



BOLETIM DA REPÚBLICA

PUBLICAÇÃO OFICIAL DA REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE

IMPRENSA NACIONAL DE MOÇAMBIQUE, E. P.

AVISO

A matéria a publicar no «Boletim da República» deve ser remetida em cópia devidamente autenticada, uma por cada assunto, donde conste, além das indicações necessárias para esse efeito, o averbamento seguinte, assinado e autenticado: **Para publicação no «Boletim da República».**

SUMÁRIO

Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos:

Diploma Ministerial n.º 105/2022:

Aprova o Manual para a Gestão de Diques de Protecção Contra Cheias e Inundações.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, HABITAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS

Diploma Ministerial n.º 105/2022

de 11 de Outubro

Havendo necessidade de estabelecer mecanismos para a gestão sustentável de diques de protecção contra riscos de cheias e inundações, ao abrigo do artigo 2 do Decreto

n.º 78/2019, de 19 de Setembro, que aprova o Regulamento sobre Diques de Protecção Contra Cheias e Inundações, o Ministro das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos, determina:

Artigo 1. É aprovado o Manual para a Gestão de Diques de Protecção Contra Cheias e Inundações, em anexo, que é parte integrante do presente Diploma Ministerial.

Art. 2. O presente Diploma Ministerial entra em vigor na data da sua publicação.

Maputo, aos 30 de Abril de 2021. – O Ministro, *João Osvaldo Moisés Machatine*.

Manual de Gestão dos Diques de Protecção Contra Cheias e Inundações

1. Introdução ao Regulamento e Manual

A elaboração do manual baseou-se na versão de um compêndio para a gestão de risco de cheias. Tem a finalidade de apoiar ao subsector de Recursos Hídricos com destaque às Administrações Regionais de Água (ARA's) e a outras entidades envolvidas na gestão de recursos hídricos de Moçambique no desenvolvimento gradual de uma metodologia de trabalho harmonizada para a avaliação de riscos de cheias, planeamento, projecto e manutenção de infra-estruturas mitigadoras, (tais como diques) dos impactos negativos das inundações.

O manual aborda todas as componentes de um modelo conceptual desenvolvido para estruturar as diferentes componentes da gestão de diques relativa aos riscos de cheias. O modelo é ilustrado na Figura I.

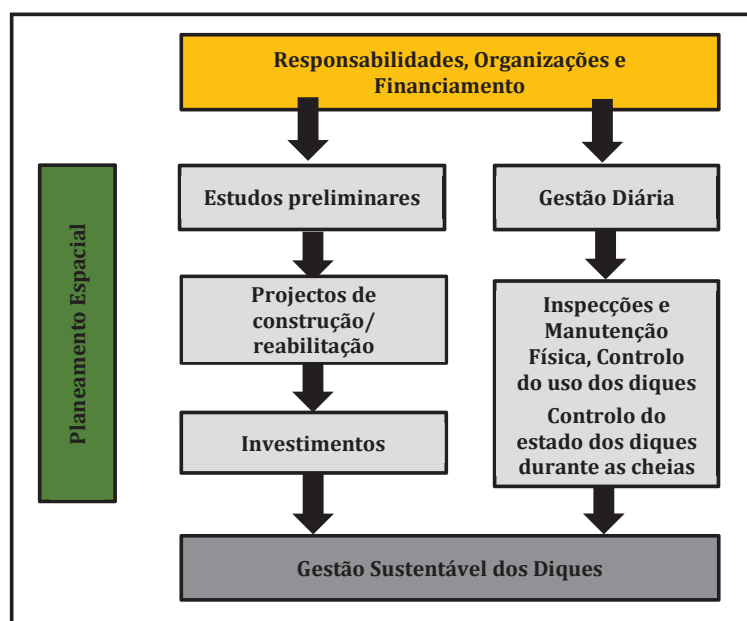


Figura 1-1: Modelo conceptual para a gestão sustentável de diques relativa aos riscos de cheias

O manual aborda-se no capítulo 2 a descrição dos sistemas de diques em Moçambique. No capítulo 3, foi desenvolvido uma "abordagem passo a passo baseada na avaliação de riscos" para as componentes de "*estudos preliminares*" e "*projectos de construção/reabilitação*" (especificamente para a componente dos estudos). Esta abordagem deverá ser aplicada em todas as bacias hidrográficas de Moçambique para uma análise sistemática dos riscos de cheias e para posterior apoio à tomada de decisões sobre eventuais medidas de mitigação. A abordagem inclui uma análise de custo-benefício, que é um critério importante para a tomada de decisões. A fase de projecto poderá iniciar após a tomada de decisão sobre as medidas desejadas e necessárias. No capítulo 4 deste manual incluem-se tópicos básicos a ter em conta em projectos de construção e/ou reabilitação de diques e uma lista de controlo para os tais projectos. O Capítulo 5 descreve os diferentes componentes de gestão de informação relacionado aos diques, incluindo os vários componentes dos cadastros. O Capítulo 6 aborda os diferentes aspectos da gestão operacional diário de diques, incluindo a coordenação, inspecção & controle, manutenção, planos de emergência em caso de inundações e as estruturas para o financiamento da gestão dos diques operacionais.

O manual é o resultado da aprovação do Decreto n.º 78/2019, de 19 de Setembro, com a finalidade de operacionalização do Regulamento de Diques de Protecção contra Cheias e Inundações.

Este aborda a componente do modelo conceptual como descrito: *Modelo Institucional para a Gestão Sustentável dos Diques de Protecção*. É um dos produtos do projecto de estudo piloto dos sistemas de diques na Bacia de Limpopo, que envolveu intervenientes interessados aos sistemas de dique de protecção contra cheias e inundações.

O regulamento é o único documento oficial (legal) e pode ser lido independentemente, norma que operacionaliza o manual. O regulamento consiste nos seguintes capítulos:

- Capítulo 1: Disposições gerais
- Capítulo 2: Classificação dos diques de protecção
- Capítulo 3: Normas para gestão dos diques de protecção
- Capítulo 4: Gestão de Diques

- Capítulo 5: Projectos
- Capítulo 6: Regras de uso
- Capítulo 7: Encargos financeiros
- Capítulo 8: Das infrações e sanções
- Capítulo 9: Normas transitórias

2. Bacias Hidrográficas e Sistemas de Diques de Protecção em Moçambique

2.1 Protecção Contra Inundações e Sistemas de Diques Existentes

Mais de 50% do território moçambicano faz parte das bacias hidrográficas internacionais - do sul ao norte: os Rios Maputo, Umbeluzi, Incomati, Limpopo, Save, Buzi, Pungué, Zambeze, Messalo e Rovuma.

Todos estes rios têm suas planícies de inundação no interior de Moçambique, com excepção do Rio Rovuma que forma a fronteira com a Tanzânia. As maiores bacias são a do Zambeze (1,200,000 km²) e a do Limpopo (412,000 km²) e a menor é a do Umbeluzi (5,600 km²) com os outros que variam de cerca de 30,000 a 150,000 km².

As condições climáticas de Moçambique indicam que o país está sujeito a vários tipos de eventos que podem originar inundações: ciclones e depressões tropicais do Oceano Índico e as frentes frias vindas do sul. Portanto, considerando a extensão do país, as grandes áreas de suas principais bacias hidrográficas e as condições climáticas, é bastante natural que as inundações de vários graus de gravidade ocorram repetidamente, às vezes com efeitos devastadores, como aconteceu com as cheias de Fevereiro/Março de 2000.

Para a protecção de cidades e áreas agrícolas contra cheias e inundações foram projectados e construídos vários sistemas de diques. Alguns desses sistemas que têm funções combinadas. A Figura 2-1 apresenta as localizações dos sistemas de diques em Moçambique.

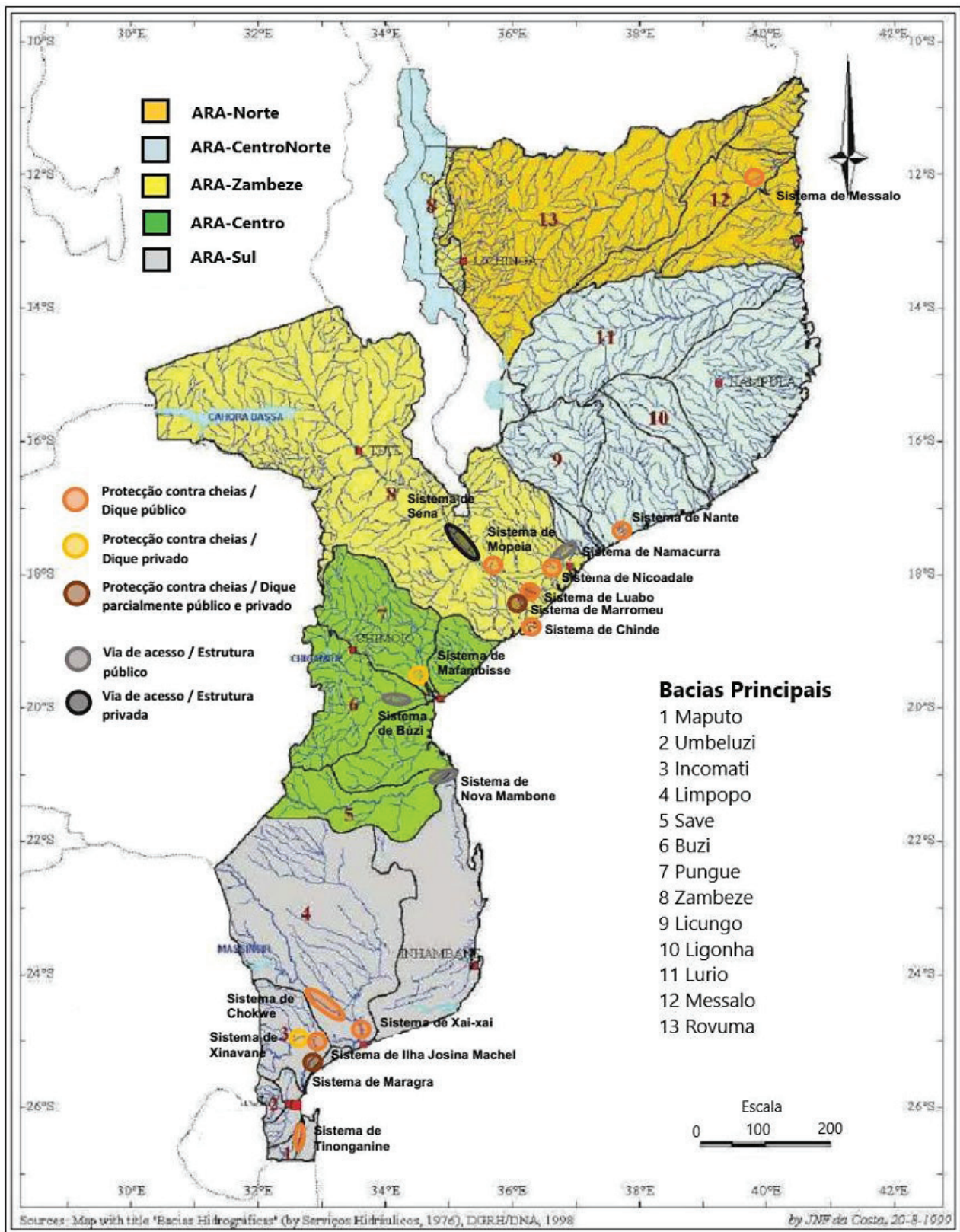


Figura 2-1: Mapa com os sistemas de diques em Moçambique

2.2. Funções dos Sistemas de Diques Existentes em Moçambique

Foi realizada a inventariação dos sistemas de diques em Moçambique e das visitas de campo, foi registado a existência de muitos sistemas com características diferentes e com as seguintes funções:

- ⇒ Protecção contra cheias e inundações;
- ⇒ Acesso para estradas e ferrovias em áreas baixas;
- ⇒ Barreiras para reter água das inundações para irrigação;
- ⇒ Funções duplas;
Combinação entre protecção contra inundações e estradas de acesso;
Combinação entre estradas de acesso e barreira (por exemplo, estrada de acesso a Quelimane e diques em Namacurra);
- ⇒ Funções triplas;
Combinação entre protecção contra inundações, estradas de acesso e barreiras.

A maioria dos diques são públicos, mas alguns são privados. O regulamento, que é elaborado, como parte do projecto actual, só se aplica aos diques ou sistemas de diques, que são construídos com o principal objectivo de proteger contra cheias e inundações.

O regulamento não se aplica aos diques, que são construídos para facilitar o acesso de estradas e caminhos-de-ferro. Estes diques são considerados como parte do trabalho ou obras rodoviárias ou ferroviárias. Uma vez que esses diques são construídos apenas para fornecer acesso em zonas baixas, se não estiverem bem projectados, podem obstruir o fluxo livre de excesso de água superficial e provocar cheias e inundações em certas zonas.

O regulamento também não se aplica aos diques, que são construídos como barreiras para reter água para irrigação. Neste caso, esses diques devem ser considerados como estruturas semelhantes a represas, e barragens, para as quais se aplicam outros regulamentos.

2.3 Beneficiários e outras Partes Interessadas

As partes que têm interesse das condições dos sistemas de diques podem ser agrupadas da seguinte forma:

Beneficiários Gerais

Beneficiários, cujas vidas e activos são protegidos pelos sistemas de dique. São todas as pessoas que vivem e trabalham nas zonas, que seriam inundadas por cheias de um certo período de retorno, se os sistemas de diques não existissem. O período de retorno depende da altura dos diques em boas condições.

Os beneficiários podem ser cidadãos das cidades e aldeias, agricultores individuais ou associações de agricultores, pessoas que vivem nos distritos em zonas propensas a inundações e pessoas com outras actividades económicas do que os agricultores.

Beneficiários e donos dos diques

Empresas agrícolas que financiaram e construíram sistemas de dique para proteger as fábricas, vilas e campos agrícolas (activos da empresa). Esses diques são considerados diques privados.

Algumas associações de agricultores ou regadios assumem os sistemas de diques como parte da sua infra-estrutura, embora os diques sejam construídos ou reabilitados com fundos públicos. Uma vez que os diques são assumidos como parte das suas infra-estruturas, eles são mantidos pelas associações ou regadios.

Administração Regional das Águas (ARA)

As ARAs, são responsáveis pela gestão operacional da água, pela operação e manutenção da infra-estrutura, que circunscreve

na bacia hidrográfica sob sua jurisdição. Elas também são responsáveis pela emissão alertas (pré-aviso) em caso de cheias e inundações.

As ARAs, são responsáveis pela gestão operacional da água nas bacias hidrográficas, mas têm o papel de coordenação com a DNGRH/DNAAS. As responsabilidades principais das ARAs, são:

- o Planeamento, garantia da disponibilidade e distribuição equilibrada de recursos hídricos (superficiais e subterrâneos);
- o Licenciamento e a concessão de uso e aproveitamento das águas do domínio público;
- o Controlo do uso e aproveitamento da água superficial e subterrânea;
- o Autorização e inspecção de estruturas hidráulicas;
- o Projecto, construção e operação de estruturas hidráulicas;
- o Aprovar e fiscalizar a construção e operação de infra-estruturas e desenvolvimento de recursos hídricos;
- o Desenvolver, manter e operar a rede de monitoramento dos recursos hídricos;
- o Operacionalizar (para DNGRH) os sistemas de aviso prévio de cheias e eventos extremos.

Municípios

Os municípios são responsáveis por proteger as vidas e bens dos seus cidadãos e pode cobrar impostos para manter a infra-estrutura dentro do perímetro do município. Se os diques públicos estiverem localizados dentro dos limites do município, em princípio, o município deve ser responsável para manter os diques em boas condições.

Distritos (Serviço Distrital de Planeamento e Infra-estrutura (SDPI))

O SDPI representa o Ministério de Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos e o Ministério de Terra e Ambiente a nível distrital (MITA). Anualmente, o SDPI elabora planos para construção e manutenção de infra-estruturas e planeamento espacial a nível distrital.

Uma vez que os distritos são responsáveis pelas infra-estruturas a nível distrital, os impostos poderiam ser cobrados para inspecção e manutenção de sistemas de diques.

Instituto Nacional de Gestão e Redução de Riscos de Desastres (INGD) –

As responsabilidades do INGD são:

- ⇒ Propor programas e projectos relativos à prevenção, socorro humanitário e reabilitação de infra-estruturas;
- ⇒ Assegurar a implementação dos programas de reabilitação de infra-estruturas em áreas afectadas pelas calamidades;
- ⇒ Implementar sistemas de aviso prévio, prevenção, mitigação e prontidão e propor normas de procedimento para prevenção e actualização em caso de iminência de ocorrência de calamidades naturais;
- ⇒ Coordenar os sistemas sectoriais de alerta e aviso prévio sobre a iminência de calamidades de origem meteorológica, hidrológica, geológica, incluindo epidemias;
- ⇒ Definir o sistema nacional de alerta e aviso prévio sobre a iminência de calamidades naturais.

Administração Nacional de Estradas (ANE)

A ANE é responsável pela construção, reabilitação, inspecção e manutenção das estradas nacionais. Se uma estrutura de diques for construída como parte da infra-estrutura rodoviária para

proteger a estrada em zonas baixas, a ANE é responsável pela inspecção e manutenção da estrutura do dique (tais como, por exemplo, pontes).

Caminhos de Ferro de Moçambique (CFM) –

O CFM é responsável pela construção, reabilitação, inspecção e manutenção dos caminhos-de-ferro nacionais. Se uma estrutura de dique for construída como parte da infra-estrutura ferroviária para proteger o caminho-de-ferro em zonas baixas, o CFM é responsável pela inspecção e manutenção da estrutura do dique (tais como, por exemplo, pontes).

2.4 Modelos Institucional e Classificação dos Sistemas de Diques

O modelo básico para a gestão dos sistemas de diques consiste em componentes a nível nacional e componentes a nível operacional (ou local). Os componentes são divididos em componentes ligados a *Tomada de Decisão*, componentes ligados à *Gestão Operacional (Física dos Diques)* e componentes que têm a ver com a Planificação Espacial.

O modelo descreve os mandatos e responsabilidades propostos para cada parte envolvida na gestão dos sistemas de diques, para o nível político (ou nacional) e operacional (ou local), respectivamente e também apresenta a organização institucional e um modelo financeiro a fim de financiar a gestão operacional dos sistemas de diques (ver o Relatório sobre o Modelo Institucional para a Gestão Sustentável dos Diques de Protecção Contra Cheias e Inundações [WE Consult, Outubro 2018]).

Na prática, fica claro que é difícil desenvolver um modelo de gestão que se encaixe em todos os sistemas de diques. Por conseguinte, propõe-se um modelo básico, que pode ser ajustado à situação local (diferentes variantes). Os ajustes dependerão do tipo de sistema de dique (privado ou público), função principal, beneficiários (directos) e tipo de outras partes interessadas. Os mecanismos para os beneficiários contribuírem podem diferir por

sistema de dique. Propõe-se mecanismos de financiamento para todos os sistemas de dique por modelo variante. Propõem-se as seguintes variantes ao modelo básico:

- Variante A: Propriedade pública, principal função é a protecção contra inundações e um único tipo ou múltiplos tipos de beneficiário
- Variante B: Propriedade privada, principal função é a protecção contra inundações e um único tipo ou múltiplos tipos de beneficiário
- Variante C: Propriedade parcialmente pública e privada, principal função é a protecção contra inundações e múltiplos tipos de beneficiários

Modelo Básico não aplicável em caso de:

Propriedade pública, principal função é via de acesso e único tipo ou múltiplos tipos de beneficiários

O regulamento destina-se apenas a diques, que protegem contra inundações e não se aplicam a outras funções, como vias de acesso ou pequenas barragens para facilitar a irrigação.

Usa-se a classificação dos sistemas de diques para decidir se os novos regulamentos se aplicam aos diques existentes ou não. A classificação dos sistemas existentes pode ser baseada no fluxograma 2. O fluxograma 1 apresenta os passos para seleccionar o modelo de gestão.

Se a avaliação do risco de cheias, como descrito neste manual, mostra que os diques são parte da solução para a protecção de uma determinada área contra inundações, a relação custos-benefícios do sistema é positiva e os beneficiários estão dispostos e capazes de contribuir, o sistema de diques pode ser classificado.

Neste manual, propõe-se avaliar cada sistema de diques uma vez a cada 10 anos. Com base nas avaliações, o estado dos sistemas de dique existentes pode mudar (os sistemas classificados podem perder a classificação ou sistemas não-classificados podem ser classificados).

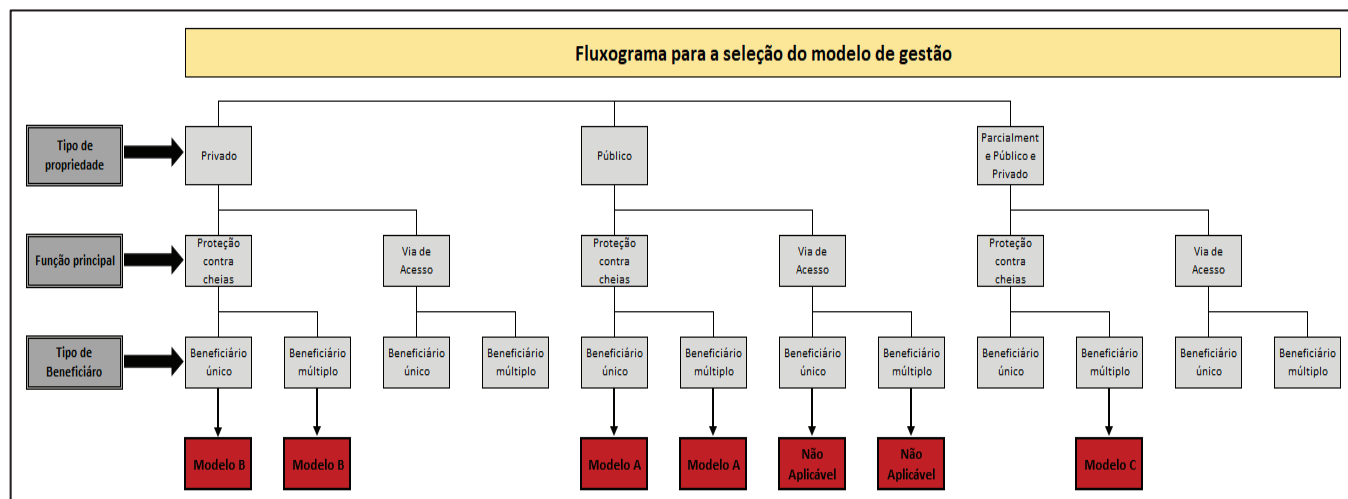


Figura 2-2: Fluxograma 1_Seleção do modelo de gestão

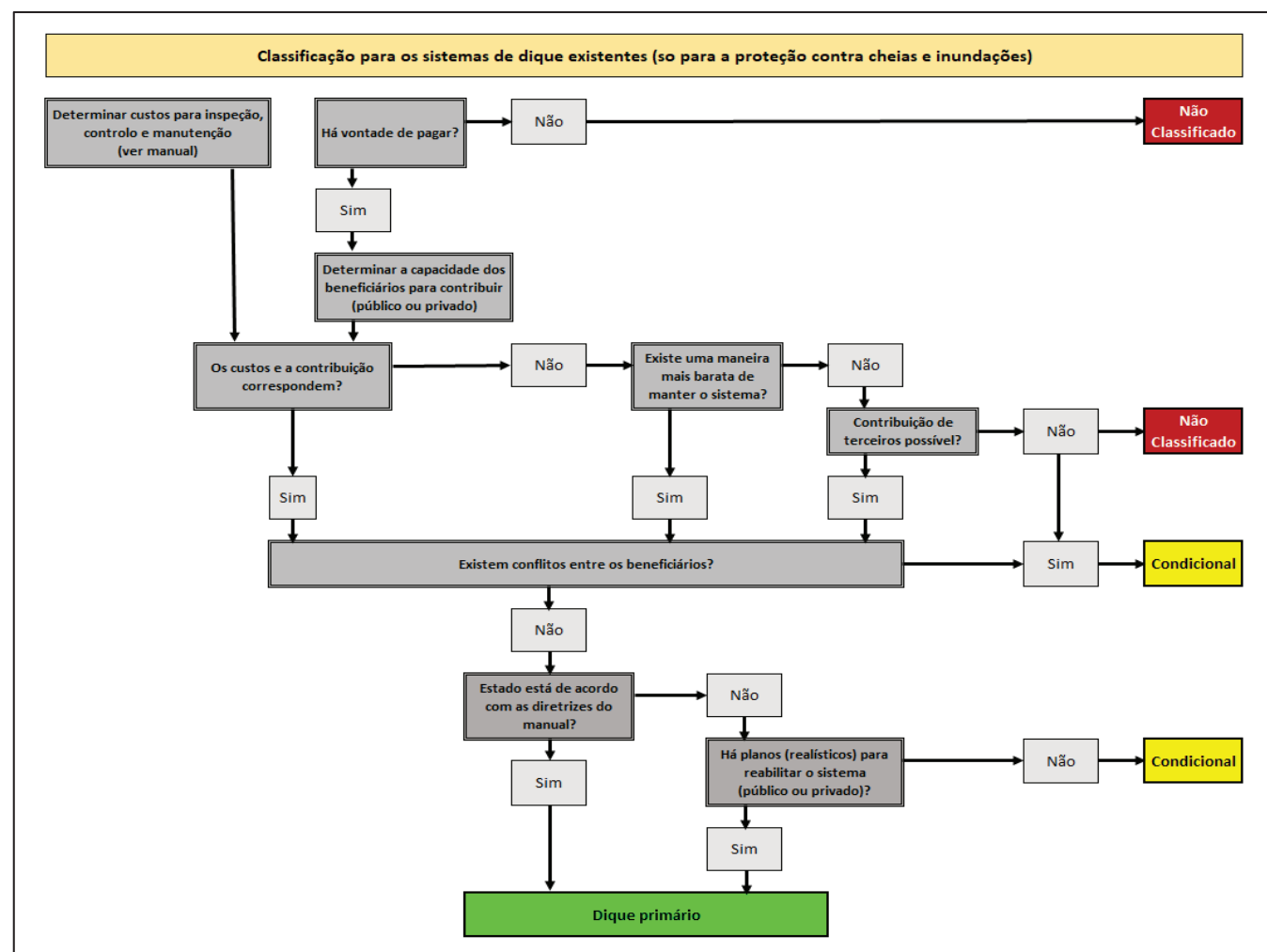


Figura 2-3: Fluxograma 2_Classificação dos sistemas de dique existentes

3.1 Introdução ao Capítulo

O processo de estudos e projectos é constituído por duas fases: fase 1 de estudos preliminares baseado numa abordagem passo para a gestão de risco de cheias e fase 2 de projectos de infra-estruturas de protecção contra cheias sustentáveis.

A primeira fase, desenvolvida no presente capítulo, é uma abordagem passo a passo, baseada em avaliação de riscos. Resulta numa decisão motivada de como proceder relativamente aos riscos de cheias numa bacia hidrográfica e, no caso de ser necessária uma infra-estrutura de protecção tal como diques, numa descrição da infra-estrutura em termos de alinhamento proposto de diques, nível de protecção, período de retorno e cotas de protecção.

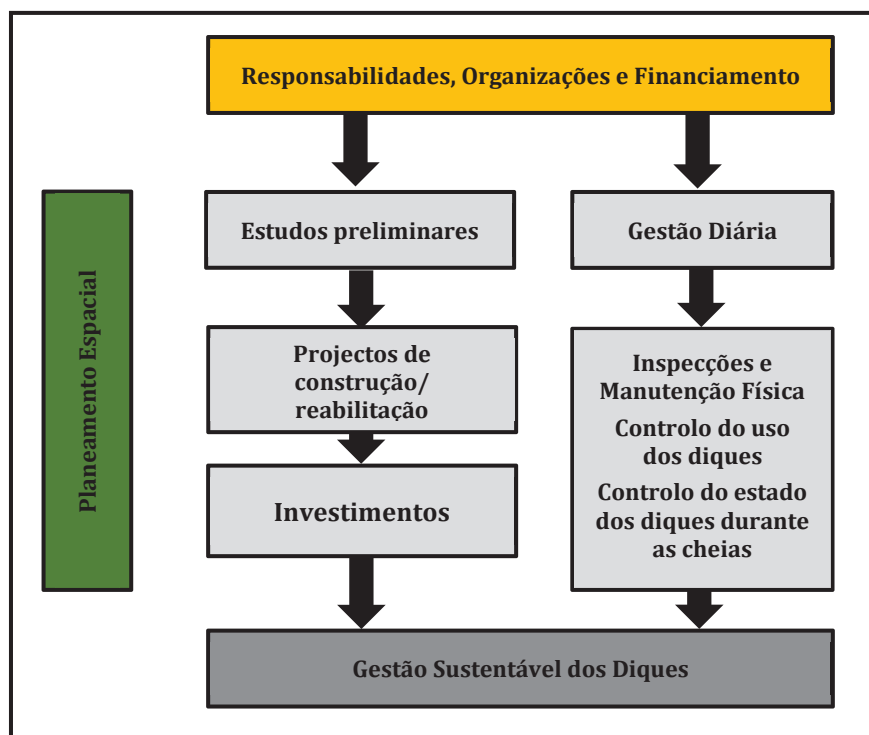


Figura 3-1: Componente “Estudos Preliminares” do modelo conceptual para a gestão sustentável de diques relativa aos riscos de cheias

A segunda fase do processo de estudos e projectos é desenvolvida no Capítulo 4.

3.2 Introdução a Abordagem “Passo a Passo” do Manual Baseada na Avaliação de Riscos

Este manual propõe as etapas a serem implementadas no desenvolvimento de uma estratégia de Gestão de Risco de Cheias (GRC) baseada em ciclos de identificação, quantificação, avaliação, mitigação e aceitação de riscos. Esta abordagem deverá constituir uma directriz para estudos preliminares de gestão integrada de riscos de cheias.

- O método introduzido destina-se a aplicar à escala de bacia hidrográfica, uma vez que medidas de gestão de cheias tomadas a montante poderão ter impacto a jusante. Como tal, é desejável uma abordagem passo a passo baseada na avaliação de riscos para encontrar de forma interativa a estratégia integrada GRC mais favorável para toda a bacia hidrográfica. A estratégia consistirá na combinação de prevenção de medidas, instrumentos de Ordenamento Territorial em vigor sob egide do Ministério da Tera e Ambiente (MTA) enquadrados na actual Direcção Nacional de Terra e Desenvolvimento Territorial (DNDT) e gestão em caso de emergência.

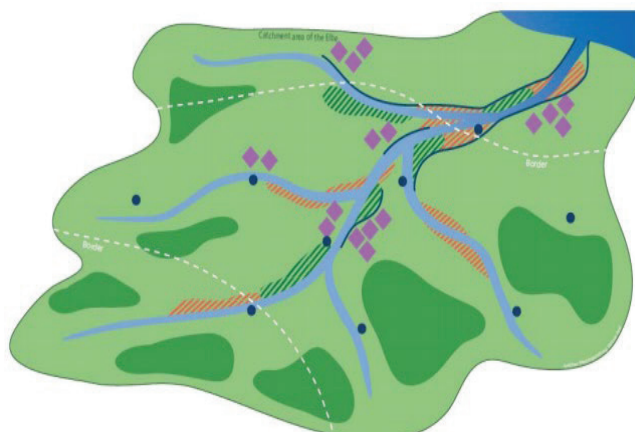


Figura 3-2: Exemplo de estratégia GRC na bacia do Rio Elbe [International Levee Handbook, 2013]

Este manual é adaptado às circunstâncias locais em Moçambique tendo em consideração a disponibilidade de dados e aspectos práticos de aplicabilidade.

Risco de Cheias

O risco é geralmente definido como a probabilidade ou ameaça de danos, feridos, responsabilidade, perdas ou qualquer outra ocorrência negativa causada por vulnerabilidades externas ou internas, que possam ser evitadas através de acções preventivas.

O risco de cheia é uma função da probabilidade de ocorrência de inundações (possivelmente causada por falhas no sistema de defesa de cheias) e das consequências (por exemplo, perda de vida, habitat e perdas económicas devido a danos em bens

e propriedades). A inundação pode ocorrer dentro de áreas não protegidas e áreas protegidas por diques. O risco de cheia pode então ser definido pela seguinte equação:

$$\text{Risco} = \text{probabilidade} \times \text{consequência}$$

Dois exemplos são:

1. o risco económico ou dano estimado anual (por exemplo, 6 milhões de USD/ano);
2. o risco de vida ou o número estimado anual de mortes (por exemplo, 1 pessoa por ano).

