

MACASTAB

Interreg   
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

 MAC 2014-2020  
Cooperação Territorial

 Gobierno  
de Canarias  
Consejería de Obras Públicas  
y Transportes

UNIVERSIDADE  
CABO VERDE  
uni 

 IREC

 LREC  
LABORATÓRIO REGIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL 

# Movimentos de massa e precipitações associadas na ilha da Madeira

Workshop

Instabilidades de Encostas e Taludes de Natureza Vulcânica na Macaronésia

1. Objetivos
2. Movimentos de massa - instabilidades
3. Análise de precipitações associadas
4. Tratamento de resultados obtidos
5. Enquadramento com EARAM2
6. Considerações finais

# Objetivos

Com o presente estudo estabeleceram-se como principais objetivos:

- Localizar movimentos de massa ou instabilidades ocorridas na RAM;
- Associar essas instabilidades a possíveis precipitações registadas num intervalo de tempo pré definido;
- Estabelecer relações entre os movimentos de massa e as precipitações associadas;
- Enquadrar os resultados obtidos com o Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na ilha da Madeira – Fase 2 (EARAM2).

# Movimentos de massa - instabilidades

- **Movimento de massa**, que pode designar-se também por “quebrada”, “derrocada”, desprendimento, deslizamento, escorregamento, entre outros, entende-se pelo movimento descendente dos solos e/ou rochas, induzido, principalmente, pelo efeito da gravidade, e que é geralmente agravado pela ação da água.
- São eventos potencialmente perigosos, e podem ter eventuais consequências desastrosas para o Homem.
- O conhecimento deste tipo de movimentos e da forma como se processam é fundamental na mitigação do risco e na redução da vulnerabilidade e perigosidade associadas.

