



***TRABALLOS DE
TOMOGRFÍA
XEOFÍSICA DE
RESISTIVIDADE PARA
A EXPLORACIÓN
ARQUEOLÓXICA NO
CASTELO DE A ROCHA
(GA15078061)***

PROXECTO

ÍNDICE

1. FICHA TÉCNICA	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. DESCRICIÓN DO TRABALLOS REALIZADOS	5
4. CONSIDERACIÓNS PATRIMONIAIS E HISTÓRICAS	7
5.- RESULTADOS DA INTERVENCIÓN	12
5.1. A ZONA DA ENTRADA	13
5.2. O CASERÍO DA ROCHA	14
5.3. AS CANLES E O ABASTECIMENTO DE AUGA	15
5.4. O ASEDIO DA ROCHA	15
6. CONCLUSIÓNS E ESPECTATIVAS	16
7. APARTADO TÉCNICO	17

1. FICHA TÉCNICA

Nome do proxecto:	Traballos dos labores de tomografía xeofísica de resistividade para a exploración arqueolóxica no Castelo de A Rocha (GA15078061).
Zona da actuación:	Contorno do Castelo da Rocha, A Rocha Forte, Santiago de Compostela
Tipo de actuación:	Traballos xeofísicos
Código da actuación:	CT 102A 2019 / 798
Promotor:	Concello de Santiago de Compostela
Xeólogo:	Oscar Pazos Rodríguez
Arqueóloga directora:	M ^a José Bóveda Fernández.
Equipo técnico:	M ^a Paz Blanco Sanmartín.
Datas de execución:	Inicio: 13 de novembro Final: 12 de decembro

2. INTRODUCCIÓN

Coa presente memoria queremos dar conta dos resultados acadados durante os labores de tomografía xeofísica de resistividade para a exploración arqueolóxica no Castelo de A Rocha (GA15078061). Cumprindo ao tempo co recollido na lexislación existente sobre as intervencións arqueolóxicas ao tratarse dunha prospección. Tal e como se recolle no artigo 95 da lei 5/2016 de 4 de maio do Patrimonio Cultural de Galicia, no que se define a prospección arqueolóxica como “a exploración superficial e sistemática sen remoción de terras (...) dirixida ao estudo e investigación para a detección de restos históricos”.

Como explicabamos no proxecto de intervención dentro das técnicas de prospección inclúese a observación e o recoñecemento sistemático da superficie coa aplicación doutras técnicas que a arqueoloxía recoñece como válidas, como sería neste caso a tomografía xeofísica e a resistividade eléctrica.

Resulta necesario reflexar que esta actuación forma parte da Estratexia de Desenvolvemento Urbano Sostible Integrado do Concello de Santiago (EDUSI Santiago) cofinanciado polo Fondo Europeo de Desenvolvemento Rexional (FEDER) no marco do Programa Operativo Plurirrexional de España 2014-2020.

Os traballos foron levados a cabo no contorno exterior do castelo da Rocha Forte, un elemento con categoría de BIC xenérico, por tratarse

dunha Fortaleza, e recollido no Catálogo do Plan Xeral de Ordenación Municipal da cidade de Santiago de Compostela.

A intervención realizouse da acordo co establecido no proxecto de intervención tentado cumprir dentro do posible cos obxectivos planificados no proxecto de intervención:

- Obter un maior coñecemento, a través do uso de medios xeofísicos, dos posibles restos arqueolóxicos existentes baixo a superficie no contorno inmediato do Castelo de A Rocha Forte.
- Recompilar toda a información posible sobre os hipotéticos restos arqueolóxicos, que actualmente continúan enterrados no contorno da fortaleza sen necesidade a realizar unha escavación do terreo.
- Documentar os modelos que se xeren durante os traballos para valorar a situación, profundidade e características de posibles estruturas, niveis ou restos, para programar futuras intervencións na zona.
- Contrastar a viabilidade desta metodoloxía de prospección arqueolóxica nunha zona con alta presenza de restos de cantería e derrubes, valorando a súa aplicación a outros sectores con características similares.

3. DESCRICIÓN DO TRABALLOS REALIZADOS

Os traballos de prospección xeofísica executados buscaron detectar as estruturas enterradas baixo o chan a través do uso de eléctrodos colocados no terreo. Neste caso utilizáronse cravos de aceiro de 34,5 cm de longo e 1 cm de diámetro que se introduciron na capa húmica do



chan, afectando sobre esta de xeito moi superficial.

Os eléctrodos foron fixados no terro para conseguir un bo contacto co solo. Unha parte do cravo queda sempre á vista para conectar o eléctrodo ao cable do equipo de medición. A

corrente, continua, subministrouse ao equipo usando unha batería de coche.

Hai que ten en conta que se trata de correntes moi febles que non afectan os materiais nin as estruturas arqueolóxicas, nin sobre a fauna ou a flora existente no contorno. Neste caso a chuvia constante que caracterizou á campaña non afectou sobre os resultados xa que este tipo de técnica está



concibida para usarse sen problema sobre terreos húmidos, incluso anegados, sen que os resultados rexistren alteracións perceptibles.

Para poder colocar os eléctrodos a distancias regulares, con anterioridade ao inicio dos traballos, levouse a cabo un levantamento planimétrico básico do terreo durante o que se creou unha cuadrícula, marcada fisicamente sobre o terreo cunha serie de estacas. Tamén se colocaron unha serie de bases topográficas permanentes para que as lecturas puideran estar perfectamente xeorreferenciadas

A campaña xeofísica abarcou practicamente 2.400 metros lineais de tomografías de resistividade. Realizáronse maioritariamente liñas de 23 metros de lonxitude que permitiriron alcances entre os 4 e 5 metros de profundidade. A meirande parte dos perfís estiveron dispostos cun rumbo N-S, situándose usando a malla creada durante as labores de topografía e cubrindo os terreos que rodean ao Castelo.

Tamén se levaron a cabo unha serie de liñas perpendiculares ao deseño principal que buscaron acadar cotas dunha maior profundidade, para analizar máis polo miúdo o sector noroeste do xacemento, e tentar captar o foxo, a muralla ou calquera estrutura de maior entidade e fondura que se conservase nesta zona.

O equipo de xeólogos foron os encargados de realizar todo o traballo técnico relacionado coa disposición dos eléctrodos a toma de medicións e o procesado técnico dos datos. Polo que se refire as tarefa estritamente arqueolóxicas estas estiveron centradas na supervisión da colocación dos eléctrodos, o asesoramento sobre as zonas de maior potencialidade e, lóxicamente na interpretación dos resultados.

4. CONSIDERACIÓNS PATRIMONIAIS E HISTÓRICAS

A actuación levouse a cabo no contorno inmediato do Castelo da Rocha (GA15078061) e enlaza cos diferentes traballos realizados nos últimos anos para recuperar e estudar en profundidade este interesante xacemento medieval. Actuando especificamente, neste caso, sobre o contorno que rodea os restos visibles desta fortaleza levantada a mediados do século XIII.

A fortaleza aparece mencionada por primeira vez na documentación histórica entre os anos 1238 e 1266. Sabemos que o foi o arcebispo de Santiago Xoán Arias o que leva a cabo a súa construción. Este arcebispo mantiña un preito case constante polo señorío da cidade compostelá, tanto na corte dos reis Fernando III e de Afonso X como contra o concello da cidade e os seus procuradores, proxecta a construción de dúas novas fortalezas que lle permitan afianzar o seu señorío; unha en Padrón, a coñecida como a Rocha Branca, e a outra na propia sede episcopal, a Rocha Forte de Santiago.

A Rocha Forte non só é unha residencia señorial foi concibida como a cabeceira do segundo xiro da cidade, unha circunscrición señorial cun ámbito de 180 Km² de superficie. Tras dous séculos de intensa actividade e de crispación social en 1467 a Rocha Forte resulta gravemente danada pola revolta irmandiña, sabemos que o castelo non foi reconstruído, como posou con outras fortalezas afectadas pola revolta, senón que foi desmantelado tras a súa toma polas tropas de Lope de Moscoso en 1471.

As intervencións realizadas no xacemento permiten facernos unha idea do aspecto da fortaleza, esta tiña planta cuadrangular con dúas murallas defensivas concéntricas e unha torre da homenaxe situada nunha posición central. Esta torre unicamente conserva as pegadas das súas cimentacións escavadas sobre o afloramento granítico e os desdebuxados restos do seu lenzo noroeste, do que se mantiñan en pé apenas 4 sillares e restos de tizóns e argamasa, evidencias moi alteradas do recheo interior que formaba a alma deste muro.

Ao redor desta torre érguese un conxunto de estancias cinguidas por unha primeira liña de muralla, moi posiblemente construída, como a torre da homenaxe, baixo o arcebispado de Xoán Arias (1238-1266). Esta muralla ten planta cuadrangular cunha entrada principal orientada ao noroeste e presenta catro pequenas torres de planta circular nas súas esquinas e, cando menos, dous torreóns de planta cuadrangular na metade dos lenzos suroeste e sueste, e resulta previsible que tivera un terceiro torreón que completase a simetría do conxunto no lenzo nordeste.

Cinguindo e ampliando a primeira muralla aparece unha segunda liña defensiva. Trátase dunha falsabrega que a rodea a escasos 4 metros, adaptándose completamente á súa planta en todo o perímetro visible da fortaleza ata converterse, na fachada nordeste do castelo, nunha monumental barbacá que protexería o espazo da entrada principal. Esta barbacá contaría con seteiras defendendo os seus laterais, como pode deducirse da estrutura localizada no seu reforzo oeste, formada por unhas escaleiras que baixan ata unha pequena sala abovedada que remata nun estreito van abucinado en escaleira que parece corresponderse cunha seteira.

A falsabraga semella estar construída nun momento avanzado da vida útil do castelo, quizais durante o século XV se temos en conta o seu acusado alambor, propio xa das fortalezas da Idade Moderna. A aparición de bolaños formando parte da súa cimentación e de restos arquitectónicos amortizados dentro do seu recheo pétreo, nalgúns casos pezas de gran calidade como molduras ou capiteis, permiten supoñer que se levantou tras unha fase de destrución da fortaleza, quizais tras o asedio do conde de Trastámara, estando Rodrigo de Luna, ou mesmo Fonseca I, na cadeira arcebispal.

Sabemos que a construción da falsabraga cegou a poterna existente no lenzo suroeste. Esta saída cara a zona do río, á que se baixaba dende o interior do castelo a través dunha monumental escaleira, foi convertida nunha fonte que presentaba un complexo sistema de canalización para a entrada e saída de auga, visible parcialmente na actualidade no espazo exterior do castelo. Esta porta de saída tamén funcionaría no momento de maior esplendor da fortaleza como zona de unión co posible casarío anexo ao castelo. Unha zona na que se situarían edificacións de servizo, e as vivendas do persoal que non habitaba no interior da muralla principal.

Nalgúns textos, como no preito Tabera-Fonseca ou na vida de Berenguel de Landoira, intúese a existencia desa zona de habitación exterior, un pequeno burgo que existía xunto á fortaleza. Este espazo podería estar defendido por unha terceira liña de muralla, de menor entidade, cuxos restos visibles poderían corresponderse co muro de gran porte que aínda se conserva no sector suroeste do castelo, e que se perde baixo o terreo sen escavar.

Os materiais localizados nas intervencións recórdanos o uso militar da fortaleza, e a súa azarosa existencia, tanto pola abundancia de bolaños e doutros proxectís como puntas de bésta, como pola existencia dun pequeno espazo próximo ao torreón sueste, quizais un corpo de garda, no que o material bélico se mestura con dados e fichas de xogo, quizais para combater o fastío das longas vixías.

Pero non podemos esquecer que estamos nun pazo arcebispal, e como pazo, entre os restos materiais apareceron pezas que nos recordan o luxo e a riqueza que debía imperar nas estanzas máis nobres do castelo. Ademais do ornato dos materiais arquitectónicos recuperados, entre os que destacan capiteis, doelas ou arquivoltas maxistralmente esculpidas, atopamos pequenos adornos, como fibelas ou alfileres, nalgún caso bañados en ouro, así como abondosos restos de ricas cerámicas de importación.

Outros elementos recuperados nas diferentes intervención realizadas no castelo permiten imaxinar o medo e angustia da vida nunha fortaleza asediada, ademais dos proxectís que xalonaban a superficie do castelo, obsérvanse algúns muros de factura chapuceira, levantados directamente sobre derrubes, que transmiten o apuro e a presión que pesaba sobre os seus construtores.

Todos os enterramentos localizados, aínda que mostran os corpos orientados cara ao leste, están practicados directamente en niveis de recheo nos que se mesturan restos de lixo, como tellas ou cunchas. Os corpos aparecen practicamente en superficie, nalgún caso depositados sobre estruturas semidesmateladas, podemos deducir que estamos ante enterramentos de urxencia. A zona na que se localizaban os corpos resultou moi castigada polo impacto de bolaños que afectaron directamente sobre as tombas, este sector

estaba tamén gravemente alterado por dúas escavación antigas realizadas durante o espolio da pedra do castelo.

Tamén é importante a aparición dunha foxa, posiblemente un silo para cereais. Este silo de medianas dimensións está situado no espazo existente entre a parede noroeste da torre da homenaxe e a entrada do castelo. Este elemento de almacenaxe permite que recordemos outra importante función da Rocha Forte, aquí estaba situado o celeiro da Rocha no que se centralizada a recollida das rendas, moitas delas en cereal, procedentes do segundo Xiro, a circunscrición xurídica e fiscal que articulaba o dominio arcebispal sobre os territorios dependentes do arcebispado da Rocha.

Outro capítulo importante dentro desta fortaleza é o que ocorre con ela tralo ataque irmandiño que en 1467 desmocha a torre e afecta gravemente sobre a construción. Os resultados da intervención arqueolóxica de 2013 permitiron observar o organizado proceso de desmontaxe que fixo desaparecer a fortaleza; estes traballos de cantería, dirixidos polo mestre de obras da catedral a partir do ano 1471, deixan unicamente in situ os alicerces do castelo e grandes moreas de pedra, sen interese construtivo aparentemente para o equipo de canteiros encargados da tarefa de esquilmar e reaproveitar toda a pedra de boa factura. Quedan no castelo unicamente os bolaños, as zonas conservadas baixo os entullos xerados durante a batalla, as marcas das cimentacións traballadas no substrato e todas aquelas pedras que ben por estar deterioradas, por tratarse de cascotes ou de mampostes, non merece a pena o traballo de extraelas e proceder ao seu traslado.

No exterior da fortaleza sabemos que existían numerosos restos de cantería, ou así se asegura nun preito de finais do século XVI sobre o aforamento dos terreos próximos á fortaleza, no que se dan conta das grandes cantidades de pedra que foron extraídas deste predio durante moitos anos.

5.- RESULTADOS DA INTERVENCIÓN

A revisión do perfís resultantes dos traballos xeofísicos permite observar unha gran complexidade no entorno do xacemento. Os traballos de lectura requiren dunha gran capacidade técnica polo que tiveron que ser analizados polo experto na materia. A visión arqueolóxica serve unicamente para tentar adaptar a interpretación dos resultados aos datos arqueolóxicos e documentais que temos sobre o castelo e ao coñecemento amplos sobre arquitectura militar medieval.

Antes de enfrontarnos aos datos debemos revisar as preguntas e reflexións previas que nos fixemos no propio proxecto de intervención e cada unha das cuestións debe de ser contemplada á luz dos novos datos acadados grazas aos traballos xeofísicos

- Consérvase algo similar a un foxo, ou a algún outro tipo de defensa, soterrada baixo a potente capa de sedimento que existe no sector noroeste do xacemento?
- Consérvanse restos do pequeno burgo anexo ao castelo?; e, en que punto se atoparía exactamente esta zona de habitación? Será aínda posible localizar restos das estruturas?
- Poderemos localizar o trazado exterior das canalizacións aínda visibles nas proximidades do castelo?.
- Identificaremos restos dalgúns dos campamentos que sitiaron, en diferentes momentos da súa historia, esta fortaleza? Poden quedar trazas do campo de batalla que rodeou o castelo durante a Gran Guerra Irmandiña?

Cada un destes cinco grandes bloques de cuestións, que nos fixemos ao inicio dos traballos, correspóndese aproximadamente cunha zona do contorno do castelo. Así que imos achegarnos aos resultados seguido esa mesma orde.

5.1. A ZONA DA ENTRADA

A revisión dos resultados non ofrece datos sobre o posible foxo que imaxinábamos na parte dianteira do castelo, esa monumental estrutura que explicaría en profundidade a existencia dunha seteira a practicamente dous metros e medio baixo o nivel actual do terreo non aparece claramente reflectida. Pero si é posible supoñer, pola profundidade que acadan algunhas das estruturas localizadas, que o sector dianteiro da fortaleza continúa a presentar estruturas arqueolóxicas en profundidade, practicamente a 4 metros baixo o nivel actual do chan seguen aparecendo evidencias.

Un **posible muro** defende o castelo todo polo noroeste, resulta imposible determinar a súa entidade, aínda que todo leva a pensar que sería de gran porte, cunha anchura duns 4 metros e que chegaría ata unha cota de -4 metros baixo o solo existente hoxe en día. En este muro aparece un oco, un baleiro, que ten difícil explicación cando se buscan paralelismos, aínda que pode tratarse dalgún tipo de entrada en túnel ou unha canle. As cores que marcan os graos de resistividade poden indicar a presenza de auga. Tentar atopar algo similar remite a exemplos exóticos e pouco probables como os foxos inundados dos castelos galeses, como o da fortaleza de Beaumaris. Supoñemos que algo tan chamativo tería aparecido recollido nalgún documento e non temos mención de algo similar.





Algo diferente e máis próximo ás nosas expectativas iniciais sería a máis que posible **repetición**, mantendo a simetría habitual no castelo, **da barbacá no lado nordeste** da entrada. Esta estrutura semella replicar incluso a presenza da **cámara con escaleira de**

baixada para unha seteira que existe no sector oeste.

Tamén se repetiría a simetría no caso do **pequeno foxo** que se crea entre a muralla medieval e esta barbacá, aínda que moi posiblemente estivera recheo de terra como sucede co que existe entre a falsa braga e o muro medieval no resto do castelo.

Entre esta barbacá e o gran muro, que se intúe nos resultados, pechando a entrada polo noroeste, o sistema defensivo completase cunha prolongación da estrutura da porta, moi posiblemente continuando o trazado da barbacá e replicando un modelo relativamente habitual en fortalezas medievais da europeas.



Outros elementos de interese definidos sería a posible aparición de parte do muro nordeste do recinto do castelo

Máis problemática resulta a aparición dunha serie de posibles cámaras escavadas no subsolo do interior do

castelo. Unha delas estaría na zona de reserva arqueolóxica pero a outra está nunha área intervida pola Universidade de Santiago de Compostela e que foi reescavada parcialmente, restaurada e posteriormente tapada na intervención do 2013. A presenza de auga e a existencia dunha unión subterránea entre elas dificulta unha interpretación completamente antrópica e as pon en relación co pozo, co que por outra parte estarían alineadas.

Resulta necesario recordar que o pozo do castelo é unha estrutura monumental e bastante profunda, que nunca foi escavado na súa totalidade por motivos de seguridade no traballo. Está escavado na rocha. Durante as diferentes intervención realizadas no castelo orixinaba constantes filtracións que inundaban outras dependencias, como pode comprobarse incluso hoxe en día cunha vista á seteira que está inundada aínda que non presenta unha conexión directa co pozo.

5.2. O CASERÍO DA ROCHA

O pequeno burgo anexo ao Castelo ao que fan referencia varios documentos non aparece rexistrado neste estudo; pese a que existe algunha irregularidade e posibles restos de muros, non hai unha presenza clara de edificacións. É posible que os traballos que se referencian nun preito de finais do século XVI, no que se incide na gran cantidade de pedra retirada dun predio situado xunto ás ruínas da fortaleza resultasen realmente eficaces e eliminasen por completo os restos destas vivendas. Aínda que tamén pode ser que nunca existisen ou simplemente que estiveran realizadas en materiais que se degradaron completamente e que non resulta posible distinguir coa metodoloxía utilizada. En calquera caso, os resultados do estudo no exterior da fortaleza no seu lateral suroeste resultaron moi pouco frutíferos.

5.3. AS CANLES E O ABASTECIMENTO DE AUGA

Do mesmo xeito que o comentado no anterior apartado, non foi posible localizar evidencias claras da continuidade do sistema de canalizacións actualmente visibles dentro da zona escavada da fortificación. Non hai unha prolongación destas nin se distinguen novas estruturas lineais que encaixen cun sistema de evacuación ou recollida de auga.

Destaca a aparición dun posible pozo na zona oeste, no sector máis afastado do castelo. Nesta área, durante unha antiga intervención de urxencia, localizáronse restos murarios e un bolaño. Resulta doado tentar poñer o pozo en relación con estes restos

5.4. O ASEDIO DA ROCHA

Máis aló da evidencia de derrubes e acumulacións de pedras fora da área da fortaleza non hai elementos que nos poñan en relación cos acontecementos bélicos que se viviron no entorno do castelo en diferentes momentos da súa historia, especialmente durante o ataque irmandiño de 1467.

