



Fevereiro, 2017

PROJETO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE RIOS PRINCIPAIS

CONSIDERAÇÕES SOBRE PERÍODO DE RETORNO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Preparado para:

Fundação Renova

RELATÓRIO

Número do Relatório: G006900-G-1RT083_R-00/RT-E26-012_159-515-2282_00-B

Distribuição:

1 e-cópia - Fundação Renova

1 cópia - Golder Associates Brasil Consultoria e
Projetos Ltda.





ÍNDICE

1.0	INTRODUÇÃO	2
2.0	OBJETIVO	2
3.0	LEGISLAÇÃO E NORMAS APLICÁVEIS	2
3.1	Legislação nacional	2
3.2	Normas brasileiras	2
3.2.1	Drenagem de estradas: DER-MG	3
3.2.2	Drenagem Urbana	3
4.0	MELHORES PRÁTICAS INTERNACIONAIS	4
5.0	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ALTERAÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO	5
5.1	Impacto visual das obras do sistema de drenagem	5
5.2	Período de retorno e risco	6
5.3	Arranjo do sistema de drenagem e período de retorno	6
5.4	Dimensionamento das estruturas de drenagem	7
5.5	Prós e Contras da alteração do período de retorno	7
6.0	EQUIPE TÉCNICA	8
7.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8

TABELAS

Tabela 1:	Tempo de retorno para dispositivos de drenagem definidos pelo DER-MG	3
Tabela 2:	Tempo de retorno (TR) para dispositivos de drenagem para a cidade de Porto Alegre	3
Tabela 3:	Exemplo 1: Dimensionamento de canaleta de drenagem para área impactada, com área de drenagem de 1 ha, declividade de 1% e largura da base igual 1 m (valores aproximados)	7
Tabela 4:	Exemplo 2: Dimensionamento de canaleta de drenagem para área impactada, com área de drenagem de 3 ha, declividade de 1% e largura da base igual 1 m (valores aproximados)	7
Tabela 5:	Equipe Técnica	8

FIGURAS

Figura 1:	Fotos do tributário TG36 em três momentos: antes da intervenção, imediatamente após a intervenção e alguns meses após a intervenção com a vegetação já desenvolvida.	5
Figura 2:	Fotos do tributário TG01A em três momentos: antes da intervenção, imediatamente após a intervenção e alguns meses após a intervenção com a vegetação já desenvolvida.	6



1.0 INTRODUÇÃO

A Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (Golder) foi contratada pela Samarco Mineração S.A. (Samarco) para prestação de serviços relativos ao plano de recuperação ambiental das áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Recentemente o programa geral de recuperação e compensação para o rompimento da barragem de Fundão foi transferido da Samarco para a Fundação Renova (Fundação).

Neste contexto, a Golder tem desenvolvido uma série de trabalhos dentre os quais incluem-se os projetos e o acompanhamento das obras de recuperação ambiental dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce no trecho a montante da UHE Risoleta Neves (Candonga), incluindo o controle de processos erosivos.

As premissas e critérios de projeto para o controle de processos erosivos foram definidos no documento “Relatório de Diretrizes Gerais de Projeto”, Relatório Técnico G006900-G-1RT102 (Golder, 2016), que foi aprovado pela Samarco e apresentado aos órgãos ambientais.

Dentre as premissas e critérios adotados para o controle de processos erosivos, os seguintes itens se relacionam ao sistema de drenagem superficial das planícies de inundação.

Premissas:

- Minimizar a erosão produzida pelo escoamento superficial nas áreas impactadas;
- Desviar o escoamento superficial “limpo” das áreas impactadas;
- Implantar drenagem superficial adequada nas áreas impactadas;

Critérios de Projeto:

- Os dispositivos de drenagem superficial como canaletas, canais e descidas de água estão sendo projetados para um evento com período de retorno de 25 anos;
- As medidas de controle de erosão e sedimentação estão sendo projetadas para transportar a precipitação com período de retorno de 25 anos;

Conforme registrado nas atas das reuniões de engenharia realizadas no mês de janeiro de 2017, a Fundação solicitou à Golder o estudo do sistema de drenagem realizado, identificando os prós e contras da diminuição do período de retorno de 25 anos, que foi um dos critérios de projeto adotados.

2.0 OBJETIVO

O objetivo do presente documento é apresentar o arcabouço legal e normativo que levou à definição do critério de projeto de período de retorno de 25 anos para os sistemas de drenagem superficial das planícies de inundação, bem como uma avaliação dos prós e contras da alteração deste critério.

