

SANDTRACK - Alimentação artificial das praias: uma metodologia integrada de suporte à gestão litoral”

POCI-01-0145-FEDER-031779

Relatório VIII – Medição de propriedades magnéticas.



Cofinanciado por:



Autores:

Sandra Silva¹, Ana Filipa Fernandes¹, André Costa¹, Mónica Ribeiro¹, Cecília Cruz¹, João Oliveira¹, Aurora Bizarro¹, Joaquim Pombo¹ e João Francisco¹

¹Instituto Hidrográfico, Marinha Portuguesa

Julho 2020

Índice

1. Introdução	6
2. Objetivos	6
3. Medições realizadas	6
a. Praia Submersa – Recolha de amostras de sedimento de fundo.....	6
b. Praia Submersa – Levantamento com magnetómetro SeaSpy.....	7
c. Praia Emersa.....	10
d. Alojamentos, Medição da SM com o sensor MS2B	13
4. Tratamento de dados e resultados	14
a. Campo magnético	14
i. Magnetómetro Marinho SeaSpy da Marine Magnetics.....	14
ii. Magnetómetro Terrestre G858 da Geometrics	17
b. Suscetibilidade Magnética	20
i. Magnetosusceptómetro MS2B	20
ii. Magnetosusceptómetro MS2D	27
5. Conclusões.....	28
a. Praia Emersa.....	28
b. Praia Submersa.....	29
6. Principais conclusões e discussão	29
7. Bibliografia	30

Índice de figuras

Figura 1 – Colhedor Petite Ponar a bordo da embarcação Nereide durante a campanha..... 6

Figura 2 – Localização de todas as amostras recolhidas na praia submarina durante a campanha e após. As isóbatas representadas no mapa correspondem ao levantamento de 20 de junho de 2019, realizado pela Atlanticland no âmbito do projeto COSMO, referenciada a ZH (coordenadas projetadas ETRS89) 7

Figura 3 – Localização das fiadas realizadas no dia 9 de julho com o magnetómetro SeaSpy (coordenadas projetadas ETRS89). 8

Figura 4 - Localização das fiadas realizadas no dia 11 de julho com o magnetómetro SeaSpy (coordenadas projetadas ETRS89). 9

Figura 5 - Localização das fiadas realizadas no dia 12 de julho com o magnetómetro SeaSpy (coordenadas projetadas ETRS89)	9
Figura 6 – À esquerda a medição da SM com o sensor anelar MS2D, à direita a localização das amostras e medições realizadas no dia 9 de julho com o mesmo sensor (coordenadas projetadas ETRS89).	10
Figura 7 – À esquerda a medição do campo magnético com o magnetómetro G858 e à direita a localização das fiadas realizadas no dia 9 de julho com o mesmo magnetómetro (coordenadas projetadas ETRS89).	11
Figura 8 - Localização das amostras e medições realizadas no dia 10 de julho com o mesmo sensor (coordenadas projetadas ETRS89).....	12
Figura 9 - Localização das fiadas realizadas no dia 10 de julho com o magnetómetro G858 (coordenadas projetadas ETRS89).	12
Figura 10 – Medição da SM com o sensor de bancada MS2B.	13
Figura 11 – Exemplo de visualização de uma amostra à luz negra, verificando-se a presença de traçador laranja.	14
Figura 12 – Interpolação dos dados processados do dia 9 de julho. À direita a aproximação ao local de injeção (coordenadas geográficas WGS84).	15
Figura 13 - Interpolação dos dados processados do dia 11 de julho. À direita a aproximação ao local de injeção (coordenadas geográficas WGS84).	15
Figura 14 - Interpolação dos dados processados do dia 12 de julho. À esquerda aproximação ao local de injeção (coordenadas geográficas WGS84).	16
Figura 15 – Resultado da subtração das interpolações dos dados processados dos dias 11 e 12 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).	17
Figura 16 - Interpolação dos dados processados do dia 9 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).....	18
Figura 17 - Interpolação dos dados processados do dia 10 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).....	19
Figura 18 - Resultado da subtração das interpolações dos dados processados dos dias 9 e 10 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).	20
Figura 19 – Resumo do procedimento laboratorial: 1 – Lavagem; 2 – Quarteamento, com splitter, após secagem; 3 – Pesagem do provete e amostra; 4 – Medição no sensor MS2B.	21
Figura 20 – Valores de medição da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) nas amostras de referência (coordenadas projetadas ETRS89).	22

Figura 21 - Valores de medição da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) das amostras após a injeção do traçador nos dias 9, 11 e 12 de julho, A, B e C respetivamente (coordenadas projetadas ETRS89).	23
Figura 22 - Valores de medição da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) das amostras após a injeção do traçador nos dias 22 de julho e 7 de agosto, da esquerda para a direita respetivamente (coordenadas projetadas ETRS89).	23
Figura 23 – Aspeto à lupa do traçador magnético à esquerda e à direita o aspeto de uma amostra com valor elevado de SM mas com presença de minerais pesados.....	24
Figura 24 – Medições da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) das amostras de referência em relação à distância da cabeça do perfil (m).	25
Figura 25 – Medições da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) da 1ª amostragem em relação à profundidade e à distância da cabeça do perfil (m).	26
Figura 26 – Medições da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) da 2ª amostragem em relação à profundidade e à distância da cabeça do perfil (m).	26
Figura 27 – Medições da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) da 3ª amostragem em relação à profundidade e à distância da cabeça do perfil (m).	26
Figura 28 - Amostra ST150 A30, da amostragem I, à esquerda. Pormenor dos minerais pesados e litoclastos que foram retirados na mesma amostra, à direita.....	27
Figura 29 – Representação dos resultados das medições do MS2D no local de amostragem antes, à esquerda, e após, à direita, a injeção do traçador verde (coordenadas projetadas ETRS89).....	28

1. Introdução

No âmbito do projeto SANDTRACK (Alimentação artificial das praias: uma metodologia integrada de suporte à gestão litoral), realizou-se uma campanha na Praia da Costinha, em Aveiro, entre os dias 08 e 12 de julho de 2019. Este trabalho integra-se na tarefa 2 do projeto na qual participaram elementos da Universidade de Aveiro, da Faculdade de Ciências e do Instituto Hidrográfico. Os trabalhos realizados durante a campanha encontram-se descritos no Relatório V – Campanha de campo na Praia da Costinha, Aveiro (Silva, *et al*, 2019).

Este relatório faz uma descrição dos trabalhos realizados de medição das propriedades magnéticas, tratamentos dos dados adquiridos e apresentação dos resultados.

2. Objetivos

A campanha teve como objetivo a recolha de um conjunto de dados para: a) avaliar a deslocação espaço-temporal dos traçadores magnéticos e fluorescentes e determinar as respetivas taxas de transporte; b) caracterizar o transporte sedimentar nas direções transversal e longitudinal no perfil ativo de praia, em especial os fluxos entre a praia submersa e emersa; e c) validar a metodologia utilizada para a deteção dos traçadores magnéticos.

Os dados apresentados neste relatório dizem respeito às medições das propriedades magnéticas nomeadamente levantamentos com magnetómetro, marinho e terrestre, e à medição da suscetibilidade magnética para validação da metodologia utilizada na deteção do traçador magnético.

3. Medições realizadas

De seguida são apresentadas as medições das propriedades magnéticas, por estação de trabalho, para melhor enquadrar o tratamento dos dados e os resultados apresentados mais à frente.

a. Praia Submersa – Recolha de amostras de sedimento de fundo

A amostragem foi realizada a bordo da embarcação Nereide e da embarcação salva vidas do ISN, com colhedor Petite Ponar (Figura 1). O posicionamento foi assegurado por um GNSS com correção diferencial.

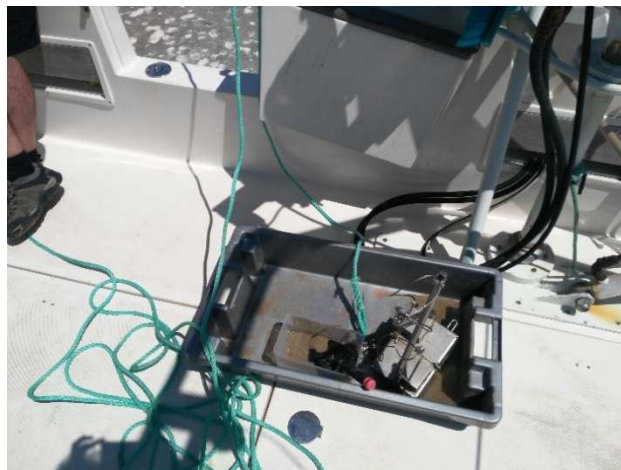


Figura 1 – Colhedor Petite Ponar a bordo da embarcação Nereide durante a campanha.

Dia 8 de julho foram recolhidas 5 amostras de referência.

Dia 9 de julho foram recolhidas mais 2 amostras de referência e 12 amostras após a injeção do traçador.

Dia 11 de julho foram recolhidas 20 amostras. As 10 primeiras amostras foram realizadas desde o ponto de injeção até ao limite sul da área de levantamento definida. As restantes 10 amostras foram realizadas em torno do ponto de injeção, após verificar a inexistência de traçador laranja, com recurso à luz negra, nas amostras recolhidas a sul. A avaria do motor na embarcação Nereide interrompeu os trabalhos neste dia.

Dia 12 de julho foram recolhidas 20 amostras em torno ao ponto de injeção e em direção a costa de forma a poder avaliar a dispersão do traçador neste sentido.

É de referir que após término da campanha a 12 de julho, a UA realizou ainda 2 recolhas de amostras nos dias 22 de julho e 7 de agosto. A SM destas amostras foi medida posteriormente.

Foram recolhidas no total 110 amostras que se encontram representadas na Figura 2.