O risco de inundação deverá aumentar ao longo do tempo como resultado do crescimento socioeconómico e das mudanças climáticas

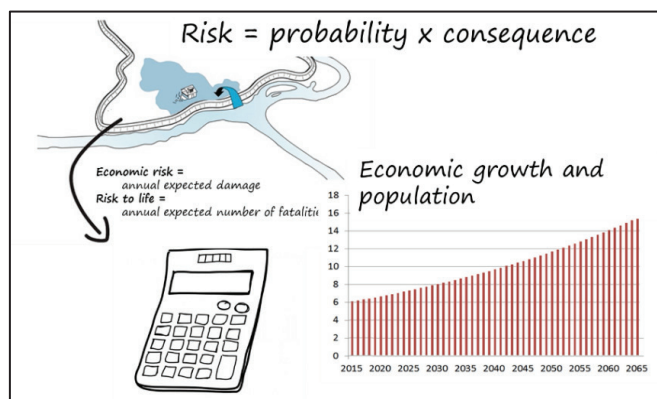


Figura 3-3: Explicação esquemática para o risco de cheias (editado de www.schetsontwerp.com)

Abordagem passo a passo baseada na avaliação de riscos

O primeiro passo no processo de gestão de cheias é a identificação dos riscos. O passo seguinte é o cálculo das probabilidades e consequências das cheias de modo a avaliar

os riscos. Os riscos calculados são posteriormente avaliados (Passo 5. avaliação de riscos). Se o nível de risco for considerado inaceitável, serão avaliadas medidas de mitigação e o seu impacto na redução do risco de cheias. Este ciclo continua até que se atinja um nível de risco aceitável.

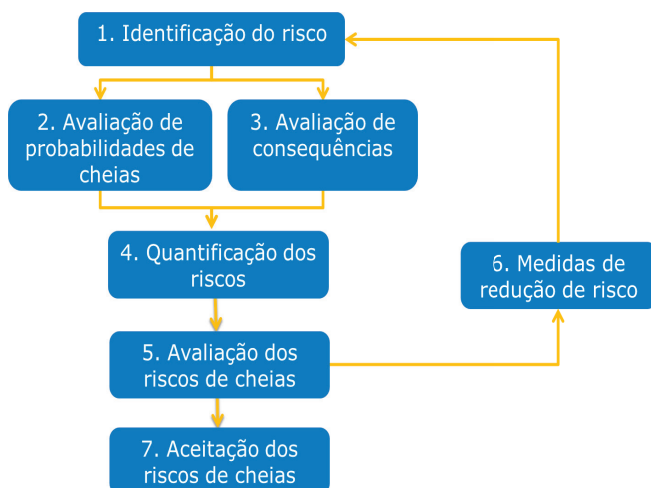


Figura 3-4: Passos da gestão de risco de cheias

3.2.1 Passo 1: Identificação do Risco

O primeiro passo é identificação do risco de inundação à escala de uma bacia hidrográfica. O objetivo é identificar as situações ou cenários que possam surgir em caso de cheias e as causas e fontes dos eventos de risco que podem afectar vidas humanas, o meio ambiente e a economia local.

Recomenda-se que se comece com a análise total do sistema (bacia hidrográfica na sua totalidade). A fim de resolver problemas relacionados com a gestão da água em geral, e em especial de cheias, é necessário ter uma compreensão adequada do sistema de água. Esta actividade pode identificar problemas numa fase inicial

Cada dos seguintes passo é discutido nos próximos parágrafos:

- Passo 1: Identificação do risco;
- Passo 2: Avaliação de probabilidades de cheias;
- Passo 3: Avaliação de consequências;
- Passo 4: Quantificação de riscos;
- Passo 5: Avaliação dos riscos de cheias;
- Passo 6: Medidas de redução de risco;
- Passo 7: Aceitação dos riscos de cheias.

e pode poupar tempo e custos nas etapas seguintes de um projecto. As seguintes questões devem ser elaboradas/ informações obtidas nesta fase:

- Quais são os eventos /cenários hidro-meteorológicos e o resultante caudal de cheia que pode causar inundações, não esquecendo de considerar também os afluentes do rio em questão?
- Qual é a probabilidade de excedência de diferentes caudais do rio, derivadas de uma análise estatística dos dados hidrológicos? Para a análise de risco, é importante que sejam avaliados cenários com diferentes períodos de retorno (eventos frequentes e menos frequentes).

- Recolha e análise de curvas de vazão nas estações hidrométricas.
- Quais são as características geográficas da bacia hidrográfica: onde estão situados os diques, bem como outros elementos lineares de cota mais elevada (por exemplo, estradas ou caminhos de ferro)?
- Identificação das áreas (potencialmente) protegidas por diques e das não protegidas?
- Quais são os potenciais cenários de inundação para cada secção (protegida e não protegida)?
- Qual é a área potencialmente inundada da planície de inundação em cada cenário?
- Qual é o valor socio-económico potencial da área inundada (urbana, suburbana, rural)?
- Existem planos futuros para o desenvolvimento espacial das áreas inundadas relacionado com o crescimento económico ou populacional?
- Qual é o orçamento disponível para investimentos em medidas na segurança contra as cheias?
- Existem mecanismos de controlo de risco e medidas de mitigação na área em estudo?

Para uma análise completa do sistema deverão ser recolhidas e analisadas informações e experiências de campo, dados de inundações históricas e dados hidrológicos. O nível de detalhe da análise de sistemas é importante: deve ser o adequado para a análise. Mas um sistema com detalhes a mais deve ser evitado.

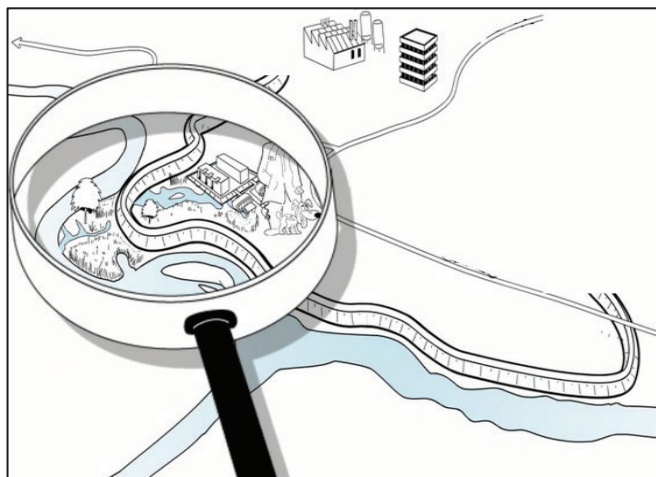


Figura 3-5: Passo 1: Identificação do Risco. Análise do sistema

3.2.2 Passo 2: Avaliação Das Probabilidades De Cheias

Existem diferentes mecanismos de falha que podem causar inundações. Os principais mecanismos são, no caso de diques: falha hidráulica, erosão interna, erosão externa (a ser feito articuladamente com a entidade que superintende as áreas de Terra e Ambiente (MTA), que dispõe de instrumentos reguladores e normas específicas sobre a gestão e controlo de fenómenos de erosão) e instabilidade.

Neste passo estimam-se as probabilidades de cheias com base na probabilidade de falha dos diques. Em princípio, considera-se apenas o mecanismo de falha dominante para a situação actual em Moçambique. Em casos mais complicados será necessário avaliar outros tipos de mecanismos de falha.

Em Moçambique os eventos de inundação estão associados a situações de aumento rápido do nível da água (ondas de descarga íngremes) causado por chuvas extremas. Se a capacidade de armazenamento do rio for insuficiente, as inundações ocorrem devido à inexistência de diques (áreas não protegidas) ou transbordando diques (falha hidráulica) existentes com altura de crista insuficiente (áreas protegidas).

Cheias em áreas não protegidas

A probabilidade de cheias de áreas não preenchidas é igual à probabilidade de excedência do caudal do rio que causa as inundações. A probabilidade de excedência do nível da água pode ser calculada usando o gráfico de curva de vazão (relação caudal-altura de água).

Cheias em áreas protegidas devidas a transbordo (falha hidráulica)

Neste caso a falha do dique ocorre se a carga hidráulica (nível da água e efeito de ondas transversais ¹) exceder a força do dique (a cota da crista no caso simplificado). Se a força do dique for maior que a carga hidráulica, o dique não entrará em falha. Isto pode ser facilmente ilustrado com a curva de fragilidade do mecanismo de falha de transbordo, que descreve a probabilidade de falha condicional em função do nível da água. Suponha-se um dique com altura de crista de 9 m acima de nível médio do mar (NMM). Se o nível de água exceder 9 m acima do NMM, a água irá fluir sobre o dique e a probabilidade de falha (ruptura) condicional é de 100%. Para todos os níveis de água inferiores a 9 m acima do NMM, a água não fluirá sobre o dique (negligenciando o impacto das ondas) e a probabilidade de falha condicional será de 0%. A probabilidade de falha (incondicional) do dique determina-se combinando a probabilidade de falha condicional para cada nível de água com a probabilidade de ocorrência desse nível de água particular.

¹ No caso de Moçambique a carga hidráulica pode ser considerada como a altura de água “estática”, sem efeito de ondas transversais.

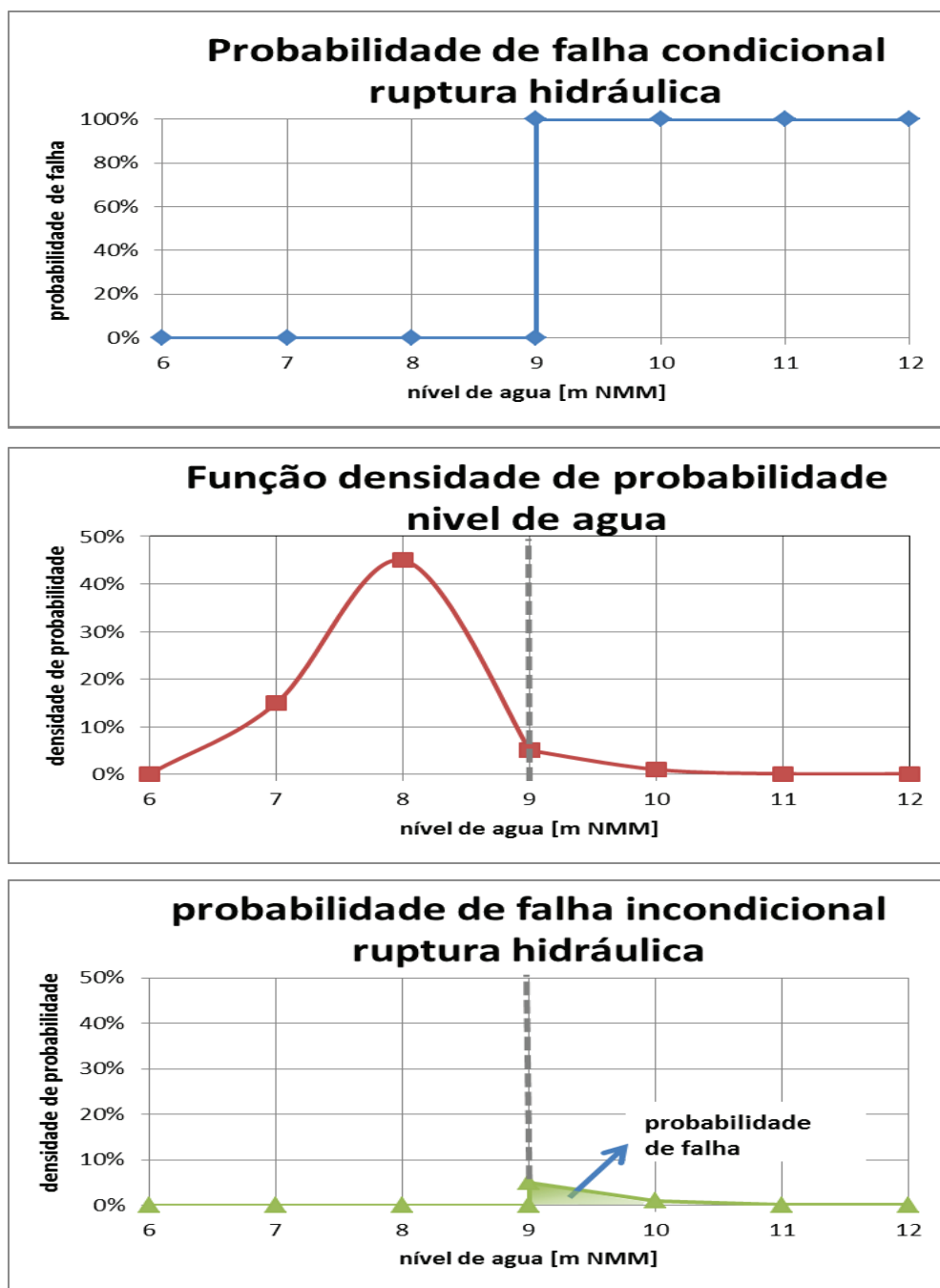


Figura 3-6: Cálculo da probabilidade de falha de dique por transbordo

A seguinte informação sobre os diques é necessária para o cálculo de probabilidade de cheia devido a transbordo de diques:

- Cargas hidráulicas (nível de água e ondas transversais para diversos períodos de retorno)
- Geometria do dique (cota da crista)

Para calcular a probabilidade de inundação das secções de dique devido o transbordamento, é necessário proceder ao seguinte:

1. definição de secções do dique de p.e. 100 metros;

2. determinação da cota representativa da crista do dique em cada secção (dados obtidos por exemplo através do LIDAR) (curva de fragilidade);

3. determinação da probabilidade de excedência de diferentes caudais de ponta;

4. determinação da probabilidade de excedência de diferentes alturas de água através das curvas de vazão;

5. A probabilidade de cheia devido a transbordo é igual, para cada secção do dique, à probabilidade de excedência do nível da água igual à cota da crista do dique.

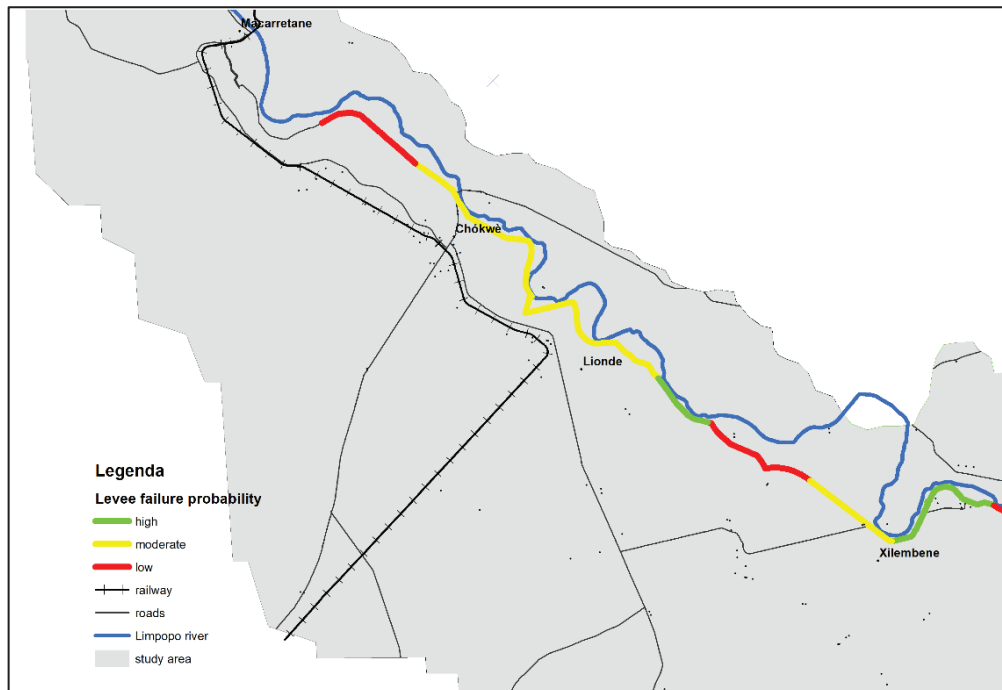


Figura 3-7: Exemplo fictício de classificação qualitativa risco de cheias devido a falha por transbordo (elevado, médio e baixo) para a sub-bacia de Chokwe (rio Limpopo)

Cheias em áreas protegidas devidas a falha estrutural geotécnica

Cheias devidas a falhas geotécnicas, tais como erosão interna e a instabilidade de massa, ocorrem se a resistência do dique for insuficiente para suportar a diferença de cotas hidráulicas sobre o dique. As inundações devido a mecanismos geotécnicos são mais prováveis (comparando com o transbordo) se o aumento do caudal do rio for lento (ocorrendo a saturação do dique) e se o nível da água for consideravelmente menor que o nível da crista.

Como estes dois critérios não são o caso da situação actual em Moçambique, assume-se neste manual que as causas geotécnicas não são os mecanismos dominantes de falha.

Ao contrário do caso de falha por transbordo, onde a resistência do dique é descrita pela altura da crista, a probabilidade de falha por mecanismos geotécnicos depende de muitos aspectos diferentes que descrevem a força do dique. Um exemplo de uma curva de fragilidade de um mecanismo de falha geotécnica é indicado Figura 3-8.

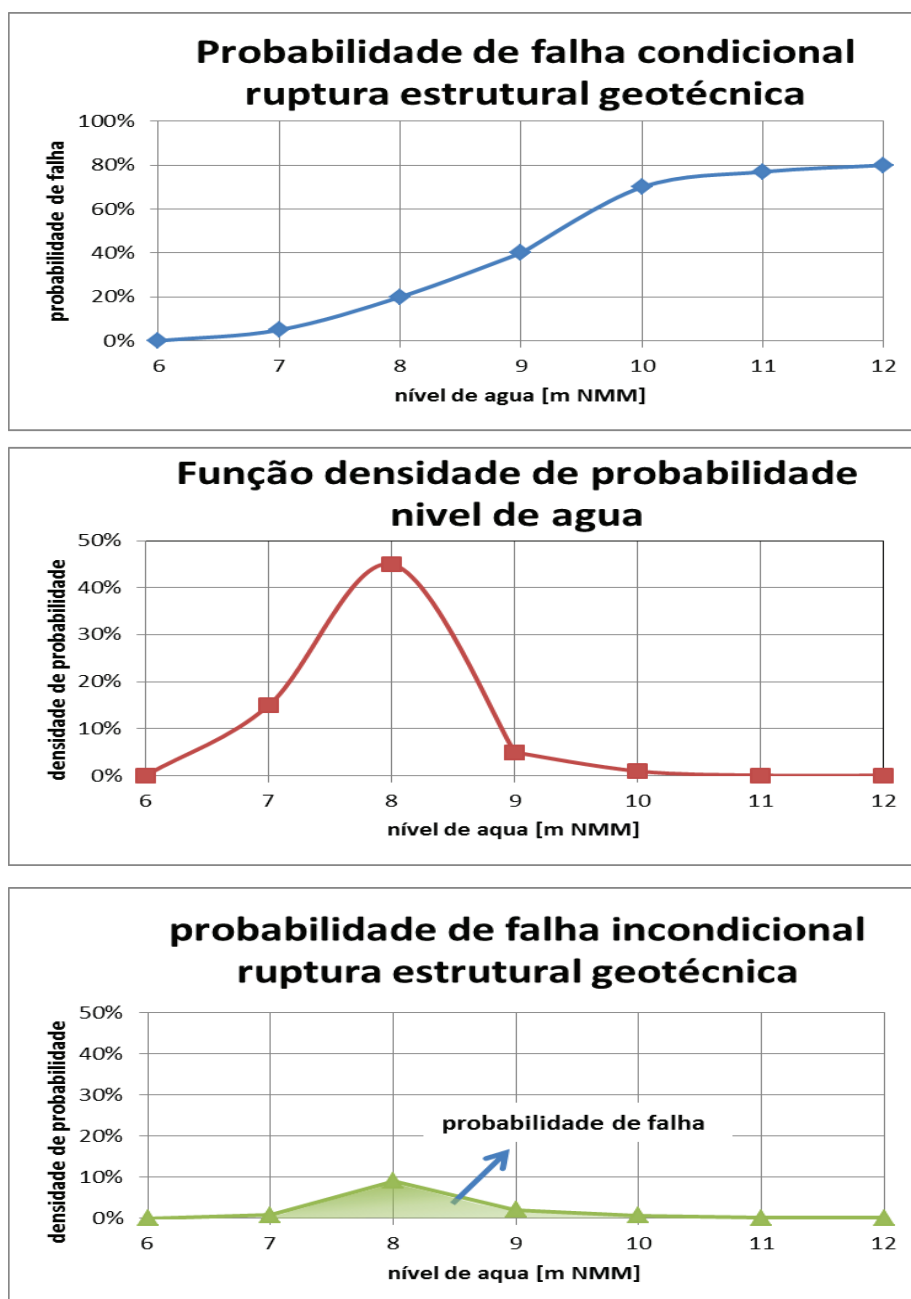


Figura 3-8: Exemplo de uma curva de fragilidade de um mecanismo de falha geotécnica

Para o cálculo da probabilidade de cheia devido a mecanismos geotécnicos como erosão interna e instabilidade de massa, é importante indicar informações adicionais à da carga hidráulica sobre a força do dique:

- diferença de pressão hidráulica;
- geometria do dique (altura da crista, largura da crista, inclinação dos taludes, existência e configuração de berma, etc.);
- material de construção do dique, material do subsolo, tipo de revestimento.

Para a estimativa da probabilidade de falha devido a mecanismos geotécnicos é necessária a quantificação destes parâmetros acima referidos. A quantificação desta probabilidade não é possível sem o recurso a modelos que descrevam a resistência do dique. Além disso a disponibilidade destes dados é muito limitada, tornando a tarefa de quantificação das probabilidades muito difícil.

Por isso, recomenda-se o uso da avaliação de desempenho de diques desenvolvida no regulamento sobre diques de protecção contra cheias e inundações para indicar qualitativamente a probabilidade de cheia das secções individuais dos diques.

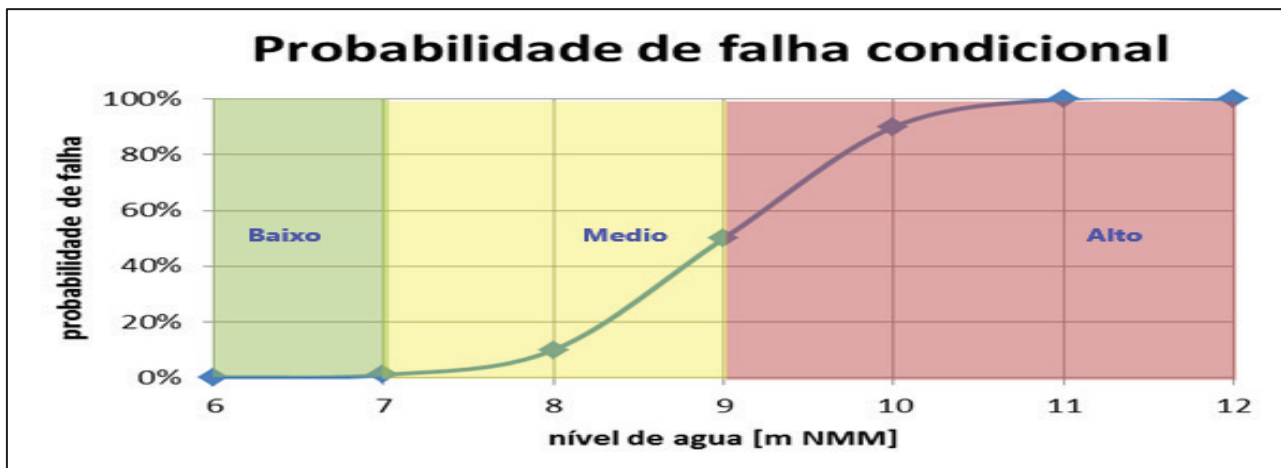


Figura 3-9: Exemplo de resultado da avaliação qualitativa do desempenho de diques: (baixo, médio, alto) ou avaliação quantitativa (curvas de fragilidade)

3.2.3 Passo 3: Avaliação das Consequências das Cheias

No terceiro passo são determinadas as consequências causadas pela inundação. A modelação de consequências consiste em duas etapas que necessitam de ser realizadas para cada cenário possível de inundação definido na análise do sistema:

- Obtenção do mapa de risco de inundação;
- Obtenção do mapa de danos causados pelas inundações.

Passo 3A: Cenários de inundação e respectivos mapas de risco de inundação

No Passo 1 foi definida uma gama de possíveis cenários de inundação para caudais com determinados períodos de retorno. Por exemplo: 20% de caudal máximo anual do rio, 4% de altura de água média anual, 2% de altura de água média anual e 1% de caudal máximo anual do rio. Os cenários de inundação podem ser distinguidos em inundações devido a transbordo / sobreposição

sem falha física do dique ou inundações em que o dique quebra com uma fractura.

Os cenários de inundação podem ser simulados recorrendo aos três seguintes métodos, que diferem na sua precisão:

- Método 1: Análise SIG baseada nas alturas de água no leito principal do rio obtidas por modelos 1D e no modelo digital de terreno (MDT);
- Método 2: Método Hand [Nobre et al., 2011];
- Método 3: modelação hidráulica 2D.

Para cada cenário de inundação é necessário obter os seguintes dados que irão ser usados no passo seguinte (3B):

- contorno de inundação;
- nível de água;
- profundidade da água;
- velocidade de fluxo;
- taxa de aumento de altura de água.

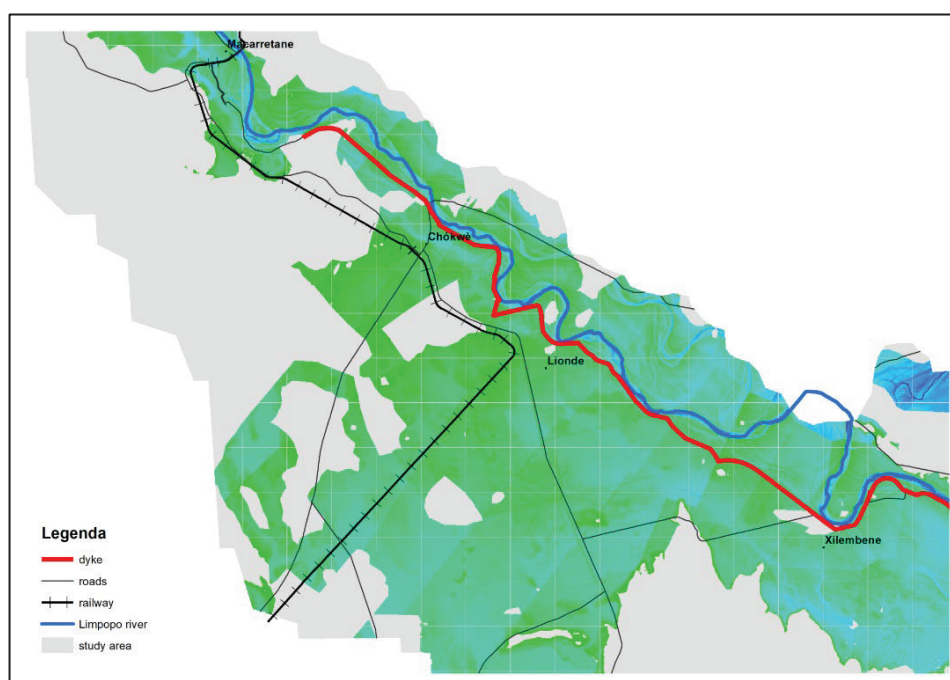


Figura 3-10: Exemplo fictício de mapa de inundações para a sub-bacia de Chokwe (rio Limpopo)

O contorno da inundação, o nível da água e a profundidade da água serão utilizados para calcular os danos económicos e o número de pessoas afectadas pela cheia. O contorno da inundação, a profundidade da água, a velocidade do fluxo e a taxa de aumento da altura de água são necessários para determinar as perdas de vida (mortes).

Passo 3B: Cálculo de danos económicos, número de pessoas afectadas e mortes

Os danos causados pelas inundações podem ser distinguidos em perdas directas e perdas indirectas. As perdas directas causadas por inundações são definidas como danos materiais a bens activos (edifícios, estradas, instalações, perda de valor agregado das culturas) devido ao contacto físico com a água de inundação. As perdas indirectas causadas por inundações são danos causados por interrupções de negócios (perda de produção industrial ou agrícola).

Os mapas de inundações servem de dados para o cálculo dos danos económicos, mortalidade e número de pessoas afectadas:

- o dano económico resultante de uma inundação depende da profundidade da água, da área total inundada, do uso da terra e da infra-estrutura presente.

- o número de mortes depende da taxa de aumento da altura de água e da velocidade do fluxo da água da inundação, dos números de residentes, bem como da possibilidade de evacuação para um local seguro.
- o número de pessoas afectadas depende da área total inundada e dos números da população.

Os seguintes passos devem ser tomados para determinar os danos económicos dos diferentes cenários de inundação:

1. Determinação da extensão da inundação e profundidade da água;
2. Determinação das categorias de uso do solo por área;
3. Determinação da fracção de danos por área com base no uso do solo e na profundidade da água usando funções de dano de cheia versus profundidade da inundação (“Flood – depth damage functions”) [Huizinga et al., 2017];
4. Determinação do dano esperado por categoria de uso do solo por área, definida como fracção de danos multiplicada pelo valor máximo do dano;
5. Determinação do dano total esperado obtido pela soma dos danos esperados em todas as categorias de uso do solo na área inundada total.

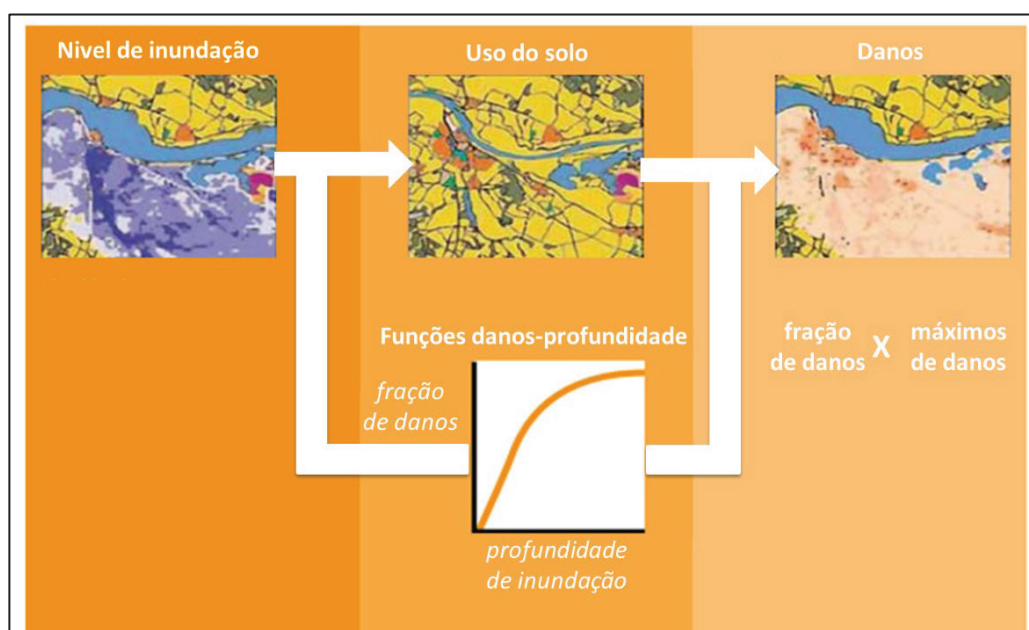


Figura 3-11: Diagrama com as etapas do cálculo de dano (editado do projecto Risco de inundação na Holanda [Min I&M, 2012])

O modelo global de danos de acordo com a profundidade de inundação, do “Joint Research Center” pode ser usado para calcular os danos para Moçambique [Huizinga et al., 2017].

Categorias de uso do solo

Existem funções de danos dependentes da profundidade de inundação disponíveis para diferentes categorias de uso do solo e infra-estruturas [Huizinga et al., 2017]:

- edifícios residenciais;
- edifícios comerciais;
- edifícios industriais;
- transporte;
- infra-estruturas de transporte (tais como estradas e caminhos de ferro);
- áreas agrícolas.

Os dados de uso do solo disponíveis precisam ser associados a estas seis categorias de uso de solo. Poderão ser definidas subcategorias adicionais, se houver uma grande diferenciação nos valores máximos de danos dentro da categoria (p.e. factor 10). Por exemplo, a categoria de edifícios residenciais pode ser subdividida em palhotas de pau-a-pique, palhotas de adobe e casas de materiais convencionais. Outro exemplo é a diferenciação da categoria áreas agrícolas em áreas de culturas irrigadas e áreas de culturas não irrigadas.