Non hai evidencias claras de áreas con especial intensidade de bolaños nin restos de cimentacións para a maquinaria de guerra. Quizais, como ocorre no caso do posible burgo que rodeaba ao castelo, porque foron completamente desmantelados polos traballos agrícolas intensivos realizados durante séculos nesta zona ou por estar construídos en materiais perecedoiros.

6. CONCLUSIÓNS E ESPECTATIVAS

Como resumo dos resultados podemos destacar a máis que evidente potencialidade arqueolóxica do sector noroeste da área que rodea o castelo de A Rocha. Unha complexa estrutura de entrada a través dunha porta protexida por unha barbacá que prolonga o sistema actualmente visible e un gran muro exterior que completarían o sistema defensivo do castelo, quizais o terceiro recinto amurallado da fortaleza que aparece mencionado en diferentes textos, como por exemplo no preito Tabera - Fonseca.

Aínda que se localizaron evidencias doutras estruturas no resto da zona prospectada, consideramos que no caso de proxectarse unha escavación no contorno do castelo a verificación destes indicios de estruturas defensivas de gran entidade arquitectónica sería un dos puntos de maior interese. Máis tendo en conta a escasa profundidade á que aparecerían estes restos e a grande monumentalidade que aparentemente poden amosar, o que as convertería nun interesantísimo complemento dos restos actualmente xa visibles do castelo.

A arqueóloga directora



Asdo. M^a José Bóveda Fernández



"Unha maneira de facer Europa"

7. APARTADO TÉCNICO

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA)

1 - MEMORIA

[Ref. 1902-XEOF]



NADAL DE 2019

**SOLICITA : OFICINA DA CIDADE HISTÓRICA E REHABILITACIÓN
DE SANTIAGO DE COMPOSTELA**

OSCAR PAZOS R.
XEÓLOGO
Tomás Alonso 193, 7ºB
36208 VIGO
619929089 oscar_pazos@hotmail.com



ÍNDICE

0	ANTECEDENTES E OBXECTO	3
1	TRABALLOS DE CAMPO	4
1.1	DESCRICIÓN DO SITIO	4
1.2	PLANEAMENTO DA CAMPAÑA	4
1.3	EQUIPO DE MEDICIÓN	7
1.4	DISPOSITIVO DE MEDICIÓN (DIPOLLO-DIPOLO)	7
1.5	POSICIONAMENTO DE PERFÍS	8
1.6	EXECUCIÓN DE PERFÍS	9
1.7	MARCHA DOS TRABALLOS E CONDICIÓNS DE CAMPO	10
1.8	ELECTRODOS NON CONECTADOS (DUMMIES)	11
1.9	RESUME DE TRABALLOS DE CAMPO	11
2	INVERSIÓN E ANÁLISE DE PERFÍS 2D	14
2.1	ANÁLISE DE DATOS. MEDICIÓNS DE RESISTIVIDADE	14
2.2	INVERSIÓN DE PERFÍS E AXUSTES	15
3	INVERSIÓN E ANÁLISES 3D	17
4	INTERPRETACIÓN DOS RESULTADOS	18
4.1	POSIBLES CÁMARAS E GALERÍA NO INTERIOR DO CASTELO	20
4.2	MURALLA DO CASTELO	21
4.3	FOXO	22
4.4	MURALLA DO MEDIO (BARBACÁ)	23
4.5	MURALLA DE FÓRA	23
4.6	PASO DA MURALLA DE FÓRA	25
4.7	ENTULLOS, CIMENTACIÓNS E RECHEOS INDIFERENCIADOS	25
4.8	MURO TRAVESEIRO	26
4.9	MURO DA TORRE SUR	27
4.10	CANLE DA FRONTE SUROESTE	28
4.11	ANOMALÍAS NO EIDO 'A ROCHA'	29
5	RESUME DE CONCLUSIÓNS	31
6	SINATURA ELECTRÓNICA	34

0. ANTECEDENTES E OBXECTO

En outubro de 2019, a Oficina da Cidade Histórica e Rehabilitación de Santiago de Compostela solicitou a Oscar Pazos Rodríguez, licenciado en Xeoloxía, orzamento para unha exploración xeofísica no Castelo da Rocha, en Santiago de Compostela.

O obxectivo da exploración xeofísica era localizar posibles estruturas coma murallas e foxos na contorna do castelo, a fonduras de 4 metros ou máis.

Nomeadamente, a primeira e principal estrutura a localizar era un terceiro foso e poida que muralla que rodeaba o castelo segundo a documentación histórica.

Amais, polo lado suroeste do castelo as excavacións arqueolóxicas descubriran dúas estruturas menores -unha canle de pedra e un muro-, que partindo do castelo dirixíanse baixo terra unha cara o oeste e a outra cara o suroeste o que convida a confirmar

E de xeito xeral, precisábase unha exploración do ámbito de actuación do proxecto de musealización, pola posibilidade de atoparen as cimentacións dalgún asentamento auxiliar de servizo ao castelo ou aldea asociada ó castelo mais nunha localización impensada.

Esta memoria recolle a relación de traballos feitos e os resultados e interpretación das medicións.

Acompaña esta 'Memoria' un 'Anexo de Planos, Perfís, Característica de Equipos e Listado de Arquivos'.

Este trabalo forma parte do Proxecto de Acondicionamento Exterior do Castelo de A Rocha Forte (A Rocha, Santiago de Compostela). Centro xestor: EDUSI – 48. Actuación cofinanciada polo FEDER

1 TRABALLOS DE CAMPO

1.1 DESCRIPCIÓN DO SITIO

O castelo de A Rocha Forte dispónse na baixa encosta do pequeno monte da Toxeira, e a menos de cen metros do río Sar e sobre o pequeno regato Rodullo, que fai unha pequena valgada polo sueste do castelo. O sitio, a cotas de 200 - 175 metros, presenta pendentes naturais máximas do 7%.

Segundo a *Hoja 94 (Santiago de Compostela)* do *MAGNA 1:50.000*, o castelo asenta sobre granito de dúas micas de gran meio a groso con megacristais, que continua cara ao norte, mentres que ao sur, este e oeste do castelo, o substrato está formado por granitoide migmatítico, o que quere dicir que estamos nunha zona de contacto entre dous tipos de granito, o de dúas micas, que forma o penedo sobre o que asenta a torre da homenaxe e boa parte do castelo, e que continua cara ó norte doutro lado da vía do ferrocarril (que marca a extrema do eido polo norte); e polo granito migmatítico que forma o sustrato do resto do eido cara ao este, sur e oeste.

No eido de desenvolvemento do proxecto, quitanto unha pequena carballeira ao este do castelo, as leiras están á relva. A carballeira está limitada ao norte por un pequeno socalco e muro de pedra, e ten polo sur un gurgullón que abrolla auga á superficie. A única construción no sitio é o propio castelo e un enreixado que o rodea por tres dos seus catro lados, quedando o cuarto limitando polo ferrocarril.

1.2 PLANEAMENTO DA CAMPAÑA

Conforme aos obxectivos do traballo, o planeamento da campaña fíxose atendendo aos seguintes compromisos:

- a. asegurar un alcance de detección en profundidade de 4-5 metros
- b. centrar a exploración na contorna do castelo e estendela dabondo como para asegurar a detección do terceiro foxo ou, en caso de non atopalo, poder desbotar a súa existencia con seguridade.
- c. manter un detalle de investigación xeofísica suficiente como para poder definir a xeometría de estruturas grosas (tipo murallas e foxos) ou alicerces de edificacións ou asentamentos de certa importancia e continuidade.
- d. espallar a investigación a todo o eido do proxecto, incluíndo camiños de acceso dende o aparcadoiro proxectado ao castelo.

Para compaxinar todos os requerimentos preparáronse dúas mallas de medición, unha para a zona do castelo e outra para a zona da estrada á aldea de A Rocha. Todos os perfís salvo un (P43) axustáronse ás direccións predefinidas nesas mallas de medicións.

Os perfís de resistividade fixéronse sobre as direccións predefinidas nas mallas de medición mais con lonxitude variable (31-103 metros) para axustarse ás condicións de campo e obxectivos da campaña.

Tódolos perfís agás o P40 (feito con paso de 2 metros) fixéronse cun paso entre electrodos de 1 metro.

Na malla 'Rochaforte' a distancia entre perfís foi de 3 metros (salvo o P10, desprazado 1 metro cara P11 para evitar as pedras da muralla).

Na malla 'A Rocha' a distancia entre P50-P51-P52 foi de 4 metros. P53 fíxose paralelo ós outros, porén separado 12 metros de P52.

En total fixéronse 39 tomografías de resistividade 2D.

En '**Rochaforte**':

Os PERFÍS P1 a P30 planeáronse na contorna inmediata do castelo polo oeste, paralelos en dirección sueste e afastados 3 metros entre eles. O obxectivo era coller un espazo o máis amplo posible e o tempo ter un mallado regular tamén o máis pechado posible para definir o suposto terceiro foxo e posibles dependencias anexas ou de servizo ao castelo.

O PERFIL 40, de 94 metros (48 electrodos) fíxose ao noroeste do castelo, segundo a malla do caselo mais en dirección suroeste, cruzando en perpendicular os perfís P1-P30 (no metro 23). Este perfil tiña a intención de afondar a investigación até os 8 metros de profundidade para mellor definir a xeometría do contacto entre recheos e substrato natural.

O PERFIL 41, de 47 metros, fíxose segunda malla do castelo mais en dirección oeste unha vez localizada a terceira muralla, co obxectivo de desbotar ou confirmar a súa continuidade por fóra do perfil P30 á altura do metro 55, e en xeral dos recheos que se miraba por ese lado.

O PERFIL 42, de 31 metros, é o único disposto independente do mallado. Fíxose en continuidade do muro que sae da torre este do castelo cara o sueste, para confirmar que non continuaba nesta dirección.

En '**A Rocha**':

Os PERFÍS 50-53 planeáronse conforme ao mallado de 'A Rocha', paralelos en dirección oeste-este e con lonxitudes de 103 metros para cubrir do mellor xeito posible a zona do futuro aparcadoiro.

O PERFIL 54, de 87 metros de lonxitude, dispúxose conforme ao mallado e seguindo o primeiro tramo do camiño que vai de sur a norte do aparcadoiro ao castelo.

O PERFIL 55, de 71 metros de lonxitude, dispúxose conforme ao mallado paralelo ao segundo tramo do camiño que vai do aparcadoiro ao castelo, en dirección oeste a este (WNW- ESE).

FIG. 12.1



1.3 EQUIPO DE MEDICIÓN

O equipo de medición de resistividade empregado foi un *ARES G4* de *Gf Instruments*, con 6 cables multielectrodo de 8 electrodos.

As características técnicas polo miúdo do equipo están descritas en Anexo.

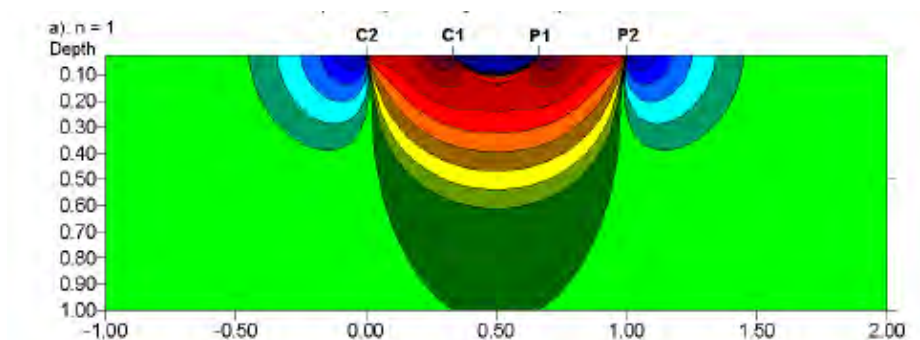
FIG. 13.1



1.4 DIPOSITIVO DE MEDICIÓN (DIPOLO-DIPOLO)

O dispositivo de medición empregado foi dipolo-dipolo, cos pares de electrodos de corrente (C1,C2) e potencial (P1,P2) separados a distancias [1-2] determinadas.

FIG. 14.1



As vantaxes deste dispositivo son:

- É especialmente sensible a cambios horizontais do terreo, polo que resulta moi axeitado para detectar estruturas verticais coma muros ou foxos ou mesmo ocos.
- É un método cunha gran sensibilidade lateral na medición, o que pode ter algún proveito nos perfís 2D aillados, mais de seguro o converte no método máis sensitivo aos efectos 3D.
- É o método coa meirande densidade de medidas por electrodo, e por tanto, é o que reporta máis

cantidade de información.

As limitacións deste dispositivo son:

- d. A calidade de leituras diminúe axiña coa profundidade, polo que o seu alcance en profundidade (en relación á lonxitude do perfil) é menor ca doutros dispositivos.
- e. Require un bo acople entre electrodo e o terreo e é moi susceptible ao ruído telúrico.

1.5 POSICIONAMENTO DE PERFÍS

Antes de facer os perfís xeoreferenciouse o eido con estación total e GPS en dúas mallas sinaladas no campo mediante estacas chantadas nos nós das mallas, nun total de 44. Os perfís dispuxéronse sobre esta malla con axuda de cintas métricas e estacas, admitindo un desplazamento máximo na posición dos electrodos de 10 cm. Ao rematar os perfís, xeoreferenciáronse puntos elixidos dos perfís e tamén sinalados con estacas, engadindo a medición da cota sobre o nivel do mar á posición xeográfica. As topografías dos perfís foron reconstruídas a partir destas medicións e as topografías do eido aportados polo solicitante.

No Anexo quedan detalladas as posicións dos nós da malla e dos perfís feitos.

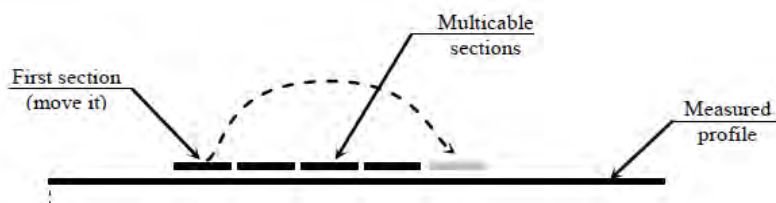
FIG. 15.1



1.6 EXECUCIÓN DE PERFÍS

Agás o P40, que se fixo cunha distancia entre electrodos de 2 m, tódolos outros perfís medíronse cun paso de 1 metro entre eles, e todos eles, (agás do P40), en treitos de 24 electrodos feitos pola unión de 3 cables de 8 electrodos, o que resulta en treitos de 23 metros de lonxitude de medición. Os perfís foron completados engadindo sucesivos cables de 8 electrodos e medindo cada vez en treitos de 24 electrodos até completar a lonxitude total de cada perfil.

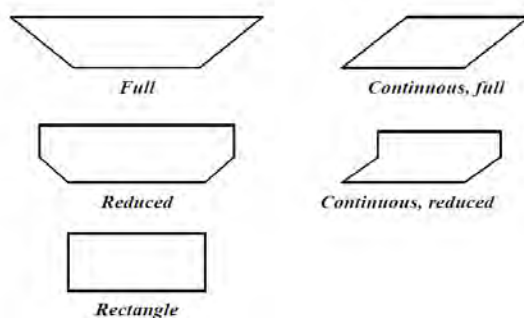
FIG. 16.1



Os tramos así dispostos xeneraban tomografías en 21 capas cunha fondura mínima estimada en profundidade duns 5 metros (relación profundidade/lonxitude = 0,2), conforme aos presupostos do traballo.

Tódalas tomografías fixéronse cunha xeometría de medición *full*.

FIG. 16.2



O resto dos parámetros de medición dos perfís foron:

Potencial da corrente no terreo: os primeiros perfís (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8, P9, P11) foron feitos cun pontencial de 20 mV, porén, temendo que a elevada resisitividade do terreo puidera dificultar as medicións en profundidade, o resto de perfís (P7, P10, P12->P55) foron medidos cun potencial de 40 mV.

Duración da corrente no terreo (Pulse): 0,5 segundos.

Medición: Valor de resistividade medio dos catro pulsos de corrente con menor desviación estándar dun total de oito medicións: Stacking 4/8.

Desviación estándar máxima aceptable (para a media de 4 medicións/pulsos): 10%.

1.7 MARCHA DOS TRABALLOS E CONDICIÓNS DE CAMPO

Os traballos de campo e medicións de resistividade no eido do proxecto de musealización de A Rocha Forte foron feitos entre os días 12 de novembro ao 5 de Nadal de 2019, baixo a dirección e control arqueolóxica de María José Bóveda Fernández.

Cando se fixo a exploración, o eido 'Rochaforte' estaba despexado de mato e todo o campo con prados e algunha árbore illada, agás unha pequena carballeira ao oeste do castelo delimitada costa arriba por un muro de socalco dun metro máximo de altura con algún mato que houbo que limpar

Na zona de A Rocha as leiras foron limpadas nos días precedentes á exploración, estando despexadas agás nunha zona entre os perfís, P52 e P53, chea de grandes pedras dunha vella edificación, que de feito foron a causa dos dous 'dummies' en P53. O outro dummy nesta zona en P55 foi por mor dun muriño que lindaba unha finca co camiño.

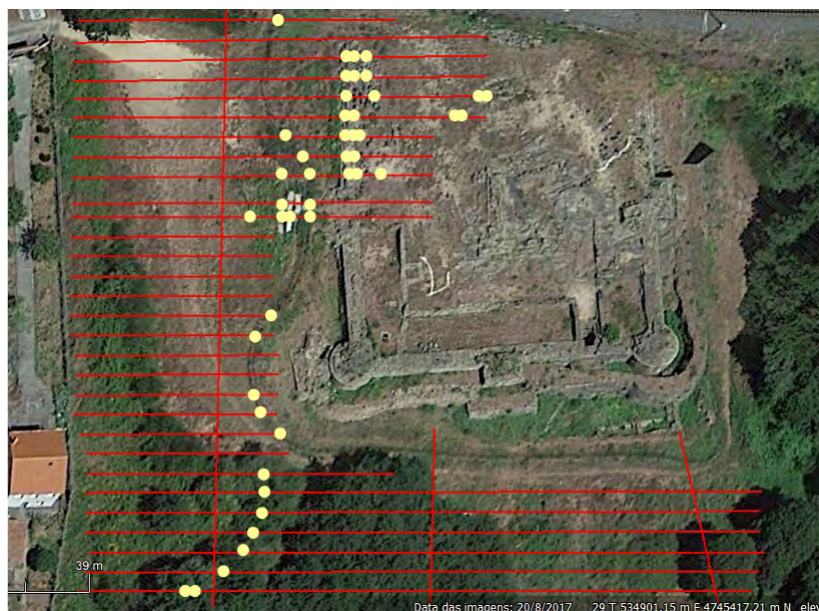
En todo o eido, malia zonas moi localizadas de recheos de xabre e pedrullo nas entradas, o contacto dos electrodos co terreo viña favorecido polo solo vexetal e a alta humidade tanto nos xábredos coma nos solos vexetais. O principal atranco para o facer contacto co terreo foron as propias ruínas do castelo, que impedían chantar os electrodos, e sobre todo o cerrume metálico arredor do castelo, que amais de impedir o paso (deixa entrada ao castelo só polo noroeste retardando o traballo) e de impedir o chanto dalgúns electrodos pola gran cimentación que tiña, era de seu unha estrutura extremadamente conductiva enterrada no chan, xerando unha forte sinal nos perfís e dificultando a interpretación das estruturas.

O tempo durante as medicións foi chuvento e o solo estaba completamente saturado, traballándose con frecuencia con grandes charcos. Malia esta saturación do solo, as resistividades superficiais foron elevadas en xeral, con medias superiores a 1.000 omh.m en moitos perfís..

1.8 ELECTRODOS NON CONECTADOS (DUMMIES)

Un total de 47 electrodos quedaron sen conectar dos 1800 despregados nos perfís da malla 'Rochaforte' (un 2,6%), os máis deles por coincidir no muro do castelo, no enreixado que rodea o castelo ou no muro que sostén o socalco ó oeste do castelo (abaixo a esquerda na FIG 18.1).

FIG. 18.1



Na malla de 'A Rocha' quedaron se conectar 3 electrodos dos 576 prantexados (un 0,5%) ao haber pedras no seus sitios.

1.9 RESUME DE TRABALLOS DE CAMPO

Traballos de topografía e posicionamento.

Para facer o traballo foron colocadas e xeoreferenciadas 44 estacas segundo as dúas mallas predefinidas de 'Rochaforte', no castelo, e 'A Rocha', na zona prevista do aparcadoiro e camiños de acceso.

Rematadas as medicións, posicionáronse e medíronse as cotas de 54 puntos escollidos dos perfís para axudar a reconstruír a topografía dos perfís a partires da cartografía aportada dende o Concello.