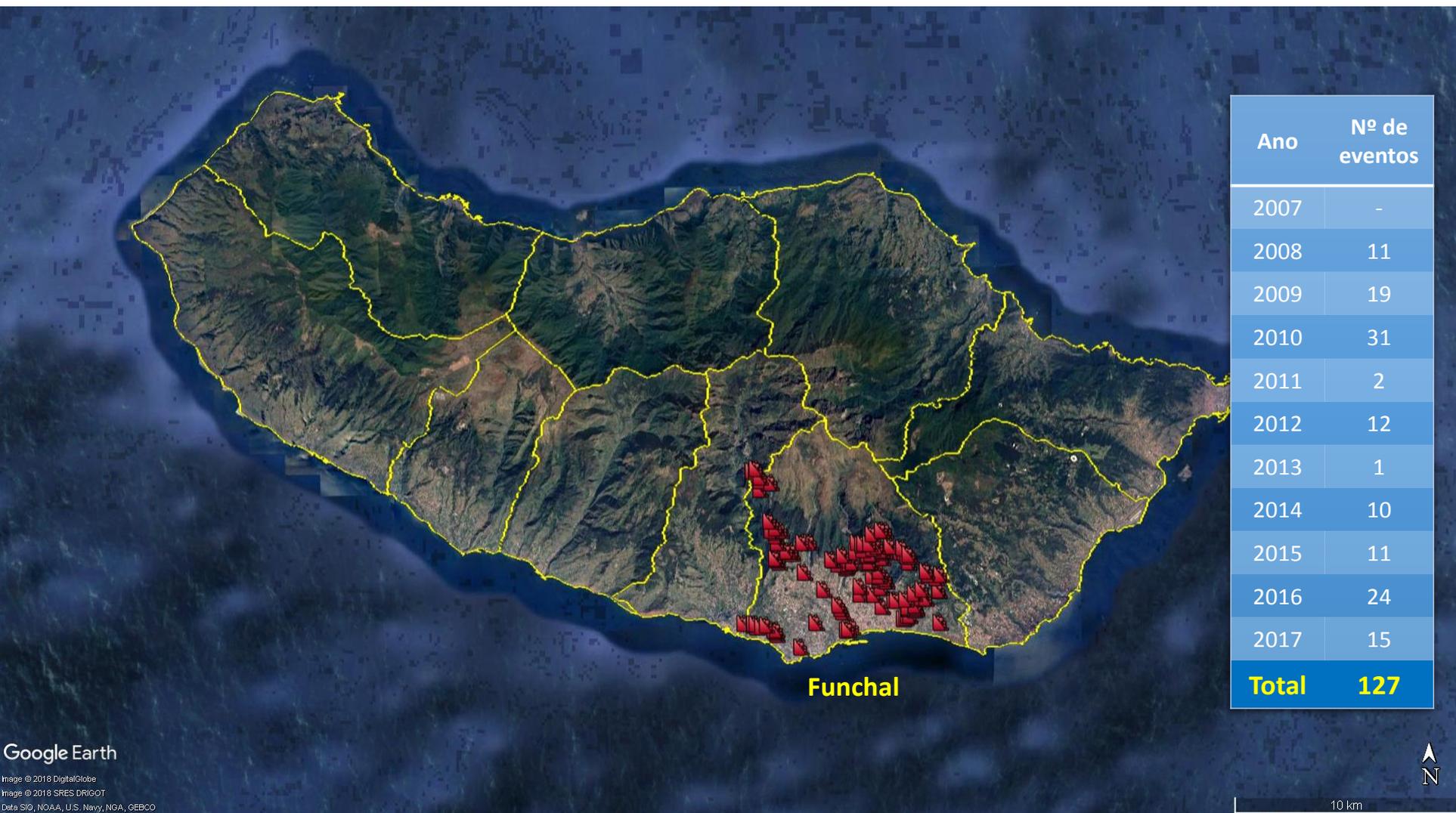
# Movimentos de massa - instabilidades

Nesse sentido, e no âmbito do projeto MACASTAB, o Departamento de Geotecnia do LREC-Madeira, solicitou registos de instabilidades, às entidades da RAM, nomeadamente:

- Municípios;
- Serviço Regional de Proteção Civil (SRPC, IP-RAM);
- Concessionárias de estradas;
- Outros serviços com a tutela do Governo Regional.

# Movimentos de massa - instabilidades

- Algumas entidades, às quais agradecemos a colaboração, disponibilizaram a informação solicitada, casos da Via Expresso, do SRPC, IP-RAM e do Município de Câmara de Lobos.
- Também se estudaram algumas instabilidades relatadas na comunicação social (< 20 casos).
- Os dados foram compilados obtendo-se uma série de eventos (315) ocorridos na RAM no período compreendido entre maio de 2007 e setembro de 2017.
- Em seguida apresenta-se a localização aproximada das instabilidades analisadas, por concelho:



Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
 Image © 2018 SRES DRIGOT  
 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



Ano	Nº de eventos
2007	-
2008	4
2009	9
2010	13
2011	-
2012	-
2013	-
2014	6
2015	1
2016	13
2017	8
<b>Total</b>	<b>54</b>

Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
Image © 2018 SRES DRIGOT  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km





Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
Image © 2018 SRES DRIGOT  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km



Ano	Nº de eventos
2007	-
2008	-
2009	1
2010	3
2011	-
2012	-
2013	-
2014	1
2015	2
2016	5
2017	5
<b>Total</b>	<b>17</b>

Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
Image © 2018 SRES DRIGOT  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km



Ano	Nº de eventos
2007	2
2008	-
2009	5
2010	2
2011	1
2012	-
2013	-
2014	-
2015	5
2016	4
2017	4
<b>Total</b>	<b>23</b>

Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
 Image © 2018 SRES DRIGOT  
 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km



Ano	Nº de eventos
2007	-
2008	1
2009	1
2010	4
2011	-
2012	-
2013	1
2014	-
2015	2
2016	-
2017	-
<b>Total</b>	<b>9</b>

Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
Image © 2018 SRES DRIGOT  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km



Ano	Nº de eventos
2007	-
2008	1
2009	7
2010	6
2011	1
2012	-
2013	-
2014	2
2015	4
2016	2
2017	2
<b>Total</b>	<b>25</b>

Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
Image © 2018 SRES DRIGOT  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km



Ano	Nº de eventos
2007	-
2008	2
2009	6
2010	6
2011	4
2012	1
2013	-
2014	-
2015	1
2016	2
2017	3
<b>Total</b>	<b>25</b>

Google Earth

Image © 2018 DigitalGlobe  
Image © 2018 SRES DRIGOT  
Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km





Concelhos	Nº de eventos
Funchal	127
Câmara de Lobos	54
Ribeira Brava	17
Ponta do Sol	4
Calheta	17
Porto Moniz	23
São Vicente	9
Santana	25
Machico	25
Santa Cruz	14
<b>Total</b>	<b>315</b>

Google Earth

image © 2018 DigitalGlobe  
 image © 2018 SRES DRIGOT  
 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO



10 km

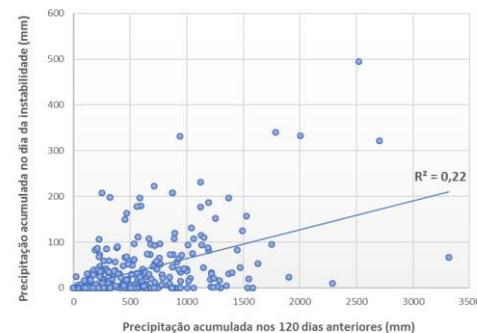
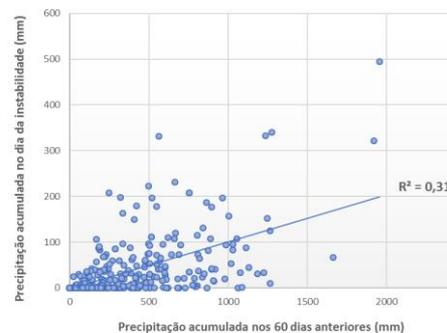
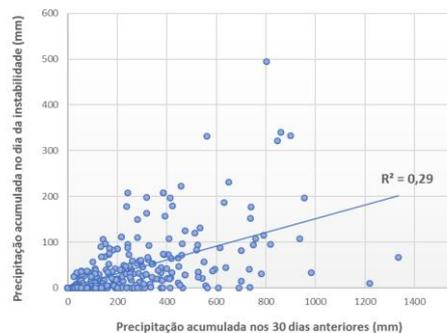
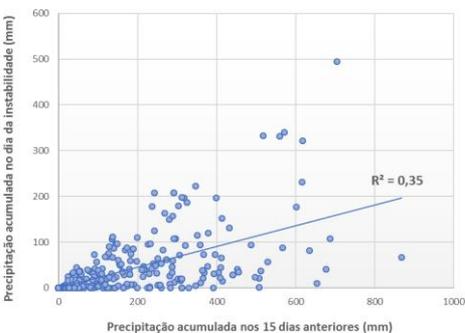
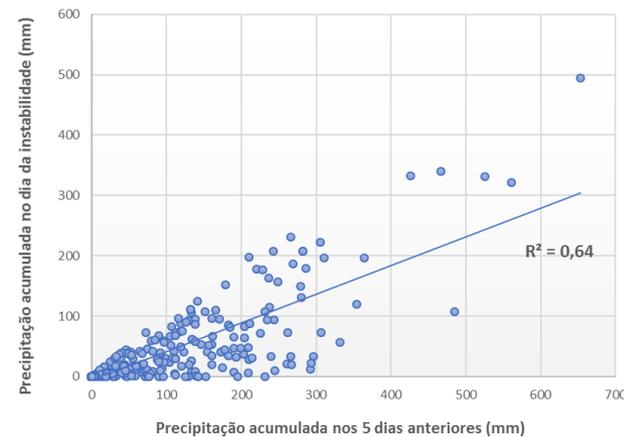
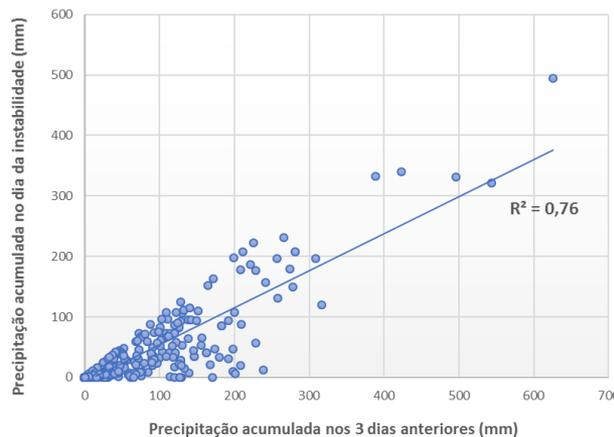
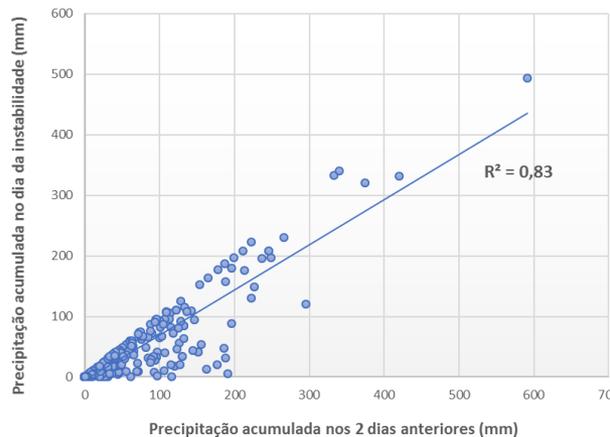
# Análise de precipitações associadas