Funções danos-profundidade e valores máximos de danos

Uma função dano-profundidade é uma descrição do dano esperado devido a inundações através da fracção de danos (ou percentagem), em função da profundidade da água. Cada categoria de uso do solo tem a sua função dano- profundidade. A fracção de danos é definida como uma percentagem do dano máximo em

caso de perda de 100% (custos de substituição). O dano esperado por categoria de uso do solo por área pode ser obtido multiplicando a fracção de dano ao valor de dano máximo. Recomenda-se uma pesquisa para melhorar os valores máximos de danos para Moçambique.

Na Figura 3-12, são mostradas as funções dano-profundidade para Moçambique.

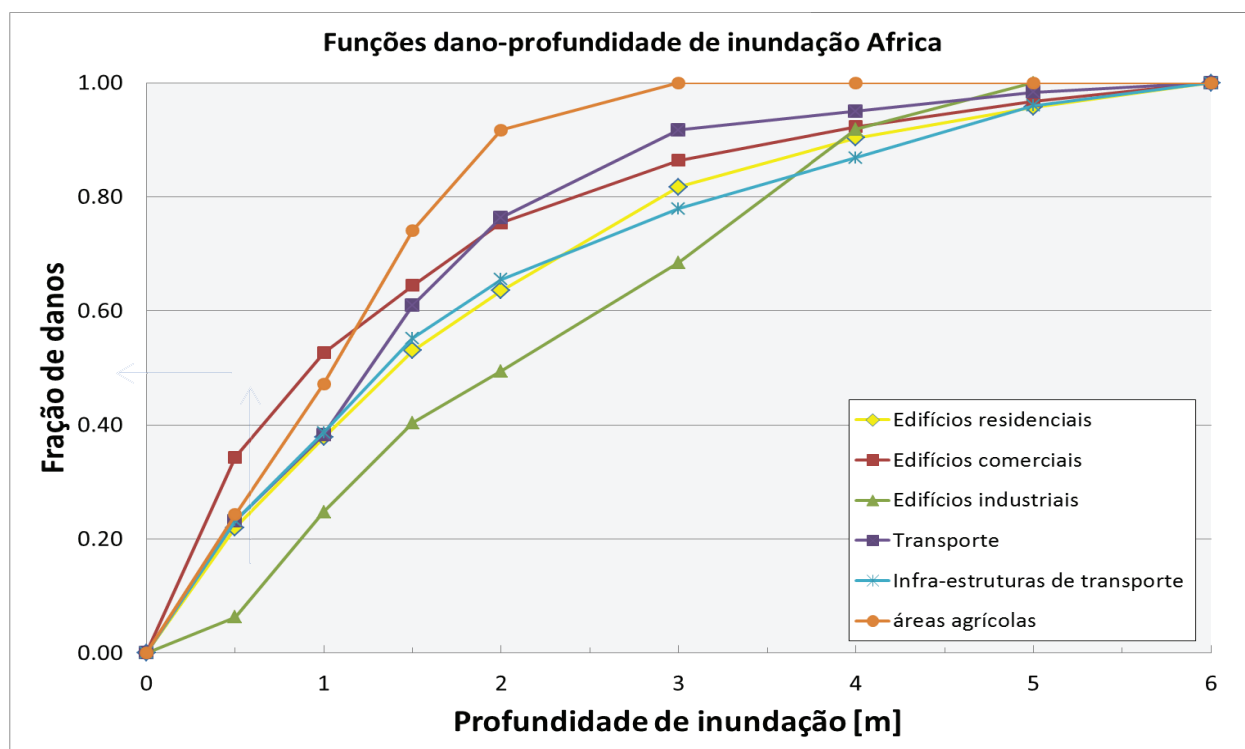


Figura 3-12: Funções dano-profundidade de inundação para Moçambique [Huizinga et al., 2017]

Exemplo de cálculo dos danos esperados

Neste exemplo é feito o cálculo do dano esperado para um caso fictício. Se, por exemplo, a altura de inundação em torno de uma casa é de 1 metro, e considerando a função dano-profundidade de inundação para edifícios residenciais (Figura 3-12), o factor de danos correspondente é de aproximadamente 40% do valor máximo dos danos potenciais no edifício. Na Tabela 3-1, o dano esperado devido às inundações é estimado para três tipos diferentes de residências, com base em estimativas fictícias melhoradas dos valores de danos máximos para Moçambique.

Categoria do uso do solo	Estimativa dos valores máximos de danos (melhor estimativa de valores fictícios)	Dano no caso de profundidade de inundação de 1m por residência (factor 40% de danos)
Tipo de residência:		
• Palhotas (+/- 10 m ²)	500 USD/edifício	200 USD
• Casa de alvenaria e casa de tijolos (25-50m ²)	2.000 USD/ edifício	800 USD
• Casa de alvenaria e casa de tijolos (> 50m ²)	4.000 USD/ edifício	1.600 USD

Tabela 3-1: Exemplo de valores estimados de danos em residências expostas a 1 metro de altura de inundação

Para ter uma ideia do potencial máximo de danos causados por inundações relacionadas aos principais bens activos na área exposta, ilustra-se na Tabela 3-2 o dano potencial máximo de inundações para três áreas indicativas: área rural, área suburbana e área urbana.

Características de área exposta	Principais bens activos na área exposta	Dano potencial máximo
Área rural	10.000 edifícios residenciais	;- 100 milhões USD
	50.000 população exposta	
	100.000 ha de agricultura	
Área sub-urbana	25.000 edifícios residenciais	;- 500 milhões USD
	125.000 população exposta	
	500.000 ha de agricultura	
Área urbana	100.000 edifícios residenciais	;- 1.000 milhões USD
	500.000 população exposta	
	1.000.000 ha de agricultura	

Tabela 3-2: Exemplo de características de três tipos de áreas expostas a risco de inundações

Pressupostos (melhor palpite) assumidos em relação aos dados de danos na área exposta:

- Os danos médios à habitação são de 1.500 USD/edifício residencial, com base na suposição de 50% de casas em argila ou rafia, 40% de casas em tijolos com 25 - 50 m² e 10% de casas em tijolos com área superior a 50 m²
- perda de valor acrescentado para a agricultura é de 500 USD/ha
- danos de infra-estruturas, como estradas e ferrovias é de 25% do dano directo à habitação.
- outros danos são calculados em 50% dos danos causados à habitação, agricultura e infra-estrutura.

Principais impactos sociais e danos provocados pelas cheias de 2013

[Relatório draft Salomon, Consultec e IHE, 2017]:

- Chokwe e Xai Xai e algumas outras cidades e aldeias foram inundadas
 - 380.000 pessoas afectadas, das quais 41 perderam a vida
 - Dano directo estimado em 550 milhões de USD e 1100 milhões de USD se se incluírem danos indirectos. Os Principais componentes nos danos foram:
 - 60.000 mil ha de terras agrícolas
 - Infra-estruturas de irrigação de Chokwe
 - Infra-estruturas sociais, tais como centros de saúde e escolas.
 - infra-estruturas críticas de estradas e pontes: 30 milhões de USD
 - linha ferroviária de Limpopo: 10 milhões de USD
 - Danos em unidades agroindustriais de processamento de arroz de grande dimensionamento (danos na fábrica e equipamentos): 2 a 3 milhões de USD.
 - Diques de proteção contra cheias de Chokwe e Xai Xai
- Abastecimento de água, drenagem de águas pluviais e estação de tratamento de água

3.2.4 Passo 4: Quantificação dos Riscos de Cheias

O risco de cheias é definido como o valor esperado anual de danos económicos, o valor esperado do número de mortes e pessoas afectadas com base no produto da probabilidade de cheia e das consequências por cenário.

O dano anual esperado do (DAE) é a soma ponderada pela probabilidade do dano de todos os cenários possíveis. O valor do dano anual esperado pode ser calculado com a seguinte fórmula:

$$DAE = \frac{1}{T_n} * D(1/T_n); ...; \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) * \left(\frac{D(1/T_1);D(1/T_2)}{2}\right)$$

com

- DAE

$\frac{1}{T_1}, \frac{1}{T_2}, \dots, \frac{1}{T_n}$

$D(T_i)$
- Dano anual esperado

Probabilidade de excedência 1 (máximo; p.e. 1/10 por ano) até n (mínimo; p.e. 1/500 por ano)

Dano económico associado à probabilidade de excedência 1/T_i, i = 1, 2, ...n.

Cenário	Probabilidade de excedência [1/ano]	Danos da cheia [USD]
1	1/T1	D1
2	1/T2	D2
3	1/T3	D3
4	1/T4	D4
Dano anual esperado [USD/ano]		DAE

Tabela 3-3: Esquema para o cálculo do dano anual esperado

Figura 3-13 apresenta a curva de risco que descreve o dano devido a cheias relacionados à probabilidade de excedência de cada cenário. A área (padrão diagonal) sob a curva é o risco total ou o valor do dano anual esperado.

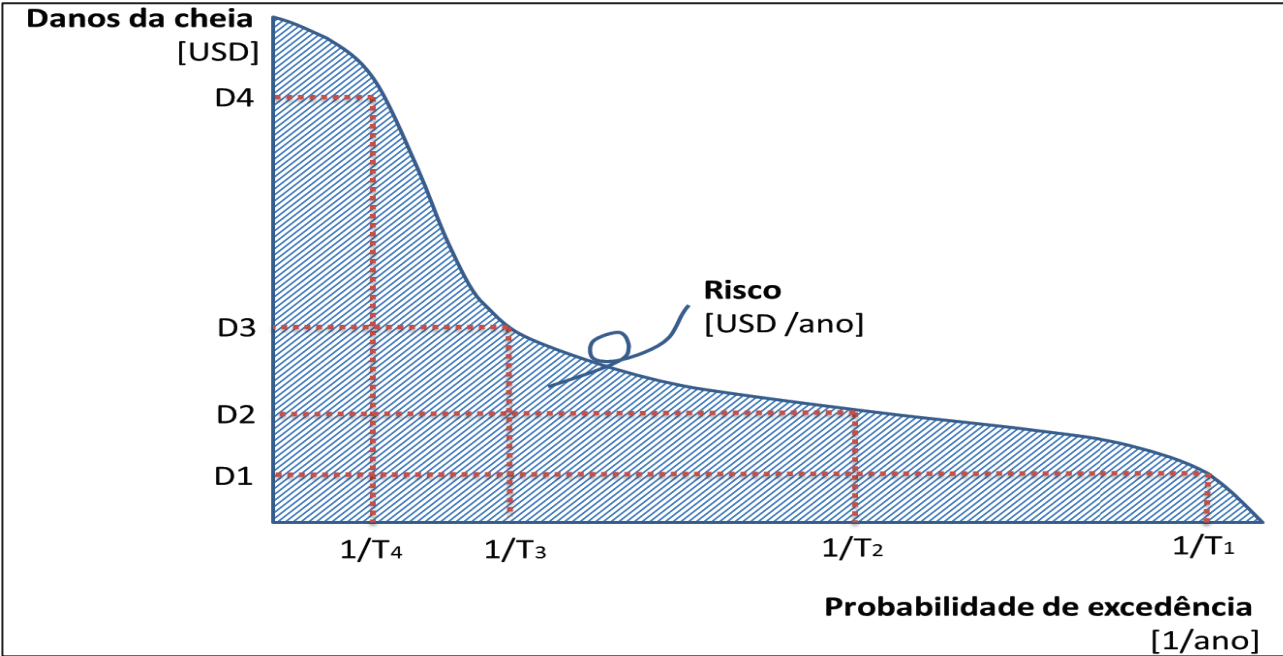


Figura 3-13: Exemplo de uma curva de risco

Exemplo de cálculo do risco

Este exemplo explica o método para calcular o dano anual esperado para um caso fictício. Neste exemplo, existem quatro cenários de inundação disponíveis com períodos de retorno de 1/5 anos até 1/200 anos. O dano económico é calculado para cada cenário. O dano anual esperado calcula-se da seguinte forma:

$$DAE = \frac{1}{200} * 160 \text{ milhões \$}; \left(\frac{1}{200} - \frac{1}{100} \right) * \left(\frac{160 \text{ milhões \$}; 80 \text{ milhões \$}}{2} \right);$$

$$\left(\frac{1}{100} - \frac{1}{25} \right) * \left(\frac{80 \text{ milhões \$}; 40 \text{ milhões \$}}{2} \right); \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{5} \right) * \left(\frac{40 \text{ milhões \$}; 20 \text{ milhões \$}}{2} \right)$$

$$DAE = 8 \text{ milhões \$ / ano}$$

Cenário	Probabilidade de excedência [1/ano]	Danos da cheia [USD]
1	1/5	20 milhões
2	1/25	40 milhões
3	1/100	80 milhões
4	1/200	160 milhões

Dano anual esperado [USD/ano]	8 milhões USD/ano
-------------------------------	-------------------

Tabela 3-4: Exemplo de cálculo do dano anual esperado

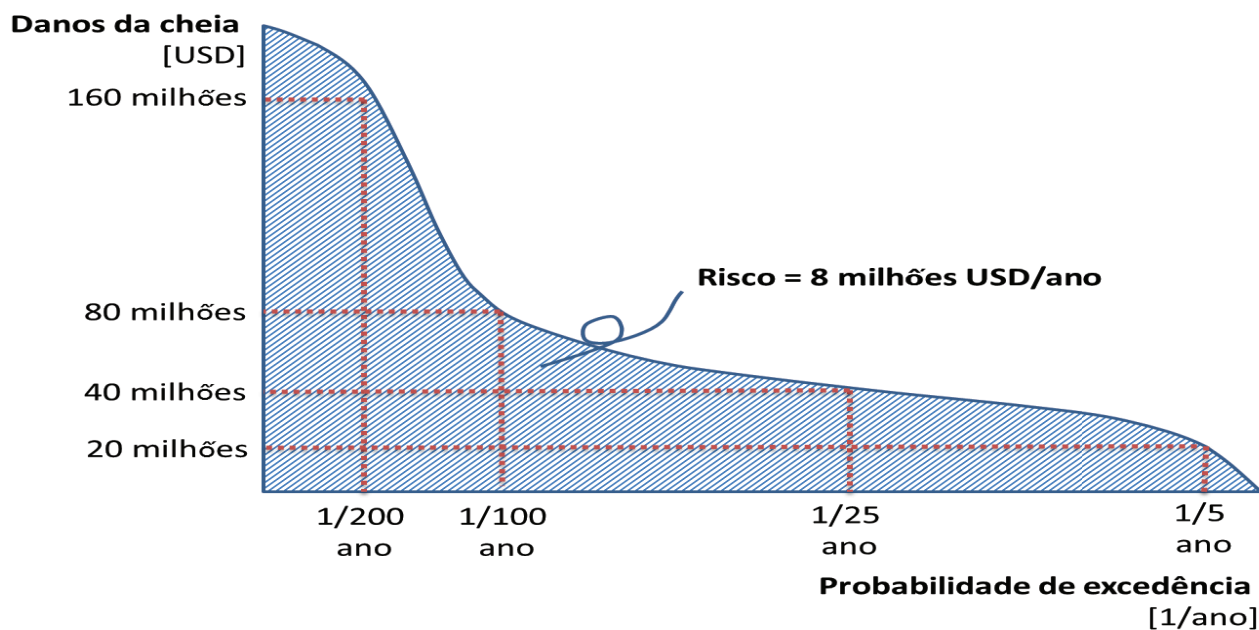


Figura 3-14: Curva de risco associada ao exemplo cálculo do dano anual esperado

A Figura 3-15 mostra um exemplo fictício de um mapa de risco geográfico com uma distribuição espacial do nível de risco. Este mapa indica as áreas de maior risco.

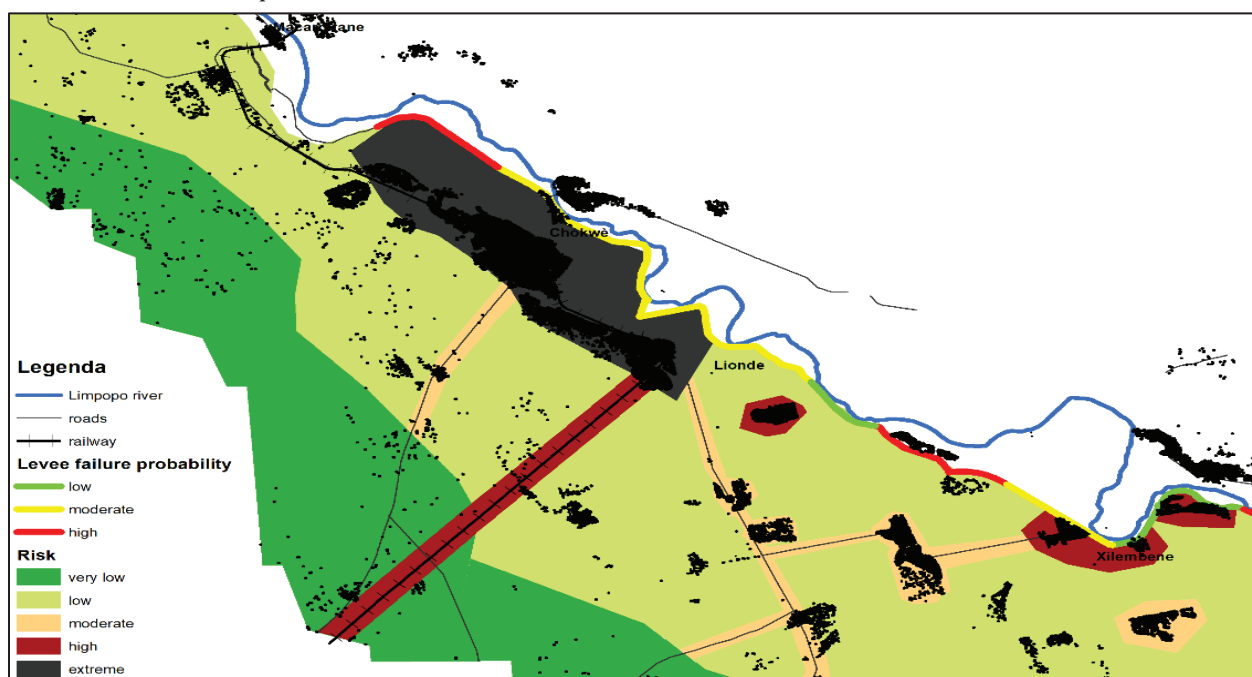


Figura 3-15: Exemplo fictício de um mapa de risco para a sub-bacia de Chokwe (rio Limpopo)

3.2.5 Passo 5: Avaliação dos Riscos de Cheias

O quinto passo é a avaliação do nível de risco de inundação para a situação actual. A principal questão numa avaliação de risco de inundação é se o nível de risco actual é aceitável ou não:

- Se o nível de risco for aceitável, o risco deve ser monitorizado. Recomenda-se uma reavaliação do

nível de risco em 10 anos devido ao desenvolvimento socioeconómico e mudanças climáticas que influenciam o nível de risco.

- Se o nível de risco for inaceitável, é necessário avaliar o impacto de medidas (de redução de risco) no nível de risco. Os custos de investimento e manutenção dessas medidas têm que ser avaliados.

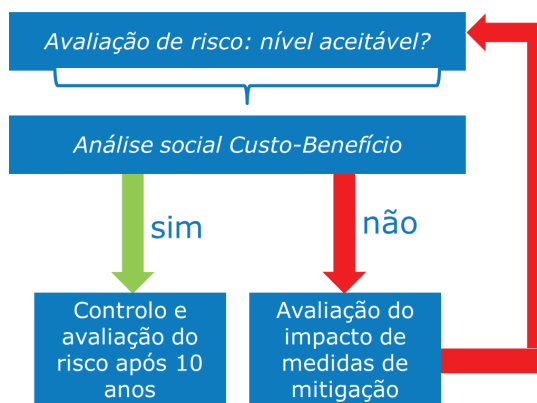


Figura 3-16: Esquema para a avaliação de risco de cheias

A questão de saber se o nível de risco será aceitável ou não, pode ser respondida, discutindo o seguinte: "Qual é o nível de segurança suficiente?" ("How safe is safe enough?"). É desejável ter a maior segurança possível, mas os custos de investimento também tem que ser pagos pela sociedade. Portanto, é necessário discutir qual nível de risco aceitável, tendo em conta o equilíbrio entre o risco e os custos para reduzir o risco. As medidas e seus custos de investimento são discutidos no passo 6.

Uma segunda questão é a quantidade de orçamento disponível para investimentos na prevenção de riscos de cheias, pois isso pode restringir o nível de segurança. Para responder a esta pergunta, deve haver uma política de segurança de cheias na qual deve ser atribuída a uma organização responsável a cada infraestrutura de defesa cheias (proprietário legal). Esta entidade é responsável pelos investimentos e manutenção da infra-estrutura (p.e. dique) para manter o nível de protecção contra inundações desejado.

Nível aceitável de protecção contra cheias

Existem múltiplas análises socioeconómicas baseadas em riscos que são os fundamentos do nível aceitável de protecção contra cheias. O princípio socioeconómico básico da derivação do nível aceitável de protecção contra inundações é: quanto maior o valor económico da área em risco, maior o nível mínimo

necessário (aceitável) de protecção. Os níveis de protecção contra inundações são definidos em termos de um evento de cheia com uma determinada probabilidade de excedência que o sistema deve proteger (por exemplo, um evento de cheia de 1 por 50 anos).

Deve ser realizada uma análise de custo-benefício para uma variedade de níveis de protecção contra inundações, de modo a encontrar o equilíbrio entre o custo associado ao risco e o custo de investimento e manutenção. O custo de investimento e manutenção aumenta com o aumento de nível de protecção contra cheias. Mas quanto maior o nível de protecção contra cheias, menor o custo de risco restante. Os custos totais são definidos como a soma dos investimentos descontados, dos custos de manutenção das medidas de risco de inundação e do valor descontado de danos esperados (perdas futuras) [Van Dantzig, 1956]. A fórmula para calcular os custos com desconto será discutida no exemplo abaixo. O nível económico de protecção ideal é o nível em que os custos totais são mínimos.

A Figura 3-17 mostra um exemplo de um gráfico com o custo total, risco, custo de investimento e o custo de manutenção. Neste exemplo os custos e os benefícios estão em equilíbrio ($C/B=1$) no caso de uma probabilidade de excedência de cerca de 1/40 a 1/50 anos, mas o valor mínimo dos custos totais ocorre com uma probabilidade de excedência de 1/100 anos.

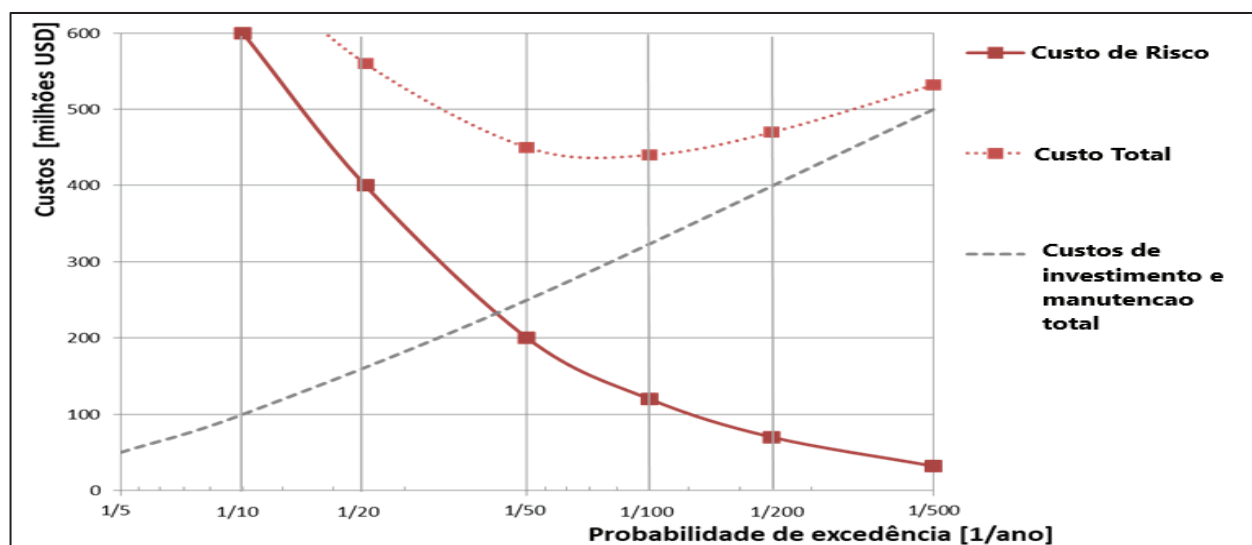


Figura 3-17: Exemplo de um gráfico com os custos totais custos associados ao risco e custos de investimentos e manutenção para diferentes probabilidades de excedência

Os seguintes passos devem ser tomados para encontrar o óptimo económico da probabilidade de cheias com base em vários cenários: por exemplo, 1/5, 1/10, 1/50, 1/100 e 1/200 por ano.

1. Definição de um (conjunto de) medida (s) para avaliar a redução do impacto do risco de inundação, por exemplo

- Reforço de diques,
- Bacias de retenção de água para atenuação dos picos de cheias descargas de alta,

- Construções nas áreas urbanas à prova de cheias,
- Compartimentação de áreas urbanas (rodear cidades com diques para as proteger);

2. Indicação dos custos de investimento, incluindo os custos de manutenção ao longo do tempo de vida para cada medida (ver passo 6);

3. Estimativa do valor actual do custo anual esperado dos danos ou risco com base no modelo de dano (veja o passo 4);

4. Cálculo do custo total igual à soma do risco e do custo de investimento e manutenção custo (descontado) de medidas de risco de inundação.

Exemplo de cálculo do óptimo económico do nível de protecção

Este exemplo descreve as etapas para o cálculo do nível óptimo económico de protecção. A diferenciação das normas de segurança pode basear-se no tipo de área protegida e no seu valor socioeconómico indicativo. Neste exemplo são considerados três tipos de áreas protegidas: área rural, suburbana e urbana. A Tabela 3-5 indica, para cada categoria, o dano de inundação estimado com base nos principais bens activos da área potencialmente inundada.

Neste exemplo considera-se uma área potencial com risco de cheias que tem as características de uma área suburbana de 50 km² localizada atrás de um dique. A medida de risco de inundação que é avaliada é o reforço do dique.

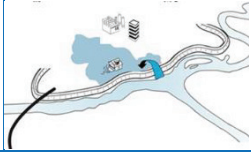
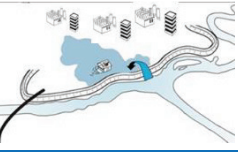
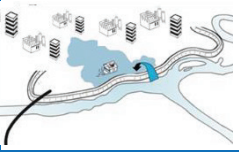
	Área Rural	Área Suburbana	Área Urbana
Probabilidade de excedência			
1/5	40	120	200
1/10	60	180	300
1/20	80	240	400
1/50	100	300	500
1/100	150	450	750
1/200	200	600	1000
1/500	250	750	1250

Tabela 3-5: Três tipos fictícios de áreas expostas a risco de cheias (área rural, suburbana e urbana)

Passo 1: Definição de (conjunto de) medida(s) para avaliar o impacto no risco de inundação

Neste exemplo ilustra-se a análise do nível óptimo económico de protecção ilustrada para a medida de reforço de dique. O custo de risco e o custo de investimento associados ao reforço de dique são ilustrados para diferentes níveis de protecção. Note-se que o nível óptimo económico de protecção se altera se outro tipo de medida for considerado (p.e. construções nas áreas urbanas à prova de cheias).

Passo 2: Indicação do custo de investimento e manutenção

Os custos de investimento e manutenção dependem do tipo de medida de risco de inundação, do nível de protecção do projecto, das circunstâncias locais, etc. No passo 6 são estimados os valores de custo para o reforço do dique. Esses valores de custo são usados para estimar o custo de investimento e manutenção para reforço de dique com diferentes probabilidades de excedência. Os resultados são apresentados na terceira coluna da Tabela 3-6.

Passo 3: Valor actual do dano anual esperado ou custo de risco

Nesta etapa determina-se o custo de risco de cada cenário de inundação com o dano esperado $D(1/T_i)$ da área suburbana com probabilidade de excedência de $1/T_i$. O custo de risco é definido como o valor actual do dano anual esperado descontado em n anos:

$$VA_{DAE;T_i} = \frac{\frac{1}{T_i} * D(1/T_i)}{r} * \left[1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right] \quad \text{com } r = \text{taxa de desconto de 4 \%}.$$

A soma dos valores actuais dos danos anuais esperados somado num período de tempo infinito pode ser calculado com a fórmula simplificada:

$$VA_{DAE;T_i} = \frac{\frac{1}{T_i} * D(T_i)}{r} \quad \text{com } r = \text{taxa de desconto de 4 \%}.$$

Neste exemplo o custo de risco de cada cenário é descontado num período de tempo infinito e é apresentado na segunda coluna da Tabela 3-6.

Passo 4: Custo total para cada cenário

Neste passo, o custo total é calculado para cada cenário como o somatório do custo de risco e do custo de investimento e manutenção durante um período de tempo infinito. O custo total é apresentado na quarta coluna da Tabela 3-6.

Probabilidade de excedência	Custos do risco	Custos de investimento e manutenção	Custo total
[1/ano]	[milhões USD]	[milhões USD]	[milhões USD]
1/5	800	50	850
1/10	600	100	700
1/20	400	180	580
1/50	200	250	470
1/100	120	340	460
1/200	70	410	480
1/500	32	500	532

Tabela 3-6: Exemplo de cálculo do custo total para área suburbana

Neste exemplo, o custo total é no mínimo no caso de uma probabilidade de excedência de 1/100 por ano. A Figura 3-18 mostra um gráfico com os custos de investimento e manutenção descontados (linha interrompida cinzenta), os custos de riscos e o custo total para uma área suburbana (linhas vermelhas) a área rural (linhas azuis) e urbanas (linhas verdes).

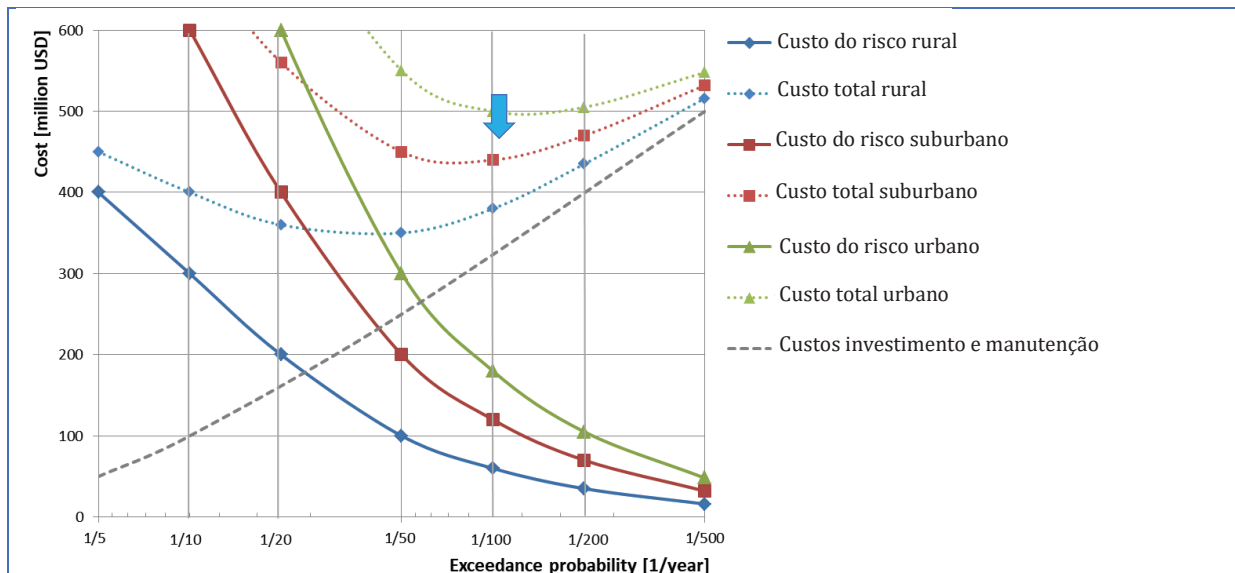


Figura 3-18: Custos totais, custos do risco, custos de investimentos e manutenção para três áreas fictícias expostas a inundações: rural, suburbana e urbana

3.2.6 Passo 6: Medidas de Redução de Risco

Na sexta etapa, o impacto das medidas de redução de risco será avaliado se, na etapa anterior o nível de risco for declarado "inaceitável". Os mapas de riscos podem ajudar a identificar as áreas da bacia hidrográfica mais expostas ao risco de inundações.

