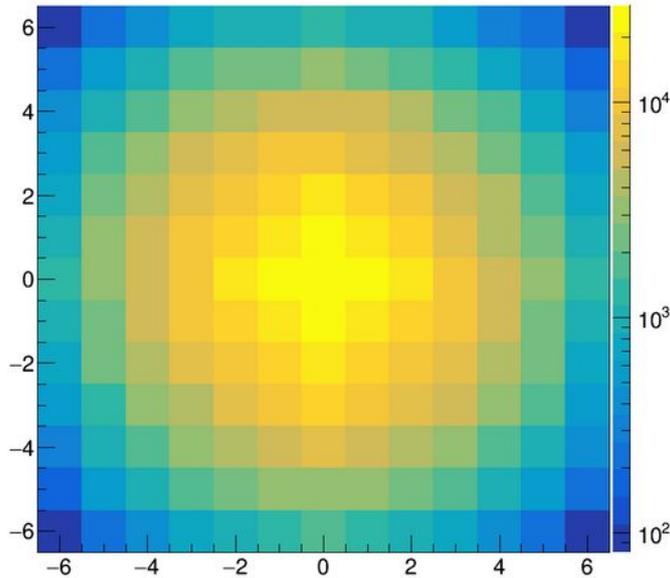


# 1. Os dados em bruto

Mapa 12 (125 dias):

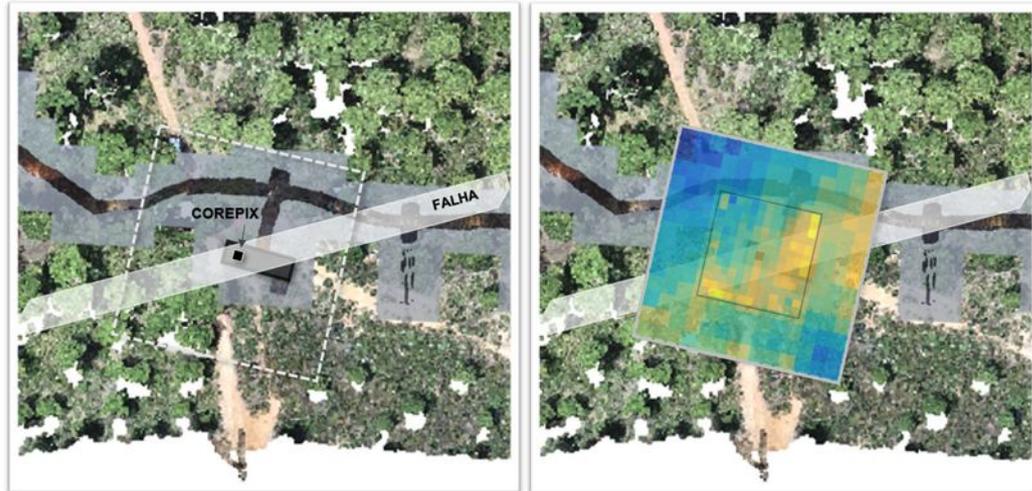


*Incerteza estatística em 100 dias:*  
*1% na vertical; 10% nos extremos*  
*Incerteza estatística num dia:*  
*10% na vertical; 100% nos extremos*