Estes traballos foron ecargados á empresa Cartogalicia SL, de Santiago de Compostela.

Medicións de resistividade.

Perfís P1-P30.

Estes PERFÍS P1-P30 paralelos, cunha lonxitude total de 1.672 metros, rodean o castelo polo oeste e mesmo entran na súa parte norte, pasando por entre o enreixado e por riba da muralla. En conxunto exploran un área duns 5.000 m², formando unha "L" de 90 por 107 metros.

Estes trinta perfís forman o groso do traballo e planeaban localizar ou descartar as tres estruturas- obxectivo do proxecto en continuidade co castelo:

- 1.- o terceiro foxo
- 2.- a levada de pedra que entra ao castelo polo seu lado suroeste.
- 3.- o muro que sae do castelo pola torre sur cara o suroeste.

Perfil P40.

Este PERFIL P40, de 94 metros de lonxitude e dirección NE-SW cruza os perfís P1-P30 polo metro 23, co obxecto de recoñecer o contacto entre recheos e substrato.

Perfil P41.

O PERFIL P41, de 47 metros, cruza os perfís P25-P30 polo metro 55 partindo da muralla do castelo e extendéndose máis aló do perfil P30, foi feito para explorar a posible continuidade da muralla de fóra e outras estruturas.

Perfil P42.

O PERFIL P42, de 31 metros, fíxose desleado da malla máis en liña co muro que sae en dirección suroeste na torre sur.

Perfís P50-P53.

Estes catro PERFÍS P50-P53, orientados segundo a malla de A Rocha e de 103 metros cada un, fixéronse para explorar a zona do aparcadoiro proxectado na procura de indicios de asentamentos ou calquera indicio de estrutura.

Perfís 54-55.

Estes PERFÍS P54 e P55, de 87 e 71 metros e orientados segundo a malla de A Rocha, fixéronse para

explorar o camiño na procura de indicios de asentamentos ou calquera indicio de estrutura.

TABLA. 19.1

PERFIL	lonxitude (m)	electrodos	electrodos non conectados (dummies)	PERFIL	lonxitude (m)	electrodos	electrodos non conectados (dummies)
P1	47	48	1	P50	103	104	1
P2	63	64		P51	103	104	
P3	63	64	3	P52	103	104	
P4	63	64	3	P53	103	104	2
P5	63	64	4	P54	87	88	1
P6	55	56	4	P55	71	72	
P7	55	56	4				
P8	55	56	3				
P9	55	56	5				
P10	55	56	4				
P11	55	56	2				
P12	31	32					
P13	31	32					
P14	31	32					
P15	31	32					
P16	31	32	1				
P17	31	32	1				
P18	31	32					
P19	31	32					
P20	31	32	1				
P21	31	32	1				
P22	31	32	2				
P23	31	32					
P24	47	48	1				
P25	79	80	1				
P26	103	104	1				
P27	103	104	1				
P28	103	104	1				
P29	103	104	1				
P30	103	104	2				
P40	94	48					
P41	47	48					
P42	31	32					
total	1814	1800	47 (2,6%)		570	576	4 (0,7%)

2 INVERSIÓN E ANÁLISE DE PERFÍS 2D

2.1 ANÁLISE DE DATOS. MEDICIÓN DE RESISTIVIDADE

En promedio, fixéronse 13 medicións por electrodo e os 39 perfís de resistividade sumaron 30.964 medicións de resistividade do terreo sobre un máximo teórico de 39.249, un 79 %. As porcentaxes de medicións sobre o máximo teórico do modelo variaron dun 92,7 % (PERFIL 13) a un 61,7 % (PERFIL 24). A cantidade de electrodos non conectados (dummies; Fig 21.1) pode explicar un 44% desta perda de información, outro 22 % estaba relacionada coa lonxitude do perfil e aparentemente o resto da perda veu dada polas características do substrato, como se desprende da Fig. 21.2. A menor potencia eléctrica (20 mV) nos primeiros perfís non semella ter influido de xeito significativo na calidade das medicións.

FIG. 21.1

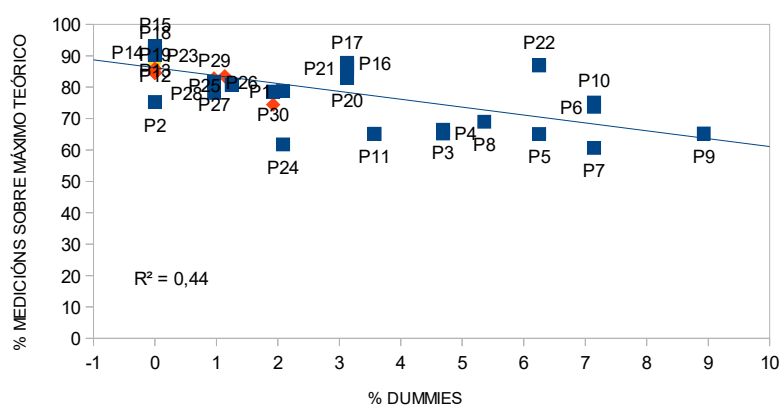
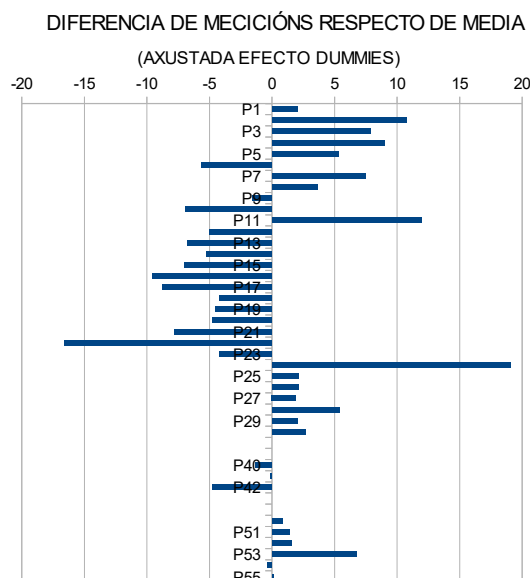


FIG. 21.2



2.2 INVERSIÓN DE PERFÍS E AXUSTES

A inversión de datos de resistividade fíxose do mesmo xeito para tódolos perfís. Os parámetros básicos do axuste foron:

Rede trapezoidal de 4 nós por electrodo

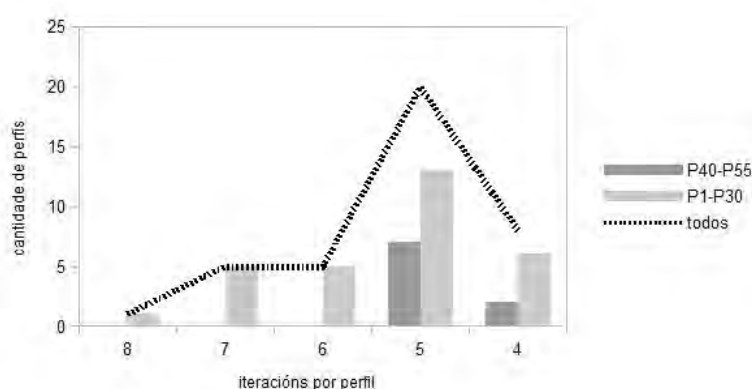
Método de inversión por elementos finitos

Malla fina (*finest mesh*)

Inversión por elementos finitos polo método Gauss-Newton.

Co fin de evitar calquera perda de información, os perfís foron feitos cos datos íntegros, sen depurar atípicos (outliers), e malia que a práctica totalidade dos perfís amosaba grandes diferenzas de resistividade tampouco foi usado suavizado algún nin se limitaron os valores de resistividades calculados nas inversións, malia o risco de desestabilizar o proceso. Os axustes continuaron até que a diferenza no erro cuadrático RMS entre dúas iteracións consecutivas fora menor de 5 %, o que sucedeu entre 4 e 8 iteracións, cun valor modal de 5 iteracións, amosando o conxunto das inversións unha distribución moi asimétrica (FIG. 22.1).

FIG. 22.1



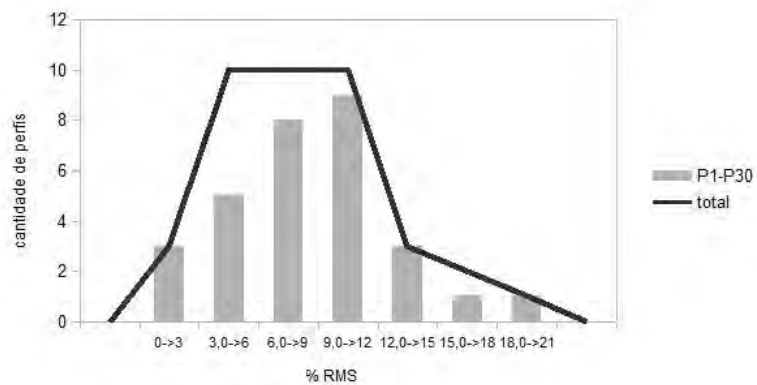
Os valores obtidos de RMS (Tab. 23.1) varían entre 1,9% (P1) e 19,5% (P5), cun valor medio de 8,3% ($\pm 4,2\%$), o que valida a bondade xeral dos axustes e as solucións acadadas. En calquera caso, a distribución de valores de RMS tamén é moi asimétrica (Fig 23.2), o que indica un comportamento diferenciado dos perfís. Como é natural, o RMS tende a diminuír co número de iteracións, pero en conxunto a relación é moi feble (R^2 0,14), similar a que amosa co número de dummies, e non hai relación entre o RMS e a porcentaxe de medidas válidas.

En conclusión, os valores de RMS son en xeral aceptables ou bos, se ben cunha elevada dispersión que semella causada polas propias xeometrías internas do substrato.

TAB. 22.1

	iteracións	%RMS		iteracións	%RMS		iteracións	%RMS
P1	7	1,9	P16	5	8,5			
P2	7	3	P17	6	4,6	P40	4	18
P3	6	4,1	P18	5	13,2	P41	5	9,3
P4	8	7,3	P19	5	15,8	P42	5	5,4
P5	5	19,5	P20	5	8,9			
P6	6	12	P21	5	6,9	P50	5	3,3
P7	5	10,6	P22	4	6,3	P51	5	7,4
P8	5	9,5	P23	5	13,3	P52	5	4,4
P9	7	7,5	P24	6	5,1	P53	5	5,1
P10	7	5,3	P25	5	10,1	P54	5	3,5
P11	6	11,9	P26	4	7,6	P55	4	6,3
P12	7	9,3	P27	4	10,5			
P13	4	10,7	P28	4	6,8			
P14	4	14,4	P29	5	2,9			
P15	5	9,9	P30	5	5,5			

FIG. 22.2



3 INVERSIÓN E ANÁLISES 3D

A partires das medicións dos perfís construíronse dous arquivos con información espacial cos que facer unha inversión 3D co programa RES3DINV. No eido 'Rochaforte' xuntáronse os datos dos perfís P1-P30, cubrindo un área de 5.000 m² até profundidades de 5-6 metros, creando un modelo 3D de anomalías de resistividade a partires de 20.712 medicións. Fíxose tamén unha inversión 3D dos datos dos perfís P50-P53 para o eido 'A Rocha', cubrindo un área de 2.000 m² e profundidades de 5-6 metros, creando un modelo 3D de anomalías de resistividade a partires de 6.246 medicións.

Os parámetros básicos do axuste foron en 'Rochaforte' foron:

Rede trapezoidal de 3 nós por electrodo

Método de inversión por diferenzas finitas

Malla fina (*finest mesh*)

Os parámetros básicos do axuste foron en 'A Rocha' foron:

Rede trapezoidal de 4 nós por electrodo

Método de inversión por elementos finitos

Malla fina (*finest mesh*)

O RMS da solución en 'Rovhaforte' foi do 10,1 % e do 11,2% en 'A Rocha', mais a solución acadada en 'A Rocha' non engadiu aporte algún á interpretación dos perfís, cousa que si fixo o 3D de 'Rochaforte'.

4 INTERPRETACIÓN DOS RESULTADOS

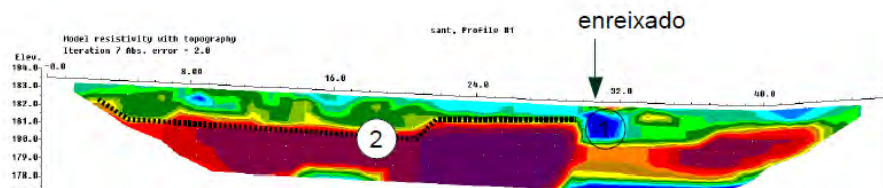
A resistividade eléctrica é unha propiedade indirecta dos solos e rochas que varía moito en resposta ás condicións ambientais e do terreo, principalmente da maior ou menor humidade, pero tamén de propiedades como a textura ou porosidade, sendo a composición, o que de común entendemos por natureza ou substancia do material ('granito', 'sedimento', ou mesmo 'rocha', 'solo', 'arxila', etc.) só unha variable secundaria, a miúdo caracterizable por se identificar con aquelas outras. Por tanto, a localización e identificación de estruturas arqueolóxicas será posible en tanto que estas modifican as condicións do terreo creando anomalías propias diferenciáveis. Así, unha cámara ou unha galería no terreo pode aparecer como unha anomalía extrema positiva ou negativa, dependendo de se está oca ou chea de auga, de xeito que non son os valores de seu os que guían a interpretación das tomografías, senón a identificación das liñas e superficies onde se concretan gradientes de resistividade que sinalan contrastes, contactos entre distintos materiais e cambios da súas propiedades xeoelectricas. En conclusión, inda que a interpretación mapea e caracteriza os materiais do terreo como resistivos ou como conductivos, pois esta é a propiedade medida, estes termos non se usan tanto en sentido absoluto coma relativo, en relación a súa contorna. A partir destes gradientes e da súa continuidade e persistencia no espazo, da súa xeometría, repartense os espazos e volumes facéndose a interpretación.

A segunda cuestión que hai que ter en conta na interpretación son os artefactos da propia técnica e as condicións elegidas de medida. Fundamentais son a orientación dos perfís en relación ás estruturas detectadas, o paso entre electrodos ou a separación entre perfís, que condicionan a definición e resolución do mapeado, a cantidade de información, etc. Outra cuestión a ter en conta é que a definición, cantidade de información e a sensibilidade da técnica non son homoxéneas en todo o perfil, sendo polo xeral maiores na superficie de cada perfil e menores ao afondar no perfil e tamén menor nos bordes do perfil. Tamén ten moita importancia o tipo de dispositivo empregado, que neste traballo foi dipolo-dipolo e conforme as especificacións do cal foron as anomalías verticais as que serveron de guía principal da interpretación. Por último están a selección dos parámetros de cálculo e inversión, que xeran os seus propios artefactos mais tamén axudan á interpretación, sendo o máis elemental e obvio destes a selección dos rangos de resistividade que van na escada de cores empregadas nas saídas gráficas.

Tendo en conta o dito e para simplificar esta Memoria, de seguido dase relación só das principais anomalías e estruturas identificadas nas tomografías de relevancia polo seu potencial interese arqueolóxico. Fóra destas, e malia carecer de interese arqueolóxico, nos perfís sinálase a anomalía creada polo enreixado metálico, que aparece de forma destacada en moitos perfís e no medio de moitas estruturas arqueolóxicas, ás veces tapando de xeito importante a xeometría destas estruturas e condicionando as interpretacións. Na

figura FIG 40.1 reproducése o perfil P1 coa sinal do enreixado sinalado. Ao lado do número da figura ven a referencia ao lugar do Anexo da que foi copiada.

FIG. 40.1 (2,2)

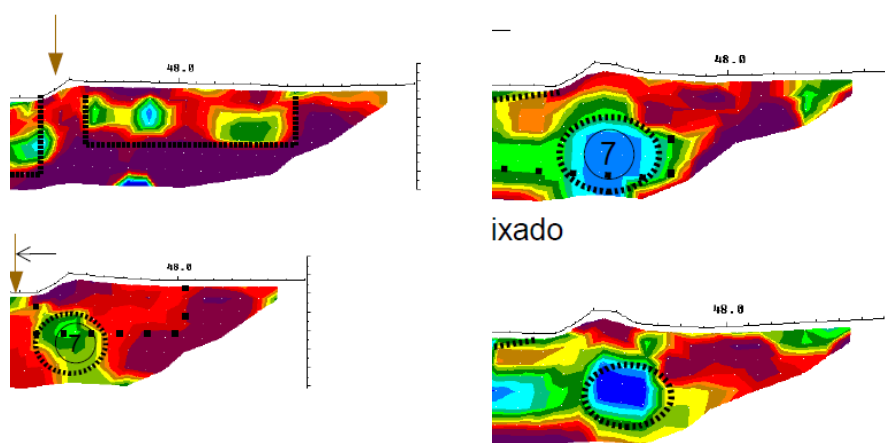


A orde seguida na descripción das estruturas será de dentro afóra do castelo de Rocha Forte, e en xeral de norte a sur, acabando coas estruturas do eido de 'A Rocha. Nas descrición faise lectura conxunta das tomografías 2D e 3D, inda que estas foron interpretadas de xeito independente, o que si se reflicte no Anexo.

4.1 POSIBLES CÁMARAS E GALERÍA NO INTERIOR DO CASTELO

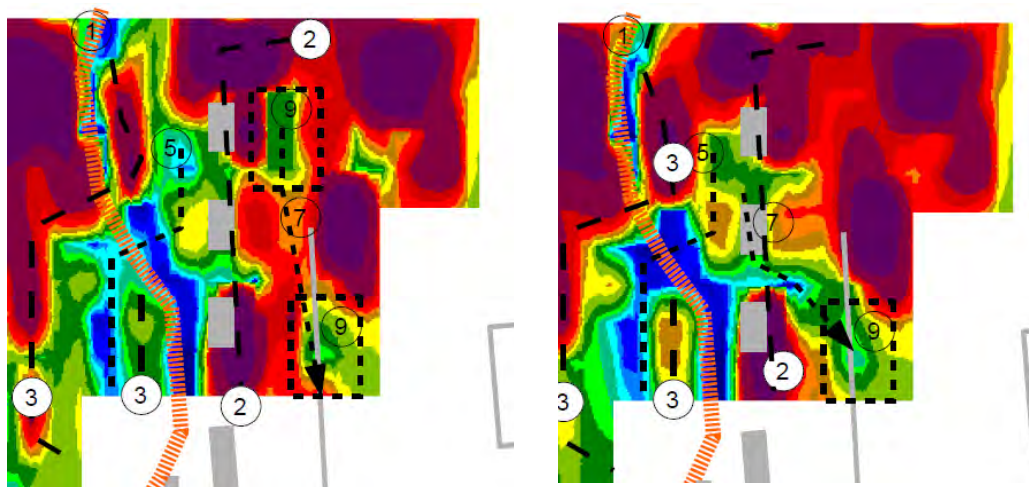
A zona norte do castelo de Rocha Forte foi explorada de xeito parcial polos perfís P1-P11, que no seu metro 40 se achegan a súa muralla pola cara de fóra. Cara adentro da muralla os perfís P2-P5 identifican un posible nivel de chan a uns 2 metros de profundidade (FIG 41.1 esquerda; detalle de 2.2 do Anexo). Esta cámara semella comunicar con outra posible cámara inferior con teito a 2 metros de profundidade, definida por valores de resistividade singularmente máis baixos nos perfís P7-P11 que apuntan a presenza de auga (FIG 31.1; detalle de 2.4 do Anexo). A xeometría desta segunda posible cámara semella moi irregular, e mesmo errática, o que puidera explicarse pola irregularidade dos recheos. Esta segunda cámara semella estenderse no interior do castelo, baixo da porta do mesmo.

FIG. 41.1 (2,2 ; 2,4)



Nos cortes XY do 3D a comunicación semella facerse a través dunha estreita e errática galería quedando as cámaras bastante alonxadas unha da outra (FIG 41.2-esquerda; detalle de 3.5 do Anexo). Por baixo dos dous metros de profundidade (FIG 41.2-dereita; 3.5 do Anexo) a cámara inferior mesmo parece conectada co exterior do castelo por baixo da muralla.

FIG. 41.2 (3,5 ; 3,6)

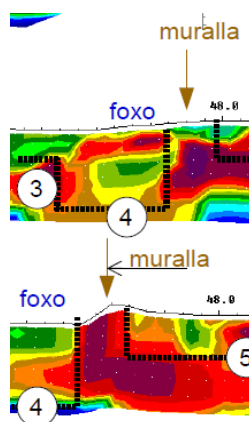


A profundidades de 4,43-5,49 metros (3.5 do Anexo) a cámara inferior queda sinalada por unha anomalía de baixas resistividades que podería indicar que se atopa chea de auga a ese nivel.