Tipos de medidas

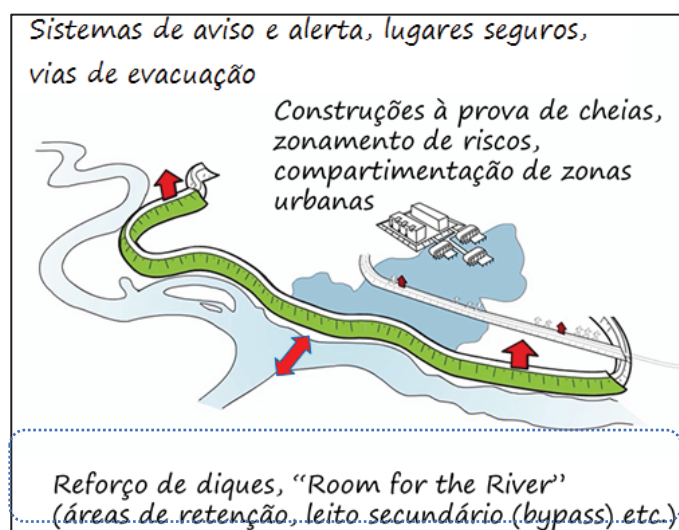
As medidas podem reduzir o risco de inundação de várias formas:

- i) reduzindo a probabilidade de inundações (reforço dos diques, medidas do princípio "Room for the River"

(devolver espaço ao rio), tais como áreas de retenção, leitos secundários, etc.),

- ii) reduzindo os danos (área de construção à prova de inundação, zoneamento de risco, compartimentização de áreas urbanas); e

- iii) reduzindo as perdas de vida (aviso prévio, abrigos/lugares seguros e possibilidades de evacuação). Esta abordagem é conhecida como "multi layer safety" (segurança multi-camada).



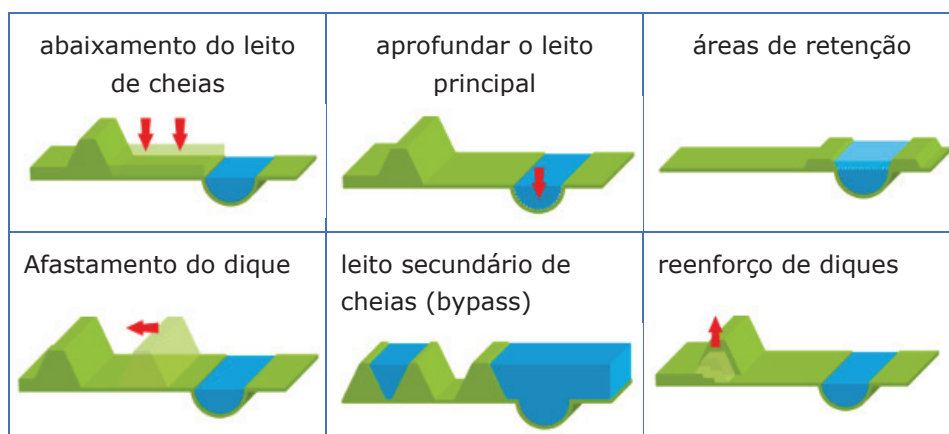
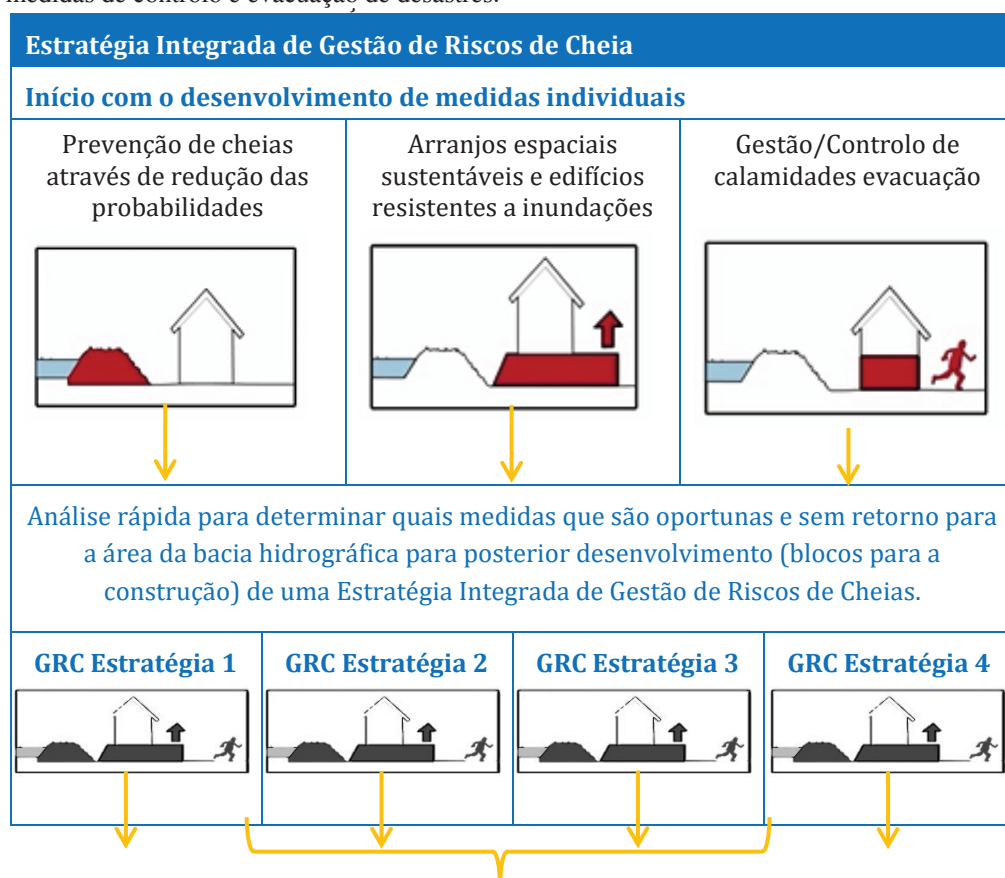


Figura 3-19: Exemplos de medidas para reduzir a probabilidade e consequência das cheias (editado de www.schetsontwerp.com e www.ruimtevoorderivier.nl/)

Estratégia Integrada de Gestão de Riscos de Cheia

O diagrama na Figura 3-20 propõe as etapas para a tomada de decisão da estratégia favorável integrada de gestão de riscos de cheia, que é uma combinação de medidas de prevenção de inundações por redução de probabilidades, medidas relativas a arranjos espaciais sustentáveis e edifícios resistentes a inundações e medidas de controlo e evacuação de desastres.



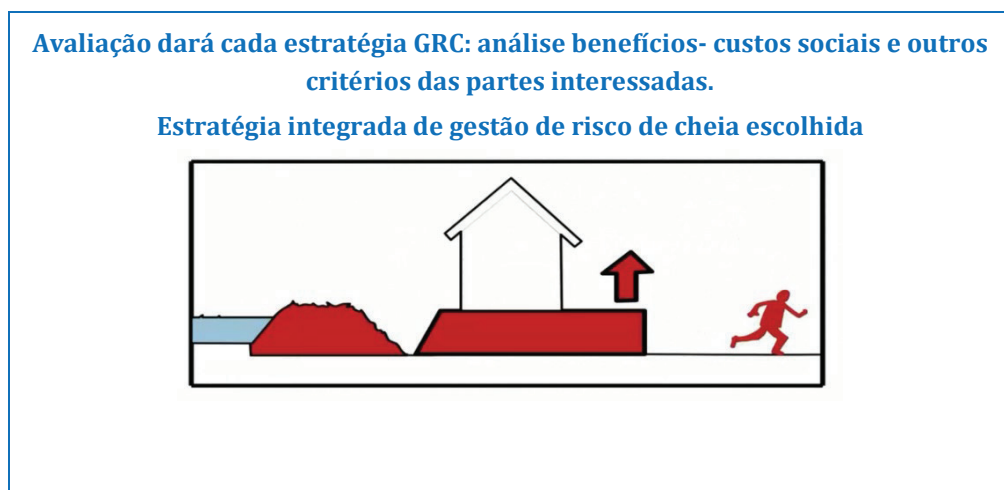


Figure 3-20: Etapas para a tomada de decisão na escolha da estratégia integrada de gestão de riscos de cheias (editada de www.schetsontwerp.com)

Avaliação de custos e benefícios sociais

Uma análise social custos-benefícios pode ajudar a encontrar um equilíbrio entre os custos e os benefícios da mitigação dos riscos de cheia. Se os benefícios excederem os custos de investimento, o investimento na gestão do risco de inundação é rentável. Numa perspectiva económica, a melhor medida é aquela que com o mesmo investimento proporciona a maior segurança.

Valores de custo

Neste manual no Anexo 3-A são apresentadas algumas estimativas preliminares de custo de reforços dos diques. Porém é importante averiguar valores de custos locais de outras medidas, como, por exemplo, “Room for the River”, construções à prova de cheias ou compartimentação de áreas urbanas (pequenos anéis de diques). Isto para comparar o custo-eficácia de medidas de redução de probabilidade cheia como reforços de dique, “Room for the River” com o custo-eficácia de medidas de redução de danos.

3.2.7 Passo 7: Aceitação dos Riscos de Cheias

Se o nível de risco for aceitável, o risco deve ser monitorizado. Recomenda-se a avaliação do nível de risco em 10 anos devido ao desenvolvimento socioeconómico e mudanças climáticas que influenciam o nível de risco.

4. Guião Para A Elaboração de Projectos e Construção de Diques

4.1 Introdução ao Capítulo

Neste capítulo é desenvolvido a segunda fase do processo de estudos e projectos que começa após a tomada de decisão de construção/reabilitação da infra-estrutura e quando a entidade responsável pela manutenção da infra-estrutura é definida. Os critérios de projecto para diques e grandes obras hidráulicas podem ser obtidos na fase de estudos preliminares baseada na abordagem passo para a gestão de risco de cheias. A fase descrita no presente capítulo (inclui o projecto detalhado e a preparação à fase de construção.

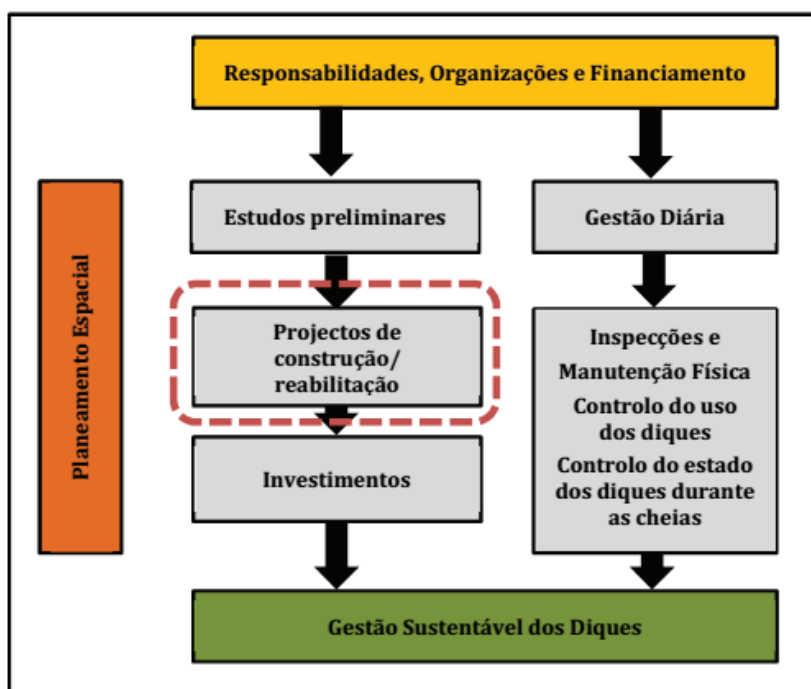


Figura 4-1: Componente “Projectos de construção/reabilitação” do modelo conceptual para a gestão sustentável de diques relativa aos riscos de cheias

4.2 Introdução Projectos e Construção de Diques Flúvias

4.2.1 Objectivo

O objectivo desta secção do manual é dotar as Instituições Públicas gestoras de diques, bem como a outros potenciais proprietários, de ferramentas para a preparação de Termos de Referência para a contratação de serviços de consultoria para elaboração de projectos de diques; permitindo que avaliem o relatório de projecto, bem como tenham meios e referências bibliográficas adequadas para a elaboração de documentos de contratação para empreitadas de construção de diques. Também é objectivo deste documento orientar os consultores sobre os passos a seguir na elaboração de um projecto de diques. Este Guião servirá também como uma ferramenta auxiliar aos proprietários de diques para a verificação do relatório do projecto a partir da lista de verificações do projecto. A inclusão neste documento de procedimentos a observar durante a construção de diques alarga a sua importância também aos empreiteiros.

4.2.2 Limitações

Este documento destina-se a servir apenas de guião e não apresenta cálculos de dimensionamento de elementos específicos

do projecto. No entanto, ele fornece referências bibliográficas que podem ser usadas pelo consultor na elaboração do projecto detalhado.

4.2.3 Estrutura do Guião

As diretrizes para a Elaboração de Projetos e Construção de Diques Flúvias em Moçambique serão apresentadas em quatro sub-seções:

- Introdução;
- Recomendações para a elaboração de um projecto de diques;
- Recomendações para a construção de diques;
- Abordagem sobre práticas locais na construção de diques.

Nesta fase inicial da preparação do Manual iremos apresentar apenas a Introdução e apenas parte referente ao Projecto Preliminar, das Recomendações para a Elaboração de um Projecto de Diques.

4.3 Recomendações para a Elaboração de um Projecto de Diques

O processo de elaborações de um projecto de diques pode ser dividido em três fases principais de acordo com a responsabilidade de cada interveniente, conforme resumidas na Tabela 4-1.

Fase	Actividade	Responsabilidade
1	Definição do Desempenho e Objectivos Pretendidos	Proprietário do dique
2	Projecto Preliminar	Consultor
3	Projecto Detalhado	Consultor

Tabela 4-1: Fases Principais de um Projecto de Diques

Estas fases são interdependentes e só podem iniciar depois que a componente de análise de risco tenha sido finalizada e apenas quando a conclusão chegada é desenvolver ou recuperar sistemas de diques de rios.

4.3.1 Definição do Desempenho e Objectivos Pretendidos

É da responsabilidade do proprietário do dique a identificação do local para protecção, a definição do desempenho e dos objectivos pretendidos com o dique. Estes parâmetros constam da Análise de Risco do Projecto e que é apresentada neste Manual no capítulo 3.

Para tal o proprietário do dique pode recorrer a serviços de um consultor, mas aconselha-se que fase do desenvolvimento do projecto de um sistema de defesa contra cheias seja separada da Fase de Elaboração do Projecto propriamente dito. Por isso, no momento em que um consultor é seleccionado para Elaborar um Projecto de um Dique, o proprietário do dique já realizou a Avaliação de Risco, estando assim em condições de estabelecer

o Nível de Redução de Risco Pretendido, o Período de Retorno, e os Níveis e Caudais do rio bem como a Vida Útil esperada para a infra-estrutura. O relatório do Estudo da Análise de Risco e dados relevantes de GIS serão disponibilizados.

4.3.2 Projecto Preliminar

Assume-se que durante a preparação dos Termos de Referência para a seleção do consultor para a elaboração do projecto do dique, o proprietário deste avaliou os possíveis constrangimentos para o processo de desenvolvimento do projecto, como os de carácter social, ambiental, político e financeiros, a fim de que estes constrangimentos não interrompam o curso normal das actividades do consultor.

O objectivo principal desta fase do projecto é desenvolver o conceito do dique, a partir do qual, ainda no estágio inicial do projecto, é possível ter uma visão geral do dique, incluindo elementos relevantes para realizar o projeto detalhado. O projeto preliminar pode ser dividido em várias etapas como é exemplificado na tabela 4-2.

Fase	Actividade
1	Colecta de dados de hidrologia, dados morfológicos e dados geotécnicos
2	Definição do preliminar do alinhamento do dique e do corredor do dique
3	Reconhecimento do terreno
4	Levantamentos topográficos
5	Prospecção geotécnica e testes laboratoriais
6	Avaliação dos materiais da fundação e das áreas potenciais de empréstimo
7	Avaliação das potenciais causas de falhas do dique
8	Definição dos critérios de dimensionamento
9	Avaliação das condições de drenagem da planície de inundação
10	Definição de estruturas de drenagem
11	Estimativa de quantidades e custos
12	Relatório do projecto preliminar
13	Consulta pública
14	Comentários do proprietário do dique, das partes interessadas e de outros intervenientes

Tabela 4-2: Etapas básicas do projecto preliminar

4.3.3 Fase 1. Colecta de dados e estudo de escritório

Na fase inicial do projecto, o consultor deve procurar informações disponíveis, tais como dados hidrológicos, mapas topográficos, cartas de solos, mapas geológicos e fotografias aéreas. Deve igualmente colher informações relevantes sobre construção e serviços existentes na área. Isso inclui estradas, caminhos de ferro, linhas de transporte de energia, estruturas hidráulicas, torres de comunicação, poços e furos de água. Todas as informações disponíveis sobre câmaras de empréstimos existentes devem ser igualmente recolhidas. Uma parte desta informação pode ser fornecida ao consultor como resultado de pré-estudos como é o caso da Análise de Risco, veja o capítulo 3.

Os mapas topográficos de Moçambique na escala 1: 50.000 estão disponíveis na CENACARTA. Os mapas geológicos de Moçambique à escala 1: 250.000 estão disponíveis na Direcção Nacional de Geologia. Os mapas do solo de Moçambique à escala 1: 1.000.000 estão disponíveis no IIAM.

Os mapas topográficos de Moçambique também podem ser baixados da *internet* mediante pagamento. Os mapas de geologia de Moçambique em formato também estão disponíveis.

Infelizmente, a escala dos mapas disponíveis sobre solos de Moçambique não fornece detalhes suficientes para a avaliação da diversidade de solos de um local relativamente pequeno. Como os diques são frequentemente localizados em terrenos planos de áreas de inundação, o mapa de solos a escala 1:1.000.000 dificilmente mostrarão mudança de solos de modo a permitir o zoneamento de solos.

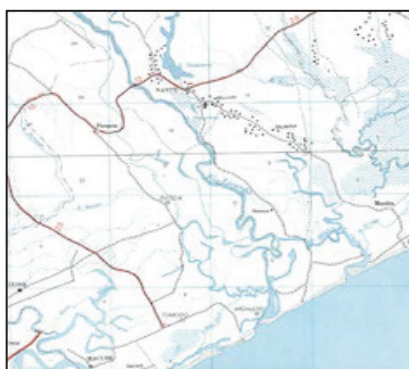


Figura 4-2: Pormenor do mapa topográfico a escala 1:50.000

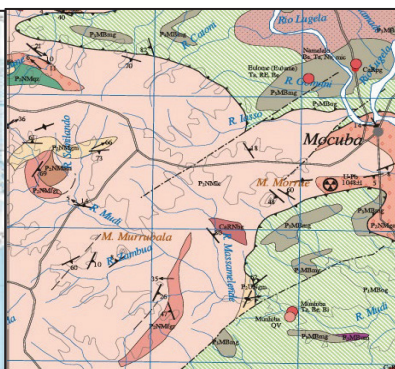


Figura 4-3: Pormenor do mapa geológico a escala 1:250.000

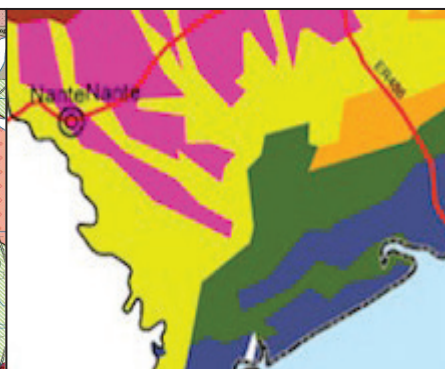


Figura 4-4: Pormenor do mapa de solos a escala 1:1.000.000

4.3.4 Fase 2. Definição Preliminar do Alinhamento do Dique e Estabelecimento do Corredor

Esta actividade também faz parte do estudo de escritório, mas será tratada separadamente para uma melhor compreensão. Supõe-se que os limites das áreas de estudo já foram estabelecidos pelo proprietário do dique, portanto, o consultor se concentrará na definição preliminar do alinhamento dentro dessa área levando em consideração as restrições relacionadas com a definição de um alinhamento de dique, que será abordado aqui.

O objectivo da definição preliminar de um alinhamento do dique é o estabelecimento de um corredor para a investigação de campo, que inclui a inspecção visual do terreno, o levantamento topográfico detalhado e prospecções geotécnicas.

Um dos desafios na definição do alinhamento de um dique é que a sua localização é determinada pelos requisitos de proteção contra inundações, independentemente de as condições da fundação serem ou não favoráveis. Durante a fase da definição preliminar do alinhamento recomenda-se a abordagem feita pelo *National Engineering Handbook*, que considera os seguintes aspectos:

- O uso e ocupação da terra, situação existentes e projecções futuras, dentro da área a proteger. Deve ser apresentada uma breve descrição dos

concessionários das terras e de possíveis infraestruturas existentes ao longo do dique projectado;

- Previsão de situações de inundação;
- A maneira pela qual a drenagem da área protegida será providenciada;
- A largura da faixa de segurança;
- Problemas físicos a serem encontrados, especialmente as condições do solo relacionadas à fundação, com o aterro e com os acessos para construção e manutenção. A existência de locais sagrados e questões relacionadas com o meio ambiente.

A par das considerações cima referidas o alinhamento do dique deve ter também em conta a sua proximidade com o curso de água, tal como recomenda a publicação *Dike Design Guidelines - Best Management Practices for British Columbia*. Esta classificação enquadra-se no estágio actual dos diques existentes em Moçambique, que é ilustrada pelas figuras 4-5 a 4-8, como segue:

- Figura 4-5 - Dique recuado;
- Figura 4-6 - Dique na banquetta do rio;
- Figura 4-7 - Dique de largura excessiva;
- Figura 4-8 - Dique largo com dique natural.

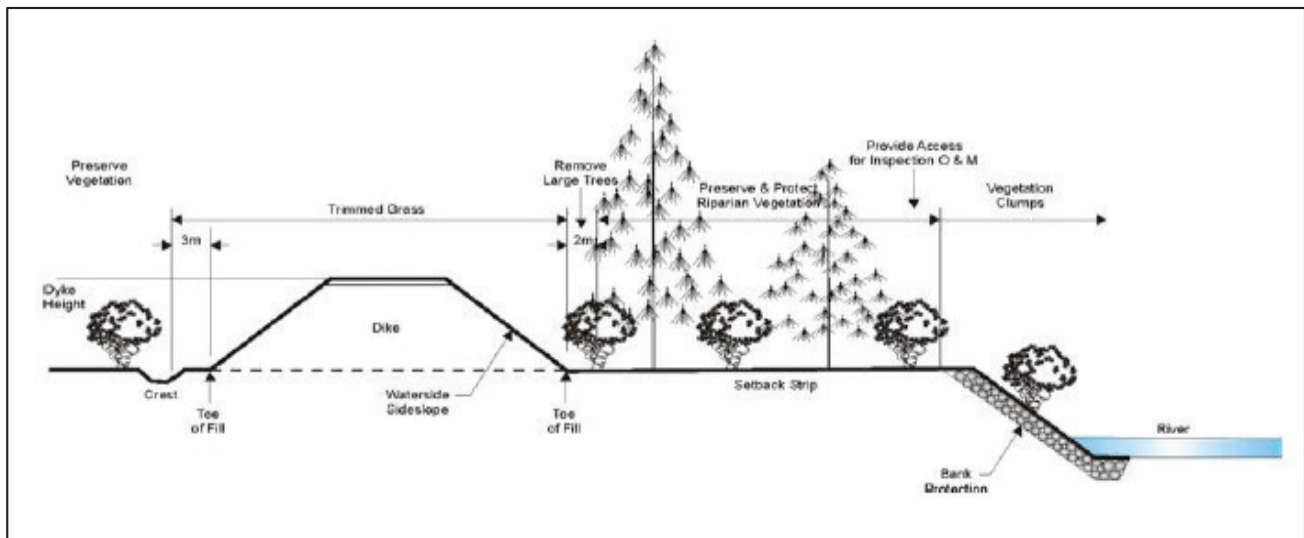


Figura 4-5: Dique recuado, fonte: BC Dike Design Guidelines

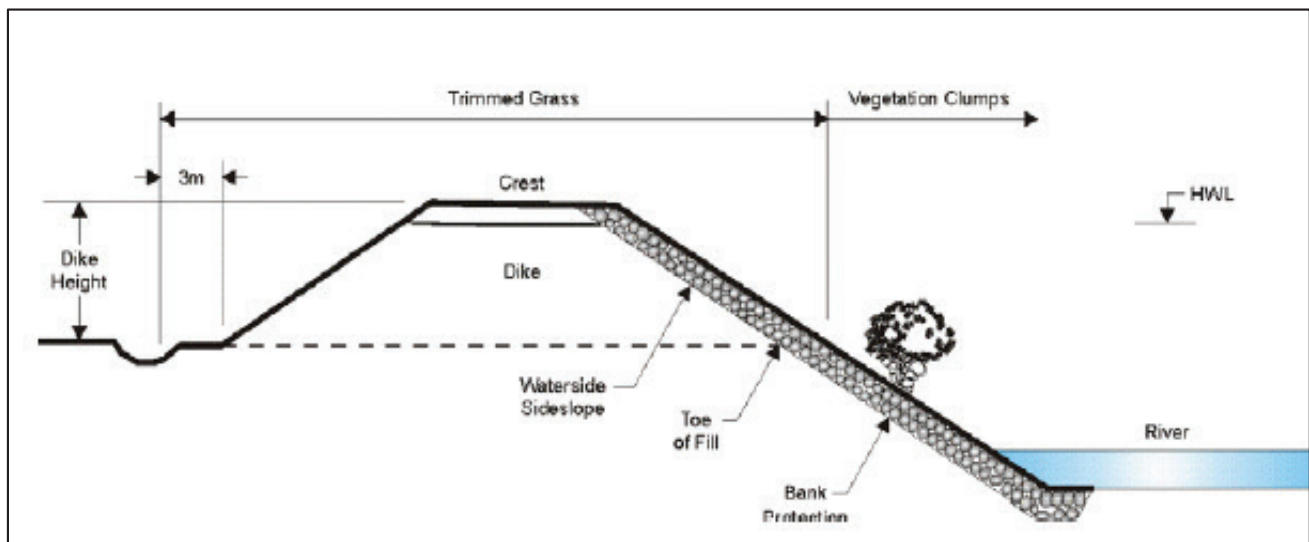


Figura 4-6: Dique na banqueta, fonte: BC Dike Design Guidelines

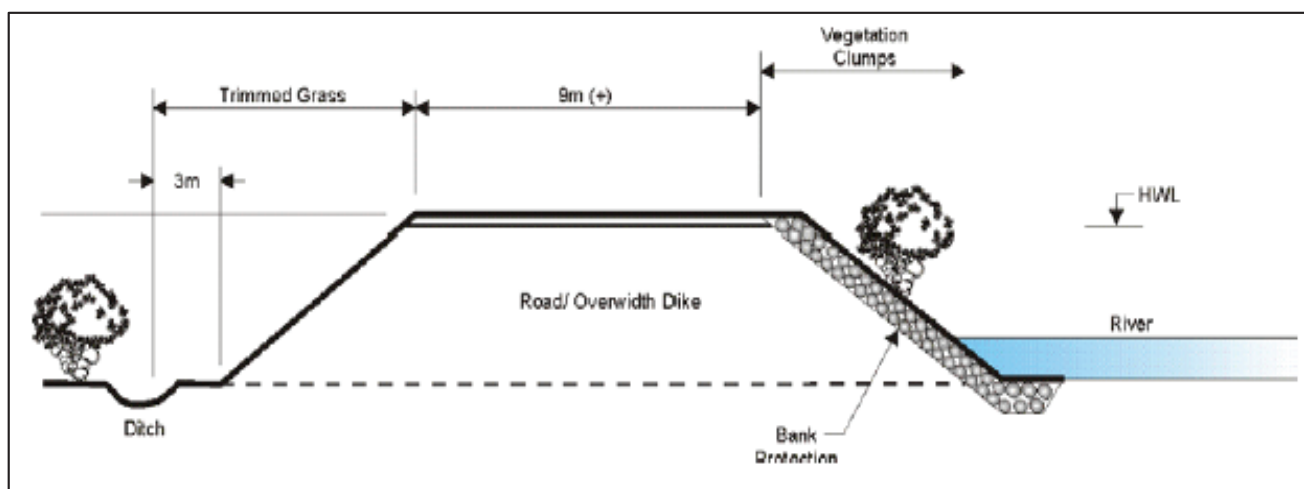


Figura 4-7: Dique de largura excessiva/Estrada, fonte: BC Dike Design Guidelines

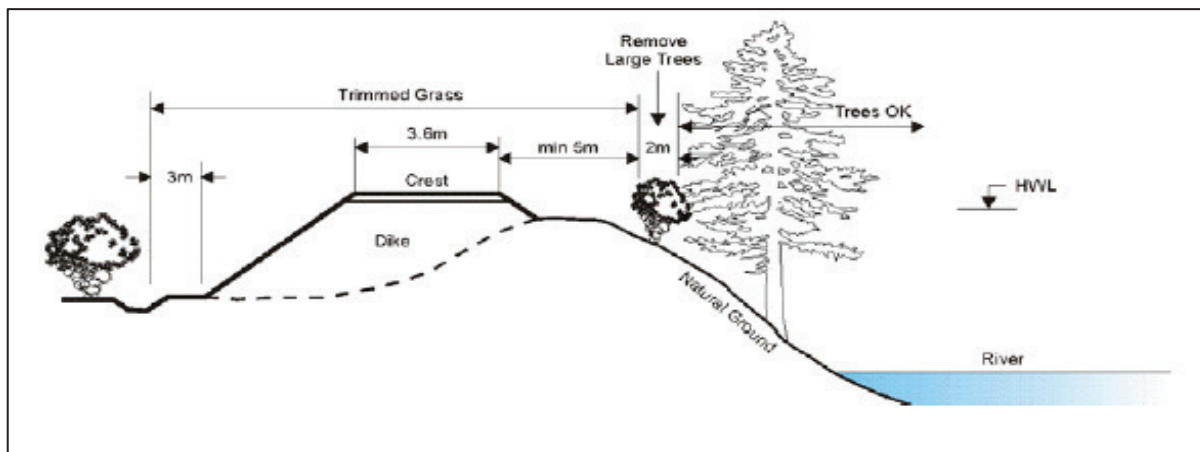


Figura 4-8: Dique muito largo com dique natural, fonte: BC Dike Design Guidelines

O BC *Dike Design Guidelines* considera preferível a solução do dique recuado em relação ao dique na banquetta, devido aos seguintes benefícios:

- mantém o habitat natural das zonas pantanosas e é ambientalmente sustentável;
- fornece uma passagem maior ao rio conferindo-o uma maior capacidade de vazão;
- reduz os níveis máximos das cheias;
- reduz a velocidade do caudal e a erosão da banquetta;
- reduz os custos de manutenção a longo prazo devido a caudais menos frequentes contra o talude do dique.

Não é aconselhável a construção de diques à beira do rio (do tipo banquetta), a menos que haja um dique existente em boas condições, cuja reabilitação seja economicamente viável e não seja sensível a questões ambientais.

Dois outros aspectos devem ser abordados ao se trabalhar no alinhamento: **Raio de curvatura e Impacto da Onda de Cheia.**

Raio de curvatura

O raio de curvatura de um dique não deve ser inferior a 15m para permitir a circulação eficiente de equipamentos pesados.

Impacto da onda de cheia

Sempre que possível, o dique deve ser alinhado paralelamente à direção do caudal. Esta medida pode minimizar o efeito erosivo ao longo do dique durante a condição de inundação, já que as medidas de proteção contra erosão podem ser reduzidas.

No caso de o alinhamento do dique ser tal que o impacto da onda de cheia durante um evento de inundação não possa ser evitado, a proteção contra erosão deve ter em conta este evento. Estas secções devem estar sujeitas a uma investigação geotécnica detalhada, bem como a um monitoramento mais intensivo após os eventos de inundação.

Uma vez estabelecido o alinhamento preliminar aconselha-se a definição de um corredor de cerca de 50 m de largura, sendo 25m para cada lado do eixo proposto. Depois de realizar pesquisas no local e avaliar os eventuais mecanismos de falhas que podem afetar o dique, ou secções dele, o alinhamento proposto pode requerer ajustes.