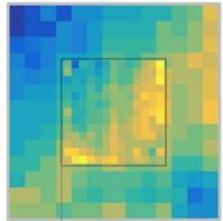
Fluxo de muões:  $\cos^2 - \cos^3$

Deteção angular:  $\cos^3 - \cos^4$

## ENQUADRAMENTO DA OBSERVAÇÃO DO COREPIX NO LOUSAL



ÁREA DA DETEÇÃO



~ 17 x 17 m

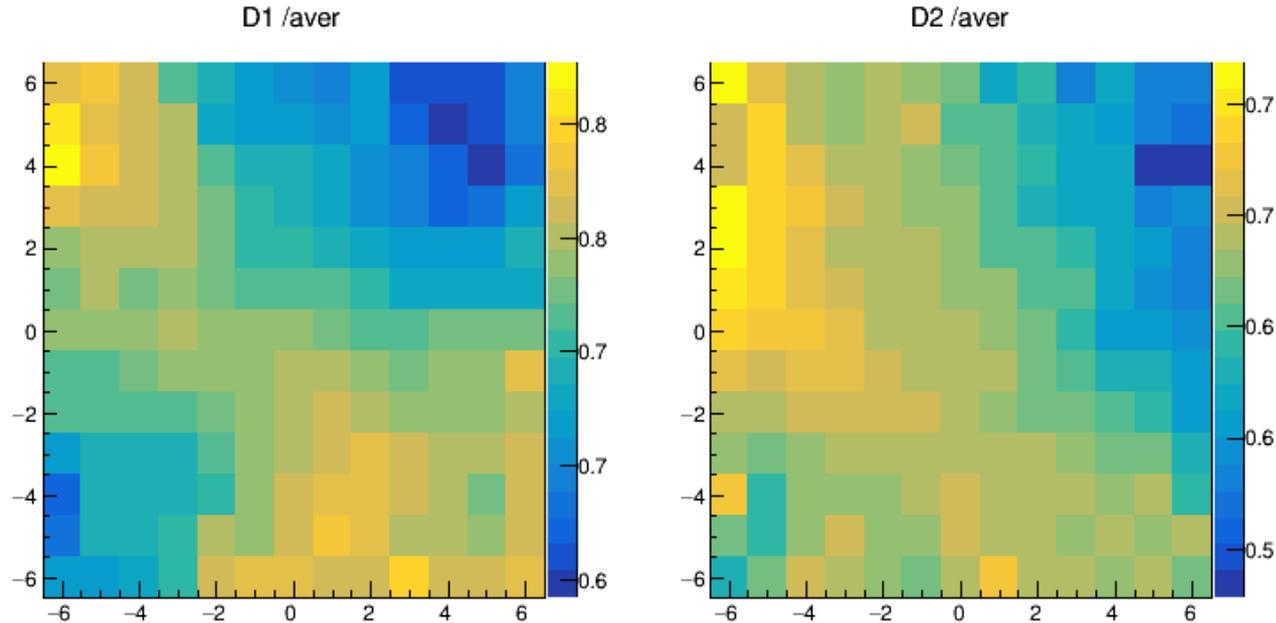
~ 30 m x 30 m

Cada pixel vê uma pirâmide invertida que cresce com  $\tan X$ ,  $\tan Y$   
(mapa 23 ~ mapa 12; mapa 13 menor abertura, maior resolução)

**Precisamos de dividir por uma referência para obter a imagem!**

(nota: a imagem acima está, de facto, invertida por  $180^\circ$ ,  
encontrámos esse erro, e outros, nas últimas semanas :-)

# vemos a falha só com os dados!



1. para retirar a dependência angular, simetrizamos o mapa obtido dos dados

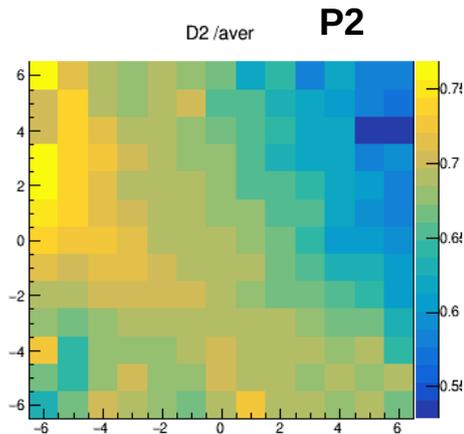
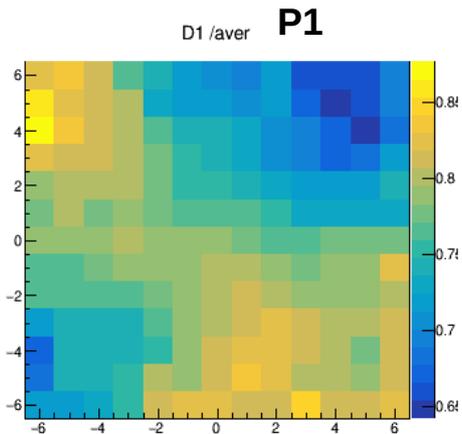
(assim, não precisamos de assumir nenhum modelo angular para o fluxo de muões;  
para os efeitos do detetor corrigimos apenas as não uniformidades de eficiência)

2. tendo confiança que vemos a falha, mudámos o detetor para outra posição dentro do paiol

(também se vê a falha, e na posição esperada !)