4.2 MURALLA DO CASTELO

Esta estrutura foi cortada polos perfís P2 a P9, e nos perfís P2 e P3 mírase ben como se move a esquerda, sendo que entre estes dous perfís collen as fronte noreste e noroeste, facendo esquina xusto entrambos. Fixando neste punto o canto das murallas, pódese estimar que as fronte suroeste e noreste tres ou catro metros máis longas que as outras dúas, sendo a planta do castelo lixeiramente rectangular.

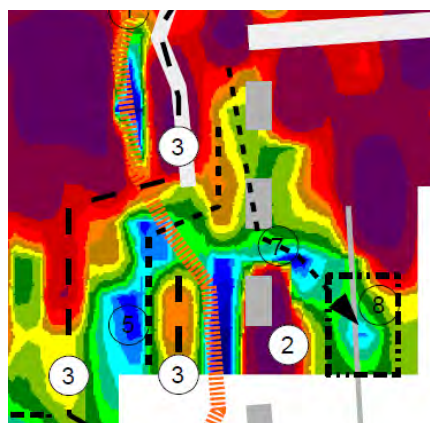
FIG. 42.1 (2,2)



4.3 FOXO

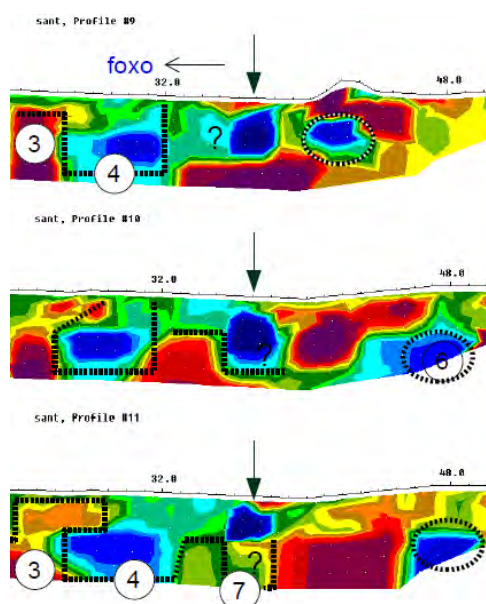
Xusto á esquerda da muralla nos perfís P3-P5 ven unha anomalía de menor resistividade e arranxo horizontal que se interpreta coma un foxo duns 4-5 metros de fondo e 4-5 de largo recheo por sedimentos e entullos, mais a partires do perfil P6 o foxo alonxa da muralla movéndose progresivamente á esquerda, e deixando atrás unha estrutura de interpretación moi complicada pola interferencia que fai a anomalía negativa do enreixado. No corte do 3D a profundidades de 2,70-3.50 metros mírase bastante ben o cruce do enreixado movéndose a dereita co foxo facéndoo a esquerda (FIG 42,2) :

FIG. 43.1 (3,7)



Amais, nos perfís P8 a P11 nos que o foxo parece oito metros adiantado (metro 32) á base da muralla do castelo (metro 40), seica aparece un novo foxiño (duns 2 metros de largura; metros 36-38) entre o foxo e a muralla, que nesta altura xusto enfronta a porta do castelo. (FIG 43.2, en 2,4 de Anexo). A sinal deste segundo foxo é imprecisa por canto coincide xusto debaixo da anomalía do enreixado, mais repítese tanto nos perfís coma no 3D, e a súa presenza fai sentido diante da porta do castelo.

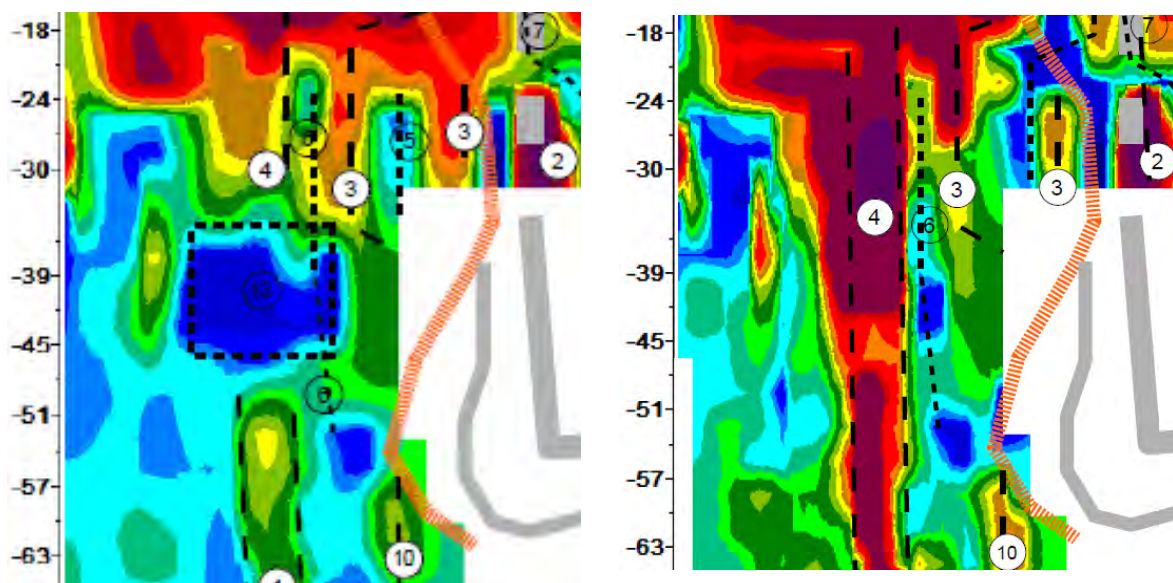
FIG. 43.2 (2,4)



4.6 PASO DA MURALLA DE FÓRA

Esta complexa estrutura ten a súa base baixo da muralla de fóra, a uns 4.43 metros – 5.49 metros baixo a superficie actual, onde se define unha anomalía de baixa resistividade (FIG. 46.1 esquerda; en 3,8 de Anexo) ben encadrada entre anomalías de alta resistividade que a rodean. Esta anomalía pérdese de súpeto ao subir ao nivel de 2,00 - 2,70 metros, como se ve na figura á dereita.

FIG. 46.1 (3,8)



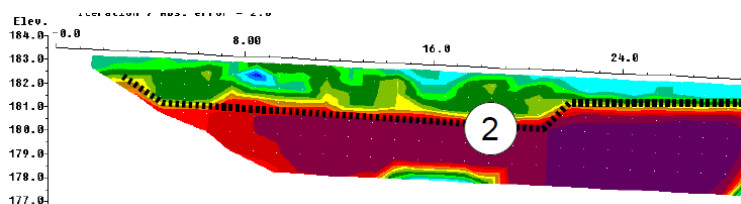
En calquera caso esta anomalía negativa situada a 3-5 metros de profundidade e baixo da muralla de fóra (identificada co número 13 na FIG 45.1) está conectada coa zona intermedia do castelo por outra anomalía de baixa resistividade asimilable a unha corredeira ou foxo (identificada co número 6 na FIG) que vai encaixada entre a muralla de fóra e a do medio, conducido cara o nordés ou o suroeste e impedindo unha entrada franca no castelo.

4.7 ENTULLOS, CIMENTACIÓN E RECHEOS INDIFERENCIADOS

Dúas zonas no eido, con rexistros de resistividade moi diferentes, amosan chamativas anomalías de resistividade mais sen xeometrías internas recoñecibles que se interpretan como posibles cimentacións miudas, entullos ou recheos indiferenciados.

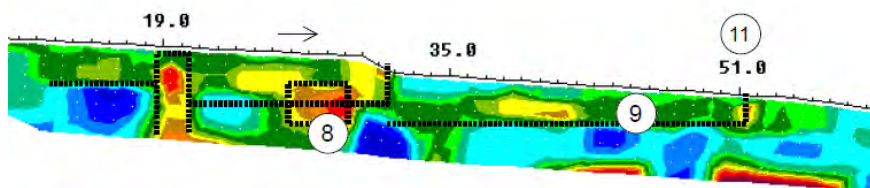
Ao norte do castelo un nivel de altísima resistividade duns 4-5 metros de potencia sen estrutura interna apreciable mais cunha superficie superior moi ben definida por fortísimos gradientes de resistividade, chama a atención a gran continuidade horizontal e os esporádicos rebordes regulares a modo de pequenas rampas ou chanzos, semellando estruturas de cimentación ou pavimentos como o que se mira en P1 (FIG. 47.1).

FIG. 47.1 (2,2)



Ao oeste do castelo, de xeito máis claro adentro da muralla de fóra mais tamén doutro lado, un conxunto de anomalías sen regularidade evidente conforman un recheo de 2-3 metros de potencia e xeometrías en cuña a favor da pendente, por veces organizadas a modo de socalcos (FIG. 46,2; en Anexo) No 3D mírase como a área destas anomalías retírase cara a muralla ao afondar no solo, polo que parte desas anomalías puideran ser ruínas desa mesma muralla a medio dismantelar.

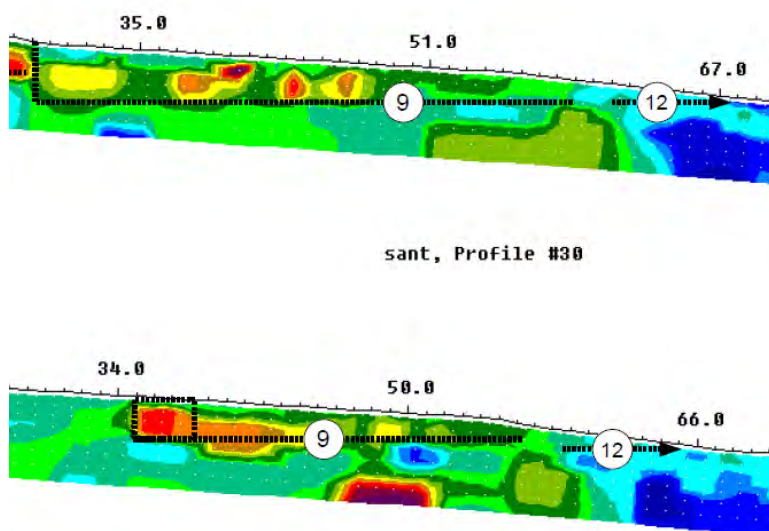
FIG. 47.2 (2,8)



4.8 MURO TRAVESEIRO

Cruzando os perfís P25 a P28 polo metro 51 mírase unha localizada e consistente anomalía a 1-2 metros de profundidade, por veces conectada cunha segunda anomalía moito máis ampla que asoma na base do perfil a uns 5 metros de profundidade (FIG 47.2). Esta anomalía profunda mírase tamén nos perfís P29 e P30 e a súa vez semella estar conectada co gurgullón de auga que abrolla entre estes dous perfís dez metros costa abaixo. A interpretación máis simple identifica esta anomalía cun muro traveseiro á muralla, e pola súa cota e a súa disposición inferior aos entullos indiferenciados costa arriba puidera funcionar como muro de socalco. En calquera caso, a disposición deste muro sobre a traza doutra anomalía a cinco metros de profundidade que atravesa a muralla para conectar coa fonte xa no espazo exterior ao castelo engaden especial interese a esta estrutura (FIG 48.1; en 2.10).

FIG. 48.1 (2,10)



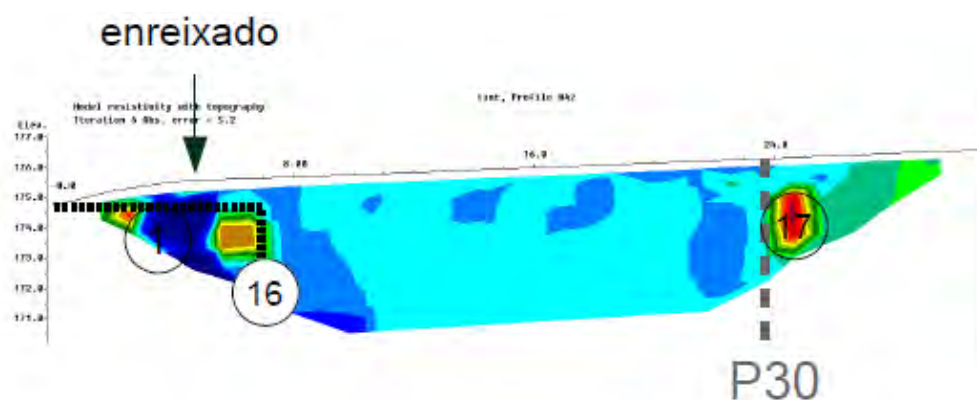
4.9 MURO DA TORRE SUR

Comporbar a continuidade deste muro era uns dos obxectivos do traballo, e ao non aparecer nos perfís P27-P30, fíxose o perfil P42 de xeito expreso continuando lonxitudinalmente a traza do muro en dirección suroeste (FIG 49.1), confirmando que a sinal do muro desapare limpamente e sen deixar rasto os 7 metros do perfil, de xeito que ou ben xira nese punto ou, máis probablemente, aí remata.

FIG. 49.1



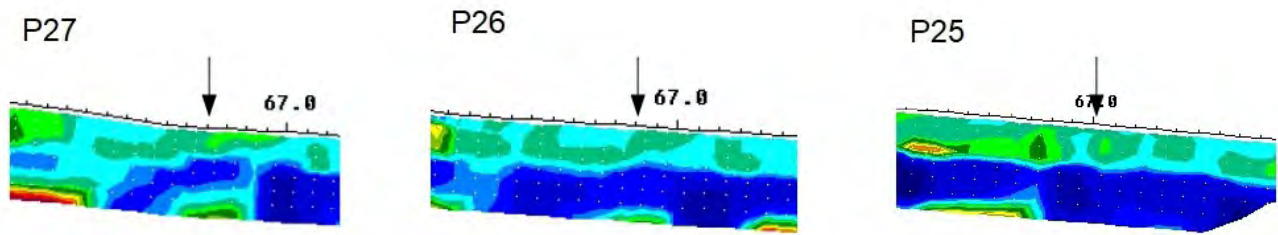
FIG. 49.2 (2,10)



4.10 CANLE DA FRONTE SUROESTE

Outro dos obxectivos do traballo era comprobar a continuidade da canle de pedra que sae da fronte suroeste do castelo en dirección oeste, e que seguindo nesa dirección cortaría o perfil P25 arredor do metro 67, o P27, hacia o metro 65 e o P27 hacia o metro 62 do perfil, non detectándose en ningún deles anomaía algunha atribuíble ao paso de canle algunha nesa zona.

FIG. 410.1



4.11 ANOMALÍAS NO EIDO 'A ROCHA'.

As seis tomografías cunha lonxitude total de 570 metros (576 electrodos) feitas para explorar o eido de A Rocha (FIG 411.1) amosaron uns perfís caracterizados por unha dispoición xeral en tres niveis, resistivo superior e condutivo o medio, co contacto entre eles a uns 2-3 metros de profundidade, e asomando de cando en vez un terceiro nivel na base das tomografías, moito máis resistivo (por exemplo, no perfil P53 entre os metros 70 e 87). [Sáese algo desta configuración o perfil P54 ao engadir por riba do primeiro nivel resistivo outro subniveleño superficial pouco resistivo de base moi irregular, mais este perfil esta feito sobre o camiño de acceso ás leiras, e este subniveleño superficial engadido seica corresponde aos recheos e pisos botados para regularizar fochacas, etc.] Por último, a configuración horizontal dos niveis québrase de cando en vez por estruturas verticais, xeralmente unindo unha anomalía positiva do nivel superior con outra tamén positiva que asoma dende a base da tomografía. Así pois, tomando esta estrutura como punto de partida e ante a falla de calquera outra evidencia arqueolóxica no eido ou indicio que seguir, preséntanse como posible indicio de interse arqueolóxico dúas anomalías que amosan xeometrías discordantes ou resaltan na estrutura xeral descrita, principalmente verticais que interrompen a continuidade horizontal.

ANOMALÍAS DA ZONA ALTA

Inda que en senso estrito non modifican nin cortan a estrutura xeral, os valores de resistividade chegan a valores extremos nesta zona alta dos perfís P51 (metro 20-23), P52 (metro 14-18) e mesmo a potencia dos elementos resistivos engrosa, de xeito que probablemente os dous perfís están cortando unha mesma estrutura resistiva nesta zona que pudiera corresponder con moreas de pedras ou un afloramento rochoso (FIG 411.1).

FIG. 411.1

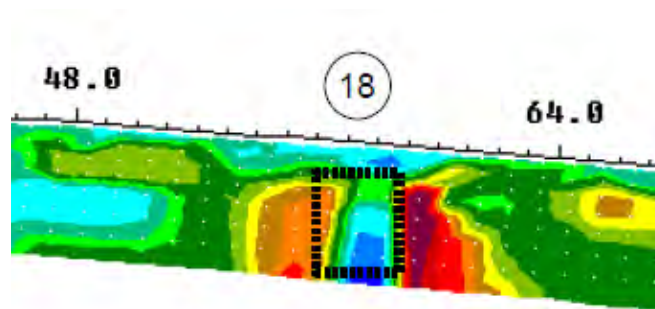


Na imaxe do eido cos perfís se posicionan tamén dúas anomalías de resistividade en P53 (metro 14-15), e P54 (metro 28-31), mais febles e alonxadas, porén, poida que asociadas e estoutra de P51-P52.

ESTRUTURA TIPO POZO

No metro 54 de P51 (FIG 411,2; en 2,14 de Anexo) destaca unha senlleira estrutura tipo pozo, formada por unha anomalía negativa vertical que atravesa o perfil é flanqueada nas dúas bandas por dúas fortes anomalías positivas. Esta estrutura non ten continuidade nos perfís P50 nin P52 e inda que habería que confirmar a xeometría e mesmo a profundidade con perfís cruzados, tal e como se mira é compatible coa tomografía dun pozo.

FIG. 411.2 (2,14)



5 RESUME DE CONCLUSIÓNS

O eido do *Proxecto de acondicionamento exterior para o xacemento arqueolóxico do Castelo da Rocha* foi explorado con 39 tomografías de resistividade de lonxitude variable entre 31 e 103 metros, cun metro de distancia entre electrodos (agás o perfil P40, con dous metros). A lonxitude lineal tomografiada sumou 2.384 metros con 2.376 electrodos .

Fixéronse un total de 30.964 medicións, unhas 13 por electrodo, un 81% das medicións máximas teóricas. Un 44% dese 19% de diferenza pódese explicar polos electrodos non colocados (50 dummies) ao coincidir con pedras dos restos arqueolóxicos, a cimentación do enreixado que rodea o castelo e outros muros; outro 22 % foi en función da lonxitude do perfil e o resto polo tipo de substrato.

A inversión por elementos finitos das tomografías 2D obtivo solucións estables e con valores medios de RMS bós, dun 8%, inda que con importantes variacións entre perfís.

Fíxose unha inversión 3D para o eido 'Rochaforte' dos perfís P1-P30, cubrindo un área de 5.000 metros cadrados e profundidades de 5-6 metros, creando un modelo 3D de anomalías de resistividade a partires de 20.712 medicións. O RMS da solución e foi do 10,1 %.

Fíxose tamén unha inversión 3D para o eido 'A Rocha' dos perfís P50-P53, cubrindo un área de 2.000 metros cadrados e profundidades de 5-6 metros, creando un modelo 3D de anomalías de resistividade a partires de 6.246 medicións. O RMS da solución foi de 11,2%.

As tomografías 2D e 3D permitiron identificar e delimitar en extensión e profundidade as seguintes estruturas de interese arqueolóxico:

No eido 'Rochaforte'. (FIG 5.1)

POSIBLES CÁMARAS E GALERÍA NO INTERIOR DO CASTELO: na zona norte do castelo, preto da muralla, dúas cámaras, unha co seu chan a dous metros e outra co seu teito á mesma profundidade, poida que unidas ambas por unha galería.

MURALLA DO CASTELO: localizouse un pequeno tramo da cara noreste do castelo que permite dimensionar a planta do castelo lixeiramente rectangular, coa fronte noroeste uns metros máis longa que a suroeste.

FIG. 5.1 (4,1)



FOXO E MURALLA DO MEDIO: identificouse a continuación desta estrutura excavada e musealizada no resto do castelo, comprobando ademais o seu avance e mesmo desboboamento diante da porta do castelo nunha complexa estrutura de defensa.

MURALLA DE FÓRA. Identificouse e cartografouse por máis de cen metros das fronte noroeste e sureste do castelo a terceira estrutura de defensa mencionada pola documentación histórica, o que era o primeiro obxectivo deste traballo.

PASO DA MURALLA DE FÓRA. Identificouse unha complexa estrutura baixo da muralla de fóra, interpretada como primeira porta ou paso de acceso ó castelo dende ó exterior.

ENTULLOS, CIMENTACIÓNS E DERRUBAS: sinaláronse dúas amplas zonas con estruturas difusas interpretadas como posibles chans de cimentacións, recheos ou derrubas. Unha zona está ao norte do castelo e a outra ao oeste.

MURO TRAVESEIRO: identificouse un muro disposto de través á muralla exterior e relacionado cos recheos ou derrubas e poida que coa fonte de auga no exterior do castelo.

CANLE DE AUGA: non se mirou a continuación desta estrutura, que era un dos obxectivos da exploración, e se supón desmantelada.