4.3.5 Fase 3. Reconhecimento do Terreno

O alinhamento preliminar do dique, bem como os limites do corredor definidos com o auxílio de uma ferramenta CAD podem ser convertidos em um arquivo do formato dxf e introduzidos em um GPS portátil para orientação durante o reconhecimento do terreno.

A inspecção visual do terreno é uma tarefa de grande importância na fase da elaboração do projecto preliminar e deve ser feita após o estudo no escritório. Todas as observações feitas dentro do corredor do dique devem ser documentadas por notas escritas e suportadas por fotografia, e incluem:

- Geologia da área;
- Tipo de material superficial;
- Tipo de vegetação e variação da mesma;
- Condição da estabilidade da banquetta do rio;
- Presença de rocha;
- Zonas de drenagem pobre;
- Evidência de instabilidade de fundações e taludes;
- Presença de pontos fracos e percolação emergente;
- Presença de locais sagrados;
- Marcas de níveis de cheias ocorridas;
- Presença de habitações e de outras infra-estruturas;
- Presença de obstáculos naturais tais como depressões, morros-de-mochem, etc.

Devem ser entrevistadas pessoas locais conhecedoras da área a fim de se obter informação relativa a ocorrência de cheias e respectivos níveis; geomorfologia do rio; existência de áreas de exploração de solos; comportamento dos solos superficiais durante a época de chuva.

4.3.6 Fase 4. Levantamento Topográfico

Na ausência de regulamentação nacional específica sobre levantamentos topográficos de diques propõem-se o uso do TMH11 – Standard Survey Methods, Draft Version 2.0, de 2013, publicada pelo COTO, *Committee of Transport Methods*, da República da África de Sul, que é também o documento de referência para os países da SADCC. Contudo, estas normas devem ser usadas com cuidado por terem sido produzidas especialmente para projectos de estradas e caminhos de ferro. Uma vez que os diques também são obras lineares a semelhança das estradas, a adaptação do TMH11 a projectos pode ser simples.

1) Escolha de tecnologia

Para a fase do projecto preliminar assim como a fase do projecto detalhado de diques não há restrições quanto a tecnologia a usar podendo ser a topografia convencional com o uso de Estação Total, o uso de GPS de alta precisão, levantamentos fotogramétricos com uso de drone ou satélite, ou levantamentos por meio de LIDAR. A finalidade do levantamento é a produção de um modelo digital, conhecido por DTM, a partir

do qual se obtêm curvas de nível e perfis transversais. A escolha da tecnologia depende dos seguintes a seguir mencionados e que devem ser devidamente ponderados pelo proprietário do dique:

- Precisão requerida;
- Densidade dos pontos do levantamento;
- Confiabilidade;
- Presença e tipo de vegetação;
- Histórico da entidade que vai executar o levantamento;
- Tempo de execução do levantamento;
- Custo ou disponibilidade financeira.

Importa referir que para se efectuar levantamentos fotogramétricos com uso do drone ou levantamentos com LIDAR em Moçambique é necessário obter uma licença através

da CENACARTA. Este é um processo demorado que envolve também o Ministério de Defesa Nacional e o IACM (Instituição de Aeronáutica Civil de Moçambique). O processo de autorização pode levar entre 30 a 60 dias.

Por outro lado, a fotogrametria por satélite não necessita de licenciamento, apenas de pontos coordenados de apoio no terreno.

Qualquer processo de fotogrametria tem limitações na definição da altimetria no caso de presença de vegetação densa ou árvores de grande porte.

2) Precisão requerida

A precisão requerida para levantamentos de terrenos para a elaboração de um projecto de diques é a seguinte:

Designação	Precisão das coordenadas horizontais	Precisão das coordenadas verticais
Topografia geral e observações DTM	100 mm	50 mm

Tabela 4-3: Precisão para levantamentos topográficos para projectos de diques

Esta precisão é também aplicada aos levantamentos topográficos para exploração de câmaras de empréstimo.

3) Sistema de referência

De preferência, os levantamentos topográficos devem estar referenciados a rede nacional MOZNET WGS84. Contudo, existe actualmente um grande défice de Marcos Geodésicos da Rede Nacional porque a maioria foi vandalizada, tornando difícil amarrar os levantamentos a rede MOZNET, principalmente no que diz respeito às coordenadas verticais, vulgo cotas.

No caso de ausência de marcos geodésicos as coordenadas horizontais podem ser obtidas por auto posicionamento de um GPS de alta precisão. Quanto as coordenadas verticais, aconselha-se referenciar-las à escala hidrométrica mais próxima da zona de estudo. O consultor deverá informar-se sobre o referenciamento das escalas hidrométricas. A entidade responsável pelo projecto do dique deve assegurar-se que os estudos preliminares sobre inundações e avaliação de risco usem a mesma referência geodésica que os levantamentos topográficos para a elaboração do projecto.

4) Implantação de marcos permanentes e de apoio

Qualquer que seja a tecnologia a usar nos levantamentos topográficos é necessário implantar marcos permanentes e marcos de apoio. As directrizes para a implantação de marcos são especificadas na secção 5 do TMH11.

5) Dados batimétricos

O levantamento topográfico do terreno onde vai ser implantado o dique deve ser complementado por um levantamento batimétrico do rio, quer para uma melhor estimativa dos caudais e níveis de cheias, quer para verificação da morfologia do rio. O levantamento batimétrico deve ser feito durante o Estudo de Análise de Risco pelo que os seus dados serão disponibilizados ao consultor.

Eventualmente poderá ser necessário actualizar a batimetria, mas recomenda-se que apenas sejam consideradas as zonas de maior risco, como o caso dos troços do dique localizados próximo das cuvas do rio porque há tendência de ocorrência de erosão na margem situada no extradorso do rio e sedimentação do lado oposto, conforme a direcção do escoamento, requerendo eventualmente maior detalhe no levantamento.

Os levantamentos batimétricos dever ser realizados de acordo com as Normas da *International Hydrographic Organization*, *IHO – Standards for Hydrographic Surveys*.

Os levantamentos batimétricos deverão usar as mesmas referências geodésicas que as utilizadas para a topografia e vice-versa.

4.3.7 Fase 5. Prospecção Geotécnica e Ensaios Laboratoriais

Concluída a inspecção visual do terreno e avaliados os mecanismos externos que podem influenciar a estabilidade do dique, que serão abordados na Fase 8 adiante, pode ser planificada a prospecção geotécnica e ensaios laboratoriais necessários para caracterizar de forma representativa o terreno da fundação do dique e as áreas de empréstimo.

Sendo o dique uma estrutura linear relativamente longa a probabilidade de ele atravessar condições diferentes de fundação é grande pelo que a caracterização de todas as condições diferentes do subsolo ao longo do dique é fundamental. A partir da inspecção visual do terreno e dos dados geotécnicos históricos colhidos sobre a área de estudo, é possível zonar o dique a fim de se otimizar a quantidade de ensaios.

1) Métodos de prospecção

Existem vários métodos de prospecção geotécnica, mas para o nosso caso recomendam-se os descritos na Tabela 4-4.

2) Localização e espaçamento

A localização e espaçamento dos pontos de colheita das amostras depende da uniformidade dos solos, iniciando por uma malha larga que se vai apertando à medida das conveniências, de acordo com os resultados que se forem obtidos. Um espaçamento típico dos locais de inspecção varia entre 50 a 300m ao longo do alinhamento proposto. As sondagens são normalmente feitas ao longo do eixo do perfil proposto com algumas localizadas perto do pé do talude do dique proposto a fim de se obter informação adicional. Deve ser feita pelo menos uma sondagem nos locais previstos para estruturas.

De preferência a investigação geotécnica deve ser feita em duas fases, de acordo com a fase do projecto preliminar e o projecto detalhado. A mobilização de equipamento adequado para efectuar sondagens em Moçambique é onerosa, pelo que se aconselha-se que a investigação inicial seja feita por meio de poços de inspecção e tratos manuais, a fim de se identificar com precisão os locais que requerem pesquisas mais sofisticadas como o caso dos SPT.

3) Profundidade das sondagens

A profundidade das sondagens deve ser suficiente para localizar e determinar a extensão e propriedades de todos os estratos de solos e rochas que podem afectar o desempenho do dique ou outras estruturas de drenagem. A profundidade das sondagens ao longo do alinhamento proposto deve ser pelo menos igual a altura de dique proposto no ponto mais alto, mas não menos de 3m abaixo da superfície do solo existente. As profundidades das sondagens devem sempre ser suficientemente profundas para fornecer dados para análise de estabilidade e percolação, em especial quando o dique esta localizado perto da margem do rio. Aonde forem

encontrados solos permeáveis ou soltos a sondagem deverá atravessar o material permeável até aos solos impermeáveis, ou atravessar o material fraco para o firme.

As sondagens dos locais das estruturas de drenagem deverão estender-se abaixo do nível invertido ou dos níveis das suas fundações e abaixo da zona de influência criada pelas solicitações. A profundidade das sondagens deverá ser tal que permita a análise da estabilidade e percolação em baixo da estrutura.

A profundidade dos poços de inspecção para a prospecção de câmaras de empréstimo deverá estender-se 1m abaixo da profundidade permitida para a exploração, ou do nível freático.

Método	Aplicações	Procedimento	Limitações
Poços de inspecção ou trincheiras	- Exame detalhado da estratificação do solo - Observação de percolação das águas subterrâneas - Identificação do nível freático - Recuperação de amostras remexidas ou intactas acima do nível freático e testes da densidade dos solos no local - Inspecção de zonas com falhas - Inspecção da heterogeneidade e depósitos de lixo - Identificação de rochas à superfície e avaliação da sua aptidão a escarificação - Investigação de materiais de empréstimo	- Escavação manual ou retro escavadora - Pode ser estendida abaixo no nível freático se forem usadas entivações e bombagem no caso de os solos apresentarem alguma coesão	- Normalmente a profundidade é limitada pelo nível freático, presença de rocha ou alcance do equipamento - Pode ser perigoso se não forem usadas entivações à profundidades abaixo de 1,5m
Trados manuais	Recuperação de amostras de solo remexidas e determinação do perfil do solo a baixa profundidade	Penetração o solo de um trado de pequeno diâmetro por rotação manual	- Acima do nível freático em argilas ou solos granulares com alguma coesão - Abaixo do nível freático em solos coesivos com resistência suficiente para evitar o colapso, ou mediante encamisamento - Furos até 6,0m de profundidade
Ensaio de Penetração Dinâmica, SPT – Standard Penetration Test	- Recuperação de amostras remexidas e determinação do perfil do solo - Localização do nível freático - Recuperação de amostras intactas quando o equipamento está acoplado a um conjunto de perfuração por rotação - Localização das possíveis linhas de ruptura que existem na superfície das camadas do solo - Cálculo da carga que o subsolo suporta e a sua determinação geológica	Amostrador normalizado introduzido no terreno por um martelo de 65 kg largado a 75cm	Penetração limitada a solos e rochas fracas. Não é adequado para pedregulhos ou rochas rijas.

Tabela 4-4: Métodos relevantes para prospecção geotécnica, adaptado do *Geotechnical Engineering Investigation Handbook*.

4) Ensaios laboratoriais

Os testes laboratoriais que devem ser efectuados incluem os seguintes:

- Análise granulométrica;
- Limites de Atterberg;
- Teor de humidade;
- Consolidação;

- Permeabilidade;
- Dispersão;
- Compactação;
- Resistência ao corte.

As tabelas 4-5 e 4-6 contêm os vários testes laboratoriais para solos granulares não coesivos e solos finos coesivos, bem como os respectivos propósitos e âmbito.

Teste	Propósito	Âmbito do teste
Classificação visual	Para classificar visualmente o solo de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solo	Todas as amostras
Granulometria	Determinar a distribuição granulométrica para classificação e correlação com parâmetros de permeabilidade e / ou resistência ao corte	Amostras representativas para fundação e câmaras de empréstimo
Compactação	Determinar valores de densidade mínima-máxima ou densidade máxima teor ótimo de água; Deve ser usado o teste que dê os maiores valores de densidade máxima	Amostras representativas das câmaras de empréstimo
Consolidação	Fornecer parâmetros necessários para análise de assentamentos	Não é geralmente necessário pois que os solos permeáveis se consolidem rapidamente sob carga e a magnitude pós-construção é geralmente insignificante
Permeabilidade	Fornecer parâmetros necessários para análise de percolação	Normalmente não são realizadas porque as correlações com a granulometria são normalmente de precisão suficiente. Onde os problemas de sub-percolação são muito sérios, melhor usar os resultados do teste de infiltração por bombeamento em campo
Resistência ao corte	Fornecer parâmetros necessários para análise de estabilidade	Amostras representativas compactadas de empréstimo e solos da fundação. As tensões consolidadas drenadas dos ensaios de caixa de corte ou ensaios triaxiais são adequadas para solos permeáveis de drenagem livre. Os valores tradicionais do coeficiente de atrito podem ser geralmente assumidos com base nos resultados de testes de caixa de corte de solos semelhantes

Tabela 4-5: Testes laboratoriais de Solos Granulares Grossos Sem Coesão, fonte: USCE Technical Report D-77-9

Teste	Propósito	Âmbito do teste
Classificação visual	Para classificar visualmente o solo de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solo	Todas as amostras
Teor de humidade	Para determinar o teor humidade do solo, a fim de melhor definir os perfis do solo, variação com a profundidade e características de comportamento	Todas amostras
Limites de Atterberg	Solos da Fundação: para classificação, comparação com teor de humidade natural ou correlação com parâmetros de corte ou consolidação Solos de empréstimo: para classificação, comparação com o teor de humidade natural ou correlações com o teor de humidade ótima e densidades máximas secas	Amostras representativas dos solos da fundação e dos empréstimos. Devem ser testadas amostras suficientes para desenvolver um bom perfil com a profundidade
Compactação	Determinar a máxima densidade seca e o teor ótimo de humidade;	Amostras representativas das câmaras de empréstimo para diques compactados e semi-compactados:

Teste	Propósito	Âmbito do teste
		Para diques compactados, efectuar o Proctor Normal (25 pancadas) Para semi-compactados, efectuar o ensaio de 15 pancadas
Consolidação	Fornecer parâmetros necessários para estimativa dos assentamentos do dique e/ou da fundação e a taxa de assentamento no tempo. Também determinar se os solos são normalmente consolidados ou sobre-consolidados e ajudar na estimativa de ganho de resistência com o tempo	Amostras representativas de empréstimos compactados, onde a consolidação do aterro do dique em si se espera ser significativa. Amostras representativas de solos de fundação onde tais solos são considerados antecipadamente de serem compressíveis Em amostras de granulometria finas e / ou matérias do leito dos locais de estrutura
Permeabilidade	Para estimar a permeabilidade dos solos de empréstimo e/ou solos da fundação a fim de calcular perdas por percolação infiltração e taxa de tempo de assentamentos	Geralmente não é exigido para solos coesivos de grão fino, pois tais solos podem ser considerados como sendo essencialmente impermeáveis nas análises de fpercolação. Pode ser estimada a partir de testes de consolidação
Resistência ao corte	Fornecer parâmetros necessários para análise de estabilidade Penetrómetro de bolso, miniatura Vane, compressão não confinada e testes Q para determinar tensões não consolidadas não drenadas. Testes R para determinar forças não drenada Testes S para determinar tensões consolidadas drenadas	Penetrómetro de bolso e miniatura vane (Torvane) para estimativas aproximadas Testes de compressão não confinados em argilas de fundação saturadas, sem juntas, fissuras ou lâminas Ensaio de corte Q e R-triaxiais e S-diretos apropriados em amostras representativas de solos de fundação e solos compactados de empréstimo

Tabela 4-6: Testes laboratoriais de solos coesivos de granulometria fina, fonte: USCE Technical Report D-77-9

As quantidades de amostras necessárias para diversos ensaios laboratoriais são fornecidas na Tabela 4-7.

Amostra proposta	Classificação do solo	Quantidade de amostra requerida (kg)
Identificação do solo, incluindo limites de Atterberg, análise granulométrica, teor de humidade e conteúdo de sulfato	Argila, silte e areia	1
	Cascalho médio e fino	5
	Cascalho grosso	30
Ensaio de compactação	Até cascalho médio	25
	Incluindo algum cascalho grosso	80
Densidade máxima e mínima	Areia e cascalho fino e médio	16
	Cascalho grosso	30
Permeabilidade	Todos	3,5 - 8
Erosão/Dispersão	Argila, silte, areia	0,5

Tabela 4-7: Quantidades de amostra necessária para diversos ensaios laboratoriais, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

5) Classificação dos solos

Após os resultados dos ensaios laboratoriais os solos deverão ser classificados de acordo com o Sistema de Classificação Unificado (SCU). Os procedimentos para o exercício da classificação unificada são dados na Figura 4-9.

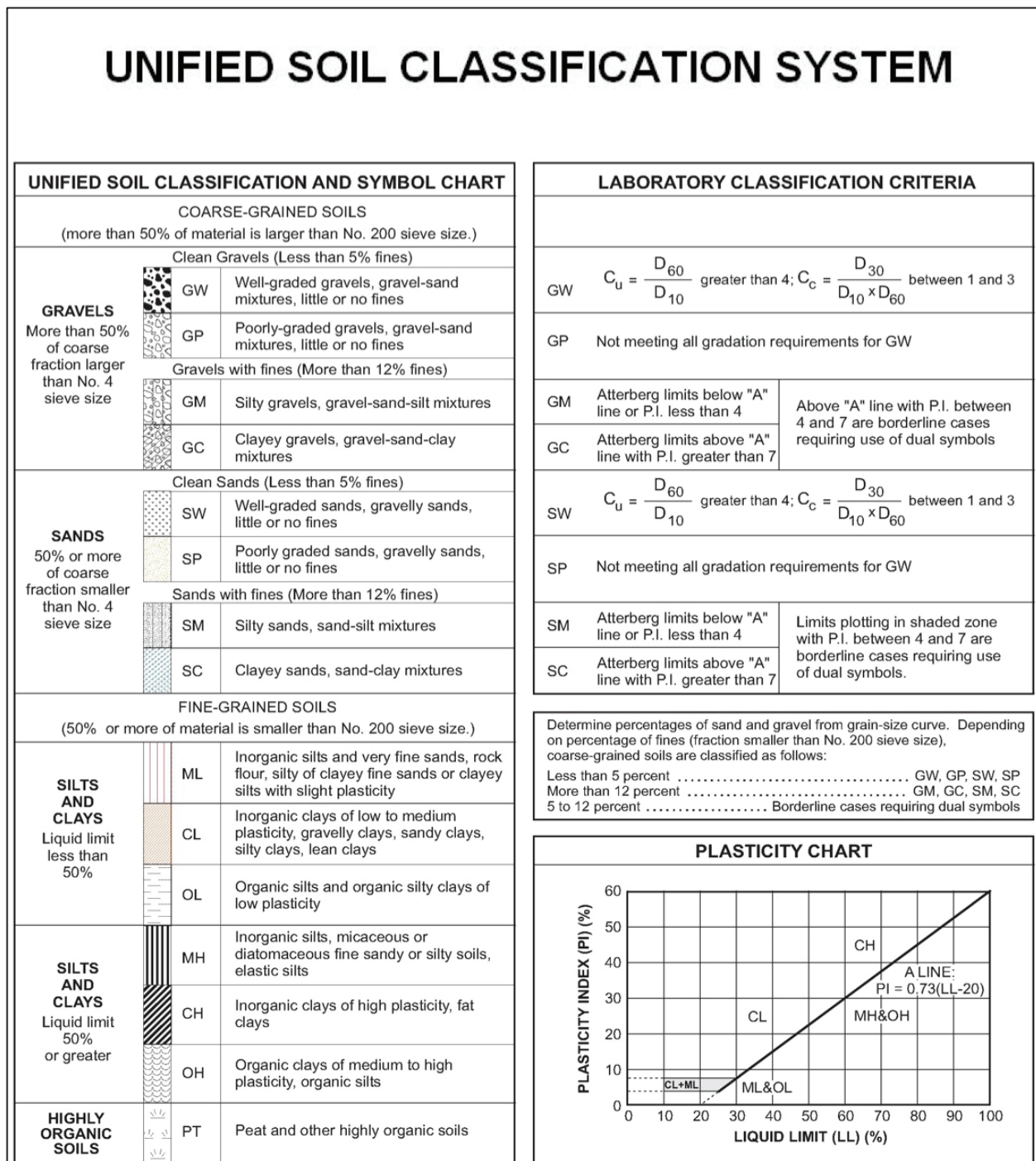


Figura 4-9: Dique muito largo com dique natural, fonte: BC Dike Design Guidelines

6) Apresentação dos resultados

As investigações do terreno e as prospecções geotécnicas devem ser mapeadas e georreferenciadas. Recomenda-se

a implantação da localização das prospecções nas plantas topográficas do corredor do dique. A localização das potenciais zonas de empréstimo pode ser feita usando o Google.

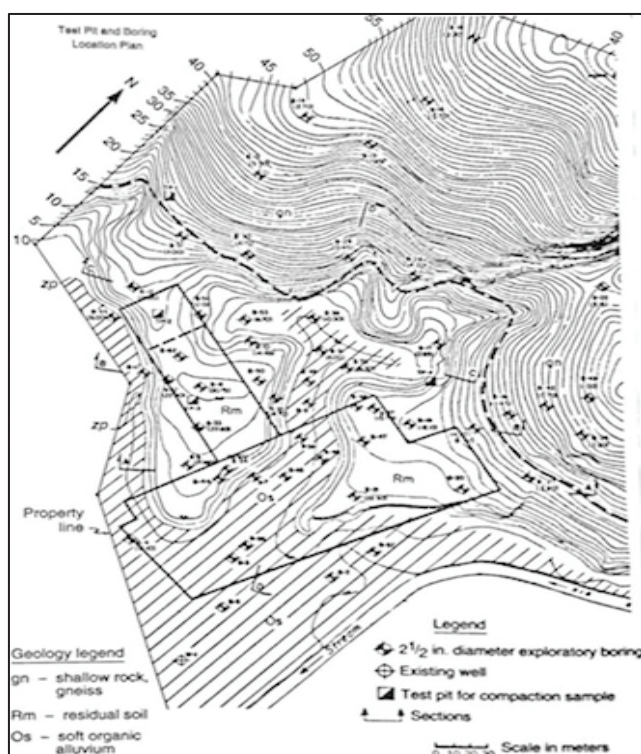


Figura 4-10: Exemplo de mapa de prospecção geotécnica. Fonte: *Field Engineering Handbook*

4.3.8 FASE 6. Avaliação dos Materiais da Fundação e das Áreas Potenciais de Empréstimo

Recomenda-se que os resultados dos ensaios laboratoriais das amostras das pesquisas para a fundação sejam analisados em separado das amostras das potenciais áreas de empréstimo.

As Tabelas 4-8 e 4-9 apresentam as características dos vários tipos de solos de acordo com a classificação unificada e incluem a adequabilidade dos materiais na aplicação em diques.

As amostras de solos da fundação que apresentarem características semelhantes devem ser agrupadas para permitir o dimensionamento de várias secções do dique, em conformidade com os grupos formados. As amostras dos empréstimos serão individualizadas por cada zona respectiva para permitir o cálculo da distância de transporte.

Com o resultado dos testes laboratoriais dos solos da fundação e dos materiais de empréstimo, é possível fazer-se uma avaliação preliminar dos eventuais mecanismos de destruição do dique e propor contramedidas.

Solos granulares grossos – (menos de 50% passam o peneiro 0.075mm)	Símbolo do grupo	Descrição do solo	Adequabilidade para diques	Permeabilidade e taludes
	GW	Cascalhos bem graduados, misturas de areia e cascalho com pouco ou nenhum fino	Muito estável - adequado para revestir o dique. Boa capacidade de carga	Rápida, requer núcleo
	GP	Cascalhos mal graduados, misturas de cascalho e areia com pouco ou nenhum fino.	Estável - adequado para revestir o dique. Boa capacidade de carga	Rápida - pode não precisar de núcleo para estágios inferiores de curta duração
	GM	Cascalhos siltosos, misturas de cascalho, areia e silte mal graduados	Estável - geralmente adequado para todos estágios. Boa capacidade de carga. Boa compactação com cilindro pneumático	Moderada - pode não precisar de núcleo, excepto para inundações de longa duração
	GC	Cascalhos argilosos, misturas de cascalho, areia e argila bem graduados	Estável - geralmente adequado para todos estágios. Boa capacidade de carga. Boa compactação com cilindro pneumático	Permeabilidade baixa
	SW	Areias bem graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino	Muito estável – adequado para estágios inferiores. Boa capacidade de carga. Compactação boa com tractor de lagartas	Rápida - pode precisar de núcleo para estágios superiores de longa duração
	SP	Areias mal graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino	Estável - adequado para estágios baixos. Geralmente, fraca capacidade de carga. Usar taludes suaves e bermas largas. lagartas	Rápida - vai precisar de núcleo para inundação de longa duração. Usar taludes suaves. Proteger contra acção de ondas
	SM	Areias siltosas, misturas mal graduadas de areia e silte	Razoavelmente estável - adequado para estágios baixos. Apenas uma fundação Rolamento. Use bermas largas. Boa compactação com cilindro pneumático	Moderada – usar taludes suaves do lado do rio. Protecção contra acção das ondas
	SC	Areias argilosas, misturas bem graduadas de areia e argila	Estável - geralmente adequado para todos estágios. Boa capacidade de carga. Compactação com cilindro pneumático	Baixa permeabilidade

Tabela 4-8: Características dos solos de granulometria grossa e sua adequabilidade para diques, fonte: National Engineering Handbook, Section 16 – Chapter 6

Solos de grão fino – (mais do que 50% passam o peneiro 0.075mm)	Símbolo do grupo	Descrição do solo	Adequabilidade para diques	Permeabilidade e taludes
	ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas, siltosas ou argilosas com pequena plasticidade	Fraca estabilidade – geralmente adequado para estágios inferiores. capacidade de carga razoável. Adequado para diques da classe III. Compactação razoável com cilindro de pneus	Moderada - usar taludes suaves do lado do rio. Proteger os taludes contra erosão
	CL	Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade, argilas pedregulhosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras	Estável - adequado para revestir todos os estágios de desenvolvimento do dique. Capacidade de carga razoável. Compactação razoável com cilindro de pneus. O aterro por ser por baldeamento	Baixa
	OL	Siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa plasticidade	Estabilidade muito fraca - pode ser adequado para diques da Classe III de baixa altura. O aterro por ser por baldeamento	Moderada – uso apenas para estágios primários. Os taludes devem obedecer ao ângulo de repouso na condição de saturação
	MH	Siltes inorgânicos, micáceos ou diatomáceos, finos arenosos ou solos siltosos, siltes elástico	Baixa estabilidade - geralmente adequada para todas as fases. Difícil de compactar. O aterro pode ser por baldeamento para estágios primários. Pobre capacidade de carga da fundação	Baixa – usar taludes suaves e proteger contra a erosão
	CH	Argilas inorgânicas de alta plasticidade, argilas gordas	Razoavelmente estável – adequado para todos os estágios. Compactação muito difícil, aterro por baldeamento pode ser o recomendado	Permeabilidade muito baixa – usar taludes suaves do lado do curso de água
	OH	Argilas orgânicas de média e alta plasticidade	Estabilidade muito fraca – apenas adequado para estágios primários e pode ser aterrado por baldeamento. Tem uma capacidade de carga e compactação muito fraca	Muito baixa – usar apenas para estágios primários. Usar talude suaves
	PT	Solos com elevado teor de matéria orgânica	Estabilidade muito fraca – apenas adequado para diques temporários. Remover da zona de fundação do dique	Variável – pode variar significativamente entre a permeabilidade vertical e horizontal

Tabela 4-9: Características dos solos de granulometria fina e sua adequabilidade para diques, fonte: National Engineering Handbook, Section 16 – Chapter 6

4.3.9 Fase 7. Avaliação dos Potenciais Mecanismos de Falha

1) Definições

O *International Levee Handbook* define a falha de um dique como a sua inaptidão de responder a um determinado nível de serviço, ou indicativo de performance, para uma determinada função. Como a função primária do dique é reduzir o risco de inundação, pode-se entender por falha a inundação intencional da zona protegida pelo dique.

Um sistema de diques é composto geralmente por vários elementos que inclui o corpo do dique e as estruturas de drenagem tais como descarregadores, paredes, comportas e outros. O sistema falha como resultado de falhas de natureza hidráulica e estrutural.

- Falha hidráulica (não estrutural) – ocorre se a água ingressa na zona protegida pelo dique, por galgamento do dique ou excesso de caudal, antes do nível de proteção planeado ser atingido e sem consequentes estragos ao elemento do sistema
- Falha estrutural, ocorre por rombo no sistema do dique como consequência de estragos que afectaram pelo menos um elemento do sistema.

A falha estrutural pode induzir à falha hidráulica e vice-versa.

2) Processos de destruição

Os processos de destruição dos elementos de um sistema do dique podem ser de três tipos de natureza (*International Levee Handbook*):

- Erosão externa;
- Erosão interna;
- Instabilidade.

Erosão externa

A erosão externa é o desgaste da superfície por cheias, ondas, vento e qualquer outro processo natural. O resultado da

erosão externa é a redução dos constituintes dos materiais do dique que podem afectar a sua espessura e densidade. Dá-se um enfraquecimento da zona afectada o que a torna mais susceptível ao colapso em caso de eventos extremos. Exemplos de erosão externa e suas causas são ilustrados na Tabela 4-10.

Erosão interna

A erosão interna é iniciada por forças hidrodinâmicas actuando sobre as partículas do solo dentro ou através do corpo do dique. A erosão interna ocorre quando as partículas dentro do dique ou da sua fundação são lavadas para jusante por percolação criando uma espécie de condutas. Estas condutas afectam a estrutura do dique e podem conduzir a falhas e rombos, quando a percolação se torna incontrolada e é formada uma passagem de água através, por baixo ou à volta do dique.

O maior factor para o desenvolvimento de erosão interna é a percolação. A percolação através do dique é geralmente causada pela presença de camadas permeáveis no aterro ou existência de fissuras. A acção humana, presença de animais e vegetação incontrolada são outros factores que podem iniciar o processo de erosão interna. Exemplos de erosão externa e suas causas são ilustrados na Tabela 4-11.

Instabilidade

A instabilidade de um dique ocorre quando as forças actuantes excedem a capacidade resistente do dique. Isto ocorre quando há um excesso de carga sobre o dique, ou quando materiais de propriedades físicas fracas ou solos da fundação geram um deslizamento ao longo de uma superfície de corte do aterro ou dos solos da fundação danificando o dique. Os factores que contribuem na instabilidade incluem: peso ou sobre carga, pressão da água, declínio das propriedades dos materiais, actividade humana, vegetação incontrolada, impactos e actividade sísmica. Exemplos de instabilidade e suas causas são ilustrados na Tabela 4-12.