- Procedeu-se à análise de dados meteorológicos relativos ao período em estudo. Esses dados foram disponibilizados pelo Departamento de Hidráulica do LREC e pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), aos quais se agradece.
- Assim, para cada evento analisaram-se as precipitações medidas, em termos de valores acumulados, na estação meteorológica mais próxima da instabilidade, desde a data da sua ocorrência e até aos 120 dias anteriores.

# Análise de precipitações associadas

- Obteve-se, para as 315 ocorrências registadas, uma relação entre a precipitação diária no dia da instabilidade e a precipitação acumulada desse dia com os anteriores:
  - 2 dias;
  - 3 dias;
  - 5 dias;
  - 15 dias;
  - 30 dias;
  - 60 dias;
  - 120 dias.
- Nos gráficos seguintes apresentam-se as relações obtidas:

# Análise de precipitações associadas



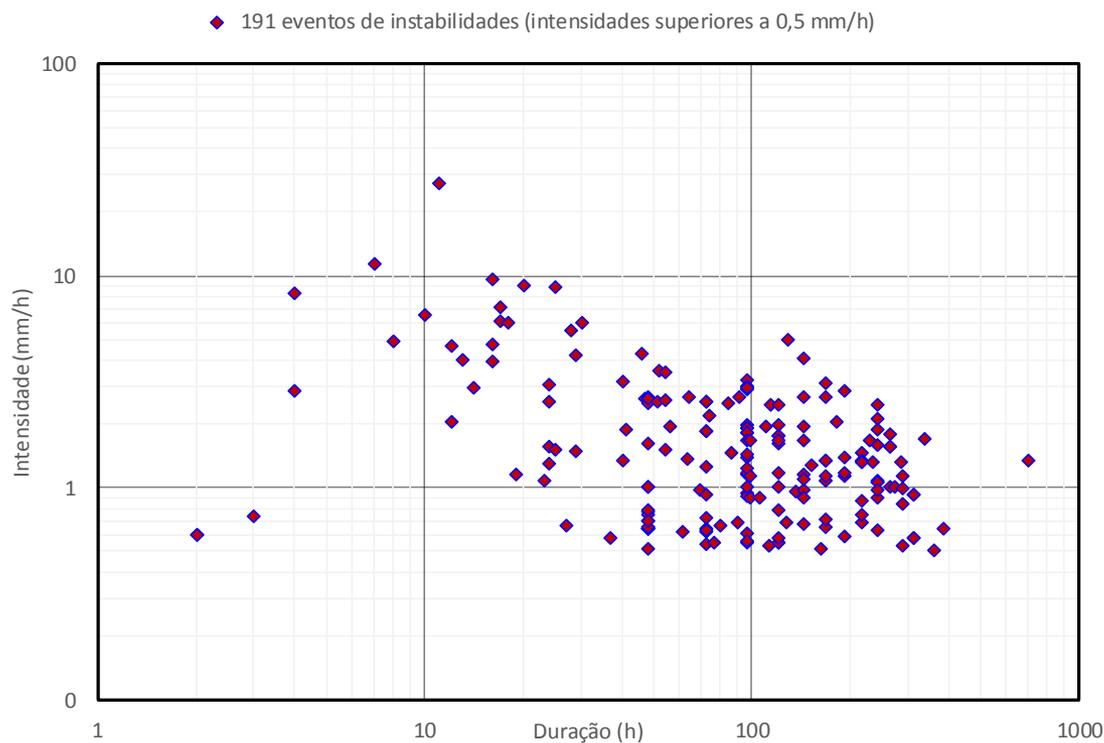
# Tratamento dos resultados obtidos

- A relação entre as precipitações acumuladas no dia da ocorrência (no historial dos 315 eventos analisados), quando comparadas às precipitações acumuladas desse dia com os anteriores 2, 3 e 5 dias, evidencia uma tendência para a linearidade com o aproximar da data da instabilidade.
- Nas precipitações acumuladas a partir dos 15 dias essa tendência deixa de existir e os coeficientes de determinação baixam substancialmente o que indica que as precipitações ocorridas próximo da data da ocorrência têm um peso considerável nos movimentos de massa.
- Na análise de precipitações observou-se que em parte das instabilidades não há registo de precipitação no dia dessa ocorrência.