MURO DA TORRE: comprobar a continuidade deste muro cara ó oeste era outro dos obxectivos específicos do traballo, o que pode desbotarse con seguridade.

No eido 'A Rocha'. (FIG 5.2)

ANOMALÍAS DA ZONA ALTA: dúas (extensibles a catro) anomalías de moi alta resistividade destacan nos perfís P51 e P52 (P53 e P54), malia que a falla dunha estrutura definida nin doutro indicio non permiten interpretalas. Poden corresponder a un chea de pedras ou mesmo un afloramento rochoso.

ESTRUTURA DE POZO: senlleira estrutura que rompe claramente co entorno configurando unha estrutura compatible coa dun pozo.

FIG. 5.2 (4,2)



**PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA)**

DERRADEIRA PÁXINA DA MEMORIA

[Ref. 1902-XEOF]

OSCAR PAZOS R.
XEÓLOGO
Tomás Alonso 193, 7ºB
36208 VIGO
619929089 oscar_pazos@hotmail.com



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA)

2.- ANEXO DE PLANOS, PERFÍS, CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS E PROGRAMAS E LISTADO DE ARQUIVOS

[Ref 1902 XEOF]



PETICIONARIO : CONCELLO DE SANTIAGO

NOVEMBRO-NADAL DE 2019

**OSCAR PAZOS R.
XEÓLOGO**

TOMÁS A. ALONSO 193, 7ºB

36208 VIGO

Tel. 619 929 089 correo: oscar_pazos@hotmail.com



ÍNDICE

1.1.- LOCALIZACIÓN DO EIDO
1.2.- PREPARACIÓN DO ESTACADO
1.3.- POSICIONAMENTO DOS PERFÍS
2.1.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P1-P6
2.2.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P1-P6, INTERPRETACIÓN
2.3.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P7-P12
2.4.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P7-P12, INTERPRETACIÓN
2.5.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P13-P24
2.6.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P13-P24, INTERPRETACIÓN
2.7.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P25-P27
2.8.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P25-P27, INTERPRETACIÓN
2.7.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P28-P30
2.8.- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P28-P30, INTERPRETACIÓN
3.1.- ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍAS XY POR PROF. 0.00 m – 5.43 m
3.2.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 0.00 m – 0.40 m. INTERPRETACIÓN
3.3.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 0.40 m – 0.86 m. INTERPRETACIÓN
3.4.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 0.86 m – 1.39 m. INTERPRETACIÓN
3.5.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 1.39 m – 2.00 m. INTERPRETACIÓN
3.6.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 2.00 m – 2.70 m. INTERPRETACIÓN
3.7.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 2.70 m – 3.50 m. INTERPRETACIÓN
3.8.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 3.50 m – 4.43 m. INTERPRETACIÓN
3.9.- ANÁLISE 3D P1-P30. TOMOGRAFÍA 4.43 m – 5.49 m. INTERPRETACIÓN
3.10.- ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍAS XY POR COTAS 182 m -175 m.
3.11.- ANÁLISE 3D, P50-P53. TOMOGRAFÍAS XY POR PROF. 0.00 m – 2.00 m.
3.12.- ANÁLISE 3D, P50-P53. TOMOGRAFÍAS XY POR PROF. 2.00 m – 5.49 m.
4.1.- EIDO 'ROCHAFORTE'. ESQUEMA INTERPRETATIVO
4.2.- EIDO 'A ROCHA'. ESQUEMA INTERPRETATIVO
5.1.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO EQUIPO DE RESISTIVIDADE
5.2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS PROGRAMAS DE INVERSIÓN
6.1.- SINATURA ELECTRÓNICA

LISTAXE DE ARQUIVOS ADXUNTOS

datos xeofísica	solucións de inversión	imaxes xeoreferenciadas
arochoa01.2dm	arochoa01_TOPO.INV	1_30_CAPA1.tif
arochoa02.2dm	arochoa02_TOPO.INV	1_30_CAPA2.tif
arochoa03.2dm	arochoa03_TOPO.INV	1_30_CAPA3.tif
arochoa04.2dm	arochoa04_TOPO.INV	1_30_CAPA4.tif
arochoa05.2dm	arochoa05_TOPO.INV	1_30_CAPA5.tif
arochoa06.2dm	arochoa06_TOPO.INV	1_30_CAPA6.tif
arochoa07.2dm	arochoa07_TOPO.INV	1_30_CAPA7.tif
arochoa08.2dm	arochoa08_TOPO.INV	1_30_CAPA8.tif
arochoa09.2dm	arochoa09_TOPO.INV	ESTACADO.pdf
arochoa10.2dm	arochoa10_TOPO.INV	PERFIS.tif
arochoa11.2dm	arochoa11_TOPO.INV	ROCHAFORTE.tif
arochoa12.2dm	arochoa12_TOPO.INV	AROCHA.tif
arochoa13.2dm	arochoa13_TOPO.INV	
arochoa14.2dm	arochoa14_TOPO.INV	
arochoa15.2dm	arochoa15_TOPO.INV	
arochoa16.2dm	arochoa16_TOPO.INV	
arochoa17.2dm	arochoa17_TOPO.INV	
arochoa18.2dm	arochoa18_TOPO.INV	
arochoa19.2dm	arochoa19_TOPO.INV	
arochoa20.2dm	arochoa20_TOPO.INV	
arochoa21.2dm	arochoa21_TOPO.INV	memoria e anexo
arochoa22.2dm	arochoa22_TOPO.INV	
arochoa23.2dm	arochoa23_TOPO.INV	CASTELO_ROCHA_FORTE_1.pdf
arochoa24.2dm	arochoa24_TOPO.INV	CASTELO_ROCHA_FORTE_2.pdf
arochoa25.2dm	arochoa25_TOPO.INV	
arochoa26.2dm	arochoa26_TOPO.INV	
arochoa27.2dm	arochoa27_TOPO.INV	
arochoa28R.2dm	arochoa28_TOPO.INV	
arochoa29.2dm	arochoa29_TOPO.INV	
arochoa30R.2dm	arochoa30_TOPO.INV	
arochoa40.2dm	arochoa40_TOPO.INV	
arochoa41.2dm	arochoa41_TOPO.INV	
arochoa42.2dm	arochoa42_TOPO.INV	
arochoa50.2dm	arochoa50_TOPO.INV	
arochoa51R.2dm	arochoa51_TOPO.INV	
arochoa52.2dm	arochoa52_TOPO.INV	
arochoa53R.2dm	arochoa53_TOPO.INV	
arochoa54.2dm	arochoa54_TOPO.INV	
arochoa55.2dm	arochoa55_TOPO.INV	
	arochoa3D_01_30.INV	
	arochoa3D_50_53.INV	

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

1.1- LOCALIZACIÓN DO EIDO



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

1.2- PREPARACIÓN E ESTACADO

ESTACA	UTM(X)	UTM (Y)
1	534848,93	4745528,574
2	534841,063	4745522,401
3	534821,394	4745506,969
4	534797,791	4745488,451
5	534782,057	4745476,106
6	534762,388	4745460,674
7	534781,963	4745437,941
8	534798,276	4745418,996
9	534814,589	4745400,052
10	534801,644	4745453,382
11	534817,967	4745434,445
12	534834,29	4745415,509
13	534847,348	4745400,36
14	534850,613	4745396,573
15	534817,379	4745465,727
16	534833,702	4745446,791
17	534850,025	4745427,854
18	534863,083	4745412,706
19	534866,348	4745408,919
20	534840,982	4745484,246
21	534857,305	4745465,309
22	534873,628	4745446,373
23	534886,686	4745431,224
24	534889,95	4745427,437
25	534868,517	4745505,851
26	534860,65	4745499,677
27	534876,973	4745480,741
28	534893,296	4745461,805
29	534906,354	4745446,656
30	534909,619	4745442,869
31	534741,858	4745445,543
32	534712,953	4745453,576
33	534739,011	4745435,957
34	534710,106	4745443,99
35	534719,082	4745368,854
36	534690,177	4745376,887
37	534713,387	4745349,682
38	534684,483	4745357,715
39	534679,229	4745462,962
40	534676,387	4745453,374
41	534656,458	4745386,271
42	534650,759	4745367,1
43	534737,472	4745342,979
44	534743,166	4745362,151



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

1.3- POSICIONAMIENTO DOS
PERFÍS

ROCHA FORTE	INICIO		REMATE					
	X(0)	Y(0)	UTM (X)	UTM (Y)	X(0)	Y(0)	UTM (X)	UTM (Y)
P1	0	0	534850,50	4745529,81	48	0	534881,84	4745493,45
P2	0	-3	534848,14	4745527,96	64	-3	534889,93	4745479,48
P3	0	-6	534845,78	4745526,10	64	-6	534887,57	4745477,62
P4	0	-9	534843,42	4745524,25	64	-9	534885,20	4745475,77
P5	0	-12	534841,06	4745522,40	64	-12	534882,84	4745473,92
P6	0	-15	534838,70	4745520,55	56	-15	534875,26	4745478,13
P7	0	-18	534836,34	4745518,70	56	-18	534872,90	4745476,28
P8	0	-21	534833,98	4745516,85	56	-21	534870,54	4745474,43
P9	0	-24	534831,62	4745514,99	56	-24	534868,18	4745472,57
P10	0	-27	534829,26	4745513,14	56	-27	534865,82	4745470,72
P11	0	-30	534826,90	4745511,29	56	-30	534863,46	4745468,87
P12	0	-33	534824,54	4745509,44	32	-33	534845,43	4745485,20
P13	0	-36	534822,18	4745507,59	32	-36	534843,07	4745483,35
P14	0	-39	534819,82	4745505,73	32	-39	534840,71	4745481,49
P15	0	-42	534817,46	4745503,88	32	-42	534838,35	4745479,64
P16	0	-45	534815,10	4745502,03	32	-45	534835,99	4745477,79
P17	0	-48	534812,74	4745500,18	32	-48	534833,63	4745475,94
P18	1	-51	534809,73	4745497,57	33	-51	534831,92	4745473,33
P19	1	-54	534807,37	4745495,72	33	-54	534829,56	4745471,48
P20	1	-57	534805,01	4745493,87	33	-57	534827,20	4745469,63
P21	1	-60	534802,65	4745492,01	33	-60	534824,84	4745467,77
P22	2	-63	534799,63	4745489,40	34	-63	534823,14	4745465,16
P23	3	-66	534796,62	4745486,80	35	-66	534821,43	4745462,56
P24	3	-69	534794,26	4745484,94	51	-69	534829,51	4745448,58
P25	3	-72	534791,90	4745483,09	83	-72	534848,04	4745422,49
P26	3	-75	534789,54	4745481,24	107	-75	534861,35	4745402,46
P27	3	-78	534787,18	4745479,39	107	-78	534858,99	4745400,61
P28	4	-81	534784,17	4745476,78	108	-81	534857,28	4745398,00
P29	3	-84	534782,46	4745475,68	107	-84	534854,27	4745396,90
P30	0	-87	534782,06	4745476,11	104	-87	534849,95	4745397,32
P40	23	1	534836,27	4745513,00	23	91	534935,54	4745567,32
P41	62	-57	534765,18	4745447,66	109	-55	534876,82	4745412,06
P42	0	-2	534861,47	4745420,27	0	0	534848,93	4745528,57
A ROCHA	X(0)	Y(0)	UTM (X)	UTM (Y)	X(0)	Y(0)	UTM (X)	UTM (Y)
P50	0	0	534650,76	4745367,10	103	0	534749,99	4745339,50
P51	0	4	534651,90	4745370,93	103	4	534751,13	4745343,33
P52	0	8	534653,04	4745374,77	103	8	534752,27	4745347,17
P53	0	20	534656,45	4745386,27	103	20	534755,69	4745358,67
P54	2	13	534656,39	4745379,03	2	90	534678,30	4745452,84
P55	2	90	534678,30	4745452,84	73	90	534746,70	4745433,82

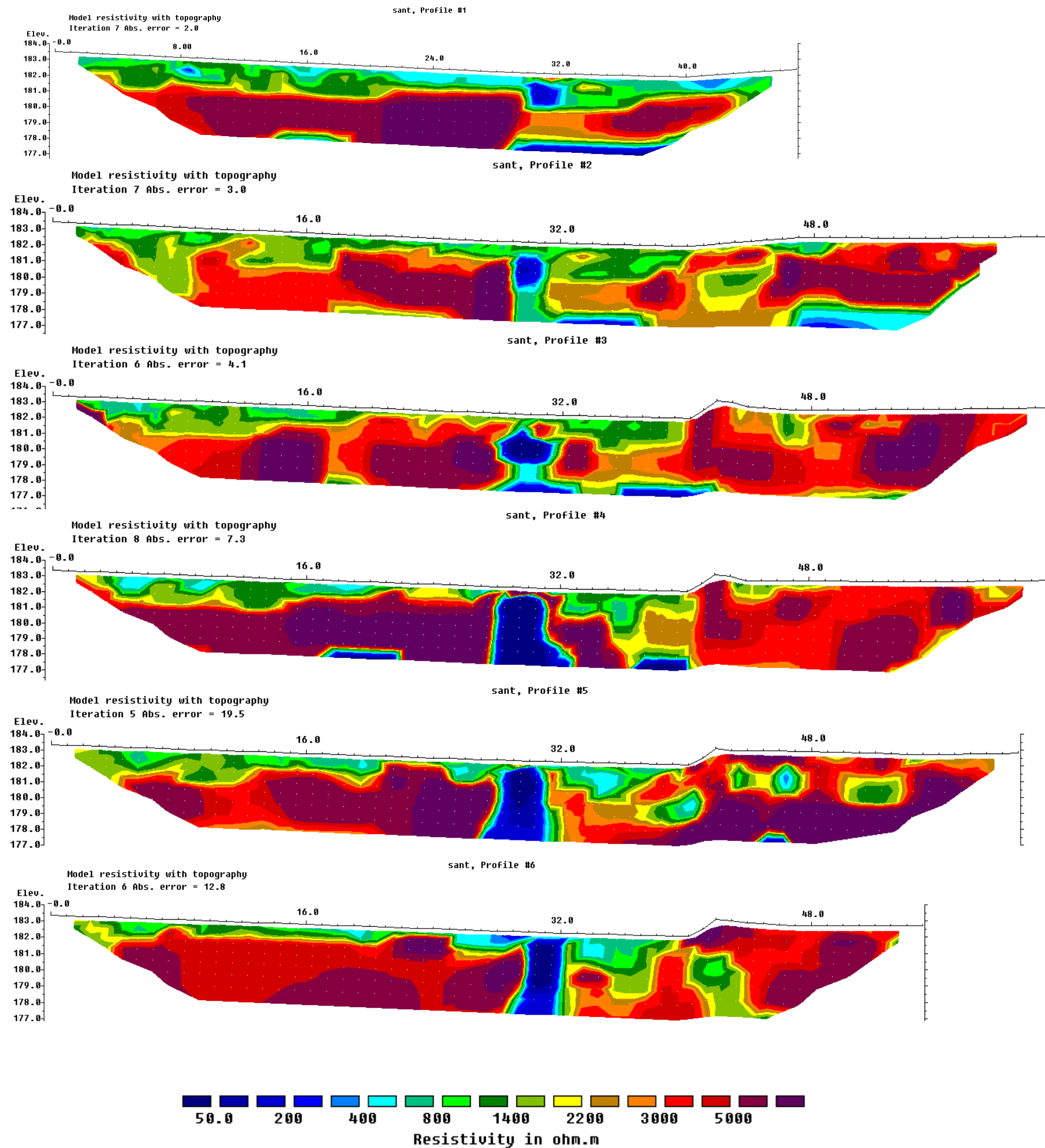


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.1- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P1-P6

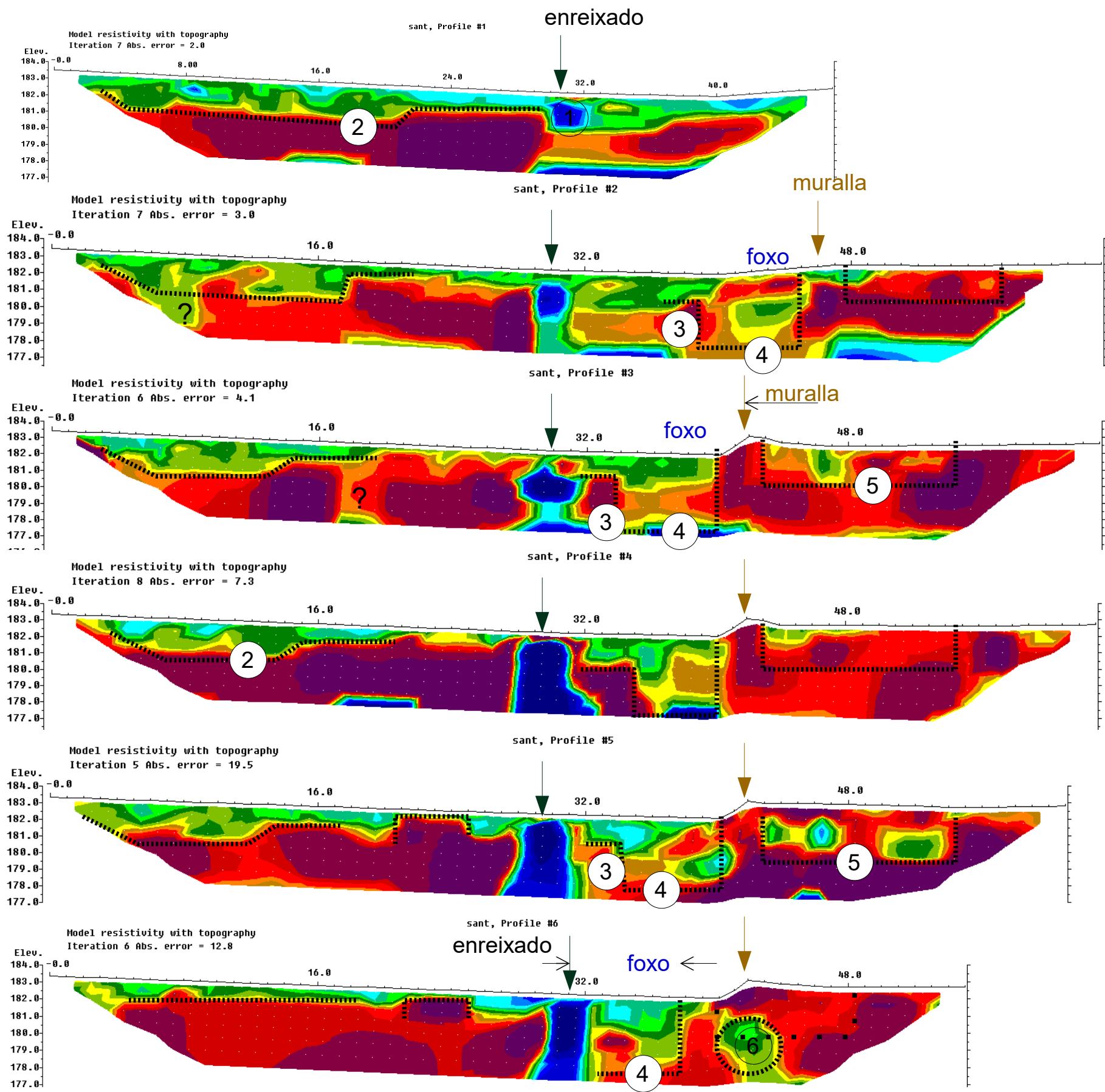


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.2- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P1-P6, INTERPRETACIÓN.