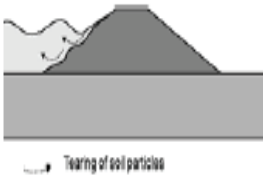
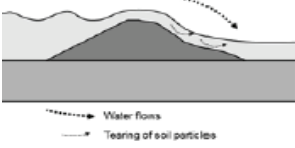
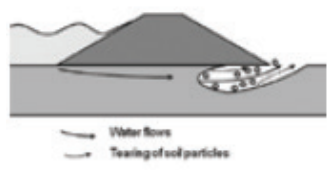
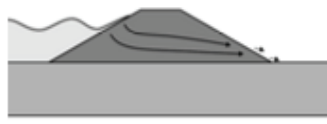
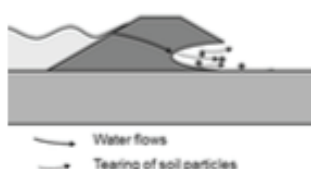
Falha/modo de deterioração	Processo	Investigação	Monitoria
Erosão do talude de montante 	Erosão do dique por acção da onda e mudanças rápidas na pressão da água dos poros sobre e abaixo do revestimento do dique	- Resistência a erosão e causas potenciais de fissuras no dique - Integridade e adequação da vegetação de cobertura e/ou revestimento do talude - Características do revestimento - Composição local e estrutura interna do dique	- Condição da natureza da cobertura da superfície (revestimento ou vegetação) - Incidência da erosão
Erosão do talude de jusante 	Galgamento	- Resistência a erosão e causas potenciais de fissuras no dique - Adequação do talude de jusante, da camada superficial, da vegetação ou geotêxtil - Geometria do talude	- Condição e natureza da vegetação ou - Geotêxtil de revestimento - Extensão das fissuras - Nível de água - Elevação da crista

Tabela 4-10: Exemplos de erosão eterna, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

Falha/modo de deterioração	Processo	Investigação	Monitoria
Erosão interna 	Fluxo de água em solos de fundação de permeabilidade alta, levando a erosão e instabilidade	- Permeabilidade, Análise granulométrica - Composição e estratificação das camadas do solo da fundação	- Imposição de carga hidráulica e reacção da pressão da água em solos de fundação de alta permeabilidade - Inspeção visual durante um evento de subida da água
Erosão interna 	Infiltração excessiva causada por dessecação, fissuras finas ou material de aterro altamente permeável, exacerbado por animais roedores e vegetação descontrolada	- Plasticidade de argila conduzindo a fissuração - Composição local e estrutura interna do dique - Solos de alta permeabilidade	- Fibras ópticas para identificar a percolação - Pressão da água dos poros na linha de percolação - Inspeção visual durante um evento de subida da água
Erosão interna 	Desprendimento e movimento das partículas do solo devido a percolação	- Resistência à erosão e potencial de fissuração do aterro de dique - Composição local e estrutura interna do dique	- Fibras ópticas para identificar a percolação - Inspeção visual durante um evento de subida da água - Turbidez da água de infiltração

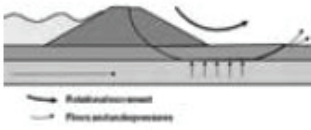
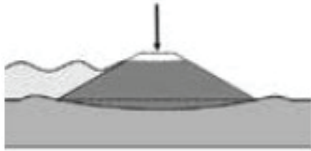
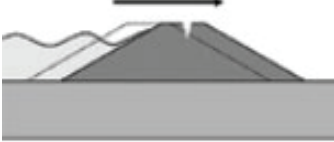
Falha/modo de deterioração	Processo	Investigação	Monitoria
Pressão de elevação 	- Aumento da pressão da água dos poros em solos de fundação permeáveis confinados devido à continuidade hidráulica da inundação ou nível elevado água a montante - A pressão confinada pode levar à formação de bolsas e falha por lavagem	Presença de solos de fundação altamente permeáveis abaixo e do lado de jusante do dique que são tapados por turfas leves e argilas aluviais de baixa permeabilidade	- Imposição de carga hidráulica e reacção da pressão da água dos poros em solos de fundação de alta permeabilidade - Elevação e deslocamento lateral do pé do talude do dique a jusante

Tabela 4-11: Exemplos e causas de Erosão Interna, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

Falha/modo de deterioração	Processo	Investigação	Monitoria
Assentamentos 	Compressão do material de aterro sob acção do peso próprio e consolidação dos solos compressíveis da fundação	- Características de compressão do aterro compactado e características de consolidação dos solos da fundação - características secundárias de compressão do aterro compactado	- Pressão da água dos poros em solos compressíveis da fundação abaixo do dique - Assentamento vertical da crista
Erosão do talude de jusante 	Força hidráulica lateral excede a resistência ao cisalhamento dos solos de fundação ao longo da base do aterro ou dessecação de material orgânico de aterro conduzindo a redução no peso e resistência ao corte	Resistência ao corte de argilas moles e solos orgânicos diretamente abaixo do dique	- Solicitações hidráulicas impostas - Deslocamento lateral do dique no pé do talude - Pressão da água dos poros nos solos de fundação abaixo do dique
Instabilidade de taludes baixos 	- Falha ao cisalhamento durante a construção, ou aumento da instabilidade do dique durante o abaixamento rápido da água após a cheia - perda de resistência devido ao aumento ou equalização das pressões da água dos poros	- Compactação do material de aterro em relação ao teor de humidade - potencial dilatação de argilas sobre consolidadas - resistência à erosão do aterro do dique solo e solos da fundação - resistência efectiva ao cisalhamento do material de aterro	- Pressão da água dos poros no talude - movimentos no talude - morfologia do rio

Falha/modo de deterioração	Processo	Investigação	Monitoria
	erosão do pé do talude à montante devido a morfologia do rio	em relação a inclinação do talude dessecação do material de aterro	
 Liquefação	Grandes acelerações sísmicas causam assentamento e perda de resistência efectiva ao cisalhamento em solos de fundação de finos não-coesivos, levando a perda de pressão de rolamento e espalhamento lateral de dique.	Presença de solos não coesivos saturados de granulometria fina nas fundações em zonas de atividade sísmica	- Acelerações sísmicas - Pressões da água nos poros de solos saturados não coesivos de granulometria fina - assentamento da crista do dique e deslocamento lateral do pé do talude

Tabela 4-12: Exemplos e causas de Instabilidade, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

4.3.10 Fase 8. Definição dos Critérios de Dimensionamento

1) Generalidades

Os critérios de dimensionamento em paridade com as condições do local de estudo são de grande importância para o desenvolvimento de um projecto de diques. Os critérios de dimensionamento são da responsabilidade institucional através de normas e regulamentos. Em Moçambique está em elaboração a legislação sobre diques que certamente incluirá critérios de dimensionamento aplicáveis ao nosso país. Contudo, enquanto não for promulgado um dispositivo legal sobre esta matéria iremos fazer uma abordagem sumária sobre critérios de dimensionamento, que servirão de directrizes para projectos sobre diques de proteção fluvial da Direcção Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos. Estas directrizes poderão ser revisitadas sempre que conveniente para os eventuais ajustes e modificações necessárias.

Os critérios de dimensionamento são determinados pelo nível de redução de risco que se pretende atingir com o sistema de proteção planificado. O nível de serviço requerido vai ditar a complexidade do dique daí a necessidade de se adoptar uma classificação de diques em função da presença de vidas humanas, de propriedades, campos agrícolas, e outros bens, na zona de estudo.

2) Classificação de diques

O National Engineering Handbook apresenta uma classificação para diques na qual combina, para cada uma das três classes, as condições locais, os requisitos de dimensionamento e requisitos para construção. A Tabela 4-13 é ilustra esta classificação, que pode servir com exemplo para a classificação de diques para Moçambique.

Classe	Condições locais	Requisitos de dimensionamento e de Construção
I	1. Possibilidade de perda de vidas na eventualidade de ocorrência de uma falha 2. Valor muito altos de propriedades e bens a serem protegidos 3. Condições locais complexas 4. Altura da água contra o dique em excesso de 3.6m acima do nível do terreno, excluindo pântanos, canais antigos e outras zonas baixas	1. A altura de projecto deve ser igual a profundidade da água, acrescida da altura livre ou da tolerância de 60cm ou mais para a altura da onda 2. A profundidade da água de projecto medida ou calculada para um período de retorno de 100 anos 3. As secções transversais devem ser de acordo com a exposição do local a acção de ondas e a análise da estabilidade dos solos 4. Para as fundações são requeridos solos estáveis. 5. A construção deve ser feita de acordo com as condições locais e especificações para aterros
II	1. Terras agrícolas de médio a alto aproveitamento com benfeitorias e outras infra-estruturas de valor 2. Altura da água contra o dique menor do que 3,6m acima do nível do terreno, excluindo pântanos, canais antigos e outras zonas baixas	1. A altura da água de projecto excede 1.20m, baseada num período de retorno de 25 anos. Quando este nível de proteção não for economicamente ou fisicamente viável o período de retorno pode ser inferior que 25 anos desde que secções de fusíveis ou qualquer outra medida de alívio sejam incluídas no projecto 2. Para as fundações são requeridos solos estáveis. Olhos orgânicos apenas serão permitidos no revestimento das faces do dique, não excedendo 30cm de espessura 3. O dimensionamento das secções transversais será baseado a altura da água e no método de construção 4. Construção com material compactado por equipamento
III	1. Terras agrícolas de relativa baixo aproveitamento e benfeitorias de baixo valor 2. Altura da água contra o dique não superior a 1.80m para solos minerais ou 1,20m para solos orgânicos, excluindo pântanos, canais antigos e zonas baixas	1. O projecto deve ser baseado em Normas Oficiais considerando as condições locais 2. Construção com material disponível e adequado para uso

Tabela 4-13: Exemplo de classificação de dique e critérios de dimensionamento, fonte: National Engineering Handbook

3) Critérios de dimensionamento para o projecto preliminar

Na fase do projecto preliminar podem ser usados conceitos empíricos para o dimensionamento do dique, permitindo a obtenção de resultados preliminares de forma expedita. Os resultados obtidos devem ser confirmados através de cálculos das diferentes especialidades envolvidas.

No que diz respeito ao projecto preliminar, apresentamos de seguida a abordagem constante do “Technical Standards and Guidelines for Design of Flood Control Structures”, produção conjunta do Department of Public Works and Highways e a Japan International Cooperation Agency (JICA), 2010.

No que diz respeito ao projecto preliminar, apresentamos de seguida a abordagem constante do “Technical Standards and Guidelines for Design of Flood Control Structures”, produção conjunta do Department of Public Works and Highways e a Japan International Cooperation Agency (JICA), 2010.

Partes de dique

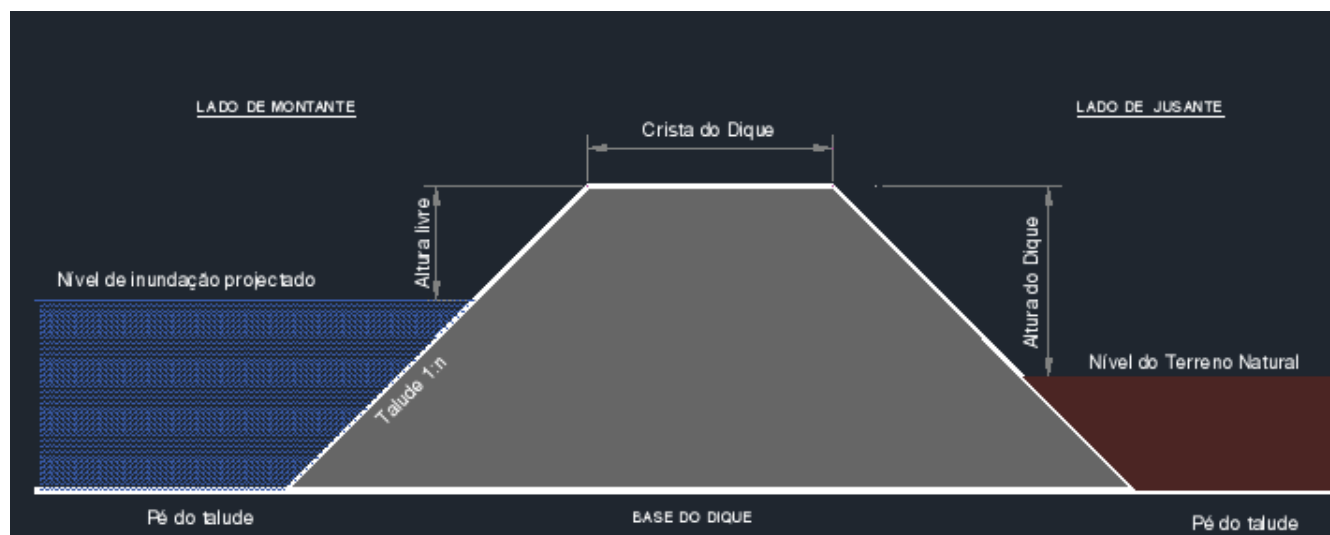


Figura 4-11: Partes de um dique

Dependendo da natureza dos materiais de fundação e do aterro o dique pode ser um corpo homogéneo ou um corpo zoneado de relativa complexidade.

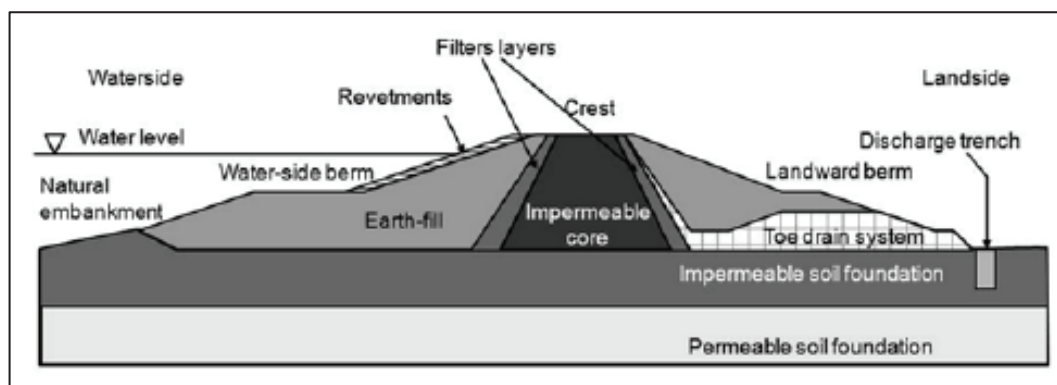


Figura 4-12: Exemplo de dique zoneado com dispositivos de redução da percolação, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

Altura livre do dique

A altura do dique é definida pelo nível de inundação projectado acrescido da altura livre estabelecida pelos critérios de dimensionamento, em função do caudal esperado. Os valores mínimos recomendados constam da Tabela 4-14. Os valores aqui apresentados são apenas exemplos. Parâmetros do género devem ser estimados para Moçambique no futuro. Tem sido prática em alguns países a abdicação do conceito da altura livre do dique por se considerar que as simulações, feitas durante o Estudo da Análise de Risco cobre cenários de inundação suficientes.

Caudal de cheia projectado Q (m ³ /s)	Altura livre (m)
Menor do que 200	0.6
de 200 a 500	0.8
de 500 a 2.000	1.0
de 2.000 a 5.000	1.2
de 5.000 a 10.000	1.5
Maior do que 10.000	2.0

Tabela 4-14: Altura livre

Largura da crista

A largura da crista do dique é igualmente atribuída em função do caudal de cheia projectado. Os valores mínimos aconselháveis para a largura da crista são apresentados na Tabela 4-15. Estes valores são igualmente exemplos apenas, deverão ser encontrados valores para Moçambique no futuro.

Caudal de cheia projectado Q (m ³ /s)	Largura da Crista (m)
Menor do que 500	3
de 500 a 2.000	4
de 2.000 a 5.000	5
de 5.000 a 10.000	6
Maior do que 10.000	7

Tabela 4-15: Largura da crista

Inclinação dos taludes

Para os diques de altura significativa ou quando houver dúvidas sobre a adequabilidade dos materiais para o aterro ou dos solos das fundações, o dimensionamento do aterro exige uma análise detalhada. Por outro lado, para diques relativamente baixos ou diques construído com bons materiais de aterro e boas condições de fundação pode-se adoptar os seguintes parâmetros:

- no geral recomenda-se que a inclinação dos taludes sejam suaves, menores ou igual 1:2 (V:H);
- quando a altura da crista do dique for maior do que 6.0m é recomendado que a inclinação do talude seja inferior a 1:3.

Para diques feitos com areia, recomenda-se que a inclinação pelo menos 1:4 e que os taludes sejam cobertos com uma camada de 300mm de solo argiloso.

Bermas

Quando a altura do dique for superior a 5,0m, recomenda-se a construção de bermas ao longo dos taludes, para estabilidade, reparação e manutenção. A largura da berma deve ser no mínimo de 3,0m.

Altura extra do dique

Para colmatar a consolidação do aterro ou da fundação deve ser prevista uma altura extra do dique. Recomenda-se o uso das alturas seguintes em função da altura do dique e tipo de solos.

Altura do dique (m)	Materiais da Fundação do Dique			
	Solos ordinários		Areias/Areias e cascalho	
	Material para o excesso de altura			
	Solos ordinários (cm)	Areias/Areias e cascalho (cm)	Solos ordinários (cm)	Areias/Areias e cascalho (cm)
< 3 m	20	15	15	10
3 – 5 m	30	25	25	20
5 – 7 m	40	35	35	30
> 7 m	50	45	45	40

Tabela 4-16: Alturas extras do dique recomendadas

4.3.11 Fase 9. Definição Das Estruturas De Drenagem

1) Avaliação das condições de drenagem da planície de inundação

Geralmente a topografia da planície de inundação apresenta uma inclinação no sentido do rio, fazendo com que o excesso das águas acumuladas na planície, que não sofreram evaporação e infiltração, drenem em direcção ao rio. Estando o dique localizado entre o rio e a planície de inundação, a presença deste corpo de terra pode ser um obstáculo para a drenagem natural, podendo desencadear mecanismos de degradação do dique. É importante, portanto, garantir que o excesso de água da planície tome o seu curso normal através de passagens hidráulicas. Estas estruturas podem estar munidas de comportas conforme a necessidade ou

não de impedir a circulação da água do rio para a planície de inundação em caso de subida do caudal.

A localização das passagens hidráulicas deve ser no alinhamento da linha de água, perpendicular ao dique, e o seu dimensionamento deve ser feito a partir dos mapas de drenagem que identificam as bacias de captação. A Figura 4-13 ilustra linhas de água na planície de inundação do dique de Nante, Distrito da Maganja da Costa.

O dimensionamento das passagens hidráulicas depende do caudal que se pretende escoar e do volume de água que se pretende manter na planície. Neste momento, não há critérios padronizados de dimensionamento para drenagem de áreas protegidas por diques. Sugere-se desenvolver esses critérios para futura utilização e incorporação em futuras edições desta Guião.

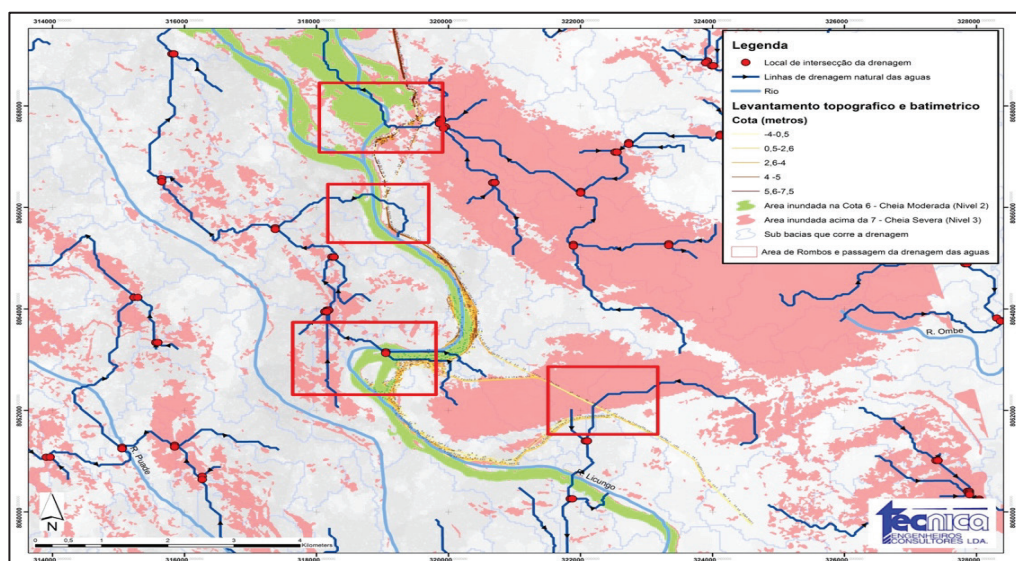


Figura 4-13: Avaliação das drenagens da planície de inundação de Nante, fonte: Projecto executivo dos diques de Nante, Técnica Lda, 2016.

2) Passagens hidráulicas

Deve ser prestada especial atenção à definição das passagens hidráulicas, quer quanto aos materiais quer quanto à sua execução pois estas estruturas são susceptíveis de acarretar problemas durante o tempo de serviço. Os problemas estão relacionados com:

- Constituição do leito de fundação;
- Deficiente compactação do aterro à volta das paredes;
- Infiltração de água a partir dos extremos, por deficiente protecção;

- Erosão dos taludes a montante e a jusante devido a deficiente protecção dos mesmos;
- Erosão na saída devido a deficiente protecção.

A fundação destas estruturas deve ser cuidadosamente analisada a fim de se avaliar a possibilidade de percolação por baixo da estrutura e a existência de aquíferos confinados que podem provocar uma acção vertical na estrutura (uplifting).

A percolação de água é reduzida introduzindo anéis exteriores ao longo da estrutura. Contudo, estes dispositivos têm a particularidade de aumentarem a dificuldade de compactação junto às paredes da passagem hidráulica.

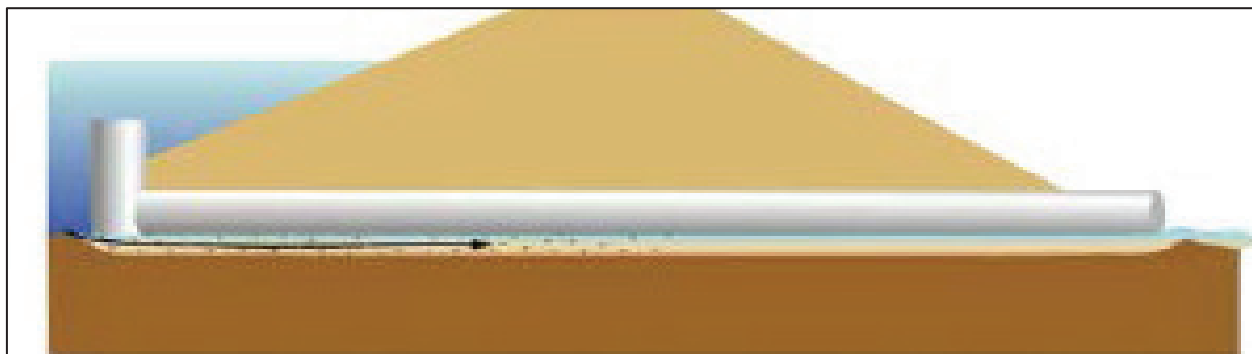


Figura 4-14: Ilustração de penetração de água iniciando erosão interna das paredes exteriores, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

O exemplo da Figura 4-14 ilustra a iniciação de um mecanismo de destruição do dique, que sob a acção contínua da água infiltrada a zona inferior do dique fica saturada dando origem a outros fenómenos de instabilidade.

3) Descarregados de superfície

Por vezes torna-se necessário introduzir elementos de alívio no dique, como é o caso de descarregadores de superfície para reduzir

a influência do caudal de cheia e proteger infra-estruturas especiais, como o caso de estações de bombagem e outros. Contudo, a localização deste tipo de estrutura deve ficar afastada dos elementos a proteger porque elas são muito solicitadas e, portanto, susceptíveis de colapso. A localização dos descarregadores deve ser tal que eles possam descarregar livremente na planície de inundação.

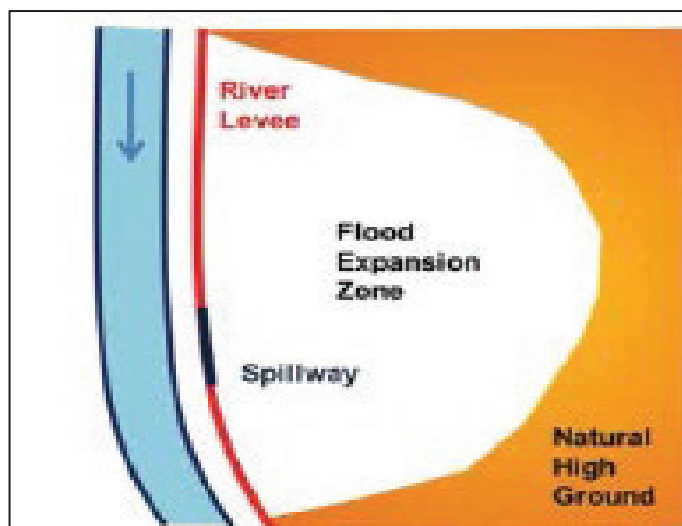


Figura 4-15: Exemplo de localização de descarregador de superfície, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

É aconselhável que os descarregadores estejam localizados em locais paralelos ao escoamento do rio, com pouca possibilidade de acção frontal da onda de cheia, que representa maior risco e consequentemente requer uma estrutura mais onerosa.

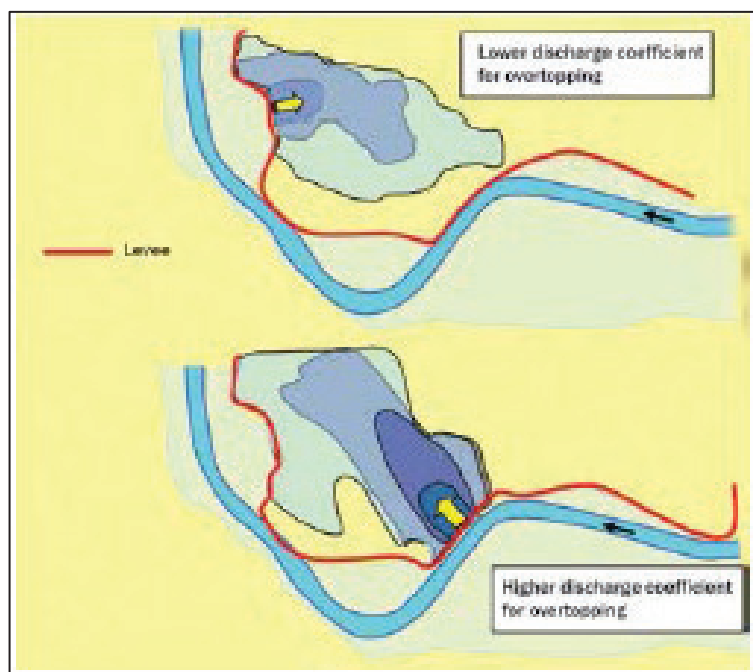


Figura 4-16: Exemplos de localização de descarregadores com relação ao escoamento do rio, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

4.3.12 Fase 10. Estimativa de Quantidades e Custos

Concluídos os elementos gráficos do projecto preliminar estão criadas as condições mínimas para a estimativa de quantidades e de custos, que poderão ser usados para o estudo de viabilidade económica.

Em Moçambique ainda não estão criados os critérios de medição para diques o que deverá ser feito em edições futuras deste guião, mas podem ser adoptados os critérios de medição constantes do *SATCC Standards Specifications for Roads and Bridge Works*.

4.3.13 Relatório do Projecto Preliminar

O culminar da elaboração do projecto preliminar é a apresentação do respectivo relatório, que numa primeira instância é apresentado em *draft*.

A versão *draft* do relatório é apresentada pelo consultor ao Dono do Dique, para sua verificação e comentários. Como ferramenta auxiliar do Dono do Dique é elaborada uma lista de verificações que permitem de forma expedita a avaliação dos documentos apresentados. Recomenda-se que a lista siga as designações constantes da Tabela 4-2. Um exemplo de uma lista de verificações é apresentado na Tabela 4-17.

Nome do Projecto:			
Entidade Contratante:			
Consultor:			
Fase de Desenvolvimento do Projecto: Projecto Preliminar			
Lista de Verificações			
Etapas	Designação	Realizou	
		Sim	Não
1	Coleta de dados de hidrologia, dados morfológicos e dados geotécnicos		
2	Definição do alinhamento preliminar do dique e do corredor do dique		
3	Reconhecimento do terreno		
	• Reportagem fotográfica do local		
	• Fichas de entrevistas do pessoal local		
	• Outras informações relevantes		
4	Levantamentos topográficos		
	• Planta topográfica do local		
	• Lista dos marcos de referência		
	• Arquivo dos dados em formato digital x,y,z		
5	Prospecção geotécnica e testes laboratoriais		
	• Mapa de localização dos locais de prospecção		
	• Perfis da estratificação dos solos		
	• Logs dos ensaios de SPT		
	• Resultados dos ensaios de laboratório		
6	Avaliação dos materiais da fundação e das áreas potenciais de empréstimo		
	• Classificação dos materiais e sua adequabilidade		
7	Avaliação das potenciais causas de falhas do dique		
	• Identificação dos prováveis mecanismos de destruição do dique		
8	Definição dos critérios de dimensionamento		

Nome do Projecto:		
Entidade Contratante:		
Consultor:		
Fase de Desenvolvimento do Projecto: Projecto Preliminar		
Lista de Verificações		
Etapa	Designação	Realizou
	Definição das secções transversais do dique	
9	Avaliação das condições de drenagem da planície de inundação	
	Localização das passagens hidráulicas	
	Localização de descarregadores de superfície	
10	Definição de estruturas de drenagem	
	Análise das condições das fundações	
	Pré-dimensionamento das estruturas	
11	Estimativa de quantidades e custos	
12	Apresentação pública do <i>draft</i> do projecto preliminar	
13	Respostas aos comentários das partes interessadas	
14	Entrega da versão final do Relatório do Projecto Preliminar	

Tabela 4-17: Lista de Verificações do Projecto Preliminar

5 Sistemas de Informação de Diques

5.1 Introdução

Os sistemas de informação são necessários para os diferentes componentes da gestão de diques e podem ser distinguidos em quatro categorias:

1. Informação dos estudos preliminares
2. Informação sobre o processo do desenho e construção dos diques, incluindo obras de reabilitação
3. Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção
4. Resultados da gestão diária

Todas estas quatro categorias fazem parte do “cadastro dos diques classificados” como mencionado no artigo 11 do regulamento. As quatro categorias são explicadas nos capítulos 5.2 até ao 5.4. No capítulo 5.6 é apresentada uma introdução para um sistema de gestão de dados para os diques que podem ser usados para fazer o Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção bem como e os resultados da gestão diária.

5.2 Cadastro Estudos Preliminares

Para cada sistema de dique, a DNGRH manterá e construirá um arquivo digital de todas as informações relevantes sobre os sistemas de diques mencionados no capítulo 2, relacionadas aos estudos preliminares.

Este arquivo irá incluir:

- Estudos preliminares iniciais dos sistemas de diques, de acordo com o capítulo 2
- Resultados de 10 anos de avaliação de sistemas de diques seguindo o artigo 6 do regulamento (*avaliação periódica da classificação*).

Geralmente, esses estudos preliminares serão executados por um consultor cujos termos de referência dos mesmo estudos deverão necessariamente especificar os passos do capítulo 3:

- Identificação do risco
- Avaliação de probabilidade de cheias
- Avaliar de consequências
- Quantificação de riscos

- Avaliação dos riscos de cheias
- Avaliação de medidas de redução de risco
- As normas de segurança e a decisão de aceitação dos riscos de cheias.

Os resultados do trabalho de consultoria serão apresentados num relatório incluindo informação de SIG e outros dados.

5.3 Cadastro Projectos de Construção / Reabilitação

Para cada sistema de dique, a DNGRH irá fazer um arquivo digital de todas as informações relevantes dos sistemas de dique do capítulo 2, relacionadas ao projeto e construção. Este arquivo incluirá:

- Resultados da coleta de dados relacionados à hidrologia, solos, topografia, morfologia;
- Lista de critérios de desenhos aplicados;
- Perfis como resultado do processo de projecto de diques, incluindo cálculos geotécnicos e de estabilidade necessários;
- Projeto de estruturas hidráulicas e sua conexão com os diques, como resultado do processo de projeto, incluindo capacidades hidráulicas e cálculos de estabilidade;
- Cálculo de custos;
- Resultado da consulta pública do projeto de dique;
- Resultados dos procedimentos do concurso;
- Resultados do processo de construção e controle de obra, incluindo, todos os testes de controle durante a construção como testes de característica de materiais de construção e testes de compactação.

5.4 Cadastro de Descrição do Dique e Zonas da Protecção de Gestão Diária

Para cada sistema de dique, será feito um mapa de base a ser usado na manutenção diária do dique. A ARA responsável pelo sistema de dique elaborará este Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção e o fornecerá à DNGRH. O Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção inclui:

- localização do dique num mapa;
- perfil de comprimento com pelo menos a cada km uma secção transversal e em secções onde o dique muda

dentro dos quilômetros para cada secção individual uma secção transversal;

- perfil do comprimento com uma secção transversal em pelo menos a cada km e ao longo dos quilômetros as secções onde o dique muda, para cada secção individual uma seção transversal
- uma descrição de toda a construção dentro e no dique;
- a zona de proteção do dique de acordo com o artigo 11 do regulamento e o nível de protecção;
- a zona de manutenção do dique de acordo com o artigo 11 do regulamento.
- todas as regras descrevendo os procedimentos e actividades que podem ou não ser implementadas

no dique, dentro das zonas de manutenção e zona de protecção

- Responsabilidades delegadas para manutenção.

Para explicar o Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção vamos introduzir um exemplo de um sistema dique. Na figura 5-1, o dique protege uma parte da planície de inundação de um rio. Na figura 5-1, uma parte da planície de inundação de um rio (inundada por um rio) é protegida pelo dique. Dentro das áreas protegidas, existe um número de empresas agrícolas, com um esquema de irrigação e de drenagem. Existe uma estrada que cruza a área protegida e dentro desta área existem várias casas e uma fábrica.