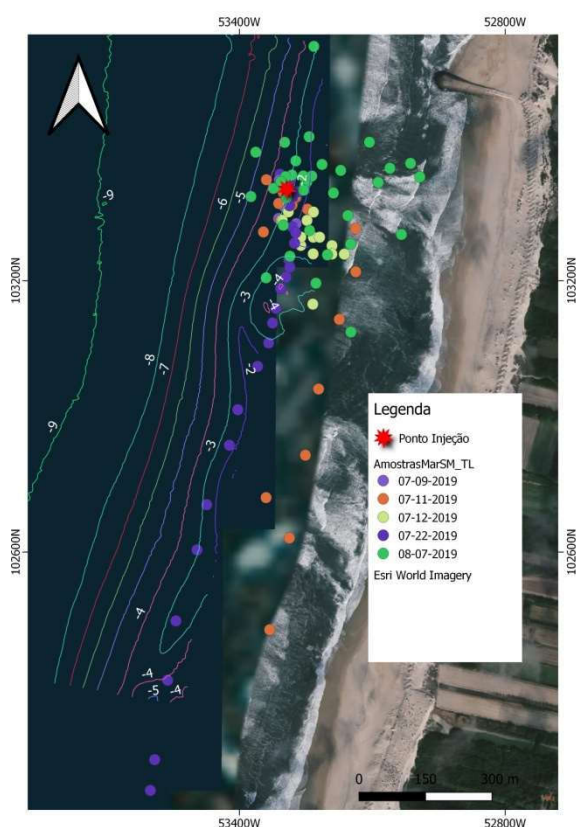


Figura 2 – Localização de todas as amostras recolhidas na praia submarina durante a campanha e após. As isóbatas representadas no mapa correspondem ao levantamento de 20 de junho de 2019, realizado pela Atlanticland no âmbito do projeto COSMO, referenciada a ZH (coordenadas projetadas ETRS89)

b. Praia Submersa – Levantamento com magnetómetro SeaSpy

A medição do campo magnético foi realizada com recurso ao magnetómetro marinho de precessão protónica, de efeito Overhauser, SEASPY da Marine Magnetics, rebocado a partir de um bote. As medições foram registadas em modo contínuo a uma taxa de 1 Hz, em perfis

paralelos à linha de costa, antes e após a colocação do traçador. O posicionamento foi assegurado por um GNSS Hemisphere Omnistar com correção diferencial.

Dia 9 de julho foram realizadas no total 9 fiadas na área inicial considerada para a colocação das areias marcadas. As últimas 3 fiadas foram realizadas após a colocação das areias marcadas. À tarde deste mesmo dia não houve condições de mar para retomar os trabalhos (Figura 3).

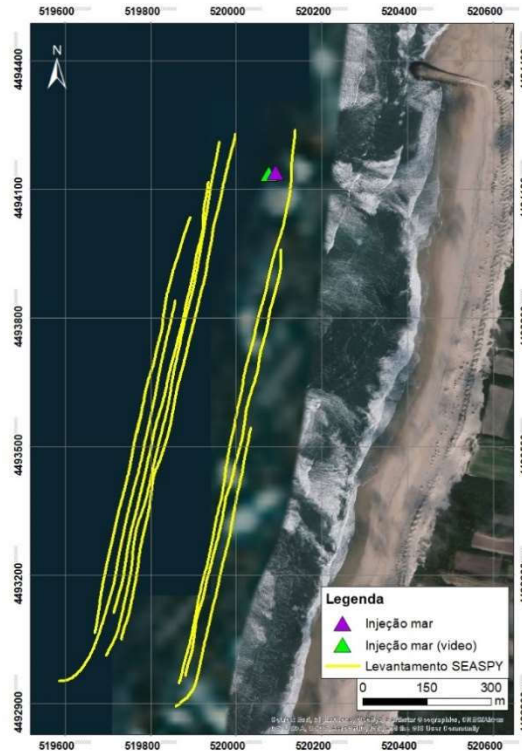


Figura 3 – Localização das fiadas realizadas no dia 9 de julho com o magnetômetro SeaSpy (coordenadas projetadas ETRS89).

Dia 11 de julho foram realizadas 10 fiadas numa nova área estabelecida após a colocação do traçador no dia 9 (Figura 4).

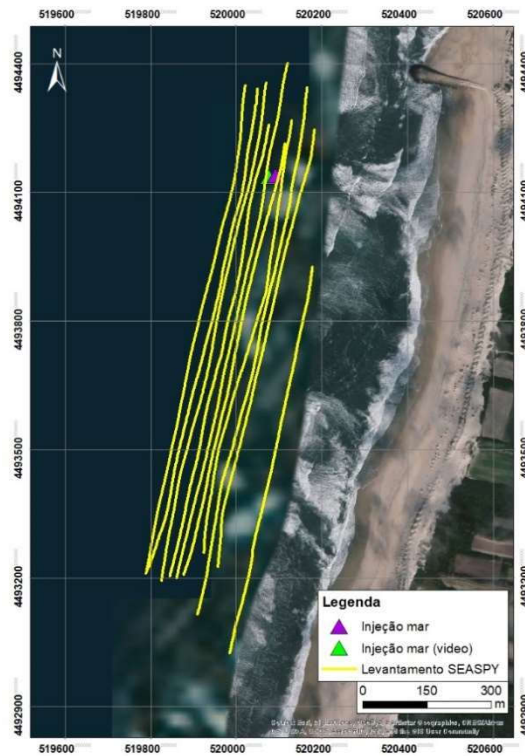


Figura 4 - Localização das fiadas realizadas no dia 11 de julho com o magnetómetro SeaSpy (coordenadas projetadas ETRS89).

Dia 12 de julho e após a avaliação das amostras recolhidas no dia 11, com luz negra, limitou-se a área de levantamento em torno do ponto de injeção, realizando-se 10 fiadas (Figura 5).



Figura 5 - Localização das fiadas realizadas no dia 12 de julho com o magnetómetro SeaSpy (coordenadas projetadas ETRS89)

c. Praia Emersa

Nesta estação de trabalho foi realizada: a amostragem superficial e vertical, antes e pós a colocação dos traçadores, respetivamente; a medição da suscetibilidade magnética (SM) com o sensor anelar MS2D nos locais de amostragem, recorrendo a três ou mais medições no mesmo local, conforme a variação dos valores; e a medição do campo magnético (CM) com o magnetómetro terrestre de vapor de Césio G858, em modo contínuo a uma taxa de 1 Hz, em perfis paralelos à linha de costa. O posicionamento da amostragem e das medições da SM foi garantido por um GNSS portátil com correção diferencial modo RTK, e a medição do CM por um GNSS portátil com correção diferencial. É de referir ainda que as medições da SM e do CM foram realizadas durante as baixa-mar diurnas.

No dia 9 de julho, antes da injeção do traçador, foram recolhidas 15 amostras de referência acondicionando-as em caixas Veditapa®. Esta amostragem ocorreu ao longo de 5 perfis transversais à linha de costa (ST0, ST250, ST500, ST750 e ST1000), cuja localização se encontra representada na Figura 6. Em cada perfil, a amostragem foi realizada em 3 unidades morfológicas distintas: na crista da berma (R1), a meio da face de praia (R2) e no terraço de maré/base da face de praia (R3). No mesmo local de amostragem foi feita a medição da suscetibilidade magnética com o sensor anelar MS2D. Esta consistiu em três ou mais medições, conforme a variação dos valores. Foram ainda realizadas 5 fiadas com o magnetómetro G858 ao longo da berma de praias, face de praia e do terraço de maré (Figura 7).

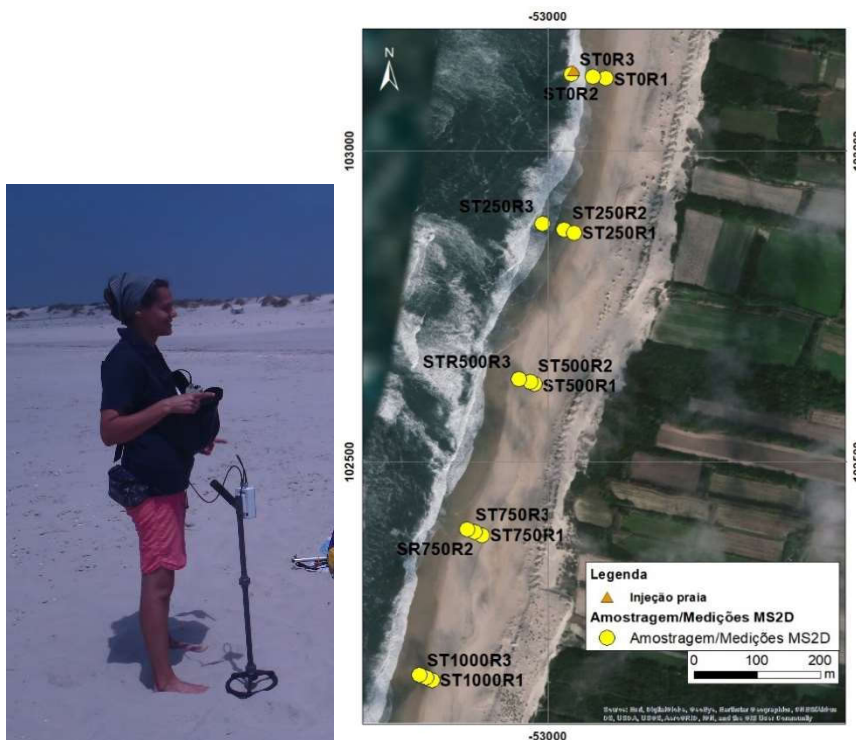


Figura 6 – À esquerda a medição da SM com o sensor anelar MS2D, à direita a localização das amostras e medições realizadas no dia 9 de julho com o mesmo sensor (coordenadas projetadas ETRS89).