3.0 LEGISLAÇÃO E NORMAS APLICÁVEIS

3.1 Legislação nacional

Não existe legislação brasileira específica que defina critérios e diretrizes de estudos hidrológicos e hidráulicos para planícies de inundação de cursos de água.

3.2 Normas brasileiras

No Brasil não existe normatização específica que defina critérios e diretrizes de estudos hidrológicos e hidráulicos para planícies de inundação de cursos de água. As diretrizes que mais se aproximam ao cenário em questão são:



CONSIDERAÇÕES SOBRE PERÍODO DE RETORNO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

- Diretrizes estabelecidas para drenagem superficial de estradas pelos órgãos responsáveis, como DNIT e DERs;
- Normas ou diretrizes para projetos de dispositivos de drenagem urbana, estabelecidos por prefeituras ou órgãos municipais.

Apresenta-se a seguir alguns exemplos dessas diretrizes e normas.

3.2.1 Drenagem de estradas: DER-MG

O Manual de procedimentos para elaboração de estudos e projetos de engenharia rodoviária do DER-MG apresenta a seguinte informação relacionando tempo de retorno e dispositivos de drenagem:

Tabela 1: Tempo de retorno para dispositivos de drenagem definidos pelo DER-MG

Dispositivos de Drenagem	Rodovia de Baixo Volume de tráfego	Rodovia Normal
Drenagem superficial	10 anos	10 anos
Drenagem profunda	1 ano	1 ano
Bueiros tubulares	15 anos	25 anos
Bueiros Celulares	25 anos	50 anos como orifício
Obras de Arte Especiais	50 anos e verificar para 100 anos	100 anos

3.2.2 Drenagem Urbana

- Para a cidade de São Paulo (2012) – Normatização elaborada com apoio da USP:

“Como norma geral, podem-se adotar os seguintes critérios: a) períodos de retorno mais baixos (2 a 10 anos) para as obras de microdrenagem, pois, em geral, os danos decorrentes da falha desses sistemas são localizados e de menor magnitude; b) para obras e intervenções em macrodrenagem (canais, córregos e rios de médio e grande porte, reservatórios de retenção, etc.), o risco deve diminuir (sugerem-se períodos de retorno entre 25 e 50 anos), uma vez que a falha desses sistemas resulta em prejuízos e transtornos mais significativos: inundações de edificações, interrupção de tráfego, proliferação de doenças de veiculação hídrica, etc.; c) para regiões onde se prevêem prejuízos de alta magnitude, como grandes corredores de tráfego ou áreas vitais para dinâmica da cidade, sugere-se adotar período de retorno de 100 anos; d) para áreas onde se localizam instalações e edificações de uso estratégico, como hospitais, bombeiros, polícia, centros de controle de emergências, sugere-se período de retorno de 500 anos. Nas situações em que pode ocorrer perda de vidas humanas, é recomendável adotar períodos de retorno de no mínimo 100 anos”.

- Para Porto Alegre (2005) - Normatização elaborada com apoio do IPH-RS:

Tabela 2: Tempo de retorno (TR) para dispositivos de drenagem para a cidade de Porto Alegre

Sistema	Característica	Intervalo TR (anos)	Valor frequente (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 - 5	2
	Comercial	2 - 5	5
	Áreas de prédios públicos	2 - 5	5
	Aeroporto	5 - 10	5
	Áreas comerciais e Avenidas	5 - 10	10
Macro drenagem		10 – 25	10



Sistema	Característica	Intervalo TR (anos)	Valor frequente (anos)
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5 - 100	100*

*limite da área de regulamentação

4.0 MELHORES PRÁTICAS INTERNACIONAIS

Diante da inexistência de legislação ou diretrizes específicas para a drenagem superficial de planícies de inundação, a Golder optou pela adoção das melhores práticas internacionais.

Uma instituição de referência que possui diretrizes ambientais internacionalmente aceitas é o Banco Mundial, por meio da IFC (*International Finance Corporation*). A IFC, membro do Grupo Banco Mundial, é a maior instituição de desenvolvimento global voltada para o setor privado nos países em desenvolvimento.