# Tratamento dos resultados obtidos

- Nesse sentido, das 315 ocorrências (movimentos de massa) analisadas consideraram-se apenas as instabilidades associadas a eventos meteorológicos de precipitação quando estes terminaram no dia da ocorrência ou nos 5 dias anteriores.
- Fez-se ainda uma filtragem de resultados para precipitações com intensidades médias horárias acima dos 0,5 mm.
- Retiram-se assim alguns eventos de instabilidade, admitindo que a sua origem não está diretamente relacionada com a da precipitação acumulada ocorrida nos 5 dias anteriores ao movimento de massa.
- Assim, trataram-se 191 casos com instabilidades associadas a eventos meteorológicos e apresentam-se em seguida esses resultados graficamente.

# Tratamento dos resultados obtidos



## Enquadramento com EARAM2

- A procura pelas relações existentes entre as instabilidades analisadas e as precipitações medidas é um dos principais objetivos deste estudo.
- Neste caso pretendeu-se um enquadramento com um trabalho desenvolvido na sequência do evento “20 de fevereiro de 2010”.
- No Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira – Fase 2 (EARAM2), nomeadamente no capítulo referente à “Perigosidade de deslizamentos”, foram definidas, em função da intensidade e duração da precipitação, as probabilidades de ocorrência de deslizamentos ou movimentos de massa.

## Enquadramento com EARAM2

- No EARAM2 “... definiu-se o critério para um evento de precipitação que pode potencialmente desencadear a ocorrência de deslizamentos. Para o caso particular da ilha da Madeira estabeleceu-se o valor de *precipitação horária igual ou superior a 8 mm*, e o seu fim sempre que decorreram 24 horas de precipitação igual a zero...”.
- Foram então analisados 136 eventos de precipitação onde se contabilizaram 114 eventos sem qualquer movimento de massa associado e 22 eventos associados a deslizamentos.

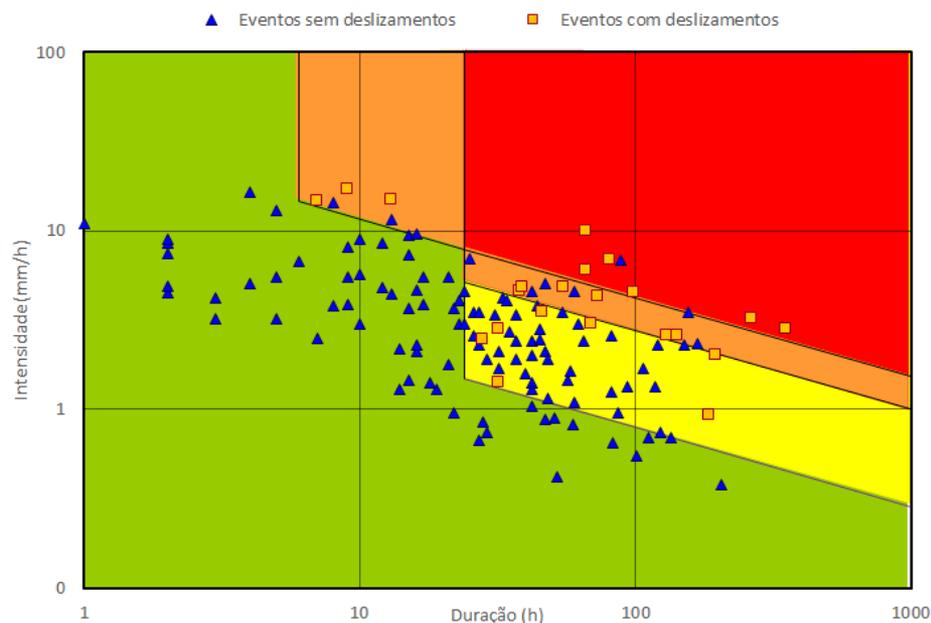
## Enquadramento com EARAM2

Com base nos dados tratados (136 eventos estudados) o EARAM2 define 4 classes de probabilidades de frequência de deslizamentos, onde a maior representa a mais elevada probabilidade de ocorrência de deslizamento, conforme se resume no quadro seguinte:

	C1		C2		C3		C4	
Evento	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Com deslizamento	0	0	7	15	9	50	6	86
Sem deslizamento	63	100	41	85	9	50	1	14

# Enquadramento com EARAM2

Apresenta-se ainda o “Gráfico de intensidade e duração de eventos (precipitação horária) e divisão por cores das 4 classes” do EARAM2.