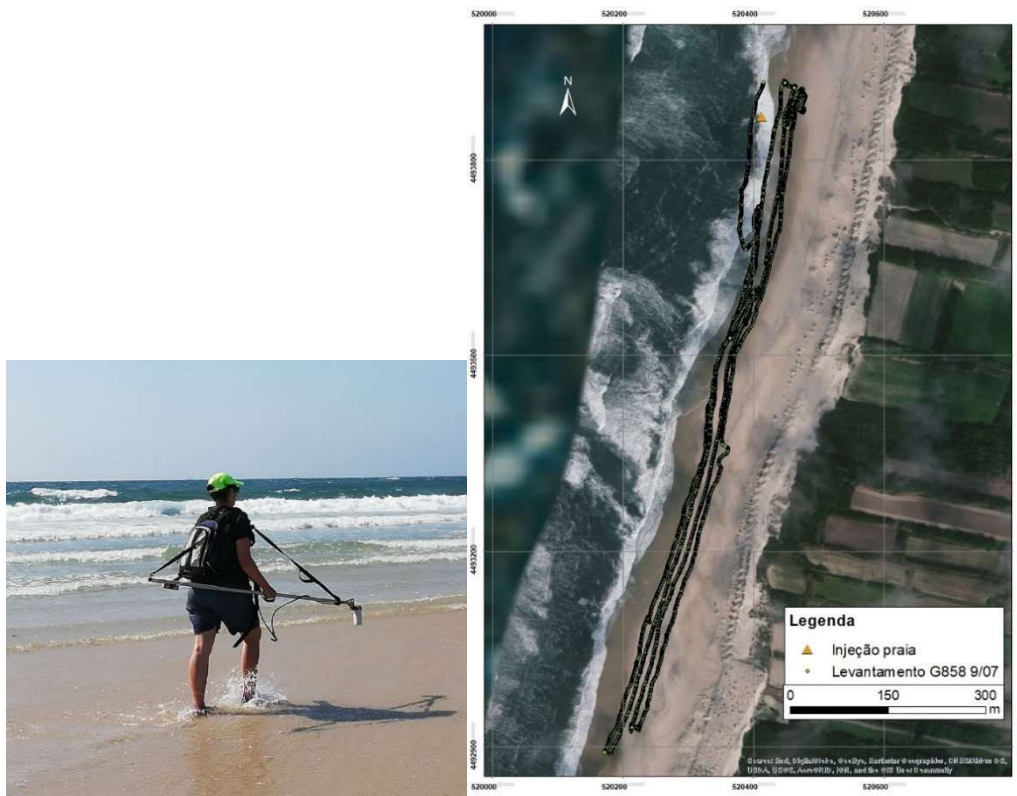


Figura 7 – À esquerda a medição do campo magnético com o magnetómetro G858 e à direita a localização das fiadas realizadas no dia 9 de julho com o mesmo magnetómetro (coordenadas projetadas ETRS89).

Dia 10 de julho foram recolhidas 35 amostras verticais e foi medido no mesmo local de amostragem a SM com o sensor MS2D (Figura 8). Foram ainda realizadas 2 fiadas com o magnetómetro terrestre G858 ao longo do terraço (Figura 9), sendo o levantamento interrompido devido a problemas com as baterias.

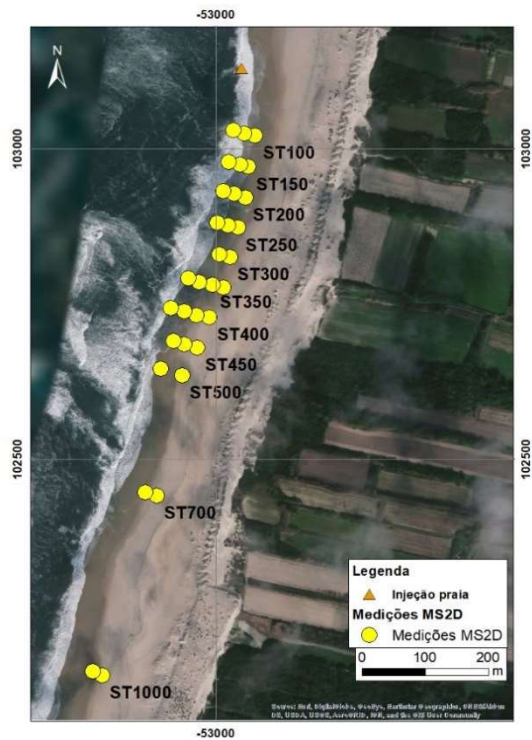


Figura 8 - Localização das amostras e medições realizadas no dia 10 de julho com o mesmo sensor (coordenadas projetadas ETRS89).

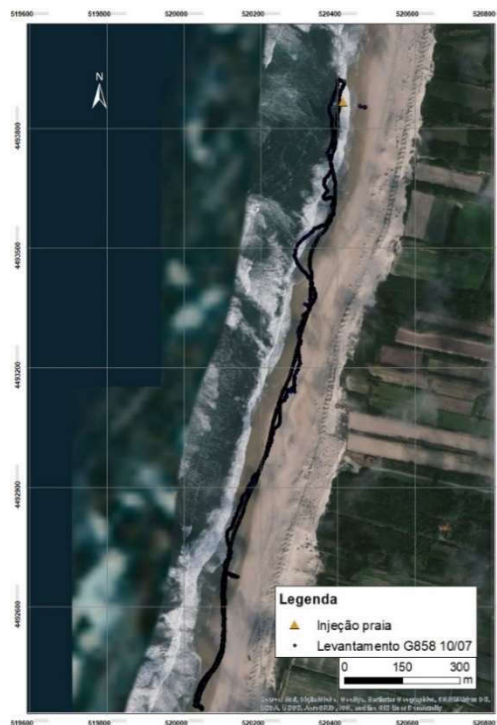


Figura 9 - Localização das fiadas realizadas no dia 10 de julho com o magnetômetro G858 (coordenadas projetadas ETRS89).

d. Alojamentos, Medição da SM com o sensor MS2B

A medição da SM em amostra foi realizada com recurso ao sensor MS2B (**Figura 10**) montado nos alojamentos. A preparação da medição consistiu na homogeneização das amostras e preparação das mesmas em provetes cilíndricos, de polietileno de baixa densidade, próprios do sensor. Posteriormente foram realizadas em média 3 medições por cada provete preparado, porém o número de medições foi reconsiderado em amostras cujos valores oscilaram mais.



Figura 10 – Medição da SM com o sensor de bancada MS2B.

Dia 9 de julho foram medidas 4 amostras de sedimento da praia submersa (3 medições por amostras), recolhidas no dia anterior.

Dia 10 de julho as mesmas amostras, medidas no dia anterior, foram medidas novamente. A repetição desta medição teve como objetivo a avaliação da coerência dos valores medidos nos mesmos sedimentos com diferentes teores em água. Verificou-se que os valores eram bastante consistentes. Neste mesmo dia mediram-se mais 15 amostras de sedimento da praia submersa recolhidas a bordo da embarcação no dia 9 de julho.

Dia 11 de julho foram medidas 15 amostras de sedimento da praia emersa de referência, bem como, 19 amostras da praia submersa. Depois da avaliação da luz negra (**Figura 11**) mediram-se ainda 7 amostras de um perfil da praia emersa recolhidas na primeira baixa-mar.

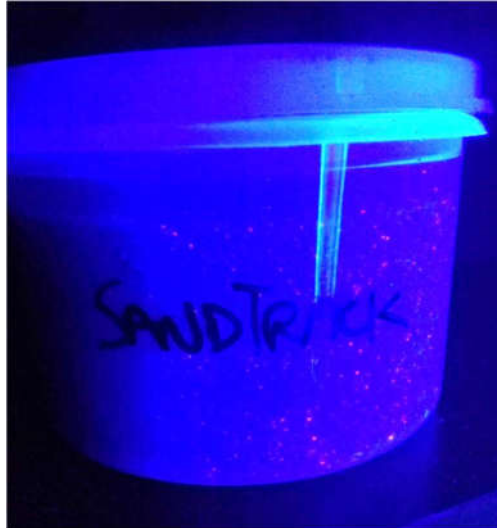


Figura 11 – Exemplo de visualização de uma amostra à luz negra, verificando-se a presença de traçador laranja.

Ao longo dos 5 dias de campanha todos os dados adquiridos nas diferentes estações de trabalho foram introduzidos em tabelas e projetados, de forma a analisar os resultados preliminares obtidos e feito o seu devido backup.

4. Tratamento de dados e resultados

De seguida são apresentados os resultados obtidos por propriedade magnética medida:

a. Campo magnético

i. Magnetómetro Marinho SeaSpy da Marine Magnetics

O processamento dos dados obtidos com o magnetómetro foi iniciado com o reposicionamento e correção, em relação à posição da embarcação, recorrendo, para o efeito, a rotinas desenvolvidas em MATLAB, da MATHWORKS®. Posteriormente foi aplicada uma correção temporal da variação do campo externo do campo magnético terrestre. Para esse efeito utilizaram-se os dados da estação de San Pablo em Espanha, pertencente à rede de observatórios geomagnéticos internacional (INTERMAGNET). Por fim, através da operação *Trend*, foram retirados os efeitos espaciais do campo magnético terrestre de modo a obterem-se as anomalias locais de menor amplitude. Todo o procedimento descrito anteriormente foi realizado através de rotinas desenvolvidas em MATLAB, da MATHWORKS®.

Por último foi realizada uma interpolação dos valores adquiridos na área de estudo, recorrendo ao método *Inverse Distance Weighting*, segundo uma malha de 20 m.

Este último passo foi realizado recorrendo ao *software* ARCGIS da ESRI®. Este procedimento foi aplicado aos dados de cada levantamento (Figura 12 a Figura 14).