# 2. confirmação com simulação

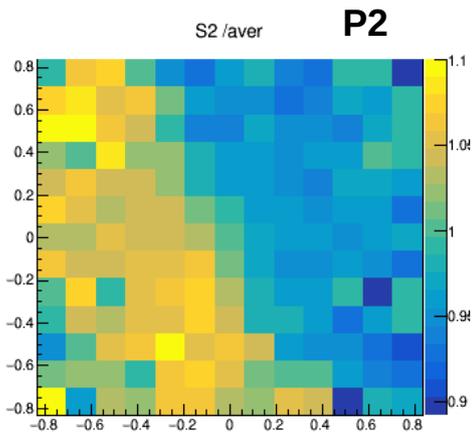
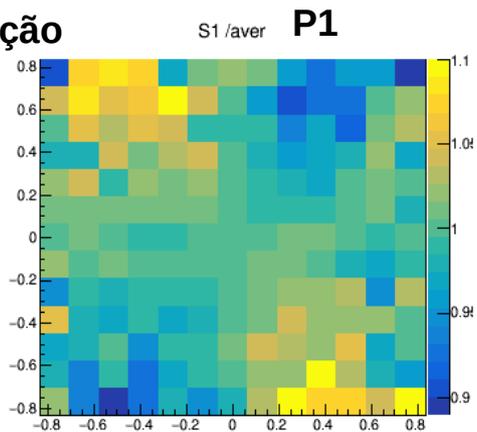
Dados reais !



1. largura e densidade da falha fixos no modelo
2. posição da falha em relação ao paiol fixa (apenas o detetor é movido para P1 e P2)
3. cálculo geométrico da matéria atravessada
4. cálculo do fluxo de muões em cada pixel
5. geração do número de muões para um mês
6. simetrização na simulação como nos dados

Simulação rápida

32 dias ef. 100%.

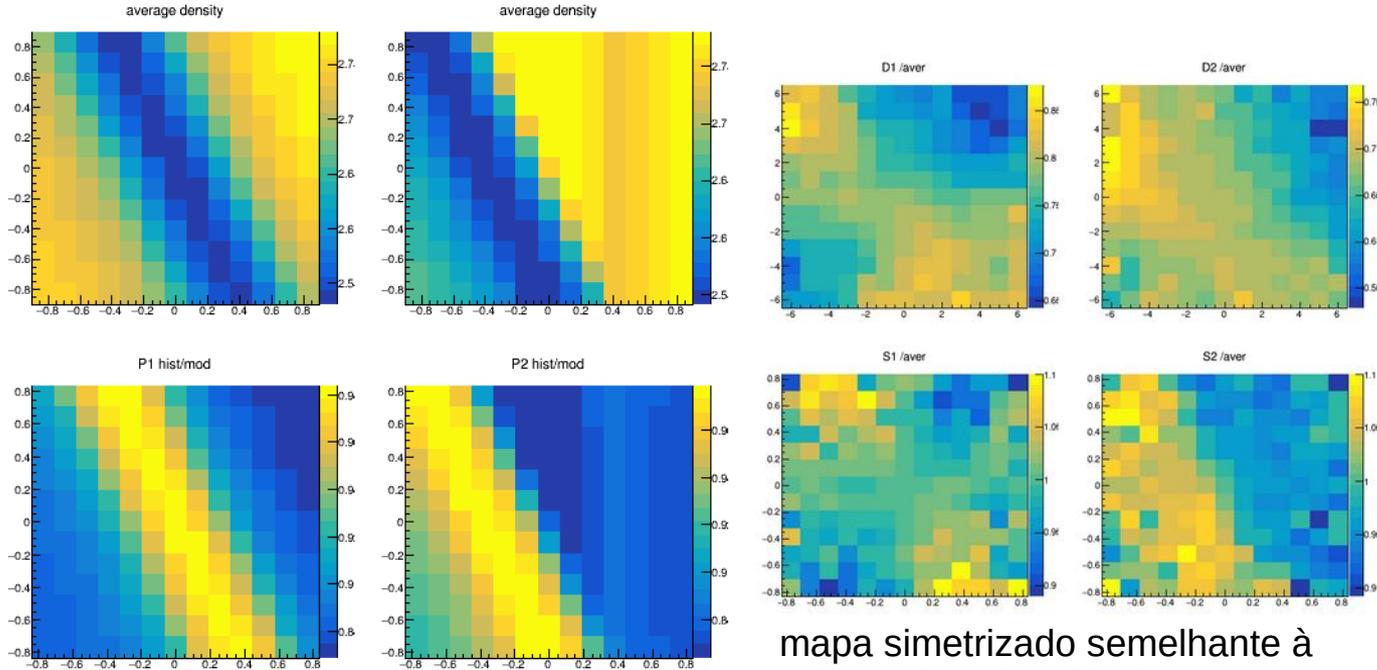


escalas diferentes, mas o padrão é semelhante

os efeitos estatísticos são maiores do que os possíveis efeitos de detetor!