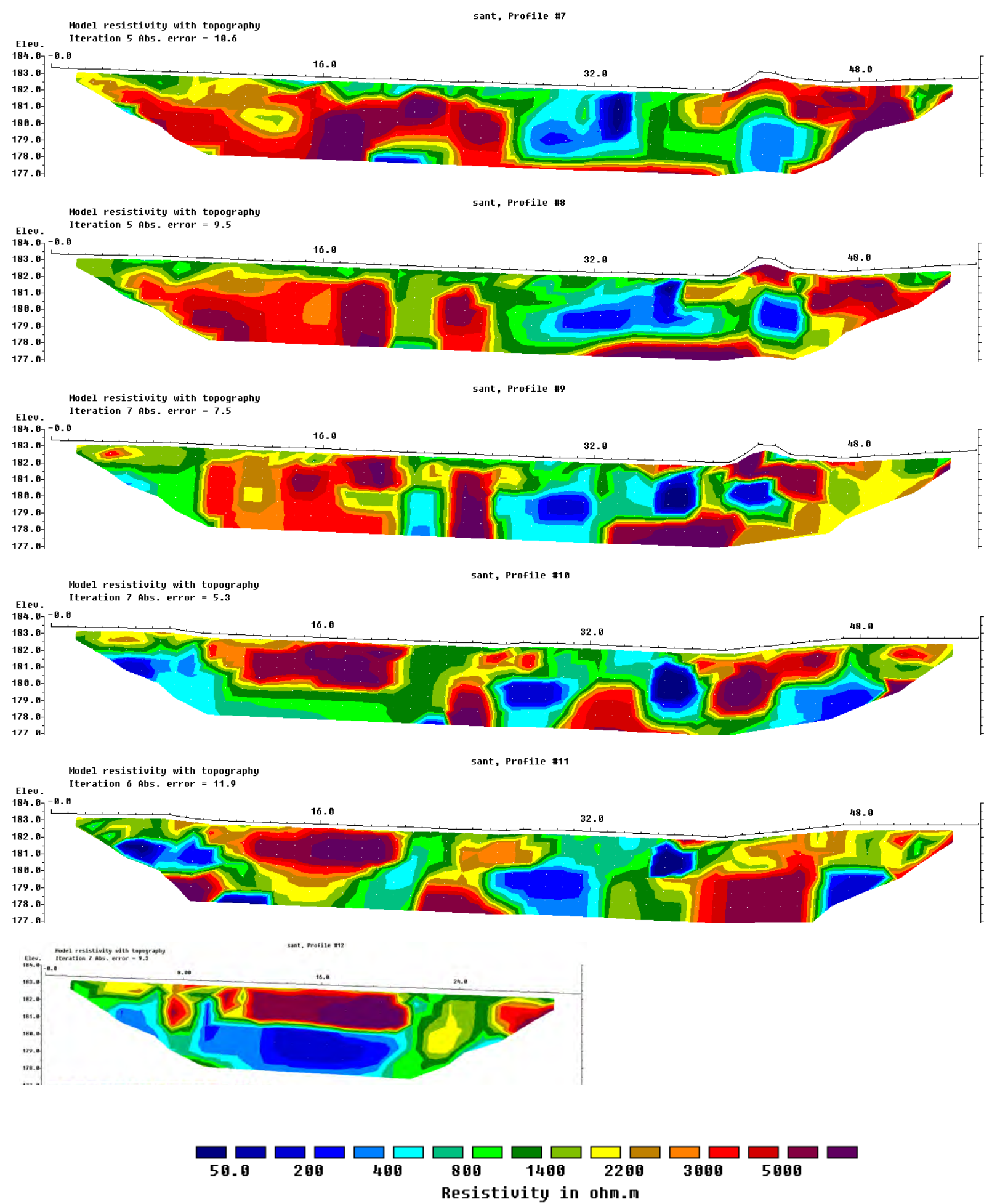
- ① Anomalía de baixa resistividade do enreixado
- ② Superficie de alto gradiente interpretable como chan, pavimento.
- ③ Muralla do medio (barbacá)
- ④ Foxo
- ⑤ Camara?
- ⑥ Galería?

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.3- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P7-P12.

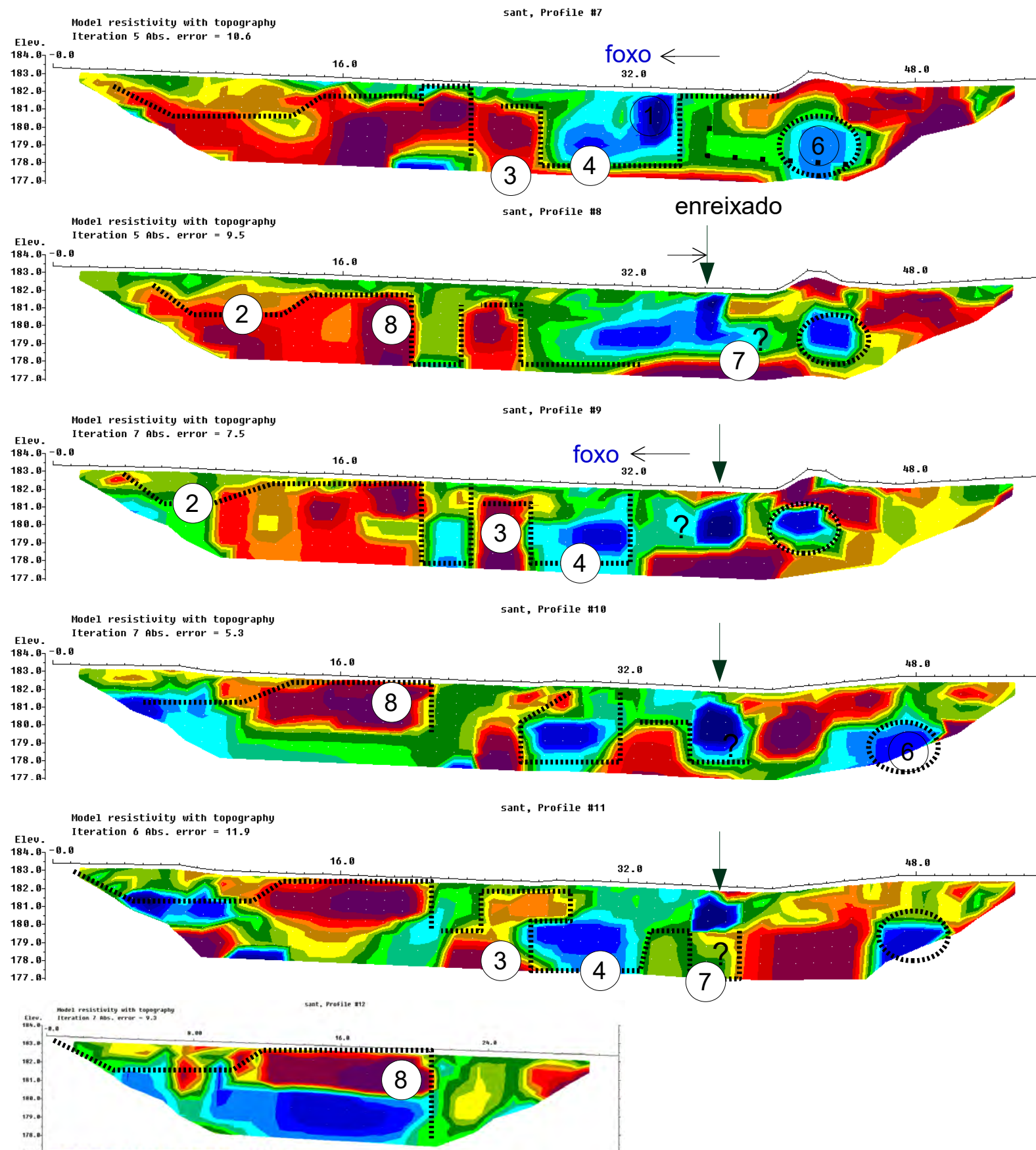


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.4- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P7-P12, INTERPRETACIÓN.



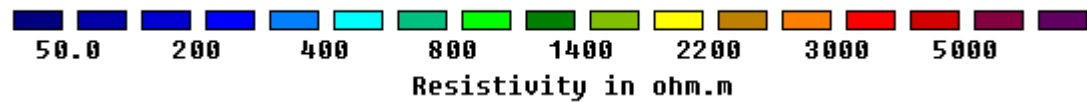
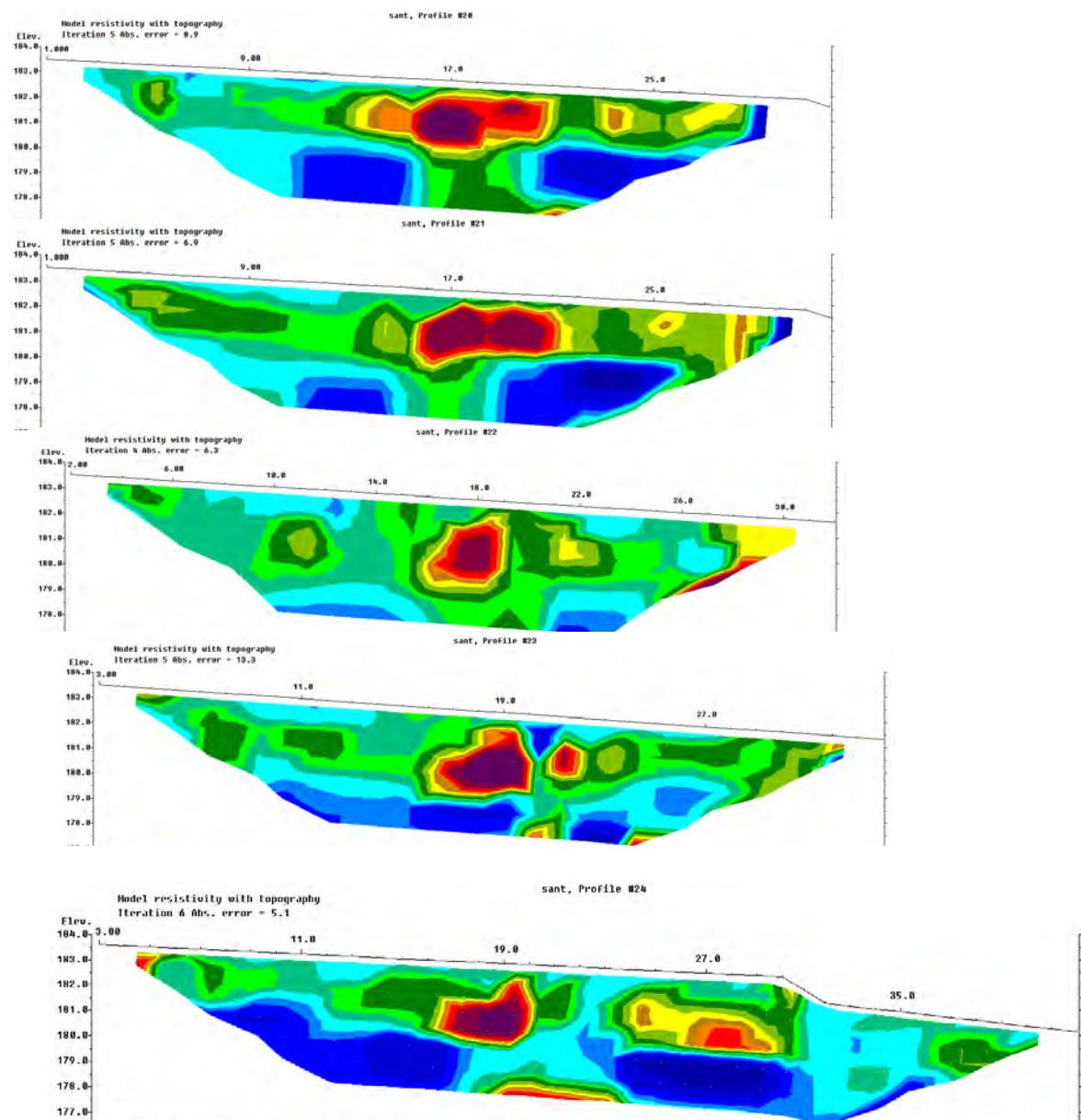
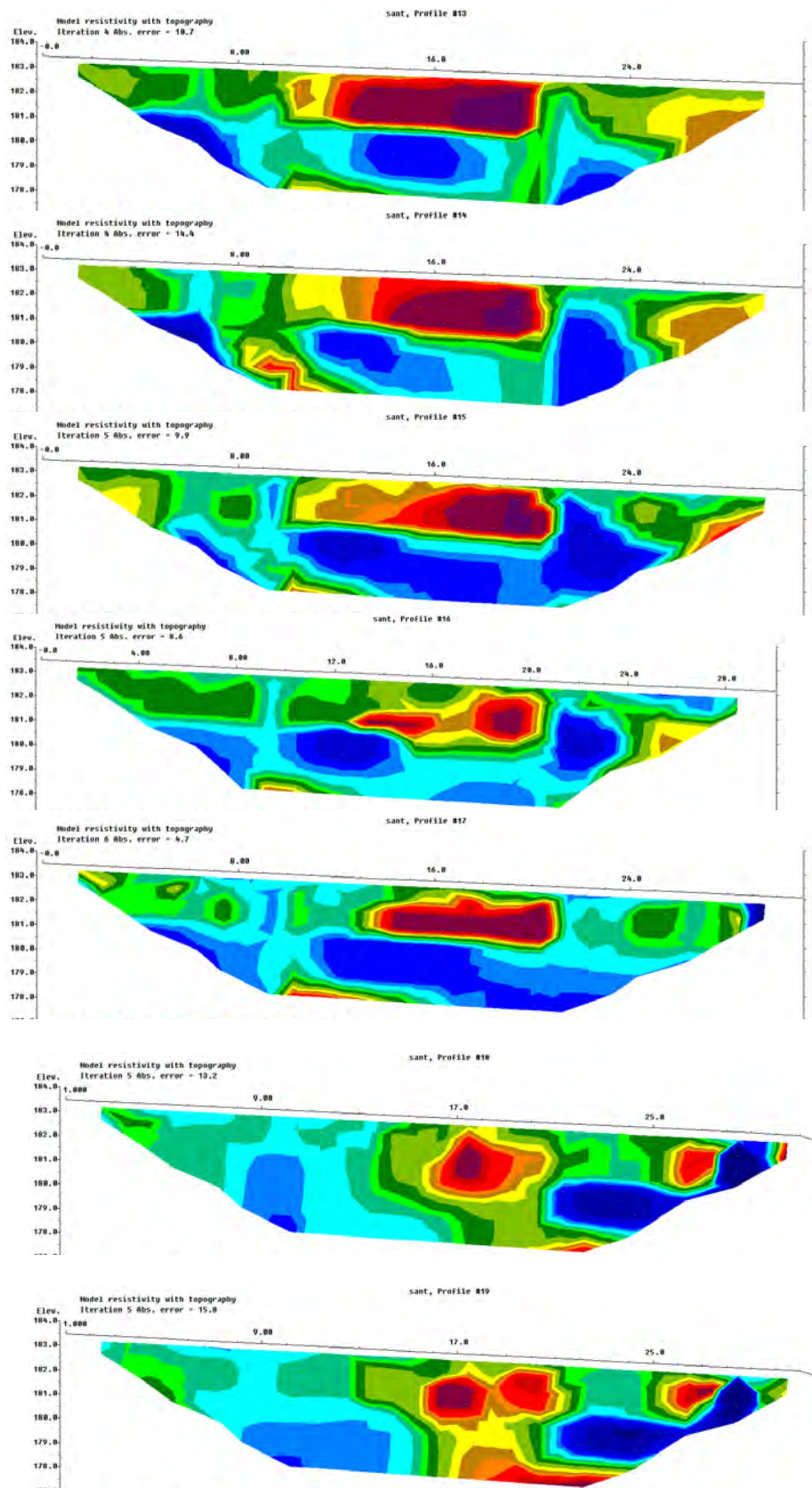
- ① Anomalía de baixa resistividade do enreixado
- ② Superficie de alto gradiente interpretable como chan, pavimento.
- ③ Muralla do medio
- ④ Foxo
- ⑥ Galería/Cámara inferior?
- ⑦ Segundo foxo fronte á porta?
- ⑧ Muralla de fóra

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.5- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P13-P24.

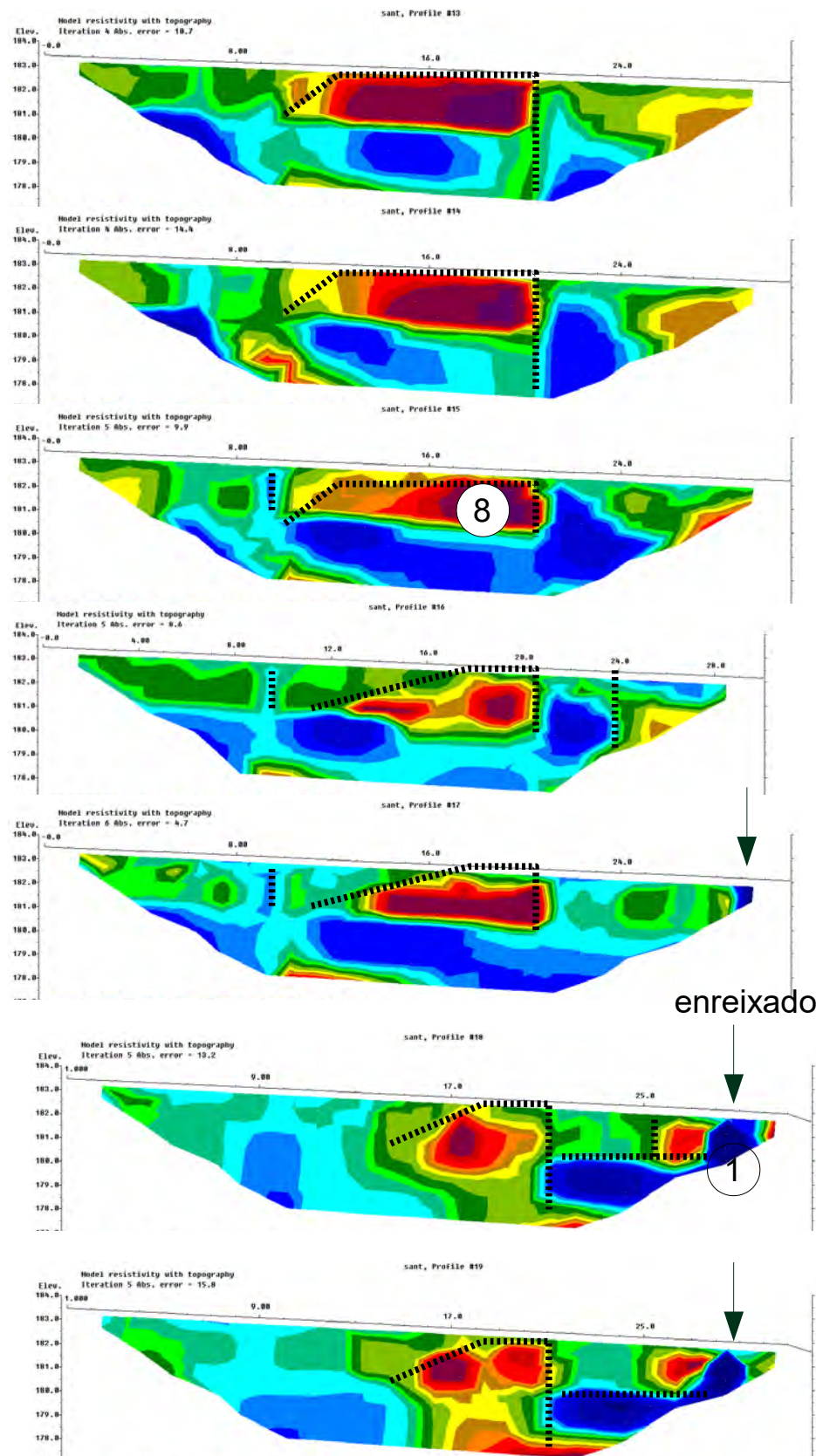


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

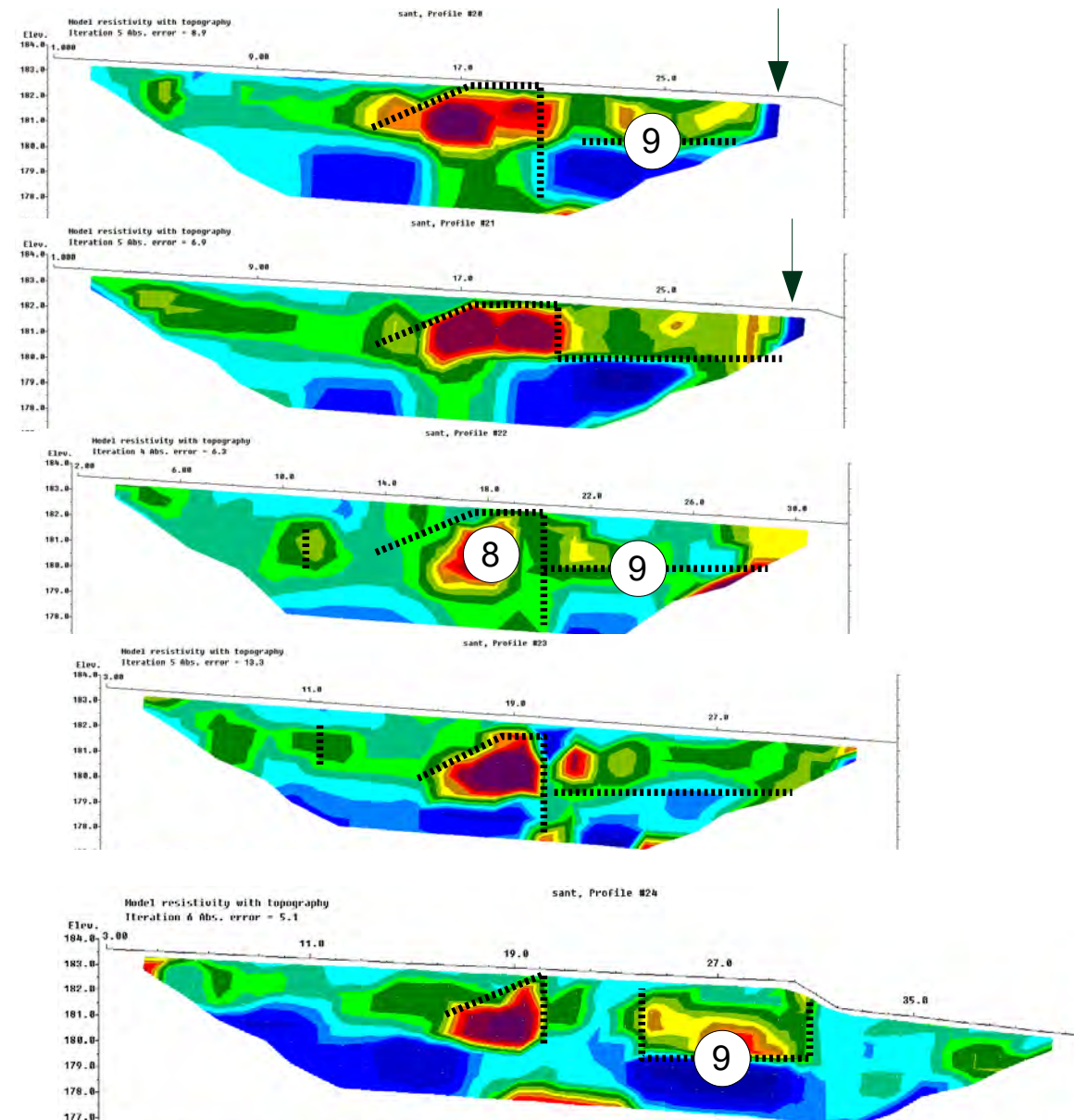
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.6- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P13-P24, INTERPRETACIÓN.



enreixado



① Anomalía de baixa resistividade do enreixado

⑧ Muralla exterior.