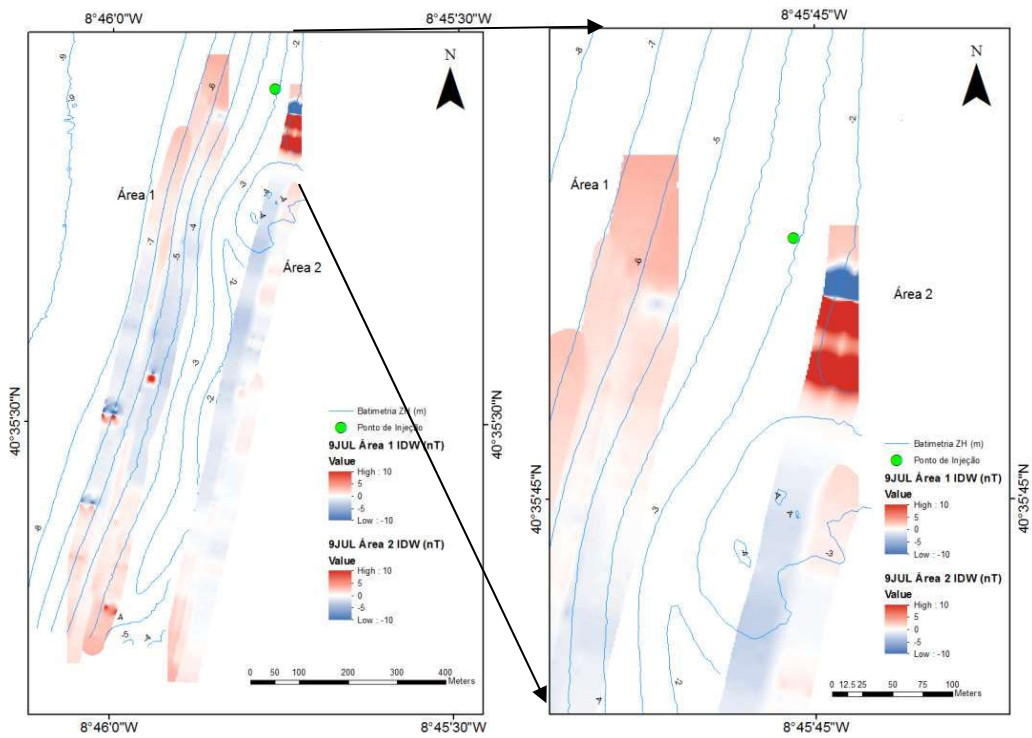


Figura 12 – Interpolação dos dados processados do dia 9 de julho. À direita a aproximação ao local de injeção (coordenadas geográficas WGS84).

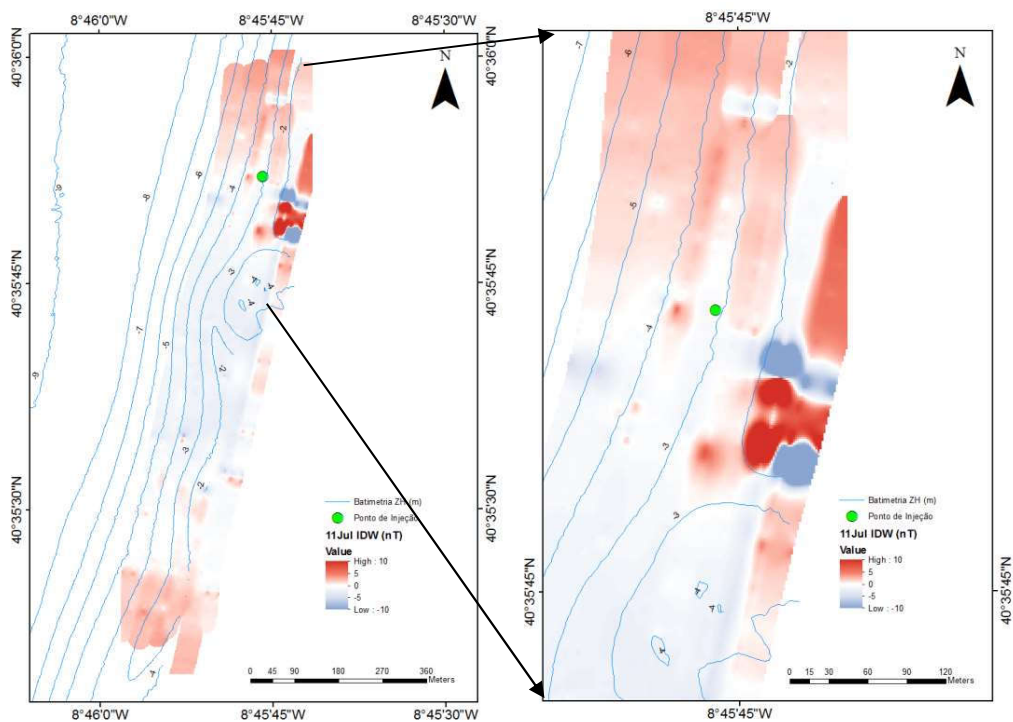


Figura 13 - Interpolação dos dados processados do dia 11 de julho. À direita a aproximação ao local de injeção (coordenadas geográficas WGS84).

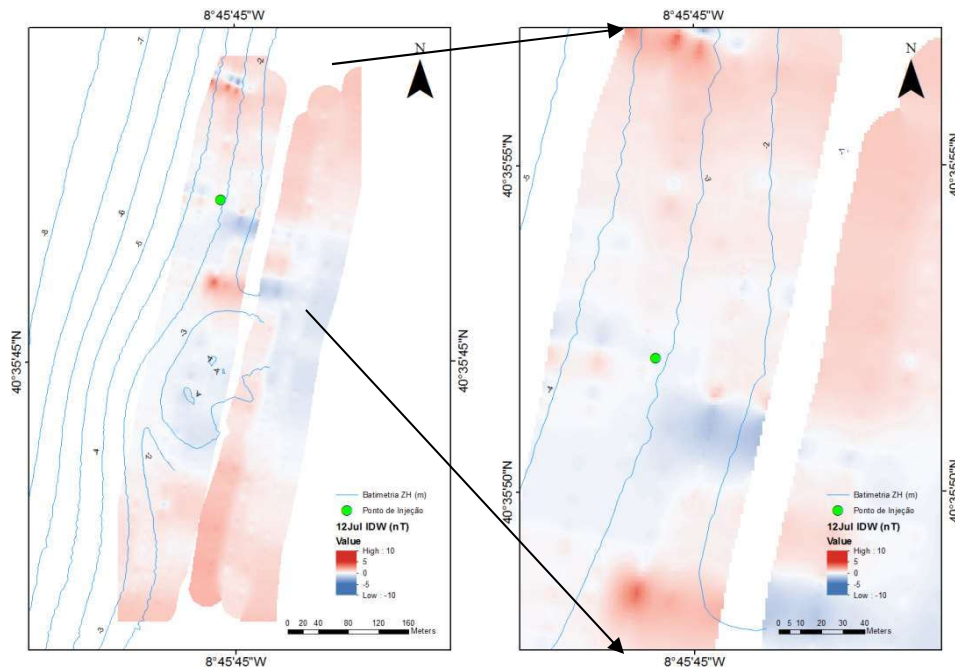


Figura 14 - Interpolação dos dados processados do dia 12 de julho. À esquerda aproximação ao local de injeção (coordenadas geográficas WGS84).

No final foi realizada uma comparação entre os vários levantamentos. Porém, como no primeiro dia a área coberta, próxima do local de injeção, não é igual, realizou-se uma comparação entre os dias 11 e 12 de julho a fim de verificar alguma variação das anomalias. Esta comparação realizou-se através da operação *Minus Raster*, que permitiu observar a variação da amplitude dos sinais em fiadas coincidentes dos dois dias (Figura 15).

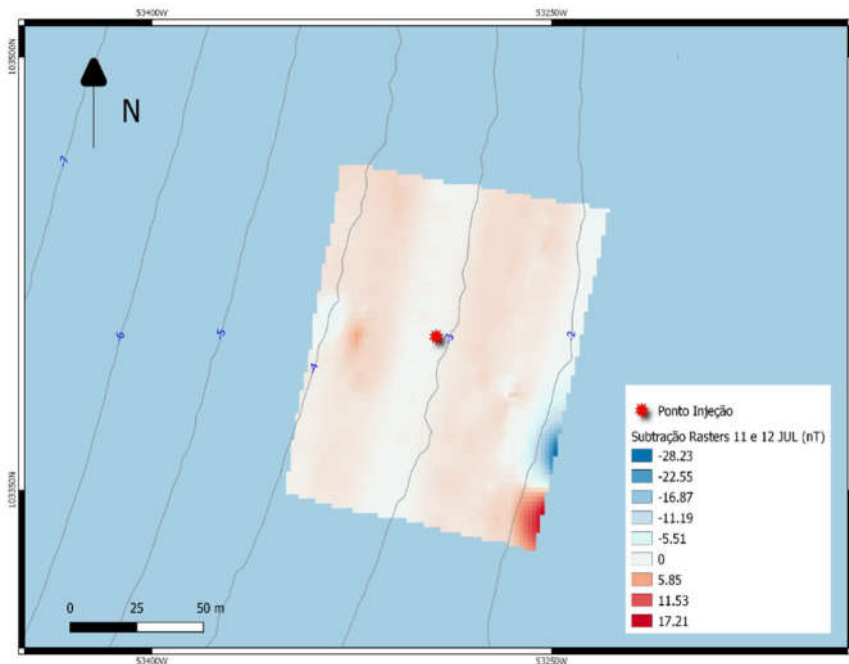


Figura 15 – Resultado da subtração das interpolações dos dados processados dos dias 11 e 12 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).

Em todos os dados processados verificou-se um ruído de base na ordem dos 1 a 3 nT, com algumas anomalias pontuais, nomeadamente uma anomalia de grande amplitude a cerca de 60 m para SE do local de injeção.

A comparação entre os levantamentos realizados nos dias 11 e 12, na área próxima ao local de injeção, mostra uma pequena alteração de amplitude de sinal, na ordem dos 3 nT. Esta mesma situa-se a cerca de 36 m para W do local de injeção.

Por questões logísticas e condições meteo-oceanográficas acima descritas, não foi possível realizar um levantamento de referência do local de colocação do traçador. Esta situação impossibilita-nos de verificar se esta anomalia já existiria antes da colocação do traçador.

ii. Magnetómetro Terrestre G858 da Geometrics

O processamento dos dados do magnetómetro foi iniciado com o cruzamento dos dados do mesmo com os de posicionamento obtido pelo GNSS GARMIN 64s, cuja aquisição decorreu em simultâneo. Este processo passou por correlacionar a mesma hora de aquisição entre ambos os equipamentos e adicionar ao ficheiro com os dados do campo magnético o valor da posição do mesmo. Este tratamento foi realizado em EXCEL, da MICROSOFT®.

Posteriormente foi aplicada uma correção temporal da variação do campo externo do campo magnético terrestre. Para esse efeito utilizaram-se os dados da estação de San Pablo, pertencente à rede de observatórios geomagnéticos internacional (INTERMAGNET). Por fim, através da operação *Trend*, foram retirados os efeitos espaciais do campo magnético terrestre de modo a obterem-se as anomalias de menor amplitude e locais. Todo este procedimento

descrito anteriormente foi realizado através de rotinas desenvolvidas em MATLAB, da MATHWORKS®.