“As Diretrizes de Meio Ambiente, Saúde e Segurança (Diretrizes de EHS) do Grupo Banco Mundial são documentos de referência técnica que trazem exemplos gerais e específicos de boas práticas internacionais do setor. A IFC usa as Diretrizes de EHS como fonte técnica de informações durante a avaliação do projeto. As Diretrizes de EHS contêm os níveis de desempenho e as medidas normalmente aceitáveis para a IFC e que, de forma geral, são consideradas executáveis em novas instalações a custos razoáveis com a utilização de tecnologias existentes. As Diretrizes Gerais de EHS contêm informações sobre questões transversais relacionadas com o meio ambiente, saúde e segurança potencialmente aplicáveis a todos os setores da indústria. Elas devem ser usadas em conjunto com as diretrizes relevantes do setor industrial. As Diretrizes de EHS poderão ser ocasionalmente atualizadas.

Quando os regulamentos do país anfitrião diferirem dos níveis e das medidas apresentados nas Diretrizes de EHS, os projetos deverão atingir aqueles que forem mais rigorosos. Se níveis ou medidas menos rigorosos forem adequados em função de circunstâncias específicas do projeto, será necessário apresentar uma justificativa completa e detalhada a respeito de qualquer alternativa proposta como parte da avaliação ambiental específica do local do projeto. Essa justificativa deve demonstrar que a escolha de qualquer nível de desempenho alternativo protege a saúde humana e o meio ambiente” (IFC, 2012).

As Diretrizes Gerais de EHS, Saúde e Segurança da IFC trazem diretrizes para controle de erosão e sistemas de drenagem, porém não definem os critérios de projeto (ver Seção 4.1 *Environment*, item *Soil Erosion* e subitens *Sediment mobilization and transport* e *Clean runoff management* - IFC, 2007a). Cabe ressaltar que as premissas definidas pelo IFC para controle de erosão e sistemas de drenagem estão sendo seguidas nos projetos elaborados pela Golder.

Além das Diretrizes Gerais de EHS, a IFC possui diretrizes de meio ambiente para diferentes setores como por exemplo: Agronegócio, Químico, Papel e Celulose, Indústria, Infraestrutura, Mineração, Óleo e Gás e Eletricidade. Dentre estes setores, aquele que possui critérios para controle de processos erosivos e sistema de drenagem é o de Mineração.

De acordo com as diretrizes do IFC, na seção de gerenciamento de águas superficiais, o período de retorno mínimo a ser utilizado para o dimensionamento dos sistemas de drenagem é de 25 anos para estruturas temporárias e de 100 anos para as estruturas permanentes:

As estruturas e drenagem pluvial como canaletas, valas e canais devem ser protegidas contra erosão por meio de uma combinação de dimensionamento adequado, técnicas de limitação de declividade e utilização de enrocamento e revestimento. **Estruturas de drenagem temporárias devem ser projetadas, construídas e mantidas para períodos de retorno de pelo menos 25 anos com 24 horas de duração**, enquanto que estruturas de drenagem permanentes devem ser projetadas para o evento com período de retorno de 100 anos e 24 h de duração. Os requisitos de projeto para estruturas de drenagem temporárias também devem ser definidos com base no risco, considerando a vida útil pretendida para as estruturas, bem como o período de retorno das estruturas de montante (IFC, 2007b).



Cabe ressaltar que além do dimensionamento considerando o período de retorno de 25 anos, a Golder também definiu no projeto o revestimento das estruturas (enrocamento ou biomanta) e incluiu técnicas de limitação de declividade (*Check Dams*).

5.0 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ALTERAÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO

5.1 Impacto visual das obras do sistema de drenagem

Conforme registrado nas atas das reuniões de engenharia realizadas entre Fundação e Golder no mês de janeiro de 2017, o motivo que levou a equipe da Fundação a solicitar a “avaliação da Golder para revisar os projetos de sistemas de drenagens” que foram calculados para chuvas com período de retorno de 25 anos, foi “a poluição visual gerada pelo excesso de canais de drenagens, disposição de rocha e retentores de sedimentos”.

Primeiramente, cabe ressaltar que o impacto visual das estruturas de drenagem é importante, mas não é o fator que deve pautar a discussão sobre o tempo de retorno adotado nos projetos de drenagem das planícies de inundação. No entendimento da Golder, o fator preponderante para definição do critério de projeto deve ser o nível de proteção contra erosão que se quer obter nas obras de drenagem, ou seja, o risco (vide item 5.2).