# 2. confirmação do modelo

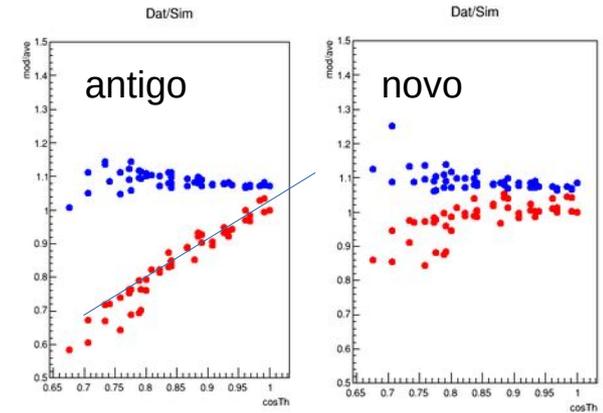
modelo densidade média,  $\rho$ ,  $H = 16$  m



número de muões com  
 $E \cdot \cos\theta > \rho \cdot H \cdot 2 \text{ MeV} / \text{gcm}^{-2}$   
dividido por ref.  $c / \rho = 2.5 \text{ g/cm}^3$   
(equivalente a estatística infinita)

mapa simetrizado semelhante à  
referência a densidade constante  
(simulação de um mês  
para o erro estatístico;  
temos mais dados)

Razão entre mapa simetrizado  
e modelo a densidade constante



(dados vermelho / simulação azul)

ainda temos de rever o novo fator!  
(no artigo original, no Geant4, etc)  
<https://arxiv.org/pdf/nucl-ex/0601019.pdf>

# 2. Incertezas no modelo

muões no detetor (tanX, tanY, X) = muões ao ar livre (tanX, tanY, E) x sobrevivência (E, X)

## Efeitos de detetor, como em Coimbra:

rever as distâncias entre planos / até à superfície  
rever possíveis fontes de ruído / limpeza de dados

eficiências calculadas pad a pad  
(sem nenhuma dependência angular)

em média para períodos longos  
(sabemos que o detetor tem mudado)

Em geral, preferimos trabalhar com razões,  
para diminuir incertezas sistemáticas

Incetezas estatísticas diminuem lentamente com o tempo!

## Efeitos do modelo, mais complicado que em Coimbra:

a distribuição angular depende da energia dos muões  
(ou vice-versa, o espectro de energia depende da direção)

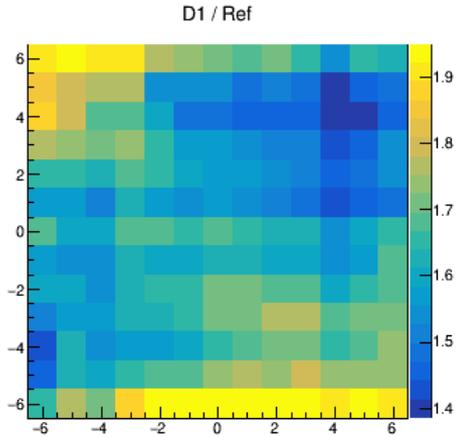
além de perderem energia, os muões mudam de direção  
(usamos a simulação completa para medir esse efeito)

o próprio fluxo ao ar livre depende do tempo e latitude  
(é preferível rever todo o modelo com os dados reais)

Confirmado o modelo, é melhor usar os números absolutos,  
mas... talvez deixando livre um parâmetro de normalização?

Esperávamos também ver a densidade da falha a mudar!

# 3. Mapas de matéria

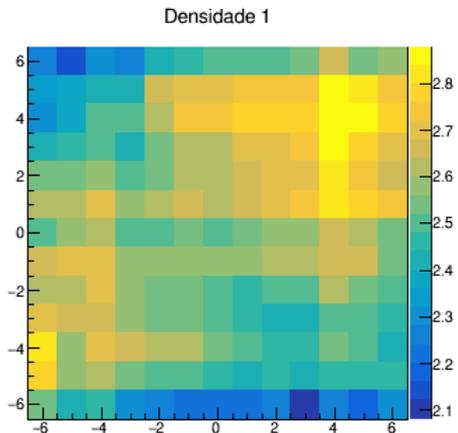


1. Dados (Mapa 12) da posição 1 / Referência (densidade constante 2.5 g/cm<sup>3</sup>)

2. Modelo do fluxo é dividido em duas partes:

$$F(E'=E \cdot \cos\theta, \theta) = f_0(E', 0) \cdot (5 \cdot g_1(\theta) + E' \cdot g_2(\theta)) / (5 + E') = f_1(E') \cdot g_1(\theta) + f_2(E') \cdot g_2(\theta)$$