# Enquadramento com EARAM2

## EARAM2

136 eventos analisados

1 estação meteorológica

Análise a partir de **precipitações ocorridas**  
com e sem movimentos associados

Definição das 4 classes de probabilidade  
de ocorrência de deslizamentos

## Estudo presente

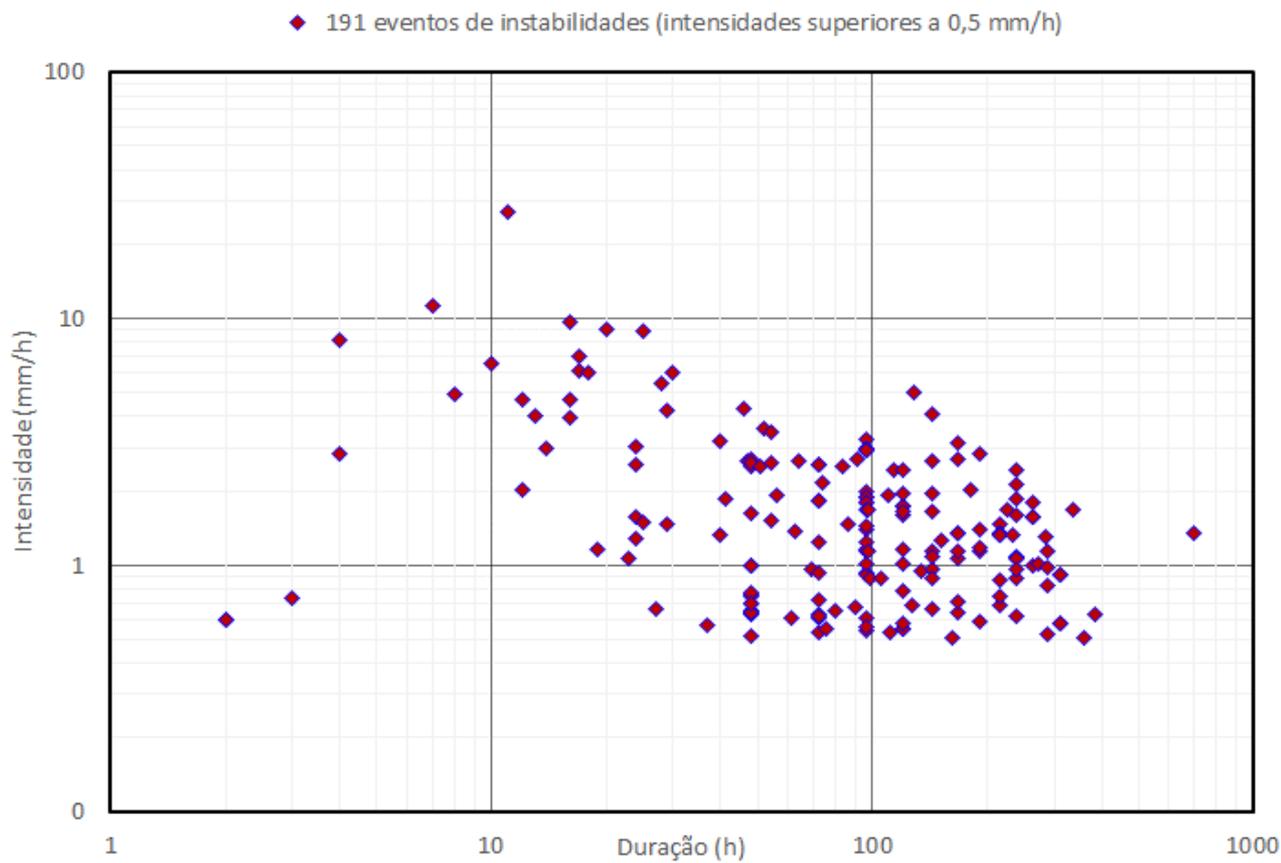
315 eventos analisados

Várias estações meteorológicas

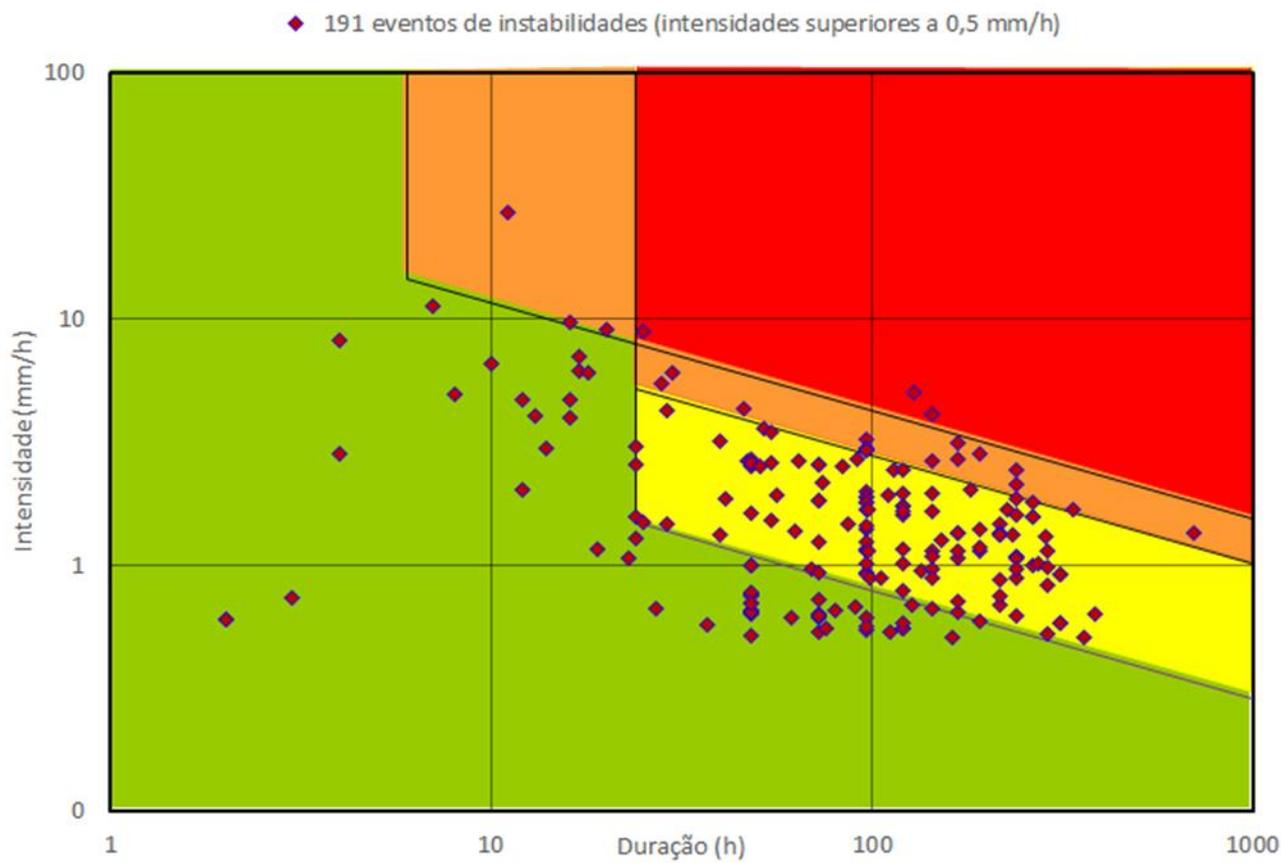
Análise a partir dos **movimentos de massa  
ocorridos** e precipitações associadas