Por fim foi realizada uma interpolação dos valores adquiridos na área de estudo, recorrendo ao método *Inverse Distance Weighting*, segundo uma malha de 20 m.

Este último passo foi realizado recorrendo ao software ARCGIS da ESRI®. Todo este procedimento foi aplicado a todos os levantamentos realizados (Figura 16 e Figura 17).



Figura 16 - Interpolação dos dados processados do dia 9 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).



Figura 17 - Interpolação dos dados processados do dia 10 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).

No final foi realizada uma comparação entre os levantamentos realizados nos dias 10 e 11 de julho a fim de verificar alguma variação das anomalias. Esta comparação realizou-se através da operação MINUS Raster, que permitiu ver a variação na amplitude dos sinais em fiadas coincidentes dos dois dias (Figura 18).

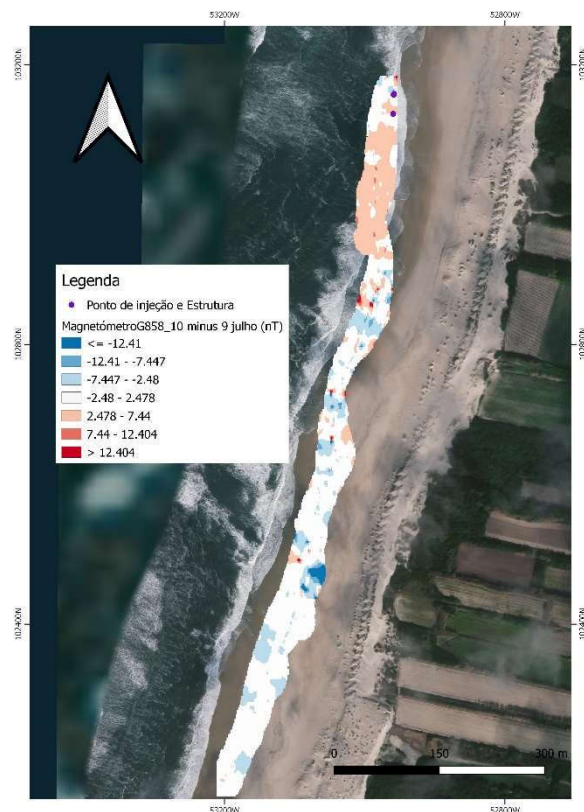


Figura 18 - Resultado da subtração das interpolações dos dados processados dos dias 9 e 10 de julho (coordenadas projetadas ETRS89).

Em todos os dados processados, verificou-se um ruído de base na ordem dos 4 a 5 nT de amplitude e de baixo comprimento de onda, com algumas anomalias pontuais de maior amplitude variáveis no tempo.

A elevada frequência dos valores verificados pode-se dever à própria topografia da praia e ao vento, que faz com que o sensor oscile muito. Esta poderá ser a razão pela qual se verifique um registo diferente entre os dois dias de levantamento.

b. Suscetibilidade Magnética

i. Magnetosusceptómetro MS2B

Após a campanha todas as amostras, recolhidas durante e após campanha, foram medidas com o sensor MS2B, no laboratório do IH repetindo as amostras que tinham sido medidas durante a campanha. As amostras foram também fotografadas sob luz negra no laboratório da FCUL para posterior análise de imagem e identificação dos grãos fluorescentes. Para este processo todas as amostras foram previamente lavadas e secas na estufa.

No laboratório do IH cada amostra foi homogeneizada e quarteada, utilizando para o efeito um *splitter*, e colocada em dois ou três provetes, previamente pesados, conforme a quantidade de amostra disponível. De seguida os provetes, já com a amostra, eram pesados novamente. Por fim realizou-se a medição em média três vezes por cada provete preparado (Figura 19). O

número de medições em cada provete foi reconsiderado em amostras cujos valores oscilaram mais.

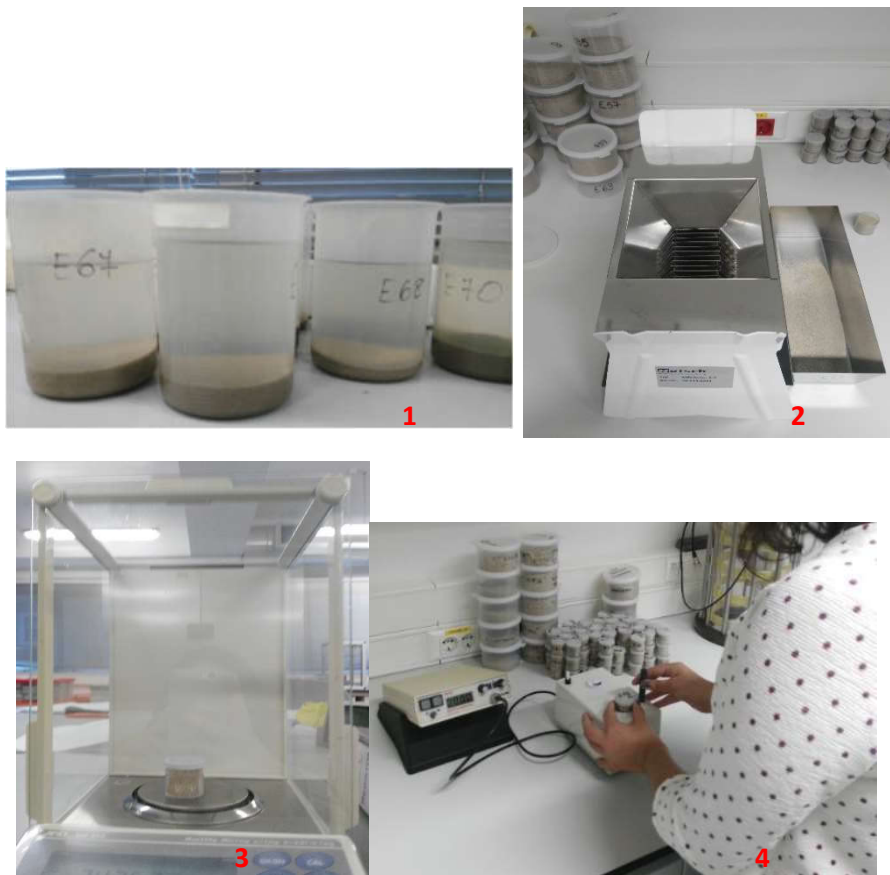


Figura 19 – Resumo do procedimento laboratorial: 1 – Lavagem; 2 – Quarteamento, com *splitter*, após secagem; 3 – Pesagem do provete e amostra; 4 – Medição no sensor MS2B.

Os dados (valores de SM e pesos) foram registados em tabelas. Foi feita uma média dos valores para cada amostra e calculados os valores em relação à massa. O tratamento destes dados foi realizado em Excel, da Microsoft® resultando numa tabela que se encontra em anexo, e a visualização e exploração dos dados foi realizada em ambiente ArcGis da ESRI®.

Os resultados das medições realizadas na praia submarina são apresentados nas Figura 20, Figura 21 e Figura 22.

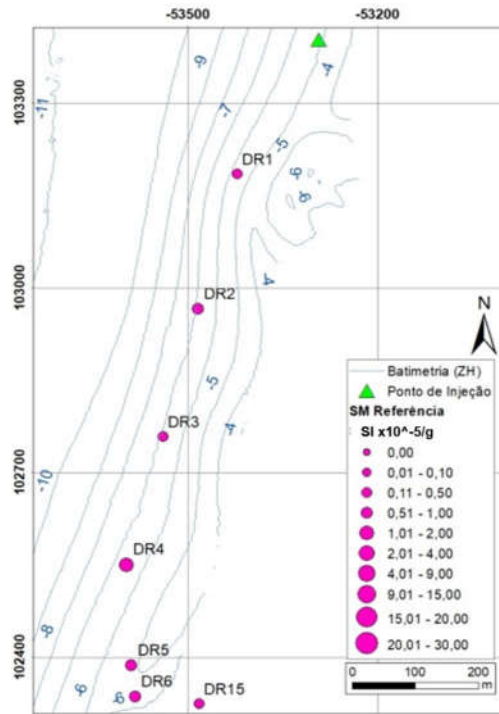
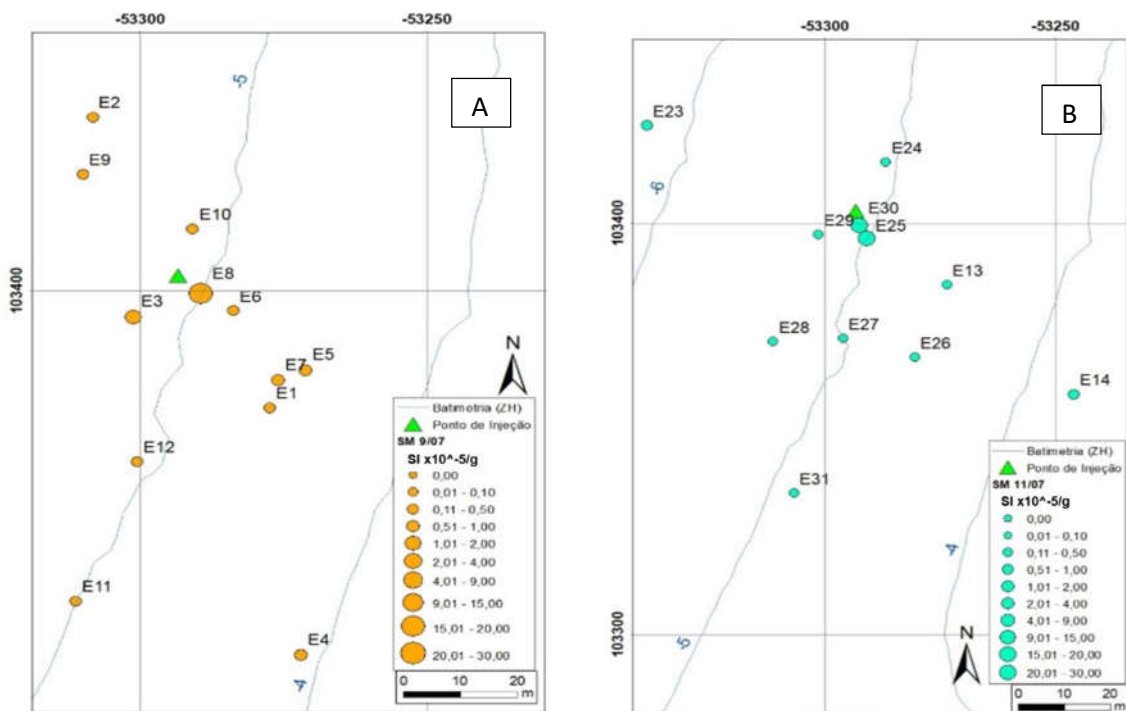


Figura 20 – Valores de medição da SM (SI x 10⁻⁵ / g) nas amostras de referência (coordenadas projetadas ETRS89).