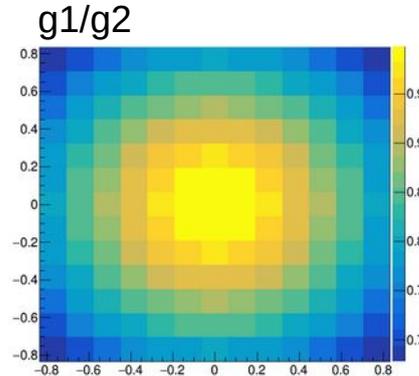
3. Chega ao detetor de cada direção o integral em  $E > \rho \cdot H / \cos\theta$ . 2.0 MeV/(g/cm<sup>2</sup>)



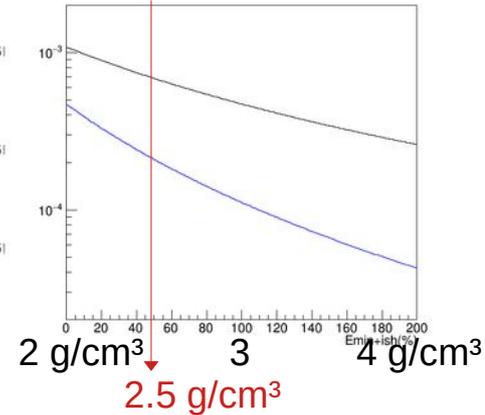
4. Teste: gráfico de densidade

(corrigindo fator na vertical para obter os 2.5 g/cm<sup>3</sup>...

Ou pode ser muito menor??)



integral de f1 e f2



# 4. Análise em 3D

Assumimos uma falha vertical, com 5 metros de lado, e densidade constante num fundo homogéneo  
Os dados são razoavelmente parecidos com a simulação, mas a falha pode estar um pouco deslocada!

Combinando os dados das duas posições devemos poder medir desvios à localização, à vertical, à largura

Os dados que temos hoje já chegam para esta primeira análise?  
Que outras posições são mais úteis para estas medições?

Combinando de forma sistemática os 3 mapas para cada posição podemos ter ainda mais informação

A falha tem densidade homogénea a toda a largura?  
E esta densidade varia com a estação do ano / chuva?  
São estas as perguntas relevantes sobre a falha?

Quando tivermos uma melhor ideia da separação de densidades, devemos procurar outras estruturas?

# 5. Preparar a inversão conjunta

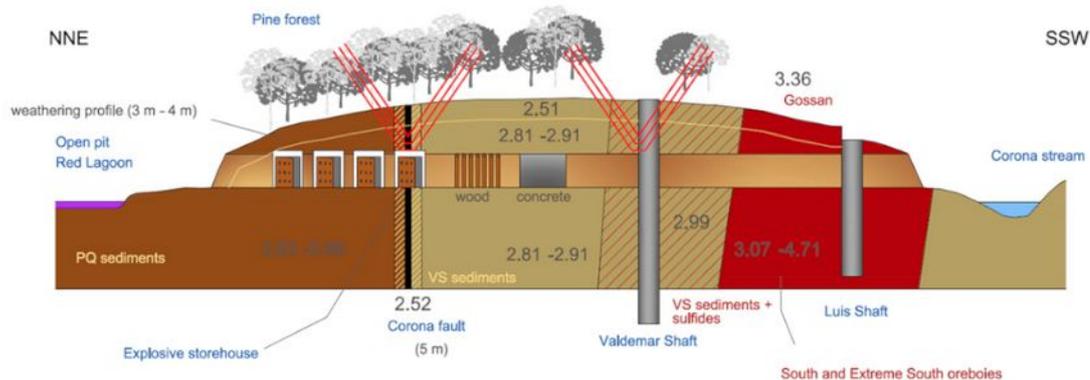
Os resultados da muografia serão mapas de matéria atravessada (densidade  $\times H/\cos\theta$ ) desde a superfície - cada pixel correspondendo à média sobre as trajetórias possíveis numa pirâmide invertida

Talvez tão importante como o resultado central é a incerteza da medição em cada pixel - estatística, sistemática devido ao detetor, sistemática devido ao modelo do fluxo

Teremos diferentes posições com diferentes resoluções, pode (ou não) ser útil combinar a informação antes

## Mina do Lousal – Galeria Waldemar

*Lousal Mine – Waldemar Gallery*



Quais serão os formatos mais úteis para mostrar / apresentar / combinar?

Que testes de compatibilidade podemos fazer antes de combinar as outras técnicas?