudo de Caso: Barragens do Estado do Ceará. 2007. 210 f. Tese. Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2007.

FRANCO, Tc Dissertacao Seguranca Barragens, 2008.

- GONÇALVES, Verônica Kleber, O DESASTRE DE CATAGUASES: UMA CARICATURA DO RISCO, 1. Curso de Direito da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2015
- KOCHEN, Roberto, Monitoramento e Segurança de Barragens, 2010
- MARQUES, Camila, Ensino a distância começou com cartas a agricultores, 2004
- MENESCAL, R. A.; VIEIRA, V. P. P. B.; OLIVEIRA, S. K. F. Terminologia para análise de risco e segurança de barragens. In: MENESCAL, R. A. (coord.) A segurança de barragens e a gestão de recursos hídricos. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005
- MITYE, Camila Comitês de Bacias Hidrográficas do Tocantins trocam experiências em encontro nacional, 2019
- Ministério da Integração Nacional; Manual de Segurança e Inspeção de Barragens. Brasília, 2002.
- PIERRE, L. F - “Avaliação da Segurança de Pequenas Barragens em Operação”, in Seminário Nacional de Grandes Barragens, XXV, Anais, vol. II, pág.260-268, CBDB, Salvador, BA; 2003
- ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: o papel do comportamento altruísta. Texto para Discussão, IE / Unicamp, n.97, 2000
- SALAZAR, Gabriela, Governo sanciona lei que torna mais rígida a política nacional de segurança de barragem, 2020
- SILVEIRA, J. F. A. Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento. Oficina de Textos, São Paulo, 2006
- SOUZA, A N. Avaliação das Condições de Segurança de Barragens da Região do Seridó do Estado do Rio Grande do Norte. 2014. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- OLIVEIRA, G. D. Reconstrução Paleoambiental e Químioestratigrafia dos Carbonatos Hospedeiros do depósito de zinco silicatado de Vazante, MG. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 95p. 2013.

ZUFFO, Monica Soares Resio Metodologia para avaliação da segurança de barragens / Monica Soares Resio Zuffo. Campinas, SP: [s.n.], 2005.

[Exportar relatório](#)
[Exportar relatório PDF](#)
[Visualizar](#)
[Gerador de Referência Bibliográfica \(ABNT, Vancouver\)](#)

TCC 2 - MAYSA LIRA BARBOSA V55.doc (06/11/2020):

Documentos candidatos

dspace.unipampa.edu... [2,1%]  
 ipaam.am.gov.br/wp-c... [1,47%]  
 snisb.gov.br/portal/... [1,46%]  
 snisb.gov.br/portal/... [1,26%]  
 biblioteca.ana.gov.b... [1,26%]  
 ana.gov.br/todos-os... [0,93%]  
 gov.br/ana/pt-br/tod... [0,93%]  
 professor.pucgoias.e... [0,44%]  
 ulbra.br/palmas [0,02%]

Arquivo de entrada: TCC 2 - MAYSA LIRA BARBOSA V55.doc (6978 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
dspace.unipampa.edu...	10062	352	2,1
ipaam.am.gov.br/wp-c...	1270	120	1,47
snisb.gov.br/portal/...	27884	505	1,46
snisb.gov.br/portal/...	35439	530	1,26
biblioteca.ana.gov.b...	35498	531	1,26
ana.gov.br/todos-os-...	1296	77	0,93
gov.br/ana/pt-br/tod...	1296	77	0,93
professor.pucgoias.e...	1955	40	0,44
ulbra.br/palmas	1459	2	0,02
ana.gov.br/todos-os-...	-	-	-

Conversão falhou