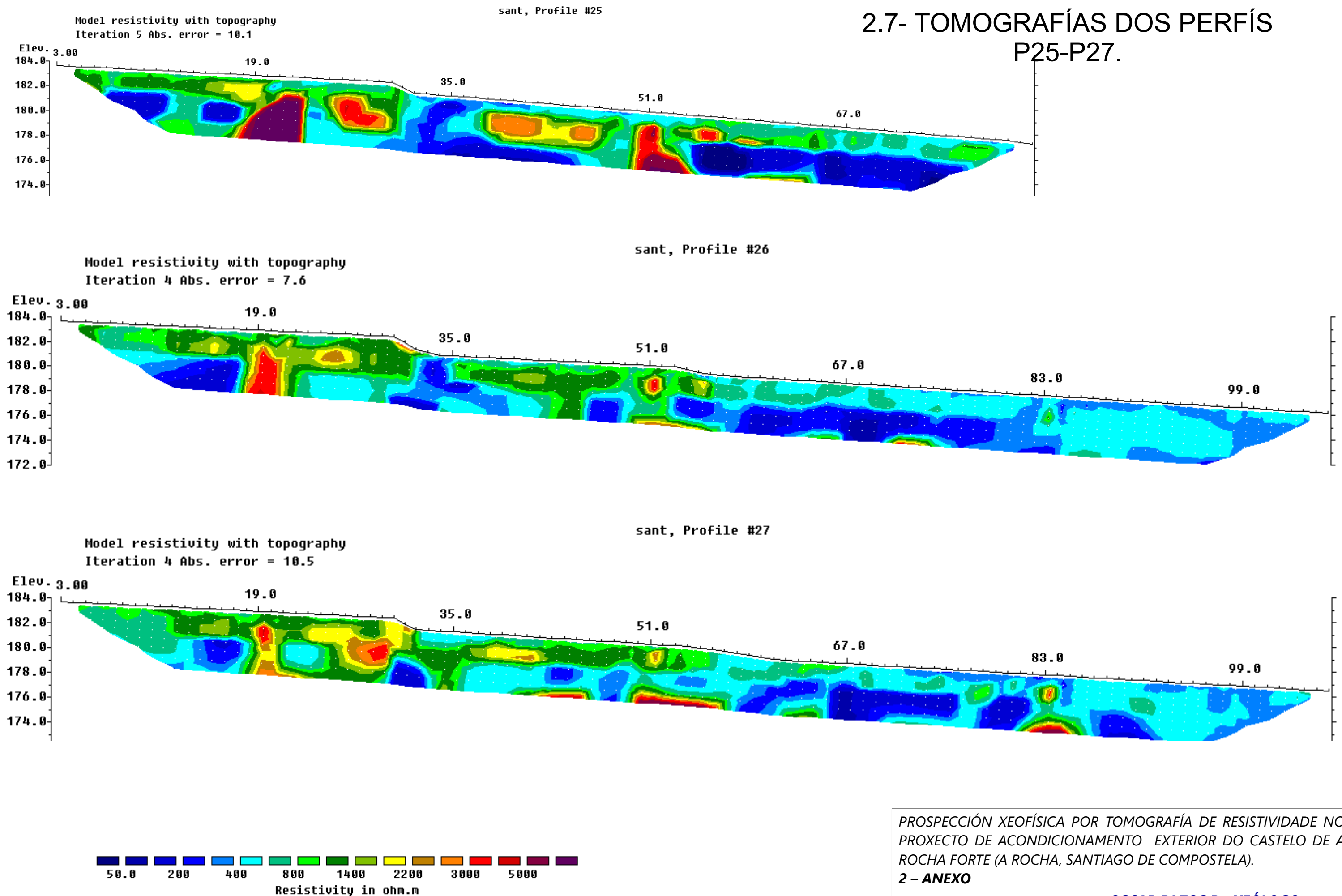
⑨ Chan de cimentación/entullos.

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.7- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P25-P27.

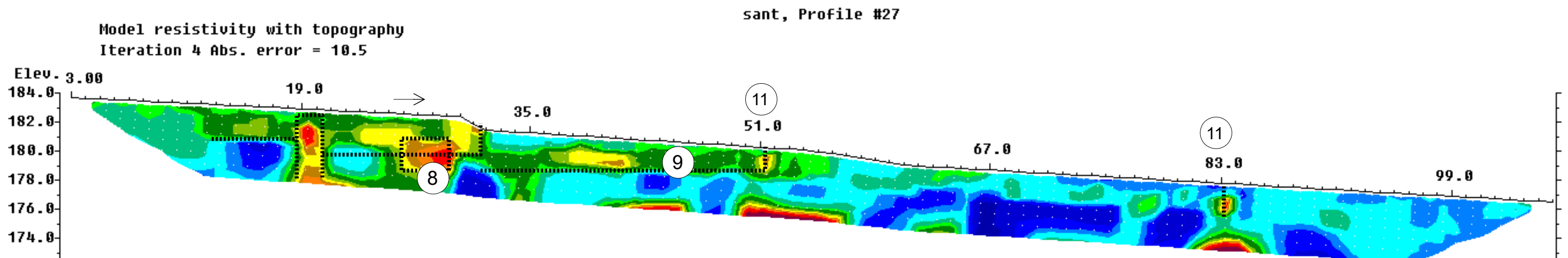
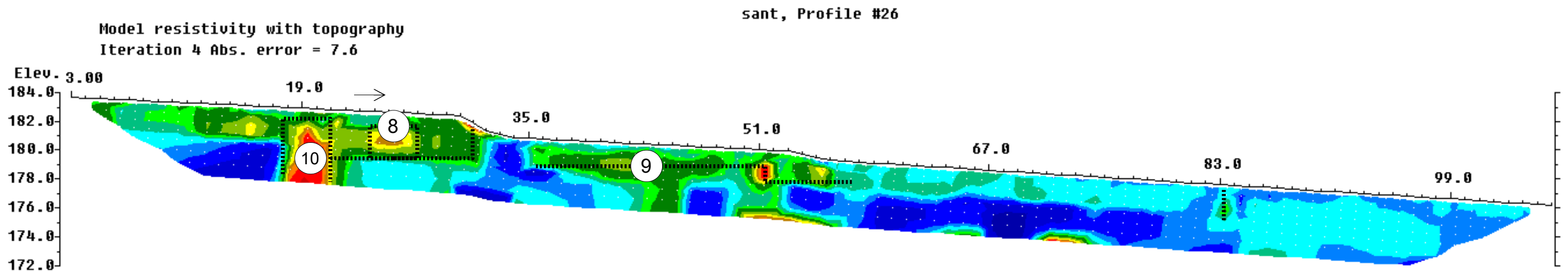
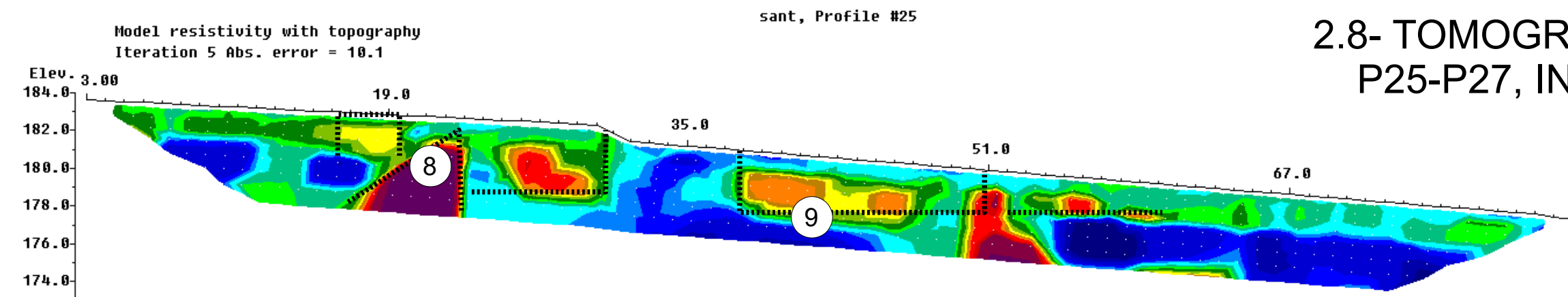


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.8- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P25-P27, INTERPRETACIÓN.



- | | |
|--|------------------------------------|
| ⑧ Muralla exterior | ⑩ Prolongación da muralla de fóra? |
| ⑨ Chan de cimentación/entullos en socalcos | ⑪ Muros/pedras |

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

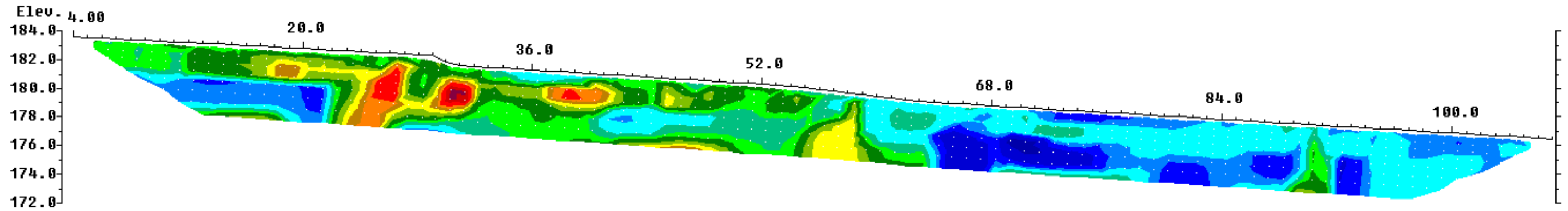
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.9- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P28-P30.

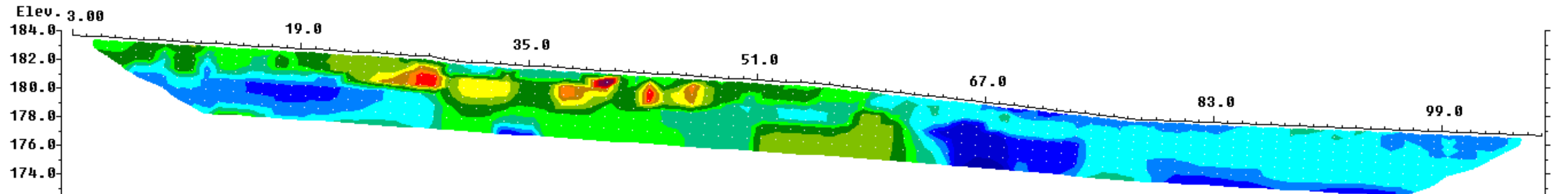
sant, Profile #28

Model resistivity with topography
Iteration 4 Abs. error = 6.8



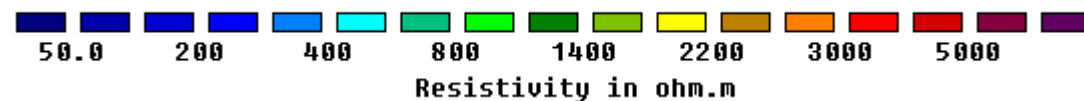
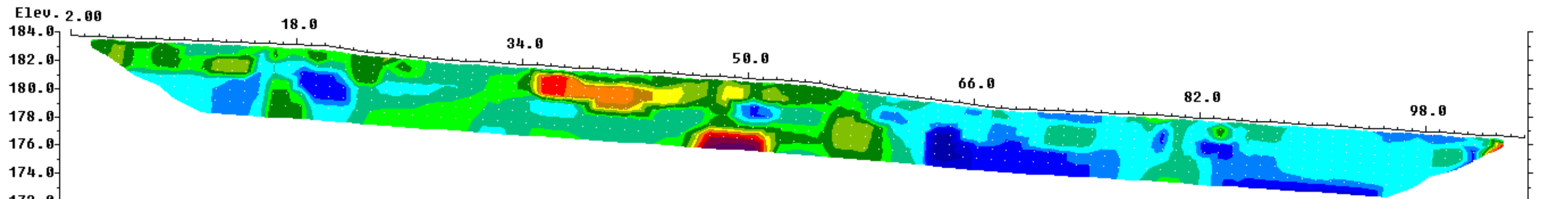
sant, Profile #29

Model resistivity with topography
Iteration 5 Abs. error = 2.9



sant, Profile #30

Model resistivity with topography
Iteration 5 Abs. error = 5.5

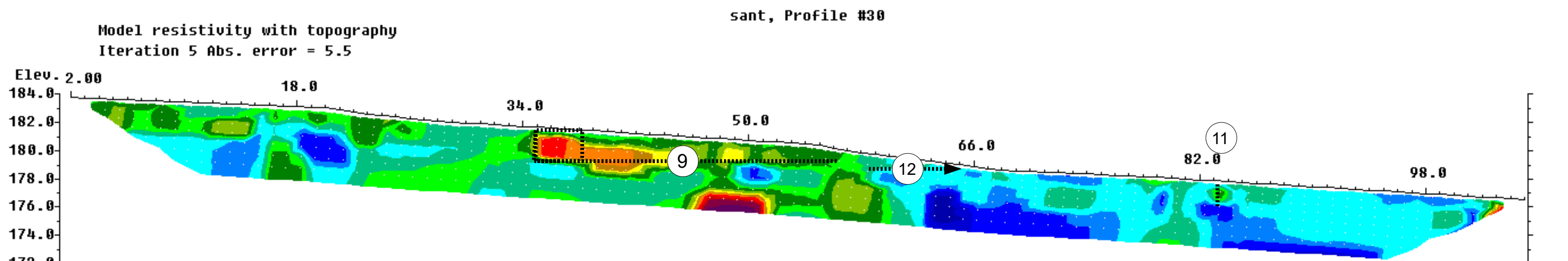
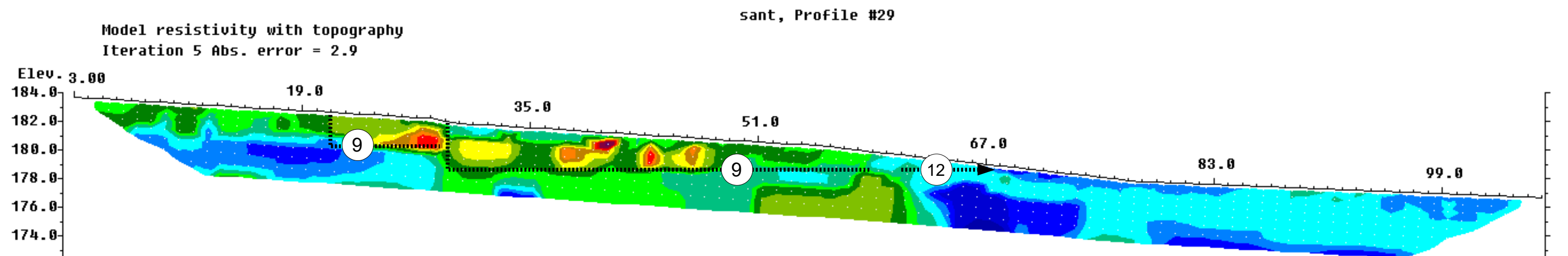
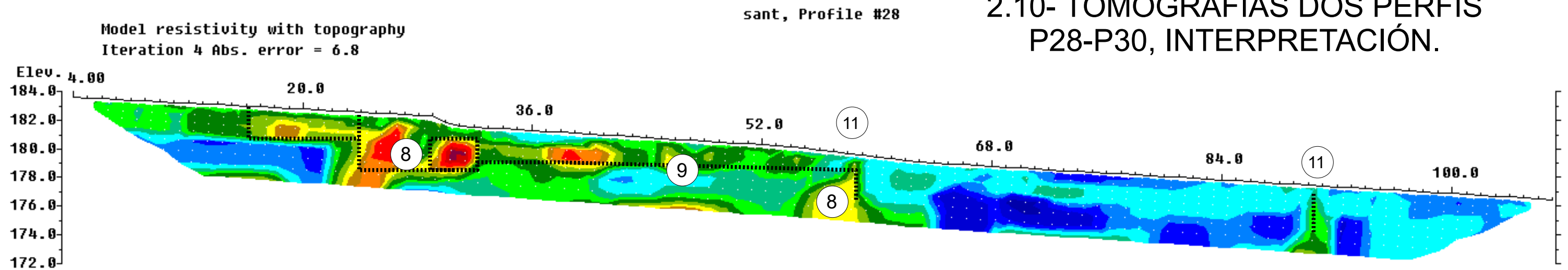


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.10- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P28-P30, INTERPRETACIÓN.



8 Muralla exterior?

11 Muriño/pedra

9 Chan de cimentación/entullos en socalcos

12 Fonte

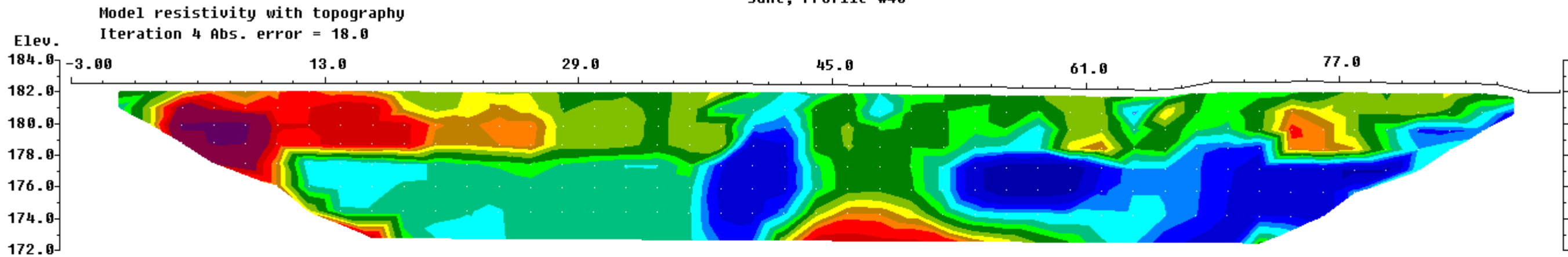
PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

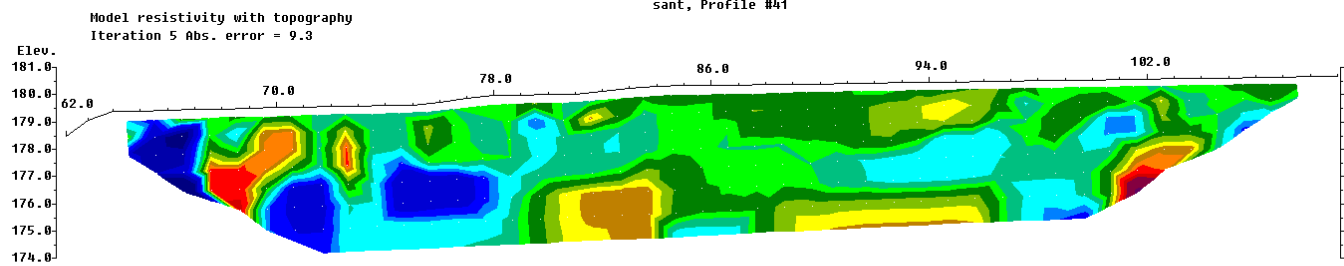
OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.11- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P40-P42.