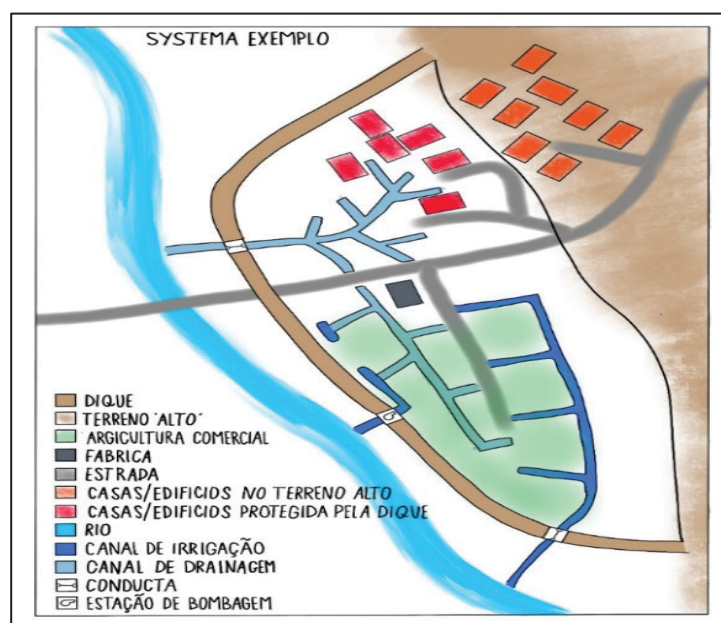


Figura 5-1: Exemplo de um sistema de diques

Baseado neste exemplo, será feito o Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção. Na figura 5-2 se apresenta um desenho para indicar quais informações se deve conter no cadastro. O cadastro precisa mostrar qual é a infra-estrutura do dique (secções de dique e construções que precisam ser cuidadas e as zonas de manutenção e de protecção parcial que precisam ser atendidas). Para a definição do cadastro é necessário que o comité da Bacia seja consultado. A DNGRH deve aprovar o Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção.

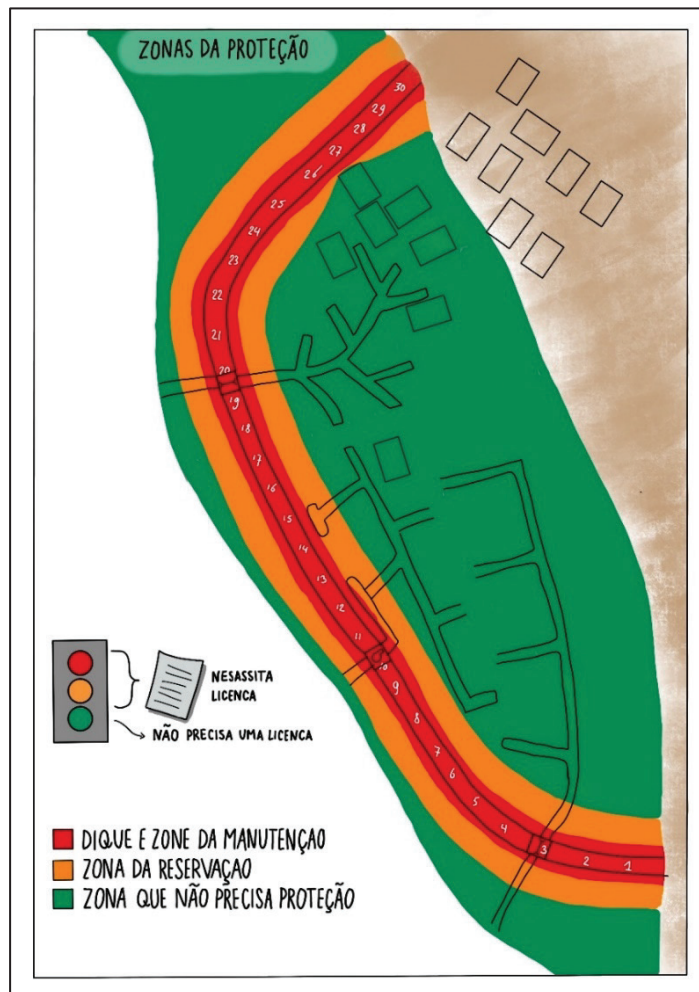


Figura 5-2: Exemplo de um “cadastro da descrição do dique e zonas de proteção”

Dentro do cadastro também pode ser definido qual a organização terá tarefas na gestão de diques. Por exemplo, se uma estrada está passando por um dique, a organização responsável

pela estrada precisa ter cuidado para que, no cruzamento do dique, a sua estabilidade seja garantida e a manutenção seja executada de acordo com as regras. A figura 5-3 dá um exemplo.

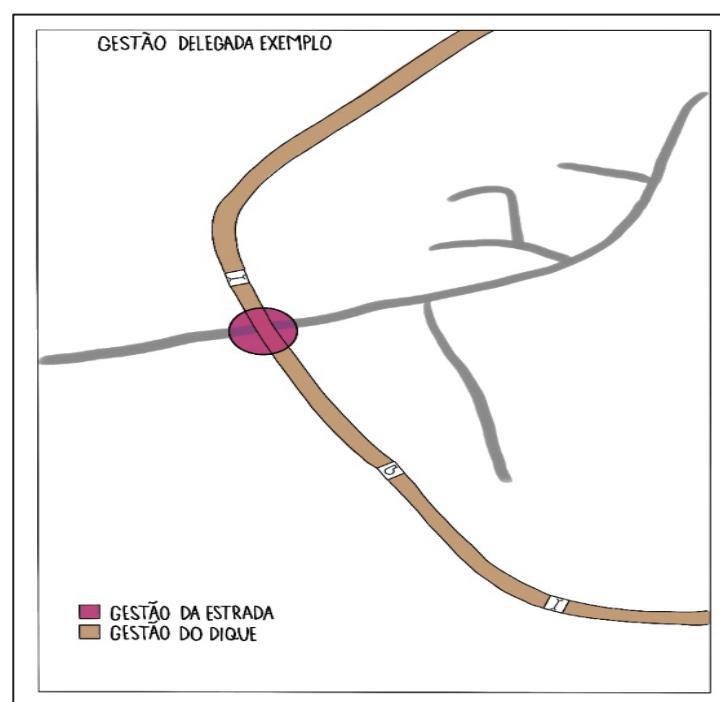


Figura 5-3: Exemplo de uma responsabilidade manutenção delegada

5.5 Cadastro de Gestão Diária

Para cada sistema de dique, precisam de ser incluídas no Cadastro as seguintes informações:

- Relatório anual de plano de gestão operacional (plano de gestão);
- Relatórios anuais de inspecção;
- Relatório anual de gestão de diques operacionais.

5.6 Cadastro dos Diques Sistema SIG

Com o objectivo de obter, reunir e uniformizar informação sobre diques dos rios de Moçambique foi desenvolvido em 2015 pela HKV, DWA e Salomon um sistema de informação de diques, aplicado bacia do Limpopo. Este sistema, entitulado de "Cadastro", está disponível para o desenvolvimento de sistemas de informação para diques de outras bacias hidrográficas.

O manual deste sistema está descrito no Anexo 5-A [HKV, 2015].

O *software* associado ao sistema suporta a inclusão de informação de gestão estrutural sobre os diques e elaboração de um relatório de inspecção dos sistemas. No Anexo 5-B é apresentado um exemplo de um relatório de inspecção dos diques Xai Xai e Chokwe na Bacia do Limpopo [Salomon & HKV, 2015].

O "Cadastro" usou-se no projecto de elaboração de legislação de diques, para obter uma descrição geral de todos os sistemas de dique Moçambicanos. É aconselhável usar o "Cadastro" para o desenvolvimento de futuros sistemas de informação de dique, inspecções futuras e planeamento de manutenções. Se necessário, podem ser desenvolvidas funcionalidades adicionais.

6 Gestão Operacional

6.1 Introdução ao Capítulo

A gestão diária (operacional) dos diques inclui todas as actividades que precisam ser implementadas para manter o sistema dique em boas condições.

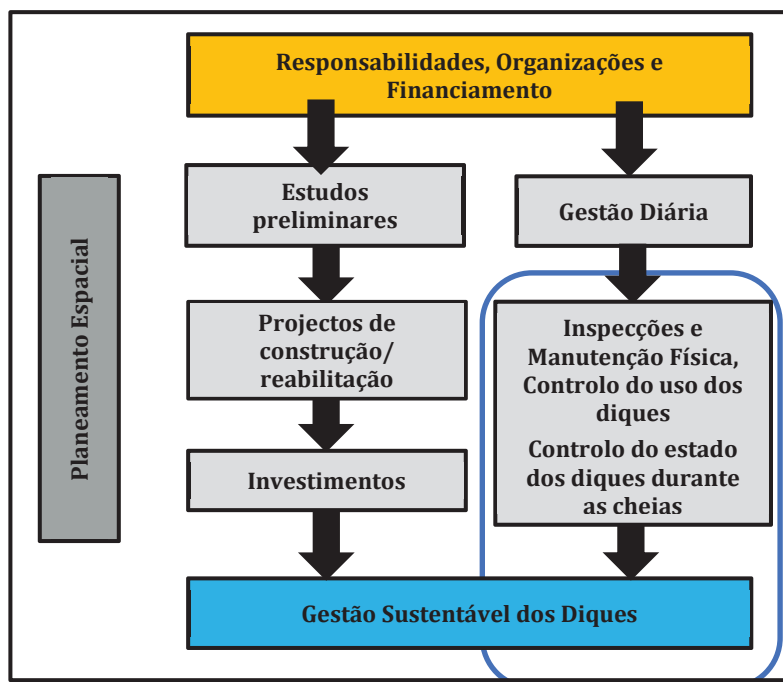


Figura 6-1: Componentes da gestão diária

O Capítulo 4 do regulamento define as responsabilidades da DNGRH e da ARA para implementar a gestão diária dos diques e também define as suas componentes. O Comité de Bacia dos sistemas de diques aconselhará as ARAs sobre a gestão de diques operacionais. A equipa de coordenação, sob a responsabilidade do Director da Unidade de Gestão e do Director-Geral da ARA, coordenará e implementará a gestão diária. Dois documentos importantes estruturarão a gestão operacional. Estes são o plano de gestão anual e o relatório anual.

A unidade de inspecção e a unidade de manutenção implementarão a gestão diária e o comité de emergência guiará a gestão durante as inundações. Esses componentes são descritos mais detalhadamente nos pontos 6.2 - 6.6. Os beneficiários do dique pagarão os custos operacionais da gestão do dique. No par. 6.7, é explicado o modo como será implementado.

Os componentes da gestão diária estão ilustrados na figura 6-2.

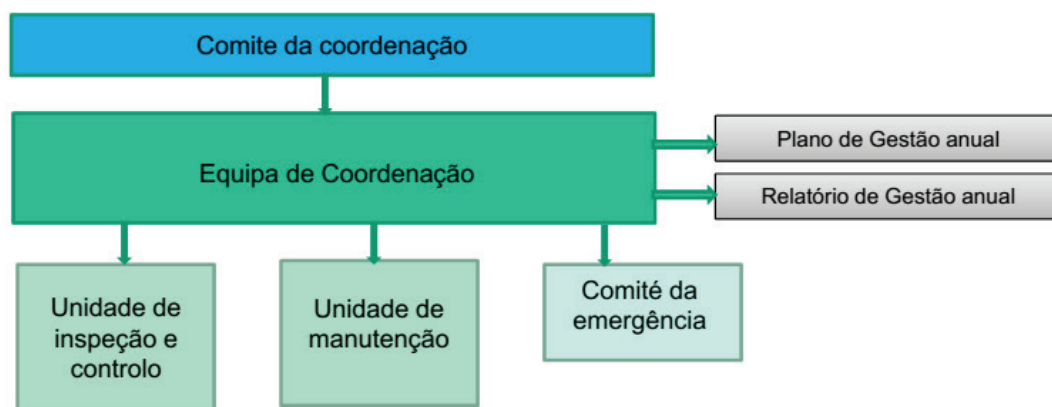


Figura 6-2: Componentes da gestão operacional dos diques

Os diferentes componentes são ilustrados nos próximos capítulos 6.2 até 6.7.

6.2 Comité da Coordenação

As **ARAs** serão as principais instituições responsáveis pela gestão operacional dos sistemas de diques. As **Unidades de Gestão da Bacia** (UGBs) serão as plataformas para coordenar as actividades necessárias, com a presidência das ARAs.

Os assuntos para discutir são o tipo e execução das obras de manutenção, mas também os aspectos financeiros, a qualidade das inspecções e controlo e podem ser discutidas as medidas a tomar em caso de utilização ilegal dos sistemas de dique. Todos os beneficiários dos sistemas de dique têm que ser representados no comité.

O comité se reunirá pelo menos duas vezes por ano e discutirá todos os assuntos relevantes. O comité se reportará ao director da ARA.

6.3 Equipa da Coordenação

De acordo com o artigo 3.1. as ARAs criam **uma equipa de coordenação da gestão operacional dos diques**.

A equipa deve ser constituída com pelo menos um engenheiro, um jurista, um operador do sistema de informação (Cadastro) e um técnico médio e motorista para a execução das inspecções bi-anuais.

A equipa de coordenação da gestão operacional dos sistemas de diques tem as seguintes tarefas:

- Propor assuntos relacionados a gestão dos diques no Comité da Bacia;
- Desenvolver o cadastro da descrição do dique e zonas de protecção;
- Desenvolver planos de gestão operacional anual;
- Desenvolver relatórios anuais;
- Guiar as unidades de inspecção e controlo;
- Guiar a unidade de manutenção;
- Guiar o comité de emergência;
- Implementação dum sistema de financiamento para a gestão operacional;
- Dar relatório ao Ministro (DNGRH) e manter a cadastro actualizado.

⇒ **Em relação a propôr assuntos no Comité da Bacia**

Os membros do Comité de Bacia devem ser consultados para as diferentes decisões a serem tomadas para a gestão de diques.

⇒ **Em relação a desenvolver o cadastro da descrição do dique e zonas de protecção**

No primeiro ano, o “cadastro da descrição do dique e zonas de protecção” precisa de ser desenvolvido e aprovado. O conteúdo do cadastro cadastral é descrito no capítulo 5.4. O desenvolvimento do legado cadastro estará em estreita colaboração com o Município e o município do distrito e com os membros do Comité da Bacia.

A definição da largura da área de manutenção e da zona de protecção será feita por um processo específico para cada sistema de dique e pode diferir de acordo com a situação local. Especialmente nas áreas urbanas, onde existem infra-estruturas perto de um dique, requer atenção. Isto segue o artigo 11 (*demarcação*) do regulamento.

Após a aprovação, o cadastro precisa comunicar a todas as agências governamentais e pessoas e organizações que vivem perto do dique e têm propriedades próximas ao dique. Para todos, deve ficar claro o que é permitido e o que não é permitido sobre ou perto do dique e quais penalidades serão aplicadas se não seguir as regras e quem é responsável.

⇒ **Em relação a desenvolver planos de gestão operacional anual**

O formato proposto do plano operacional para cada ano:

- Capítulo 1 Introdução;
- Capítulo 2 resumo do plano operacional;
- Capítulo 3 actividades da equipa de coordenação e custos;
- Capítulo 4 actividades de unidade de controle e controle e custos;
- Capítulo 5 actividades de unidade de manutenção e custos;
- Capítulo 6 actividades para o comité de emergência e custos;
- Capítulo 7 renda como uma contribuição dos beneficiários;
- Anexo 1: descrição do Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção do sistema de dique.

O plano operacional será feito no primeiro ano e actualizado a cada ano. O plano operacional conterá os custos e receitas para o ano específico e apresentará a previsão de custos e receitas para 4 anos seguintes.

Baseado no exemplo, apresentado do sistema de diques no capítulo 5, assumimos que, para este exemplo os diques estão em boa forma e a unidade tem a disponibilidade de um carro, uma motocicleta e um camião pequeno 4x4 para manutenção. Também assumimos que a manutenção para repor os canais de erosão podem ser feitos manualmente com a contratação de trabalhadores diários. Os custos anuais devem ser calculados. Na tabela 6.1, são mencionados os diferentes componentes do orçamento necessário para a gestão diária. Os custos totais devem ser cobertos com os impostos (ver parágrafo 6.7).

	20xx	20xx+1	20xx+2	20xx+3	20xx+4
Equipa de coordenação					
2.1	Custos salariais do equipe de coordenação				
2.2	Reunião Comité da Bacia (2x)				
2.3	Desenvolver o Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção				
Unidade de inspecção e controlo					
3.1	Inspecções 2x por ano				
3.2	Campanha de comunicação para o Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção				
3.3	Actuando em casos de uso ilegal				
3.4	Custos salariais				
3.5	Combustível e manutenção do transporte				
Unidade de manutenção					
4.1	30 km de manutenção reparando pequenas barreiras de erosão				
4.3	3 x manutenção de “culvert”				
4.4	Custos salariais				
4.5	Combustível e manutenção do transporte				
Comité da emergência					
5.1	2 reuniões de coordenação				
5.2	Comprar 200 sacos de areia				
Custos totais		Total			

Tabela 6-1: Orçamento resumido para o ano 20xx e orçamento previsional quatro anos à frente (em metical)

⇒ **Em relação a desenvolver relatórios anual**

O relatório anual abordará a gestão operacional implementada do sistema de dique e explicará as actividades implementadas, bem como os resultados das inspecções semestrais.

⇒ **Em relação a guiar a unidades de inspecção e controle, a unidade de manutenção e o comité da emergência.**
Veja os seguintes parágrafos

⇒ **Em relação a implementação dum sistema de financiamento para a gestão operacional veja parágrafo 6.7.**

⇒ **Em relação a actualização e uso do cadastro –**

- ➔ As partes envolvidas no controle e fiscalização do sistema de diques terão que actualizar o Cadastro após cada ronda de inspecção. As ARAs irão verificar a entrada dos dados (Controlo de Qualidade);
- ➔ As ARAs usarão o Cadastro actualizado a informar regularmente sobre o estado dos sistemas de diques; as informações do Cadastro também serão usadas para o projecto de reabilitação e manutenção de obras;

6.4 Unidade de Inspeção e Controle

Inspeção

Referindo-se ao modelo de gestão, observa-se que existe uma relação entre Inspeção & Manutenção e Controle. Durante a inspeção, ambas as disciplinas são ligadas. Quando há inspeção na condição física do dique, ao mesmo tempo, um controle terá lugar no uso ilegal. Isso é indicado na figura 6-3.

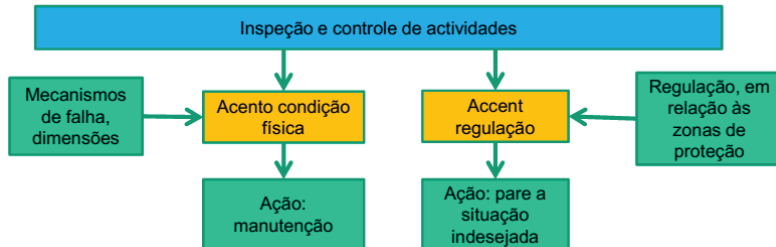


Figura 6-3: Relação entre os componentes inspeção & manutenção e regulação & controle

Para a inspeção e controle, dois gráficos de “fluxo de trabalho” foram desenvolvidos para um ciclo semanal e anual. Os esquemas são explicados na figura 6-4 e 6-5.

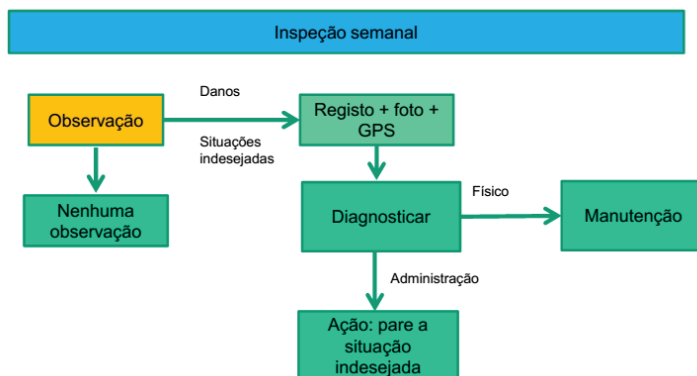


Figura 6-4: Inspeção semanal

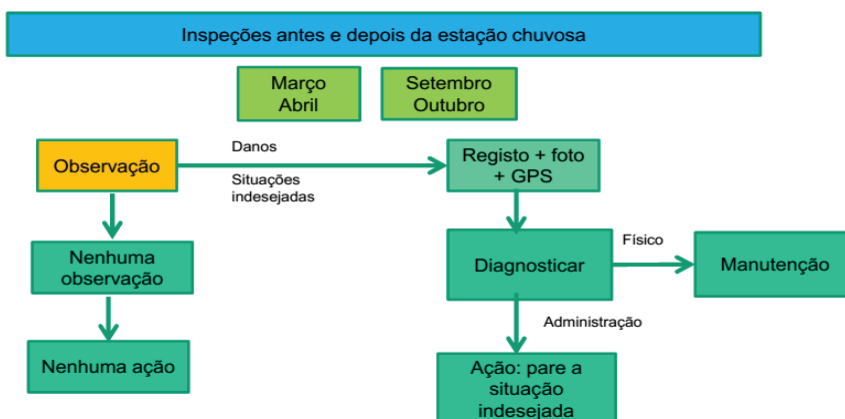


Figura 6-5: Inspeções anuais antes e depois da estação chuvosa

Os resultados das inspecções podem ser registrados no cadastro do sistema de informação, ver 5.5.

Controlo

Existem duas linhas de controlo. A primeira é, se alguém quiser fazer uma alteração e a solicitação for formalmente enviada para a ARA. O segundo refere-se à situação em que alguém realize

uma mudança ilegal no dique, dentro da zona de manutenção ou dentro da zona de protecção, definida no cadastro cadastral. O Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção é uma base muito importante para o controlo, pois determina o que é proibido no dique, na zona de manutenção e de protecção. As zonas são indicadas na figura 6-4 e 6-7.

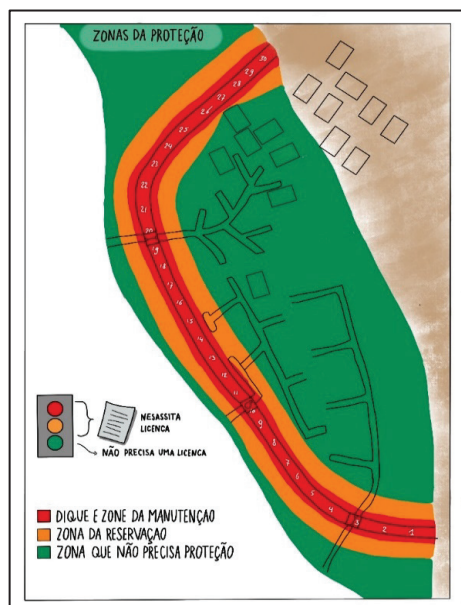


Figura 6-6: Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção

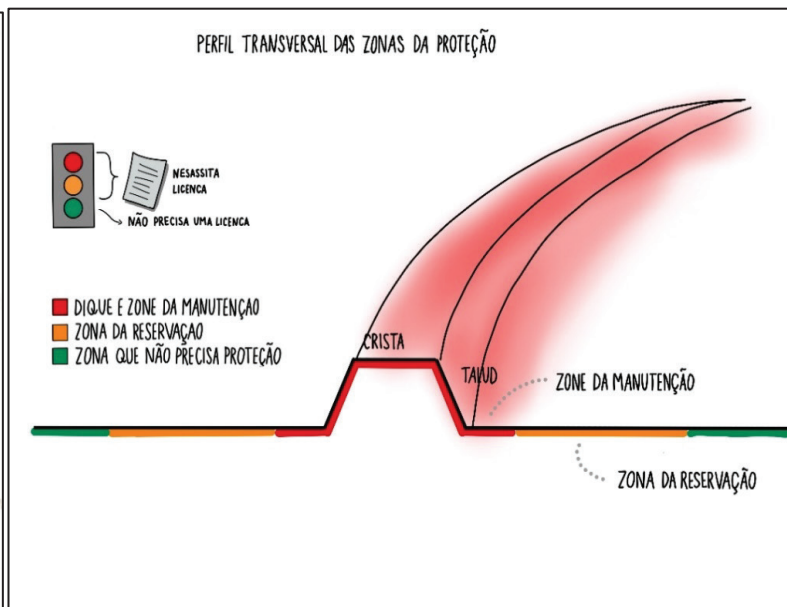


Figura 6-7: Zona de protecção perfil transversal

Em caso de solicitação formal, o processo é indicado na figura 6-8.

No dique e dentro das zonas de protecção, não são permitidas alterações ou construções.

Se alguém do governo ou parte privada quiser fazer alguma alteração no sistema de dique, a organização responsável pela gestão do dique deverá emitir uma licença. A regra é que não é permitida nenhuma mudança a menos que esta seja julgada como não tendo um impacto negativo na qualidade do sistema de dique existente agora e no futuro. O “julgamento” baseia-se em três princípios:

- A proposta tem impacto negativo na estabilidade do dique?
- A proposta tem impacto negativo na manutenção actual e futura?
- A proposta tem impacto negativo na possível melhoria futura do dique?

Se alguma das três respostas for positiva, a licença deverá ser rejeitada.

Example 1

Alguém quer construir uma casa perto do dique dentro da zona de manutenção. A proposta deverá ser rejeitada porque afetará negativamente a manutenção.

Example 2

Alguém quer atravessar o dique com um novo bueiro de irrigação e tem um projeto ruim que não garante a estabilidade do dique. A proposta deverá ser rejeitada. A pessoa poderá apresentar uma proposta alternativa melhorada, por exemplo, um tubo sobre o dique em vez de atravessar o dique. Esta proposta poderá ser aprovada se atender a todos os padrões. Nesse caso, o controlo do trabalho precisa ser feito com muito cuidado por forma a garantir uma construção adequada.

Se a proposta ainda não atender aos padrões, ela será rejeitada, e assim não será permitido fazer a estrutura.

Example 3

Alguém quer produzir milho nas zonas de protecção e sem nenhuma construção (casinha). Esta opção pode ser aprovada porque não afeta a estabilidade, manutenção e futuro uso da zona de protecção.

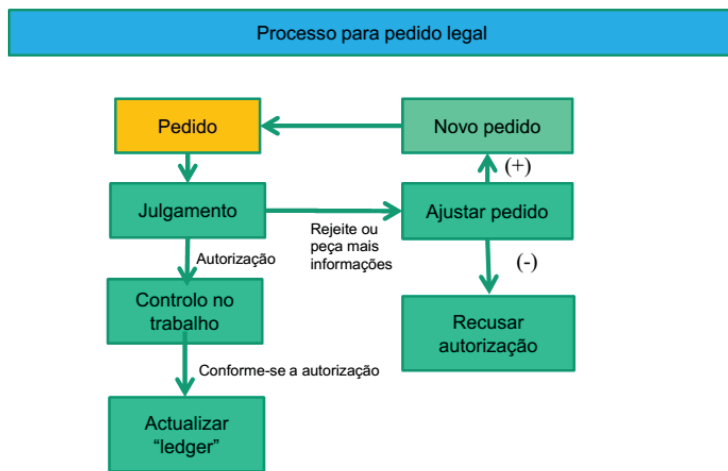


Figura 6-8: Processo para pedir de uma mudança no sistema de dique

No caso de uma actividade ilegal, o processo é elucidado na figura 6-9.

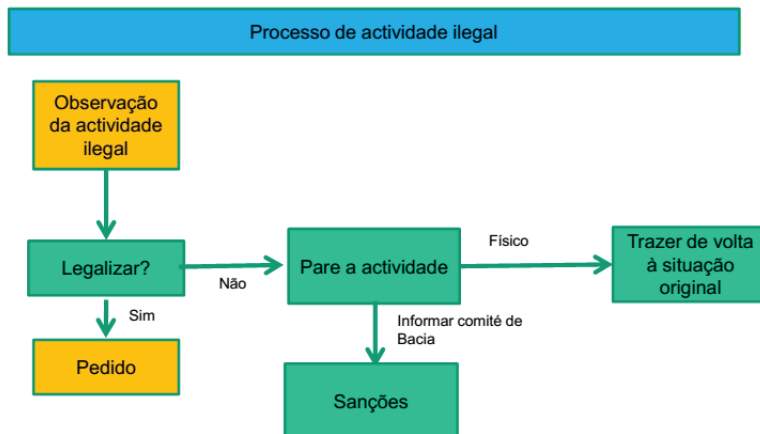


Figura 6-9: Actividades ilegais

No caso de uma actividade ilegal notificada no dique ou dentro da zona de protecção, será necessário, uma acção imediata. A actividade deve ser interrompida e o sistema de dique original deve ser restaurado. Além disso, serão aplicadas as sanções mencionadas no artigo 3.2 do regulamento do dique.

Em algumas situações, somente no caso de uma permissão, a actividade poderá ser legalizada a posterior, (ver o parágrafo anterior). As figuras 10 indicam práticas reais sobre o uso inadequado de diques.



Figura 6-10a: Exemplos de travessias de dique



Figura 6-10b: Exemplo de um sinal para proibir o cruzamento de dique



Figura 6-10c: Exemplos de cultivo em diques



Figura 6-10d: Exemplos de tubos que atravessam diques



Figura 6-10e: Exemplo de estruturas construídas em um dique

As figuras 6.10a ilustram a travessa do dique onde é necessário tomar medidas de protecção para evitar a redução da crista ou causar erosão.

As figuras 6.10b ilustram uma protecção para impedir o cruzamento do dique, que é um bom exemplo de controlo. Em relação aos cruzamentos de diques, o mais importante é que, no processo de desenho, define-se o cruzamento oficial junto com para garantir o uso e manutenção.

Figuras 6.10c são exemplos de cultivar acima de um dique ou na zona de manutenção (fazer machambas). Estas práticas têm que ser proibidas.

Figuras 6.10.d são exemplos de cruzamento de dique com tubos. Os exemplos não são projetados e construídos adequadamente. Se for absolutamente necessário que os tubos cruzem o dique, o dique deve ser bem projetado e construído e é necessária uma permissão e controlo. Todos os cruzamentos e estruturas em diques são uma causa potencial de falha e projecto, construção e manutenção são muito importantes.

A figura 6.10.e construção em um dique ou perto do dique é um potencial mecanismo de falha para o dique e deve ser proibida.

6.5 Unidade de Manutenção

A unidade de manutenção executará toda a manutenção necessária para manter os diques e as estruturas em boa forma, conforme definido no cadastro. Os relatórios de inspecção determinam a manutenção necessária. Quando um sistema de dique está em boas condições existem duas categorias de manutenção:

Manutenção relacionada a perfis de dique refere-se a:

- Manter a superfície do dique em boa forma. Vegetação com a capacidade de evitar a erosão, como a relva “Vetiver” é boa opção;
- Manter o perfil desejado e preenchendo barrancos de erosão com material adequado;
- Se as camadas de protecção estiverem em um dique, manter essa camada de protecção em forma.

A manutenção para as estruturas está relacionada a:

- Manter os portões móveis (condutas) em boa forma, lubrificando, se necessário, e mantendo os aros de borracha em bom estado;
- Assegurar que a relação entre a estrutura e o dique esteja em boas condições.

Ao introduzir as unidades de manutenção será feito um plano de manutenção focalizado para esse sistema de dique, tendo em conta todos os perfis e estruturas específicas do dique. O resultado da inspecção será usado para fazer os planos anuais de manutenção.

Se parte do sistema de dique, ou uma das estruturas não estiver em boas condições e precisar ser melhorada por forma a atingir os padrões, será feito um plano especial para definir as melhorias necessárias. Nesse caso, será aplicado o capítulo 4 deste manual.

6.6 Comité de Emergência

Para a gestão de diques, sugere-se a introdução de um comité de emergência e o desenvolvimento de um plano de calamidades com procedimentos para inspeções de emergência, acções e estratégias de evacuação. A equipa de coordenação irá criar este comité de emergência. Este comité de emergência trabalhará em estreita cooperação com a organização local do INGC e utilizará também o sistema de alerta precoce para inundações da ARA.