O impacto visual das estruturas de drenagem e do enrocamento, bastante evidentes no momento imediatamente posterior ao término da obra, será atenuado futuramente pelo desenvolvimento da vegetação. Nesse contexto, cabe destacar duas espécies do *mix* de sementes, o feijão de porco e a soja perene, que se alastram formando um tapete sobre o enrocamento, e as estacas vivas que estão previstas em projeto.

Para ilustrar a questão do impacto visual, apresenta-se a seguir exemplos de obras em tributários (Figura 1 e Figura 2) incluindo as situações: antes das obras, imediatamente ao final da obra, e após alguns meses de conclusão. Como as obras de estabilização destes tributários foram concluídas há algum tempo, é possível visualizar o efeito da vegetação minimizando “poluição visual gerada pelo excesso de canais de drenagem, disposição de rochas e retentores de sedimento”. A vegetação “esconde” as estruturas de drenagem e o enrocamento e os integra ao ambiente do entorno. Apesar dos tempos de retorno dos projetos serem distintos, os conceitos aplicados ao sistema de drenagem e os materiais são similares.



Figura 1: Fotos do tributário TG36 em três momentos: antes da intervenção, imediatamente após a intervenção e alguns meses após a intervenção com a vegetação já desenvolvida.





		
15/04/2016 – Levantamento de campo. O tributário corria sobre depósito de rejeitos sem uma seção bem definida. Processos erosivos intensos presentes nas margens e planície de inundação.	08/07/2016 – Final da obra. Seção conformada e protegida com enrocamento, apoiada sobre rejeitos. Vegetação começando a brotar.	16/01/2017 – Atual. O revestimento da seção do tributário com enrocamento, antes bastante evidente, está completamente integrado à paisagem e cumprindo sua função de evitar o carreamento de sólidos.

Figura 2: Fotos do tributário TG01A em três momentos: antes da intervenção, imediatamente após a intervenção e alguns meses após a intervenção com a vegetação já desenvolvida.

5.2 Período de retorno e risco

O período de retorno adotado para o projeto de determinada estrutura está diretamente relacionado ao risco que se propõe a correr no caso de um mal funcionamento de uma estrutura hidráulica: quanto menor o tempo de retorno, maior o risco de funcionamento inadequado da estrutura hidráulica, tais como o extravasamento das canaletas e canais para áreas com rejeitos; a erosão de taludes adjacentes ao local onde está implantada uma descida; e o galgamento ou mesmo rompimento de um acesso em virtude da baixa capacidade de um bueiro.

O conceito de risco é a combinação entre probabilidade de ocorrência de um determinado evento com as consequências resultantes, caso ele ocorra. Nesse contexto, o tempo de retorno é associado à probabilidade e a consequência é o impacto ambiental gerado pela erosão.

O tempo de retorno de 25 anos equivale a dizer que a probabilidade de ocorrência do evento é de uma em vinte e cinco anos, ou seja 4%. Analogamente, tempos de retorno menores como 10 ou 5 anos correspondem, a uma probabilidade de ocorrência de 10% ou 20%, respectivamente.

A erosão das áreas impactadas e o consequente carreamento de sólidos para as drenagens causando deterioração da qualidade da água é um dos principais impactos atuais remanescentes do rompimento da Barragem de Fundão. Ainda que o mal funcionamento de uma canaleta ou descida d'água pareça ter uma consequência pequena, uma falha generalizada no sistema de drenagem pode causar um impacto significativo. Ou seja, caso ocorra uma precipitação com maior magnitude do que a chuva de projeto, todas as estruturas de drenagem projetadas de acordo com este critério correm o risco de falhar.

A manutenção das obras também deve ser levada em consideração. Maiores tempos de retorno, reduzem o risco de mal funcionamento, requerendo menor nível de manutenção.

5.3 Arranjo do sistema de drenagem e período de retorno

O arranjo (*layout*) do sistema de drenagem das planícies de inundação está sendo definido em função da topografia existente e, principalmente, da situação verificada em campo. De modo geral as descidas e canais de drenagem estão sendo locados em pontos onde o escoamento tem se concentrado atualmente, aproveitando as ravinas e caminhamentos de drenagem pré-existentes. Isso minimiza a reconformação e o reafeiçoamento do terreno.



Isto posto, o número de estrutura de drenagens não está sendo afetado pelo tempo de retorno adotado. O tempo de retorno tem definido o porte das estruturas de drenagem, porém não o número ou o arranjo das estruturas.