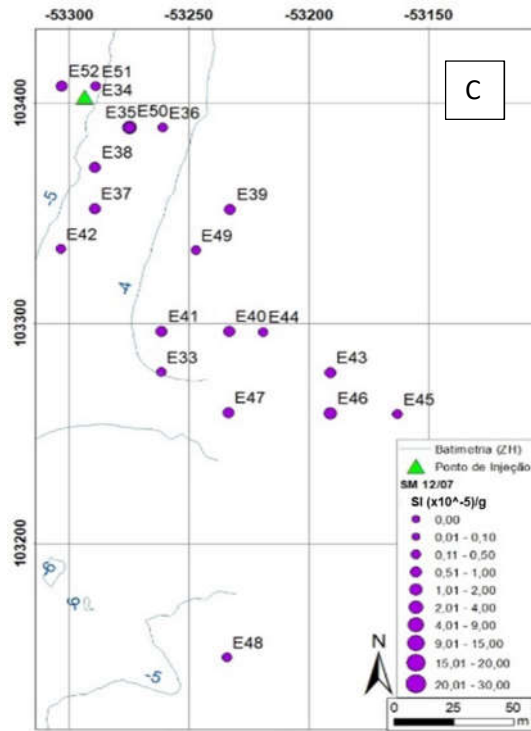


Figura 21 - Valores de medição da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) das amostras após a injeção do traçador nos dias 9, 11 e 12 de julho, A, B e C respetivamente (coordenadas projetadas ETRS89).

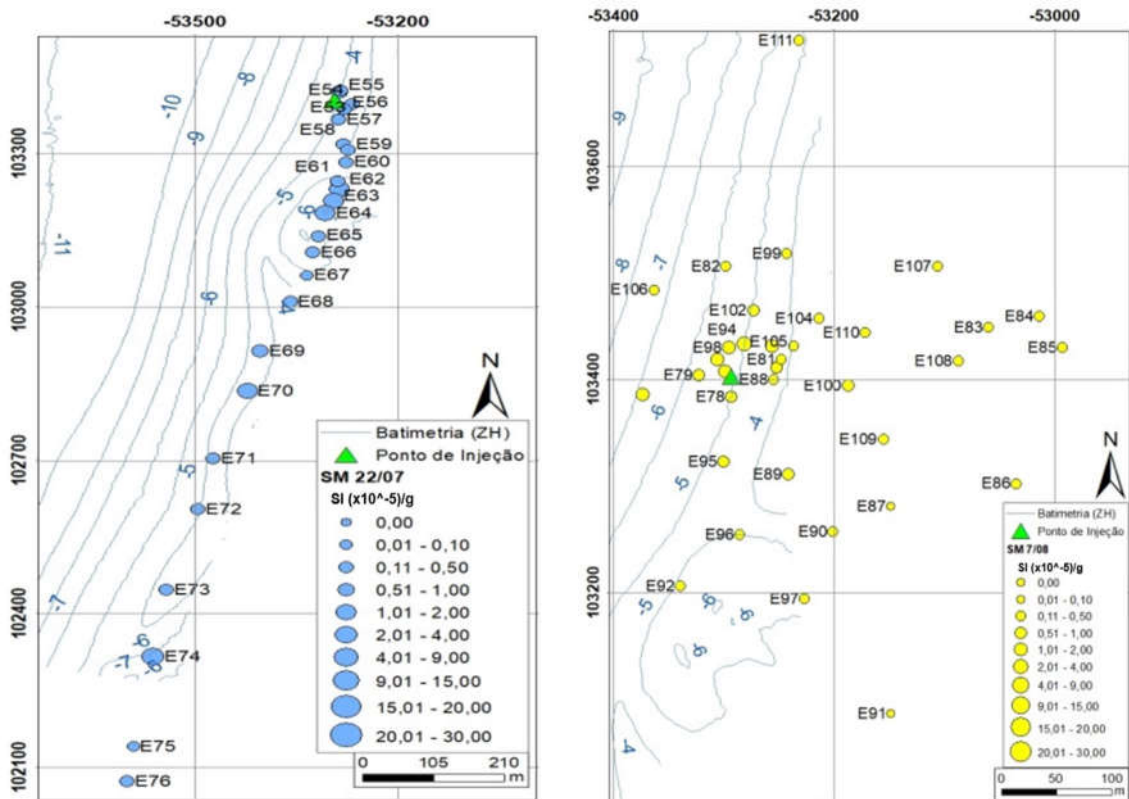


Figura 22 - Valores de medição da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) das amostras após a injeção do traçador nos dias 22 de julho e 7 de agosto, da esquerda para a direita respetivamente (coordenadas projetadas ETRS89).

A primeira conclusão retirada foi que as medições realizadas nas mesmas amostras com o sensor MS2B, durante a campanha e no laboratório do IH não mostraram diferenças significativas. Isto significa que este sensor pode ser recolocado em campanhas para medir *in situ* a SM dos sedimentos.

Verificou-se também que alguns dos valores mais elevados de SM não indicam obrigatoriamente a presença de traçador magnético. A visualização das amostras à lupa foi determinante para verificar a presença ou não de traçador magnético, nas amostras que apresentavam uma SM elevada.

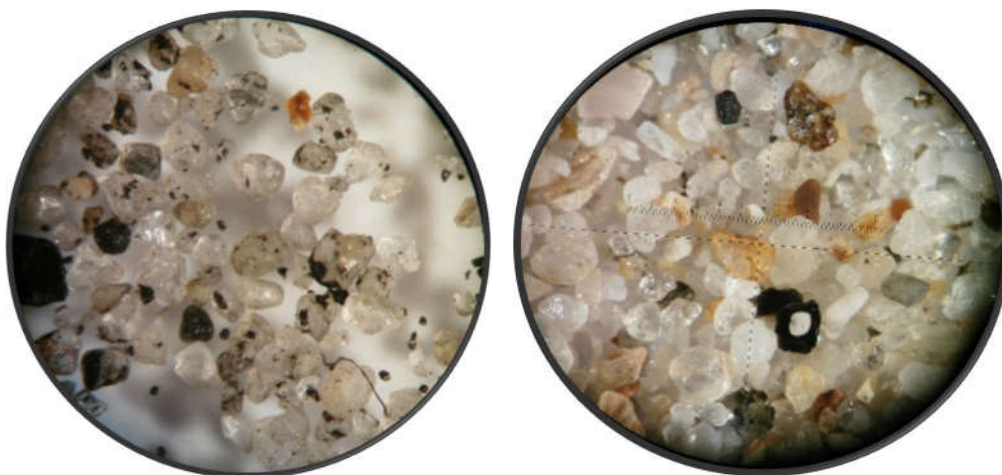


Figura 23 – Aspeto à lupa do traçador magnético à esquerda e à direita o aspeto de uma amostra com valor elevado de SM mas com presença de minerais pesados.

Esta situação é mais visível nas amostras recolhidas após a campanha, a 22 de julho e a 7 de agosto.

Para se definir a presença de traçador magnético nas amostras definiu-se um valor base de deteção do mesmo. Para este cálculo assumiu-se que a distribuição dos valores de SM medidos apresenta uma distribuição normal. Assumindo este pressuposto, onde μ é a média e σ o desvio de padrão, sabe-se que $P(\mu - 3\sigma < X < \mu + 3\sigma) = 0.997$, significando que 99,7% dos valores encontram-se entre este intervalo. Sendo que o objetivo é descobrir um limite de deteção, só se incluiu os valores acima da soma da média com três vezes o seu desvio de padrão.

Devido à variação temporal e espacial do sedimento nativo, verificada essencialmente na amostragem de 22 de julho e de 7 de agosto, este cálculo foi realizado para as medições realizadas nos primeiros três dias de campanha, considerando o maior valor destes três dias. Assumindo esta condicionante e o cálculo acima descrito, obteve-se um valor limite de base para deteção de $1.4 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$. No intervalo escolhido para a caracterização encontram-se quase todas as amostras, resultando numa percentagem de apenas 0.15 % acima do valor de deteção.

Verifica-se assim que a variação espacial e temporal do sedimento nativo, com maior ou menor presença de minerais pesados, impossibilita definir um sinal base de deteção de traçador para toda a amostragem. Porém, a medição da SM nos dias 9, 11 e 12 permitiu acompanhar a difusão do traçador magnético até 21 m para SE. No entanto, não se pode afirmar que toda a massa se deslocou neste sentido.

Considerando o valor de SM de $101.06 \text{ SI} \times 10^{-5}/\text{g}$ para uma amostra de traçador magnético, observou-se uma grande dispersão do mesmo, considerando valores os valores máximos de SM: no dia 9 após a injeção $18 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$ e no dia 11 de julho foi de $29,2 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$.

Na praia emersa, como foi mencionado anteriormente, foi realizada uma amostragem de referência antes da injeção do traçador. Os resultados das medições realizadas na amostragem de referência estão ilustrados na Figura 24.