No plano de calamidades, precisam ser desenvolvidos os seguintes componentes:

- A estratégia de crescimento de baixo nível de risco (pequenas inundações) para nível médio e alto nível de risco (grandes inundações). Sugerimos um mínimo de três níveis e para todos os níveis:
 - o A estrutura da organização. Inundações mais altas requerem envolvimento de pessoal sénior, directores e representantes séniores do governo
 - o As organizações que precisam de estar envolvidas. (os membros do comité podem ser todas as partes interessadas como SDPI, SDAE, Município, INGC, empresas privadas ou regadios)
 - o A inspecção necessária diariamente com base no monitoramento do mecanismo de falha do dique. Veja também figura 6-11
 - o A acção necessária e em caso de manutenção de emergência, os materiais e equipamentos de construção necessários
 - o O plano de acção de comunicação para todas as partes interessadas
- Um plano de evacuação no caso de o dique entrar em colapso, ou um dilúvio poder ser mais alto do que a projecção do dique. Deve ficar claro como as pessoas devem ser evacuadas e como estas devem ser aconselhadas sobre uma possível evacuação.
- Uma estratégia de aprendizagem para praticar os procedimentos acima mencionados, acções e rotas de evacuação do plano de calamidades. Pelo menos uma vez por ano antes da estação chuvosa, deve ser simulada uma situação de cheias de modo a ganhar experiência e melhorar os procedimentos, a comunicação e as acções.

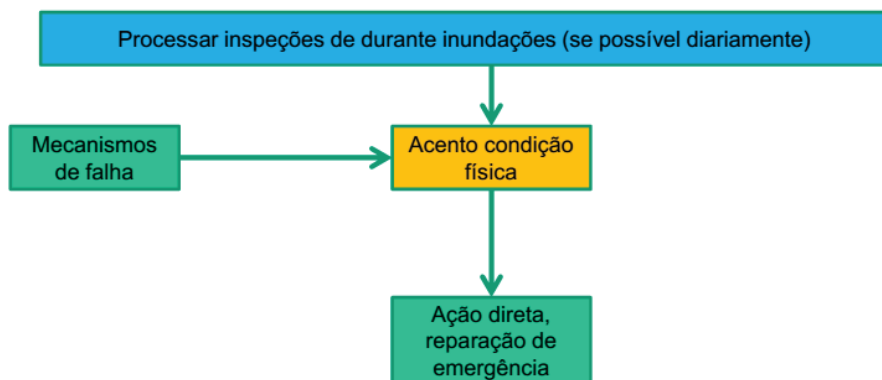


Figura 6-11: Inspeções antes e durante as inundações

6.7 Custos de Gestão Operacional do Dique

Para financiar as despesas da gestão operacional dos diques é assumida a seguinte:

Para a gestão operacional dos diques, propõe-se que os custos sejam providos pelos beneficiários (Princípio, beneficiário, pagamento e representatividade como definida no artigo 20 do regulamento:

- ⇒ Os beneficiários dos sistemas de dique são pessoas singulares ou colectivas, que se beneficiam da protecção

contra cheias e inundações a partir de um dique existente na sua área geográfica.

- ⇒ Os beneficiários devem contribuir para a gestão do dique por meio de pagamento de taxas.
- ⇒ Os beneficiários do dique devem estar representados no Comité de Bacia.

Este processo é ilustrado na figura 6-12, onde verá as diferentes categorias que se beneficiam do dique e serem representados no Comité da Bacia e tendo pago os custos operacionais do dique.

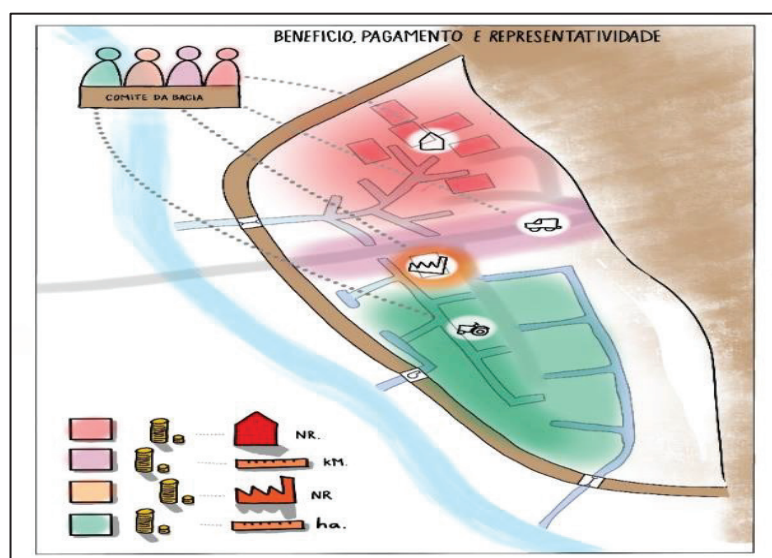


Figura 6-12: Benefício, pagamento e representatividade

Ao aplicar a metodologia para o exemplo do sistema de dique, precisa-se definir as categorias de beneficiários e, para cada categoria, listar os beneficiários. Para o exemplo do sistema de dique, está listado na tabela 6-2.

Agricultura	Ha
Companhia Privada (x)	150
Companhia Privada (y)	200
Companhia Privada (z)	150
Empresa agricultura tipo cooperativo	2500
Casas e edifícios	Número
Casas	500
empresa	1
Infraestrutura de transporte	descrição
Estrada número x	8 km da estrada esta protegido pelo dique

Tabela 6-2: Exemplo de um sistema de diques - Categorias e beneficiários

“As ARAs, juntamente com o governo local e os beneficiários, devem elaborar uma chave para uma repartição das contribuições de cada beneficiário. Propõe-se que a chave dependerá do valor das potenciais propriedades ou perdas, em caso da ocorrência de uma inundação.”

Contribuição por beneficiário

“A contribuição por beneficiário depende do tipo de sistema de dique (público ou privado) que proteja a vida e os bens do beneficiário. Para o mesmo sistema de diques, a contribuição de um cidadão do município pode ser diferente do que a contribuição de um agricultor individual ou de um membro de um regadio ou de uma associação de agricultores. “

Os proprietários de sistemas de diques **privados** (por exemplo, empresas agrícolas) devem pagar pela reabilitação, extensão, inspecção, controlo, operação e manutenção em si.

Mecanismos para cobrar contribuições

Para organizar as contribuições propõe-se a introdução de uma taxa nova para a inspecção, controlo, operação e manutenção dos sistemas de diques (taxa de gestão local dos diques).

O evento tributável é especificado como a posse de imóveis ou a exploração de actividades económicas na área geográfica protegida pelo dique primário (a protecção de vidas não é tributável):

A – Para membros dos regadios, associações de agricultores e outras entidades, que pagam uma taxa de água as ARAs –

Os agricultores, que são membros de um regadio ou associação de agricultores, estão a beneficiar-se directamente da protecção que os diques oferecem. A base tributária para a taxa de gestão local de diques será semelhante ao valor tributado à terra no âmbito da taxa de água.

B – Para cidadãos de municípios –

Os cidadãos das várias cidades estão a beneficiar da protecção dos diques. No entanto, alguns cidadãos têm mais interesses do que os outros. Propõe-se a introdução de uma taxa de gestão local de diques, para os proprietários de imóveis do Município que deverá ser semelhante ao Imposto Predial Autárquico, uma vez que as inundações podem afectar o estado dos imóveis. Para os proprietários de actividades económicas, que não seja agricultura, será introduzida uma taxa de gestão local de diques, semelhante à taxa por actividade económica.

C – Para empresas ou indivíduos com actividades económicas, localizadas nas zonas de inundações (mas não nos municípios ou que não fazem parte de um regadio ou associação de agricultores) Para cobrir empresas e indivíduos com actividades económicas, as ARAs podem introduzir uma taxa para a gestão dos diques, análogo a taxa de água (para agricultores) ou o imposto sobre actividades económicas (para empresas, *lodges* etc.).

Introdução da tributação para a gestão local (operacional) de diques

É importante que a introdução de uma taxa de gestão dos diques é acompanhada por uma mensagem clara, através de uma

campanha de sensibilização sobre a importância da inspecção, controlo, operação e manutenção dos sistemas de diques.

Canalização de fundos

Propõe-se que os fundos sejam canalizados para uma conta separada, que será gerida pela organização coordenadora (neste caso as ARAs); as ARAs (cada ARA para os sistemas de diques na sua área de mandato) irão dar relatório (prestar contas) às partes, numa base trimestral, mediante a apresentação de um relatório financeiro.

Método para cálculo dos valores de imposto anual de manutenção de diques

No artigo 31. do regulamento afirma-se que o ministro aprova o imposto anual de manutenção de sistema de diques com base numa proposta estabelecida pelo Conselho Nacional da Água.

Refere ainda que:

- o imposto é pago apenas pelos que beneficiam da protecção fornecida pelo sistema de diques;
- o imposto deve cobrir os custos de manutenção, custos esses que devem ser justos;
- a contribuição dos beneficiários para a manutenção do dique pode também ser através de execução de trabalhos de manutenção do sistema;
- a base para o pagamento do imposto é o benefício económico por bem fornecido pelo sistema de diques (protecção de cheias);
- os custos da gestão diária dependem do sistema e também podem variar de ano para ano.

Sugerimos o uso do seguinte método para o cálculo do pagamento dos vários tipos de beneficiários de sistema. O método basea-se no princípio de que o pagamento é baseado no benefício económico por bem fornecido pelo sistema de diques (protecção de cheias). O método refere-se ao capítulo 3 “Avaliação de riscos de cheias” deste manual.

O risco de inundação é definido como o valor esperado anual dos danos resultados pelas inundações. O fundamento do sistema de pagamento de impostos é o benefício económico anual esperado por utilizador (beneficiário) de cada sistema de diques. A metodologia para calcular o custo de pagamento de impostos por beneficiário será descrita nos parágrafos seguintes.

O benefício máximo económico de cada bem pode ser calculado para todos os beneficiários associados a cada sistema, somando-se os danos máximos por categoria de uso do solo que podem ser reduzidos pela protecção de cheias. Distinguem-se as categorias de danos e beneficiários apresentadas na Tabela 1. Note-se que esta é uma classificação primária. Cada categoria poderá ser alvo de uma classificação mais extensa, com mais sub-categorias. Por exemplo, as casas de habitação poderão ser alvo de uma diferenciação com base no material de construção e as subcategorias de agricultura poderão ser divididas consoante o tipo de cultura.

Categoria principal	Subcategoria	Unidade
Agricultura		
	1 Empresa agrícola privada	Ha
	2 Cooperativa agrícola	Ha
Casas e edifícios		
	3 Casas de habitação	Número
	4 Empresas	Número
Infra-estrutura de transporte		
	5 Estradas	km

Tabela 6-3: Beneficiários: categorias principais, subcategorias e unidades

O valor total dos danos máximos para cada categoria de danos i num sistema de diques pode ser calculado da seguinte forma:

$$D_{tot,i} = \sum_{i=1}^5 D_i * U_i$$

em que:

- $D_{tot,i}$ = danos máximos totais no sistema de diques (em USD) para a categoria de danos i
- D_1 = danos máximos em USD por hectare de empresa privada de agricultura
- U_1 = área total (hectares) de empresas privadas de agricultura no sistema de diques
- D_2 = danos máximos nas cooperativas agrícolas em USD por hectare de cooperativa
- U_2 = Área total (hectares) cooperativas agrícolas no sistema de diques
- D_3 = danos máximos totais em USD por casa
- U_3 = número total de casas de habitação no sistema de diques
- D_4 = danos máximos totais por empresa (em USD)
- U_4 = número total de empresas no sistema de diques
- D_5 = danos máximos em USD por km de estrada
- U_5 = total de km de estrada no sistema de diques

O dano máximo total D_{tot} no sistema de diques pode ser calculado da seguinte forma:

$$D_{tot} = \sum_{i=1}^5 D_{tot;i}$$

em que:

D_{tot} = danos máximos totais em USD, somados em todas as categorias de danos i (de 1 a 5) no sistema de diques

A contribuição relativa (em %) de cada categoria de danos $D_{pct;i}$ para os danos máximo totais dum sistema de diques pode ser calculada da seguinte forma:

$$D_{pct;i} = \frac{D_{tot;i}}{D_{tot}}$$

em que:

$D_{pct;i}$ = contribuição da categoria de danos i em % para os dados totais no sistema de diques

A contribuição fiscal relativa $T_{pct;i}$ (em %) para a categoria de danos i é igual à contribuição da categoria de danos i para os danos máximos totais dum sistema de diques:

$$T_{pct;i} = D_{pct;i}$$

Os custos absolutos de manutenção M_{tot} para o sistema de dique será determinado anualmente. O valor total anual de impostos $T_{tot;i}$ para cada categoria de danos i podem ser calculados da seguinte forma:

$$T_{tot;i} = T_{pct;i} * M_{tot}$$

em que:

M_{tot} = custos absolutos de manutenção M_{tot} para o Sistema de dique para um determinado ano

$T_{tot;i}$ = valor anual de imposto para a categoria de danos i

Os imposto total anual por unidade $T_{tot \text{ por unidade};i}$ dentro cada categoria de dano i pode ser calculado da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ por unidade};i} = \frac{T_{tot;i}}{U_i}$$

em que:

$T_{tot \text{ por unidade};i}$ = imposto anual por unidade para a categoria de danos i

A formula final para o cálculo do imposto por unidade $T_{tot \text{ por unidade};i}$ para a categoria de danos i pode ser escrita da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ or unidade};i} = \frac{\frac{(D_i * U_i)}{\sum_{i=1}^5 D_i * U_i} * M_{tot}}{U_i}$$

em que:

$T_{tot \text{ por unidade};i}$ = imposto anual por unidade para a categoria de danos

D_1 = danos máximos em USD por hectare de empresa privada de agricultura

U_1 = total hectare private company in a dyke system

U_1 = área total (hectares) de empresas privadas de agricultura no sistema de diques

D_2 = danos máximos nas cooperativas agrícolas em USD por hectare de cooperativa

U_2 = Área total (hectares) cooperativas agrícolas no sistema de diques

D_3 = danos máximos totais em USD por casa

U_3 = número total de casas de habitação no sistema de diques

D_4 = danos máximos totais por empresa (em USD)

U_4 = número total de empresas no sistema de diques

D_5 = danos máximos em USD por km de estrada

U_5 = total de km de estrada no sistema de diques

M_{tot} = custos absolutos de manutenção M_{tot} em USD para o Sistema de dique para um determinado ano

Exemplo

Ao aplicar a metodologia descrita ao exemplo do sistema de diques dado, é necessário definir as categorias de beneficiários e, para cada categoria, listar os beneficiários. Esta definição aplicada ao exemplo do sistema de diques é apresentada na Tabela 6-4.

Categoria principal (i)	Subcategoria	Unidade em Ha/Km/Número (Ui)	Danos máximos totais em USD (Di)
Agricultura			
1	Empresa agrícola privada (x)	350 Ha	500 USD/ha
1	Empresa agrícola privada (y)	500 Ha	500 USD/ha
1	Empresa agrícola privada (z)	350 Ha	500 USD/ha
2	Cooperativa agrícola	2.500 Ha	500 USD/ha
Casas e edifícios			
3	Casa	500 Número	1.500 USD/casa
4	Empresa	1 Número	1.000.000 USD/empresa
Infraestrutura de transporte			
5	Estrada	8 Km	50.000 USD/km

Tabela 6-4: Categorias e beneficiários para o exemplo do sistema de diques

Os valores de danos máximos correspondem à situação apresentada nas figuras do capítulo 3. Recomenda-se que o Conselho Nacional de Água estabeleça o método, e que defina as categorias de beneficiários e os valores máximos de danos por categoria, por ha, edifício e km.

A fórmula final para o cálculo do imposto por unidade $T_{tot \text{ por unidade};i}$ para a categoria de danos i pode ser escrita da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ por unidade};i} = \frac{\sum_{i=1}^5 \frac{(D_i * U_i)}{U_i} * M_{tot}}{U_i}$$

Os custos anuais de manutenção estimam-se em 100.000 USD.

O imposto anual por hectare de empresa agrícola privada (categoria de danos 1) pode ser calculado da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ por unidade};1} = \frac{\left(\frac{(500 \text{ USD} * 1.200 \text{ ha})}{\sum (500 \text{ USD} * 1.200) + (500 \text{ USD} * 2.500) + (1.500 \text{ USD} * 500) + (1.000.000 \text{ USD} * 1) + (50.000 \text{ USD} * 8)} * 100.000 \text{ USD} \right)}{1.200 \text{ ha}}$$

$$T_{tot \text{ por unidade};1} = 13 \text{ USD / ha}$$

O imposto anual por hectare de Cooperativa agrícola (categoria de danos 2) pode ser calculado da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ per unit};2} = \frac{\left(\frac{(500 \text{ USD} * 2.500 \text{ ha})}{\sum (500 \text{ USD} * 1.200) + (500 \text{ USD} * 2.500) + (1.500 \text{ USD} * 500) + (1.000.000 \text{ USD} * 1) + (50.000 \text{ USD} * 8)} * 100.000 \text{ USD} \right)}{2.500 \text{ ha}}$$

$$T_{tot \text{ per unit};2} = 13 \text{ USD} / \text{ha}$$

O imposto anual por edifício por casa de habitação (categoria 3) pode ser calculado da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ per unit};3} = \frac{\left(\frac{(1.500 \text{ USD} * 500 \text{ casas})}{\sum (500 \text{ USD} * 1.200) + (500 \text{ USD} * 2.500) + (1.500 \text{ USD} * 500) + (1.000.000 \text{ USD} * 1) + (50.000 \text{ USD} * 8)} * 100.000 \text{ USD} \right)}{500 \text{ casas}}$$

$$T_{tot \text{ per unit};3} = 38 \text{ USD} / \text{casa}$$

O imposto anual por empresa (categoria 4) pode ser calculado da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ per unit};4} = \frac{\left(\frac{(1.000.000 \text{ USD} * 1 \text{ empresa})}{\sum (500 \text{ USD} * 1.200) + (500 \text{ USD} * 2.500) + (1.500 \text{ USD} * 500) + (1.000.000 \text{ USD} * 1) + (50.000 \text{ USD} * 8)} * 100.000 \text{ USD} \right)}{1 \text{ empresa}}$$

$$T_{tot \text{ per unit};4} = 25.000 \text{ USD} / \text{empresa}$$

O imposto anual por km de estrada (categoria 5) pode ser calculado da seguinte forma:

$$T_{tot \text{ per unit};5} = \frac{\left(\frac{(50.000 \text{ USD} * 8 \text{ km})}{\sum (500 \text{ USD} * 1.200) + (500 \text{ USD} * 2.500) + (1.500 \text{ USD} * 500) + (1.000.000 \text{ USD} * 1) + (50.000 \text{ USD} * 8)} * 100.000 \text{ USD} \right)}{8 \text{ km}}$$

$$T_{tot \text{ per unit};5} = 10.000 \text{ USD} / \text{km}$$

Os impostos anuais por unidade apresentam-se na Tabela 6.5:

	Categoria de danos	Quantidade	Dano máximo	Dano máximo total por categoria	Contribuição relativa para o dano máximo total no sistema	Imposto anual total por categoria	Imposto anual total por unidade
		U_i	D_i	$D_{tot,i}$	$D_{pct,i}$	$T_{tot,i}$	$T_{tot \text{ per unit};i}$
1	Companhia privada x	350 ha	500 USD/ha	175.000 USD	4,4%	4.375 USD	13 USD/ha
1	Companhia privada y	500 ha	500 USD/ha	250.000 USD	6,3%	6.250 USD	13 USD/ha
1	Companhia privada z	350 ha	500 USD/ha	175.000 USD	4,4%	4.375 USD	13 USD/ha
2	Cooperativas agrícolas	2.500 ha	500 USD/ha	1.250.000 USD	31%	31.250 USD	13 USD/ha
3	Casas	500 (-)	1.500 USD/casa	750.000 USD	19%	18.750 USD	38 USD/casa
4	Empresas	1 (-)	1.000.000 USD/empresa	1.000.000 USD	25%	25.000 USD	25.000 USD/empresa
5	Estradas	8 km	50.000 USD/km	400.000 USD	10%	10.000 USD	1.250 USD/km
Dano máximo total no sistema de diques				4.000.000 USD	Custos totais de manutenção	100.000 USD	

Tabela 6-5: Impostos anuais por unidade para o exemplo do sistema de diques

Bibliografia

CiRIA, MIDDY, USACE (2013). The International Levee Handbook. CIRIA, London

Department of the Army, USACE (2000). Design and Construction of Levees. USACE, Washinton DC

DPWH, JICA (2010). Technical Standards and Guidelines for Design and Flood Control Structures. Tokyo

US Department of Agriculture (2009). National Engineering Handbook, Section16 - Drainage of Agricultural Land – Chapter 6. Dikes. NRCS, Michigan

Golder Associates & Associated Engineering, (2003). Dike Design and Construction Guide Best Management Practices for British Columbia. Vancouver.

Hammer, D & Blackburn, E. (1977). Design and Construction of Retaining Dikes for Containment of Dredged Material. USACE, Georgia.

Hunt, Roy E (2005). Geotechnical Engineering Investigation Handbook, 2nd Ed. Taylor & Francis, London.

Terzaghi, K; Peck R B & Mesri G. (1996). Soil Mechanics Engineering Practice, 3rd Ed. John wiley & Sons, Inc New York.

Brock, Dan S. & Sutcliffe Jr, L L (1986). Field Inspection Handbook. McGraw-Hill, Inc, New York.

Frith, CW; Purcell A M; Powel, A S (1997). Dikes, Earth Embankments Fissuring Manual. Environment Agency, Bristol.

COTO (2013). TMH11 – Standard Survey Methods, Draft Version 2.0. Department of Transport SA, Pretoria.

Bijengsi, Abi at all (2009). Sludge Application for Dike Cores. Hanze University Groningen, Stockholm.

Mitchell, P. Gerry (2016). Which type of survey would be best for my project: PhotoSat, LiDAR, Drone, or GPS? PhotoSat Information Ltd. Vancouver.

TRH2 (1978). Geotechnical and Soil Engineering Mapping for Roads and the Storage of Materials Data. National Institute for Transport and Road Research. Pretoria.

Gue & Partners SDN BHD (2005). General Earthworks Specification.

Hardie, Marcus (2009). Dispersive Soils and their Management. Dept of Primary Industries and Water. Hobart, Tasmania.

HKV, 2015. Cadastro Manual Limpopo (2015). version 1.1. PR2900.10. Commissioned by: Wetterskip Fryslân and ARA-SUL.

Salomon & HKV (2015). Inspection Report for Chókwe and Xai-Xai Dykes. Commissioned by: Wetterskip Fryslân and ARA-SUL.

Huizinga J., Moel de H. and W. Szewczyk (2017). Global flood depth-damage functions. JRC Technical Reports. Commissioned by: European Commission.

Nobre A.D., Cuartas L.A., Hodnett M., Rennó C.D., Rodrigues G., Silveira A., Waterloo M., and S. Saleska (2011). Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology* 404 (2011) 13–29.

Ministry of Infrastructura and Environment, Unie van Waterschappen and Interprovinciaal Overleg (2012). Flood risk in the Netherlands. VNK2: method in brief. Technical background.

Salomon & HKV (2015). Inspection Report for Chówke and Xai-Xai Dykes. Commissioned by: Wetterskip Fryslân and ARA-SUL.

WE Consult. Relatório sobre o Modelo Institucional para a Gestão Sustentável dos Diques de Protecção contre Cheias e Inundações. Outubro 2018. Commissioned by: DNGRH

Van Dantzig D. (1956). Economic decision problems for flood prevention. *Econometrica* 24(3): 276–287.

Lista de Figuras

Figura 1-1: Modelo conceptual para a gestão sustentável de diques relativa aos riscos de cheias
 Figura 2-1: Mapa com os sistemas de diques em Moçambique
 Figura 2-2: Fluxograma 1_Seleção do modelo de gestão
 Figura 2-3: Fluxograma 2_Classificação dos sistemas de dique existentes
 Figura 3-1: Componente “Estudos Preliminares” do modelo conceptual para a gestão sustentável de diques relativa aos riscos de cheias
 Figura 3-2: Exemplo de estratégia GRC na bacia do Rio Elbe [International Levee Handbook, 2013]
 Figura 3-3: Explicação esquemática para o risco de cheias (editado de www.schetsontwerp.com)
 Figura 3-4: Passos da gestão de risco de cheias
 Figura 3-5: Passo 1: Identificação do Risco. Análise do sistema
 Figura 3-6: Cálculo da probabilidade de falha de dique por transbordo
 Figura 3-7: Exemplo fictício de classificação qualitativa risco de cheias devido a falha por transbordo (elevado, médio e baixo) para a sub-bacia de Chokwe (rio Limpopo)
 Figura 3-8: Exemplo de uma curva de fragilidade de um mecanismo de falha geotécnica
 Figura 3-9: Exemplo de resultado da avaliação qualitativa do desempenho de diques: (baixo, médio, alto) ou avaliação quantitativa (curvas de fragilidade)
 Figura 3-10: Exemplo fictício de mapa de inundações para a sub-bacia de Chokwe (rio Limpopo)
 Figura 3-11: Diagrama com as etapas do cálculo de dano (editado do projecto Risco de inundação na Holanda [Min I&M, 2012])
 Figura 3-12: Funções dano-profundidade de inundação para Moçambique [Huizinga et al., 2017]
 Figura 3-13: Exemplo de uma curva de risco
 Figura 3-14: Curva de risco associada ao exemplo cálculo do dano anual esperado
 Figura 3-15: Exemplo fictício de um mapa de risco para a sub-bacia de Chokwe (rio Limpopo)
 Figura 3-16: Esquema para a avaliação de risco de cheias
 Figura 3-17: Exemplo de um gráfico com os custos totais custos associados ao risco e custos de investimentos e manutenção para diferentes probabilidades de excedência

Figura 3-18: Custos totais, custos do risco, custos de investimentos e manutenção para três áreas fictícias expostas a inundações: rural, suburbana e urbana
 Figura 3-19: Exemplos de medidas para reduzir a probabilidade e consequência das cheias (editado de www.schetsontwerp.com e www.ruimtevoorderivier.nl/)
 Figure 3-20: Etapas para a tomada de decisão na escolha da estratégia integrada de gestão de riscos de cheias (editada de www.schetsontwerp.com)
 Figura 4-1: Componente “Projectos de construção/reabilitação” do modelo conceptual para a gestão sustentável de diques relativa aos riscos de cheias
 Figura 4-2: Pormenor do mapa topográfico a escala 1:50.000
 Figura 4-3: Pormenor do mapa geológico a escala 1:250.000
 Figura 4-4: Pormenor do mapa de solos a escala 1:1.000.000
 Figura 4-5: Dique recuado, fonte: BC Dike Design Guidelines
 Figura 4-6: Dique na banquetta, fonte: BC Dike Design Guidelines
 Figura 4-7: Dique de largura excessiva/Estrada, fonte: BC Dike Design Guidelines
 Figura 4-8: Dique muito largo com dique natural, fonte: BC Dike Design Guidelines
 Figura 4-9: Dique muito largo com dique natural, fonte: BC Dike Design Guidelines
 Figura 4-10: Exemplo de mapa de prospecção geotécnica. Fonte: Field Engineering Handbook
 Figura 4-11: Partes de um dique
 Figura 4-12: Exemplo de dique zoneado com dispositivos de redução da percolação, fonte: [International Levee Handbook, 2013]
 Figura 4-13: Avaliação das drenagens da planície de inundação de Nante, fonte: Projecto executivo dos diques de Nante, Técnica Lda, 2016.
 Figura 4-14: Ilustração de penetração de água iniciando erosão interna das paredes exteriores, fonte: [International Levee Handbook, 2013]
 Figura 4-15: Exemplo de localização de descarregador de superfície, fonte: [International Levee Handbook, 2013]
 Figura 4-16: Exemplos de localização de descarregadores com relação ao escoamento do rio, fonte: [International Levee Handbook, 2013]
 Figura 5-1: Exemplo de um sistema de diques

Figura 5-2: Exemplo de um “cadastro da descrição do dique e zonas de protecção”

Figura 5-3: Exemplo de uma responsabilidade manutenção delegada

Figura 6-1: Componentes da gestão diária

Figura 6-2: Componentes da gestão operacional dos diques

Figura 6-3: Relação entre os componentes inspecção & manutenção e regulação & controle

Figura 6-4: Inspeção semanal

Figura 6-5: Inspeções anuais antes e depois da estação chuvosa

Figura 6-6: Cadastro da descrição do dique e zonas de protecção

Figura 6-7: Zona de protecção perfil transversal

Figura 6-8: Processo para pedir de uma mudança no sistema de dique

Figura 6-9: Actividades ilegais

Figura 6-10a: Exemplos de travessias de dique (foto Salomon Lda)

Figura 6-10b: Exemplo de um sinal para proibir o cruzamento de dique (foto Salomon Lda)

Figura 6-10c: Exemplos de cultivo em diques (foto Salomon Lda)

Figura 6-10d: Exemplos de tubos que atravessam diques (foto Salomon Lda)

Figura 6-10e: Exemplo de estruturas construídas em um dique (foto Salomon Lda)

Figura 6-11: Inspeções antes e durante as inundações

Figura 6-12: Benefício, pagamento e representatividade

Tabela 3-1: Exemplo de valores estimados de danos em residências expostas a 1 metro de altura de inundação

Tabela 3-2: Exemplo de características de três tipos de áreas expostas a risco de inundações

Tabela 3-3: Esquema para o cálculo do dano anual esperado

Tabela 3-4: Exemplo de cálculo do dano anual esperado

Tabela 3-5: Três tipos fictícios de áreas expostas a risco de cheias (área rural, suburbana e urbana)

Tabela 3-6: Exemplo de cálculo do custo total para área suburbana

Tabela 4-1: Fases Principais de um Projecto de Diques

Tabela 4-2: Etapas básicas do projeto preliminar

Tabela 4-3: Precisão para levantamentos topográficos para projectos de diques

Tabela 4-4: Métodos relevantes para prospecção geotécnica, adaptado do Geotechnical Engineering Investigation Handbook

Tabela 4-5: Testes laboratoriais de Solos Granulares Grossos Sem Coesão, fonte: USCE Technical Report D-77-9

Tabela 4-6: Testes laboratoriais de solos coesivos de granulometria fina, fonte: USCE Technical Report D-77-9

Tabela 4-7: Quantidades de amostra necessária para diversos ensaios laboratoriais, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

Tabela 4-8: Características dos solos de granulometria grossa e sua adequabilidade para diques, fonte: National Engineering Handbook, Section 16 – Chapter 6

Tabela 4-9: Características dos solos de granulometria fina e sua adequabilidade para diques, fonte: National Engineering Handbook, Section 16 – Chapter 6

Tabela 4-10: Exemplos de erosão eterna, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

Tabela 4-11: Exemplos e causas de Erosão Interna, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

Tabela 4-12: Exemplos e causas de Instabilidade, fonte: [International Levee Handbook, 2013]

Tabela 4-13: Exemplo de classificação de dique e critérios de dimensionamento, fonte: National Engineering Handbook

Tabela 4-14: Altura livre

Tabela 4-15: Largura da crista

Tabela 4-16: Alturas extras do dique recomendadas

Tabela 4-17: Lista de Verificações do Projecto Preliminar

Tabela 6-1: Orçamento resumido para o ano 20xx e orçamento previsional quatro anos à frente (em metical)

Tabela 6-2: Categories and beneficiaries of exemplo dyke system

Tabela 6-3: Benificiários: categorias principais, subcategorias e unidades

Tabela 6-4: Categorias e beneficiários para o exemplo do sistema de diques

Tabela 6-5: Impostos anuais por unidade para o exemplo do sistema de diques

Abreviaturas

Abreviaturas	Definição
ANE	Administração Nacional de Estradas
ARA	Administração Regional de Águas
CFM	Caminhos de Ferro de Moçambique
DNAAS	Direcção Nacional de Abastecimento de Águas e Saneamento
DNGRH	Direcção Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos
DOH	Departamento de Obras Hidráulicas
DWA	Dutch Water Authority
GRC	Gestão de Risco de Cheias
IACM	Instituto de Aeronáutica Civil de Moçambique
IHO	International Hydrographic Organization
IIAM	Instituto de Investigação Agrícola de Moçambique
INGD	Instituto Nacional de Gestão e Redução de Riscos de Desastres
JICA	Japan International Cooperation Agency
LIDAR	Light Detection and Ranging
MTA	Ministério da Terra e Ambiente
MOPHRH	Ministério de Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos
NMM	Nível Médio do Mar
SCU	Sistema de Classificação Unificado
SDAE	Serviço Distrital de Actividades Económicas
SDPI	Serviço Distrital para Planeamento e Infra-estrutura
UGB	Unidade de Gestão da Bacia