5.4 Dimensionamento das estruturas de drenagem

Como apresentado anteriormente o porte, isto é, o dimensionamento das estruturas de drenagem é diretamente afetado pelo período de retorno. Quanto maior o período de retorno da chuva, maior o escoamento superficial e maior deve ser o porte da estrutura de drenagem. A título de exemplificação, apresenta-se a seguir dois exemplos de canais dimensionados para áreas impactadas considerando a chuva de projeto.

Tabela 3: Exemplo 1: Dimensionamento de canaleta de drenagem para área impactada, com área de drenagem de 1 ha, declividade de 1% e largura da base igual 1 m (valores aproximados)

Tempo de retorno (anos)	Vazão de projeto (L/s)	Profundidade da canaleta (m)
5	300	0,55
10	350	0,60
25	400	0,65

Tabela 4: Exemplo 2: Dimensionamento de canaleta de drenagem para área impactada, com área de drenagem de 3 ha, declividade de 1% e largura da base igual 1 m (valores aproximados)

Tempo de retorno (anos)	Vazão de projeto (L/s)	Profundidade da canaleta (m)
5	900	1,0
10	1050	1,1
25	1200	1,2

Os exemplos apresentados nos permitem perceber que a variação no período de retorno não gera variação substancial no dimensionamento das estruturas de drenagem.

5.5 Prós e Contras da alteração do período de retorno

Com base nos itens anteriores, apresenta-se a seguir um resumo dos prós e contras da diminuição do período de retorno.

Prós:

- Redução do impacto visual (imediatamente) das intervenções, embora pouco significativa;
- Redução do porte das estruturas, embora pouco significativa;
- Redução do custo de implantação da obra, embora pouco significativa.

Contras:

- Aumento do risco de mal funcionamento hidráulico;
- Aumenta a frequência de manutenção;
- No caso de uma eventual falha generalizada do sistema de drenagem, os custos de manutenção podem superar a redução de custo obtida com a diminuição do período de retorno.



Considerando que:

- O risco deve ser o fator preponderante na definição do período de retorno do sistema de drenagem;
- O impacto visual será atenuado com o desenvolvimento da vegetação; e
- A redução no porte das estruturas é pouco afetada pela redução no período de retorno do sistema de drenagem

A Golder recomenda a manutenção do período de retorno de 25 anos como critério de projeto para o dimensionamento das estruturas do sistema de drenagem das planícies de inundação.

6.0 EQUIPE TÉCNICA

A **Tabela 5** apresenta a equipe técnica chave alocada para a elaboração deste documento.

Tabela 5: Equipe Técnica.

Equipe Técnica	Cargo
Alexandre Pulino	Engº. Ambiental
Marcelo Diniz (Revisor)	Engº. Civil
Sebastian Torrealba	Engº. Civil

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DER-MG – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária. Volume VII – Projeto de Drenagem. 2014.

GOLDER - GOLDER ASSOCIATES. Relatório de Diretrizes Gerais de Projeto. Relatório Técnico G006900-G-1RT102. Setembro 2016.

IFC - *International Finance Corporation*. Environmental, Health and Safety (EHS) Guidelines. General EHS Guidelines. 2007a.

IFC - *International Finance Corporation*. Environmental, Health and Safety (EHS) Guidelines. Mining. 2007b.

IFC - *International Finance Corporation*. Padrões de Desempenho sobre Sustentabilidade Socioambiental. 2012.

PORTO ALEGRE. Plano Diretor de Drenagem Urbana. Manual de Drenagem Urbana. Volume VI. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. 2012.



Considerações Finais

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

Antônio Harley
Gerente do Projeto

AH/MD/acs

Golder, Golder Associates e os símbolos GA e globo são marcas registradas da Golder Associates Corporation.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-e-26\g006900-g-1rt083_r-00\g006900-g-1rt083_r-00.docx

Como uma organização global de propriedade de seus colaboradores e mais de 50 anos de experiência, a Golder Associates é conduzida pelo nosso propósito de apoiar o desenvolvimento e preservar a integridade da Terra. Fornecemos soluções que ajudam nossos clientes a alcançarem seus objetivos de desenvolvimento sustentável, oferecendo-lhes uma ampla gama de serviços independentes de consultoria, projeto e gestão da construção em nossas áreas de especialização da engenharia da terra, do meio ambiente e da energia.

Para maiores informações, visite golder.com

África	+ 27 11 254 4800
Ásia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 44 1628 851851
América do Norte	+ 1 800 275 3281
América do Sul	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