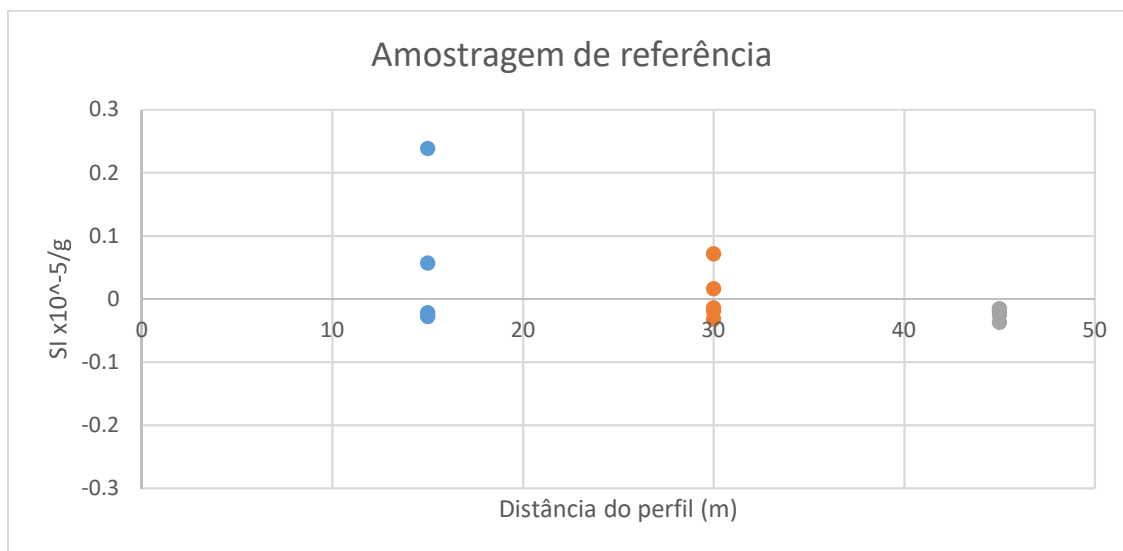


Figura 24 – Medições da SM ($\text{SI} \times 10^{-5} / \text{g}$) das amostras de referência em relação à distância da cabeça do perfil (m).

Após a injeção do traçador foram realizadas três amostragens por perfil, durante as baixa-mar. Estas amostragens foram realizadas a partir da recolha de testemunhos verticais de sedimento da praia (com cerca de 20 cm de comprimento) na zona de espraio das ondas ao longo de perfis numa extensão longilitoral até deixar de ser detetado traçador fluorescente verde (observado *in situ* com recurso a luz negra). Os testemunhos foram segmentados em camadas de 5 cm a partir da superfície (Paulo *et al*, 2019)

Devido à quantidade de amostras recolhidas e ao não aparecimento de traçador fluorescente laranja nas amostras, à luz negra, as medições da SM foram realizadas em perfis alternados em cada amostragem realizada (Amostragem I, II e III). Os resultados das medições realizadas encontram-se representados na **Error! Reference source not found.**, Figura 26 e Figura 27.

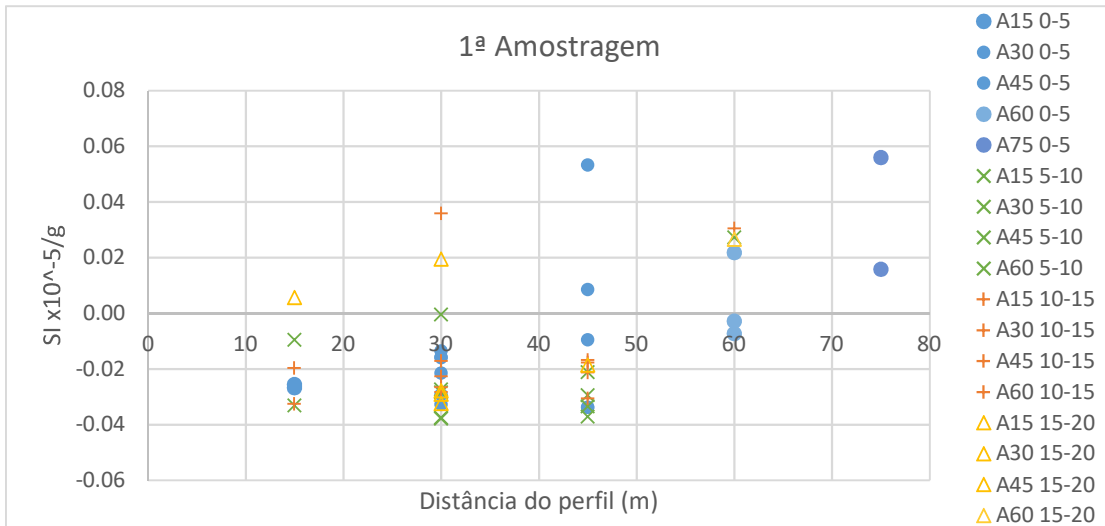


Figura 25 – Medições da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) da 1ª amostragem em relação à profundidade e à distância da cabeça do perfil (m).

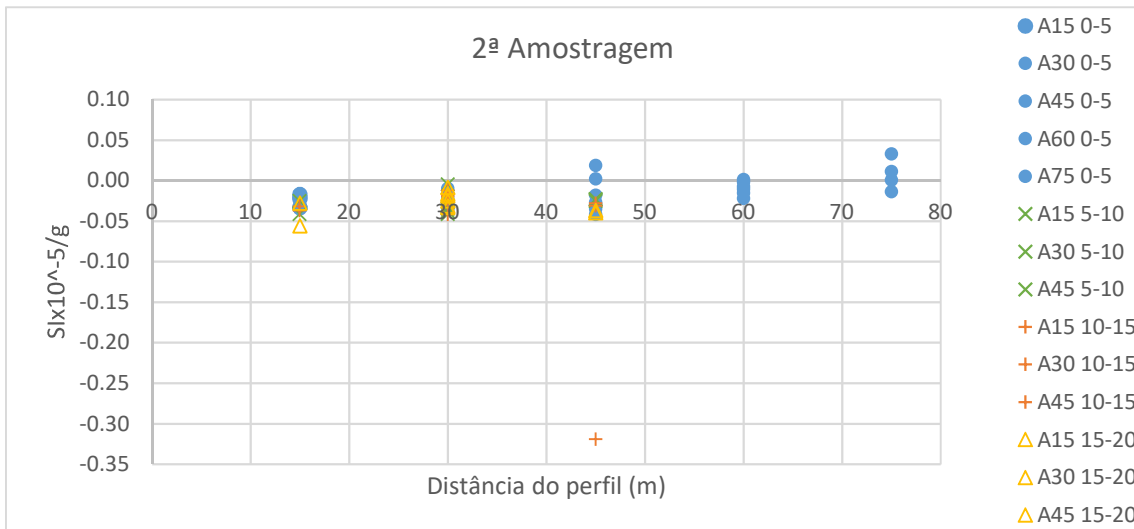


Figura 26 – Medições da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) da 2ª amostragem em relação à profundidade e à distância da cabeça do perfil (m).

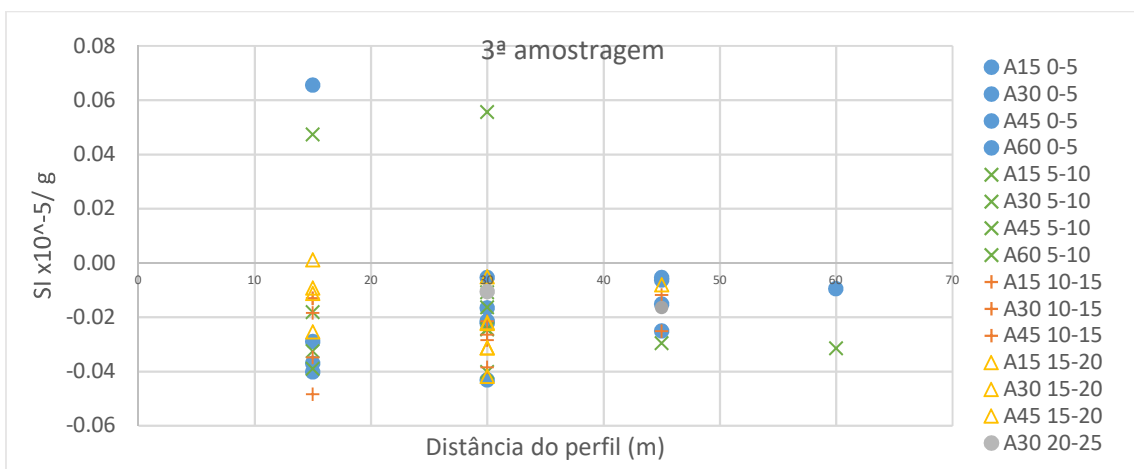


Figura 27 – Medições da SM ($SI \times 10^{-5} / g$) da 3ª amostragem em relação à profundidade e à distância da cabeça do perfil (m).

Concluiu-se também que a granulometria afeta muito o sensor MS2B. A amostra ST150 A30 15-20, apresentou valores muito elevados de SM em comparação com as restantes amostras, na ordem dos $1.2 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$. Após a visualização da mesma à lupa binocular verificou-se que existiam minerais pesados com maior dimensão, demonstrando que a SM dos sedimentos depende não só da concentração magnéticas, mas também da dimensão dessas partículas. Realizou-se uma nova medição, após separar alguns destes grãos com o auxílio da lupa, e o valor não só baixou como passou a negativo, na ordem dos $-0.03 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$ (Figura 28).



Figura 28 - Amostra ST150 A30, da amostragem I, à esquerda. Pormenor dos minerais pesados e litoclastos que foram retirados na mesma amostra, à direita.

ii. Magnetosusceptómetro MS2D

Os dados foram registados em tabelas e foi calculada a média dos valores para cada amostra. O tratamento destes dados foi realizado em Excel, da Microsoft® resultando numa tabela que se encontra em anexo, e a visualização e exploração dos dados foi realizada em ambiente ArcGis da ESRI® cujos resultados são apresentados na Figura 29.