Enquadramento nas “classes” do EARAM2

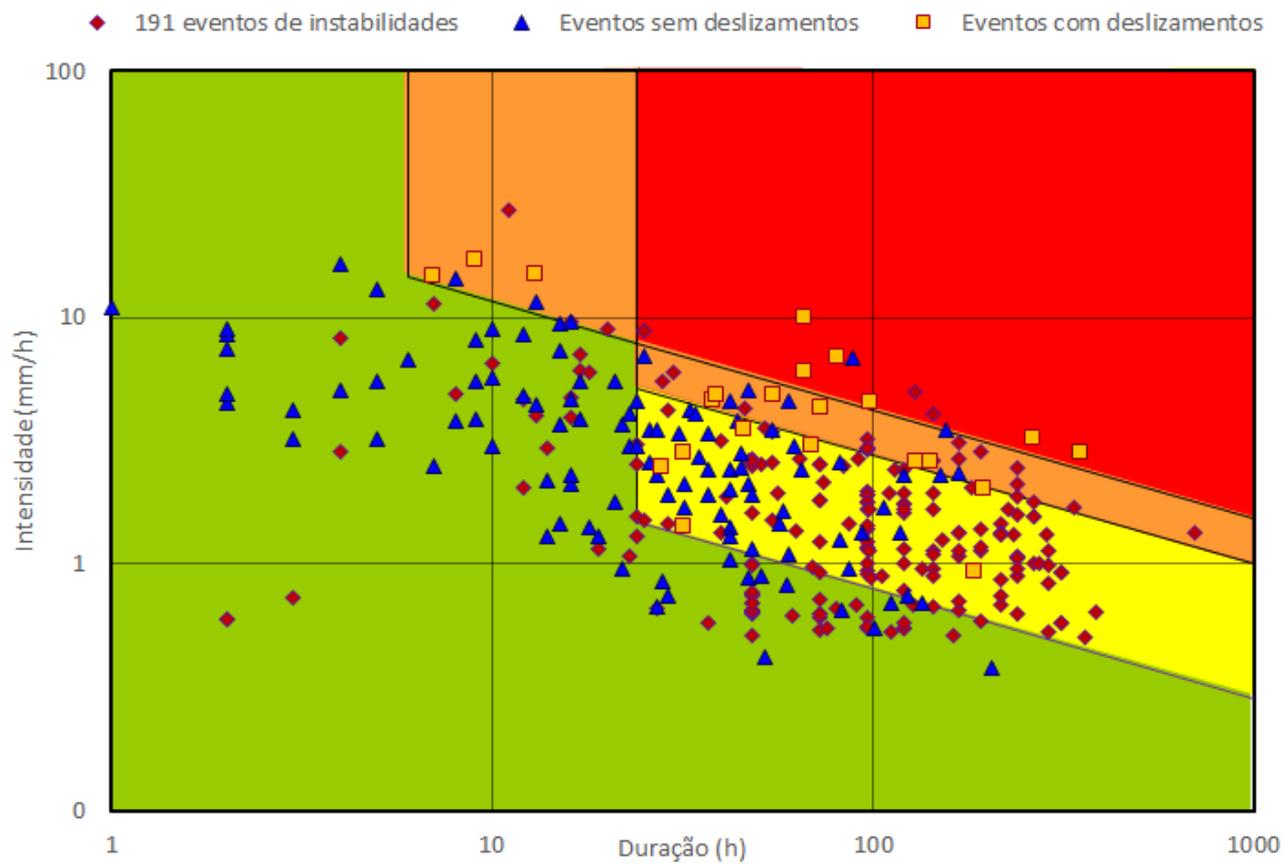
# Enquadramento com EARAM2



# Enquadramento com EARAM2



# Enquadramento com EARAM2



## Considerações finais

- Existe, no entanto, um número considerável de ocorrências, cerca de 73%, que “caiem” dentro das classes com probabilidade de deslizamento, definidas pelo EARAM2.
- As restantes instabilidades estudadas encontram-se na classe C1 (27%) onde a probabilidade de deslizamento é nula.
- Isto poderá dever-se ao facto dos estudos terem partido de premissas diferentes, ou seja:
  - no EARAM2 partiu-se de eventos meteorológicos em que tenha ocorrido uma precipitação horaria superior a 8 mm, e verificou-se a ocorrência, ou não, de deslizamentos;
  - no presente estudo partiu-se da ocorrência de movimentos de massa e procuraram-se as precipitações associadas.

## Considerações finais

- Este é um estudo que se encontra atualmente em desenvolvimento, sendo por essa razão, demasiado cedo para obter conclusões definitivas.
- Com a conclusão do trabalho, pretender-se redefinir limiares de precipitação desencadeantes de movimentos de massa na ilha da Madeira.
- Estes fatores alteram as condições hidrogeológicas, características das encostas e taludes, aumentando as pressões intersticiais.
- Se combinados com fatores internos (geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos e climatéricos), tornam-se responsáveis por ações que provocam instabilidades e que podem, eventualmente, vir a ter consequências desastrosas para o ser humano.

Obrigado pela vossa atenção!