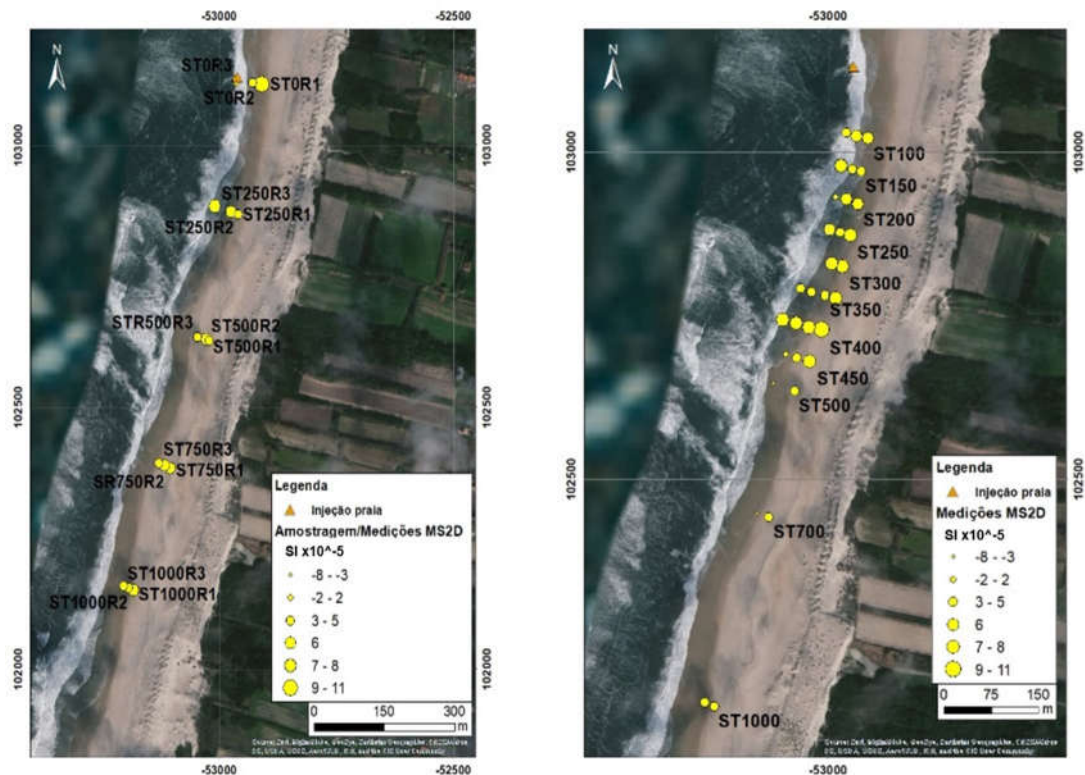


Figura 29 – Representação dos resultados das medições do MS2D no local de amostragem antes, à esquerda, e após, à direita, a injeção do traçador verde (coordenadas projetadas ETRS89).

No geral os valores medidos têm uma SM baixa e positiva entre os 2.8 e 9.0 $SI \times 10^{-5} / g$. Alguns dos valores medidos em sedimentos saturados por água, mostraram valores negativos e pouco coerentes com as restantes medições.

5. Conclusões

De seguida faz-se a apresentação dos resultados obtidos e principais conclusões por zona: praia emersa e praia submersa.

a. Praia Emersa

A análise das amostras da praia emersa, como anteriormente descrito, consistiu na análise das mesmas à luz ultravioleta, tarefa executada pela FCUL, e a medição da SM, tarefa executada pelo IH. A análise à luz ultravioleta confirmou a inexistência de traçador laranja nas amostras. Assumindo que o comportamento deste traçador seria idêntico ao traçador magnético, conclui-se que ambos os traçadores, fluorescente laranja e magnético, não chegaram até à praia.

As medições da SM com o sensor MS2D e MS2B, nas mesmas amostras, não mostram nenhuma concordância entre valores, exceto os seus valores máximo e mínimo que correspondem à mesma amostra. Esta conclusão era expectável devido ao volume de amostra que está a ser medido. Enquanto o sensor MS2D permite ler a SM dada para um volume estimado de amostra, e que poderá ser afetado por qualquer grão de maior dimensão com SM elevada (que pode não ser visível a olho nú, dada a medição *in situ*), o sensor MS2B permite não só medir a SM mas relacionar este valor com uma massa e/ou a um volume conhecido.

A medição das amostras com o sensor MS2B durante a campanha e no laboratório do IH, antes e após lavagem, secagem e quarteamento, apresentaram resultados bastante coerentes, concluindo-se que as medições de SM podem ser realizadas com este sensor ao final de um dia de campanha.

No geral, os valores de SM das amostras da praia emersa são muito baixos, entre -0.06 e $0.06 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$, em relação aos verificados nas amostras da praia submersa. Verificou-se, porém, que a existência de um ou mais grãos de minerais pesados faz com que a SM aumente para valores muito superiores e a existência de amostras com uma maior percentagem de bioclastos, após confirmação à lupa, faz com o seu valor seja negativo.

Por fim, a medição do campo magnético com o magnetómetro G858 revelou ser um método difícil para a deteção de pequenas anomalias devido ao elevado ruído magnético base. Este pode-se dever à oscilação do sensor ao caminhar e ao próprio vento que se fez sentir. A eliminação deste ruído, no processamento de dados, impossibilita ver uma anomalia inferior a $4 / 5 \text{ nT}$, amplitude esperada para a presença de traçador magnético.

Desta forma pode-se afirmar que não foi detetado traçador magnético com nenhum dos sensores.

b. Praia Submersa

As medições da SM das amostras da praia submersa levaram à conclusão de que estamos perante um sistema que varia no espaço e no tempo tornando difícil estabelecer um limite de deteção de traçador magnético a longo prazo. Desta forma foi estabelecido um limite de $1,4 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$ para a deteção de traçador magnético para os primeiros dias de campanha, 9, 11 e 12 de julho. Este limite permitiu-nos verificar a dispersão do material a cerca de 21 m para SE. A análise das amostras recolhidas nos restantes dias, revelou a existência de SM muito elevadas que se deviam à presença de minerais pesados. Estas conclusões só foram possíveis após a análise de todas as amostras que levantaram dúvida, com e sem traçador magnético, à lupa binocular.

O levantamento com o magnetómetro SeaSpy, não é conclusivo. A anomalia verificada em ambos os dias, a 36 m para W do ponto de injeção, apresenta uma diferença de 3 nT. Não é possível comprovar se esta anomalia já estava presente antes da injeção do traçador, porém a diferença de 2 nT poderá dever-se a erros de posicionamento, inerentes a um sistema que é rebocado. A localização desta anomalia também não está de acordo com o comportamento verificado pela medição da SM das amostras.

6. Principais conclusões e discussão

As propriedades magnetosuscetométricas da praia emersa e submersa são distintas. Enquanto a praia emersa apresenta valores de SM muito baixos em torno de $\pm 0.06 \text{ SI} \times 10^{-5} / \text{g}$, os valores verificados na praia submersa registam valores francamente positivos, chegando às dezenas de unidade. Contudo, estes últimos valores não indicam obrigatoriamente a presença de traçador magnético. Verificaram-se valores de SM acima do valor de deteção de traçador, determinado para os primeiros dias de amostragem. Após a visualização destas amostras à lupa binocular verificou-se a presença de minerais pesados. Esta variação temporal e espacial do sedimento nativo na área de trabalho impossibilita determinar um limite de deteção de traçador para todas as amostras recolhidas.

Quanto à instrumentação utilizada para medir a SM, conclui-se que o sensor MS2D não apresenta valores coerentes com os verificados com o sensor MS2B, e em zonas com água apresenta valores anómalos. O sensor MS2B provou ser indicado para realizar medições em amostras durante uma campanha e poderá revelar uma grande ajuda na medição da SM *in situ*. As repetições das mesmas medições em ambiente controlado em laboratório, antes e após a lavagem e a secagem e quarteamento, vieram comprovar a robustez das medições. Porém, verificou-se que para além da presença de minerais pesados, a granulometria também tem muita influência nos resultados obtidos pelo sensor MS2B. Uma amostra com poucos minerais pesados, mas de maior dimensão, pode dar o mesmo valor de SM de uma amostra com uma maior quantidade de minerais pesados, mas cuja dimensão dos grãos seja uniforme em toda a amostra.

Neste caso de estudo, comprovou-se que era possível acompanhar a dispersão do traçador magnético, nos três primeiros dias de campanha, utilizando as medições *in situ* com as seguintes ressalvas: realizar uma vasta malha de amostragem antes e pós injeção de traçador e garantir a presença de poucos minerais pesados no sistema.

Quanto à medição do campo magnético, esta levantou algumas questões. Enquanto a sua medição na praia emersa mostrou ser difícil de acompanhar pequenas anomalias aí presentes, que seriam esperadas caso o traçador magnético tivesse presente, o levantamento na praia submersa não foi conclusivo. A não possibilidade de comparação do sinal com a situação antes de colocação do traçador e possível existência de erros de posicionamento inerentes ao sistema rebocável, levam a que não se consiga afirmar a não capacidade de deteção do traçador.

Esta campanha, entre vários objetivos, tinha a finalidade de testar uma nova metodologia para traçar o transporte sedimentar utilizando areias marcadas com tinta magnética. Durante esta campanha, foram adquiridos uma série de dados nunca obtidos nesta zona, a estas profundidades e nesta escala de trabalho, para além do que foi apresentado neste relatório e dos trabalhos de interpretação que ainda decorrem, estes permitiram-nos, para já, concluir:

1 – A utilização deste método em praias onde os sedimentos apresentam minerais pesados impossibilita a deteção de traçador magnético através da medição da SM; a utilização destes dados para cálculos de transporte poderá levar a valores sub ou sobre estimados;

2 – A deteção remota do traçador, ou seja, a medição do seu campo magnético e a sua variação ao longo do tempo terá de ser estudada e eventualmente modelada, de forma a entender o seu comportamento e ajudar na previsão do seu sinal.

7. Bibliografia

Silva, P. A.; Baptista, P. B.; Silva, S.; Fernandes A.F.; Rato, D.; Romão S.; Silva, A.N.; Cascalho J.; Taborda, R. (2019) – Relatório V – Campanha de campo na Praia da Costinha, Aveiro; (Relatório apresentado no âmbito do projeto SANDTRACK à FCT).

Silva, S. e Fernandes, A. F. (2020) – REL PT 09GM 2020, SANDTRACK: Medição de propriedades magnéticas (Relatório interno do Instituto Hidrográfico).