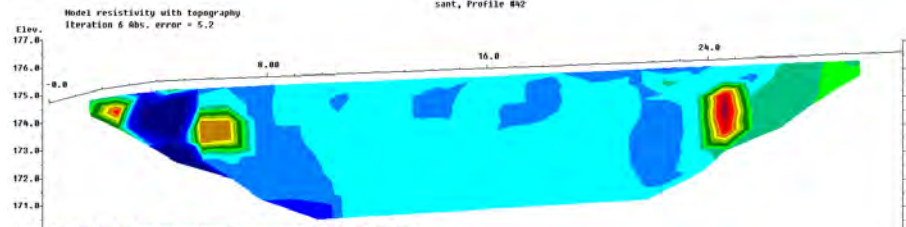
sant, Profile #40



sant, Profile #41



sant, Profile #42

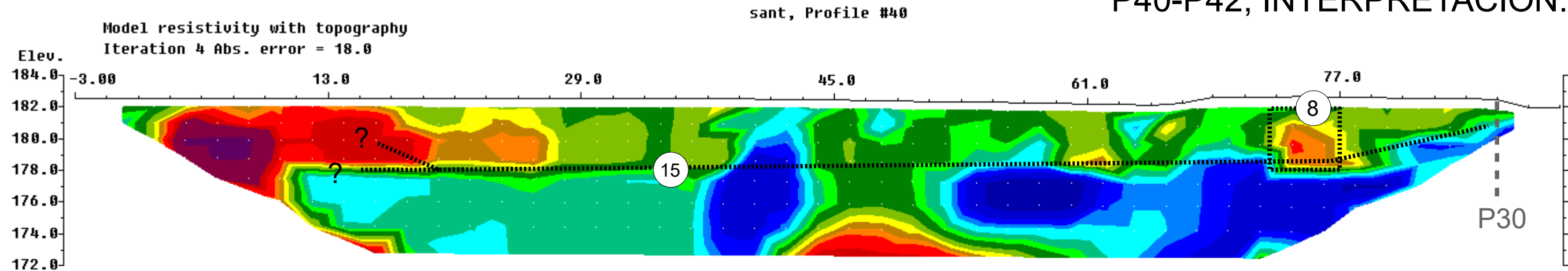


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.12- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P40-P42, INTERPRETACIÓN.



① Anomalia de baixa resistividade do enreixado

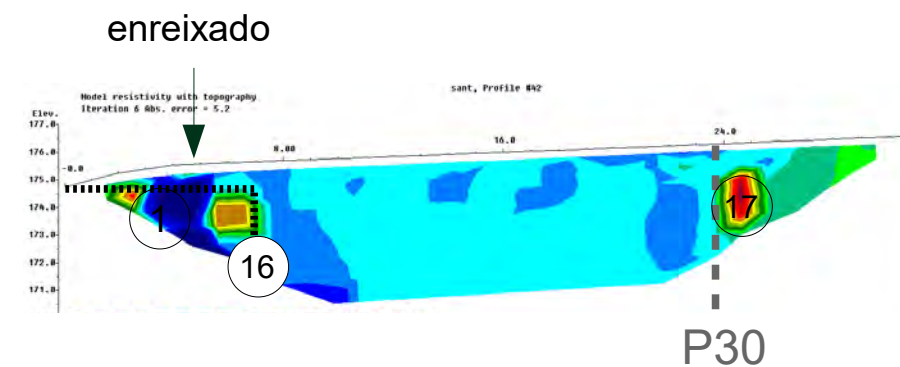
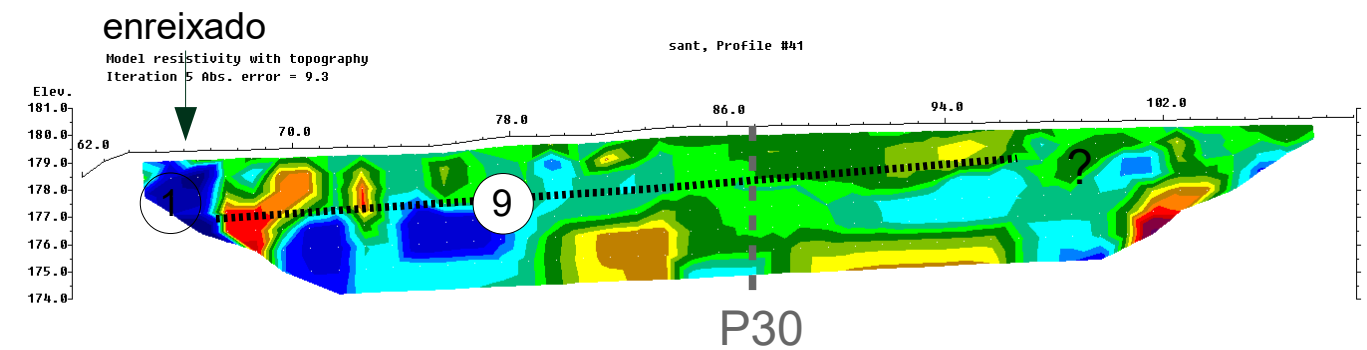
⑧ Muralla de fóra?

⑨ Chan de cimentación/entullos en socalcos

⑮ Substrato?

⑮ Muro da torre

⑰ Coelleira

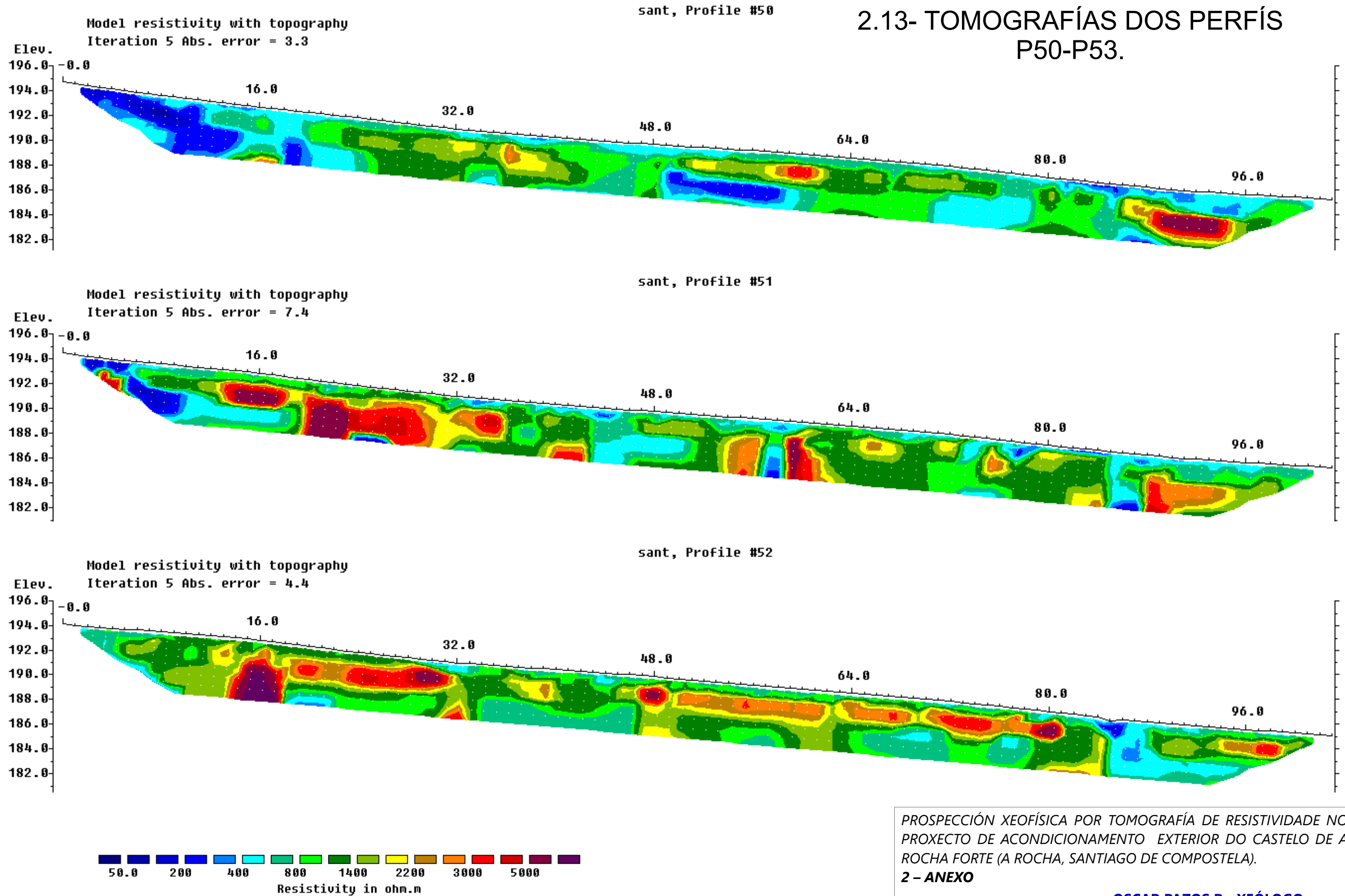


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

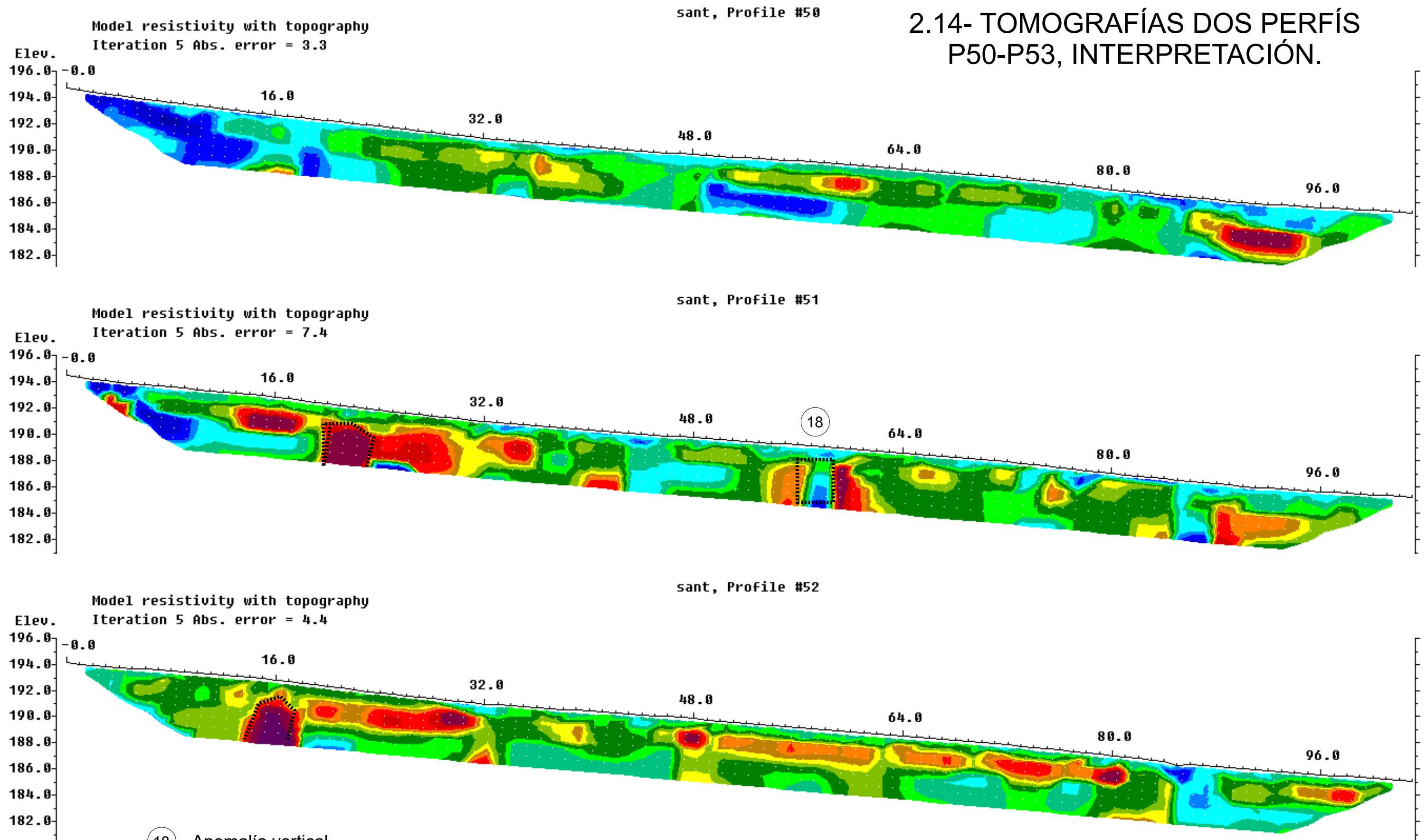
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.13- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P50-P53.



2.14- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P50-P53, INTERPRETACIÓN.



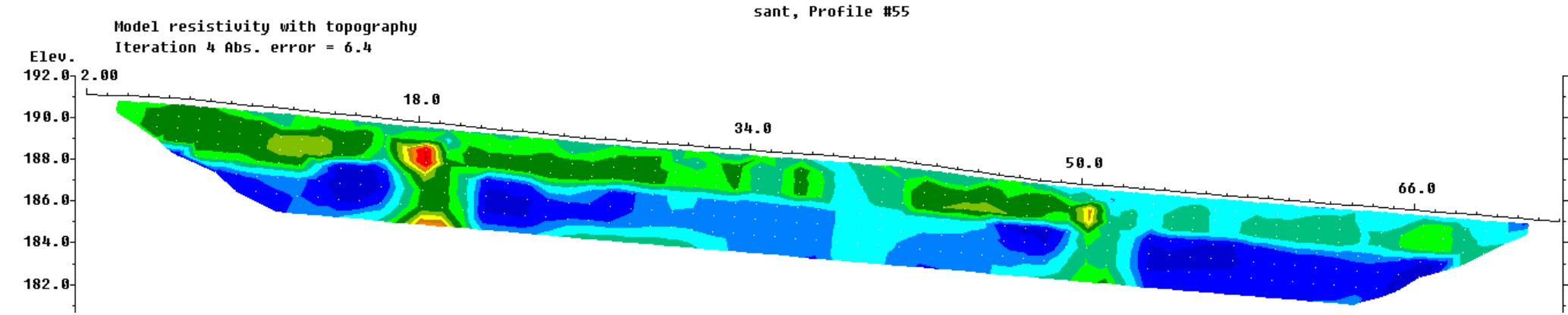
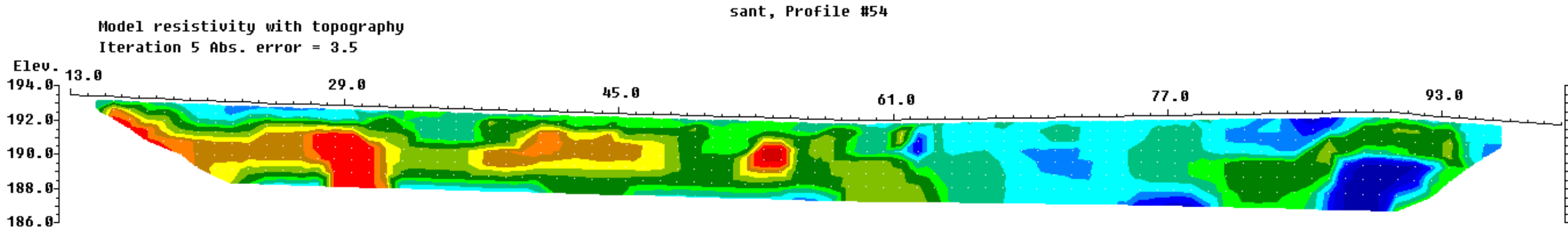
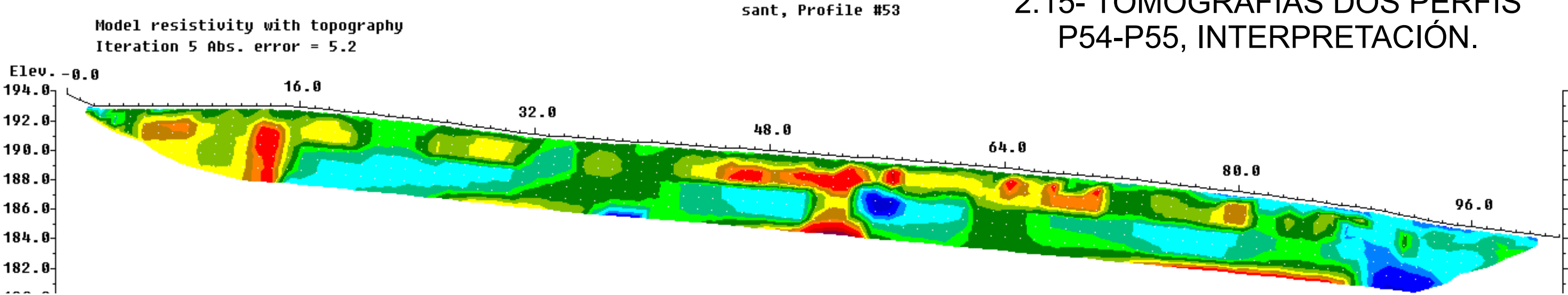
18 Anomalía vertical

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

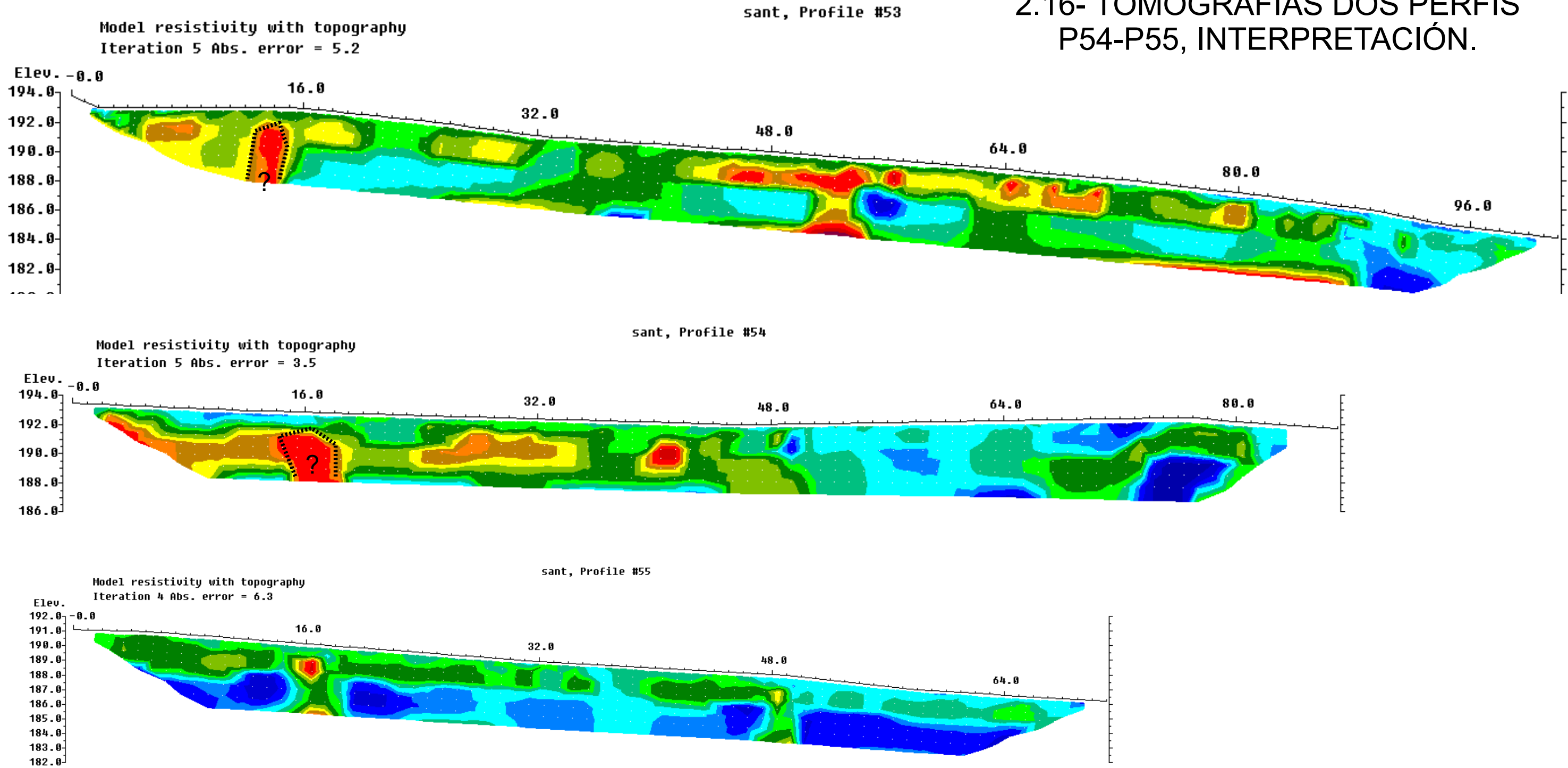
2.15- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P54-P55, INTERPRETACIÓN.



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

2.16- TOMOGRAFÍAS DOS PERFÍS P54-P55, INTERPRETACIÓN.

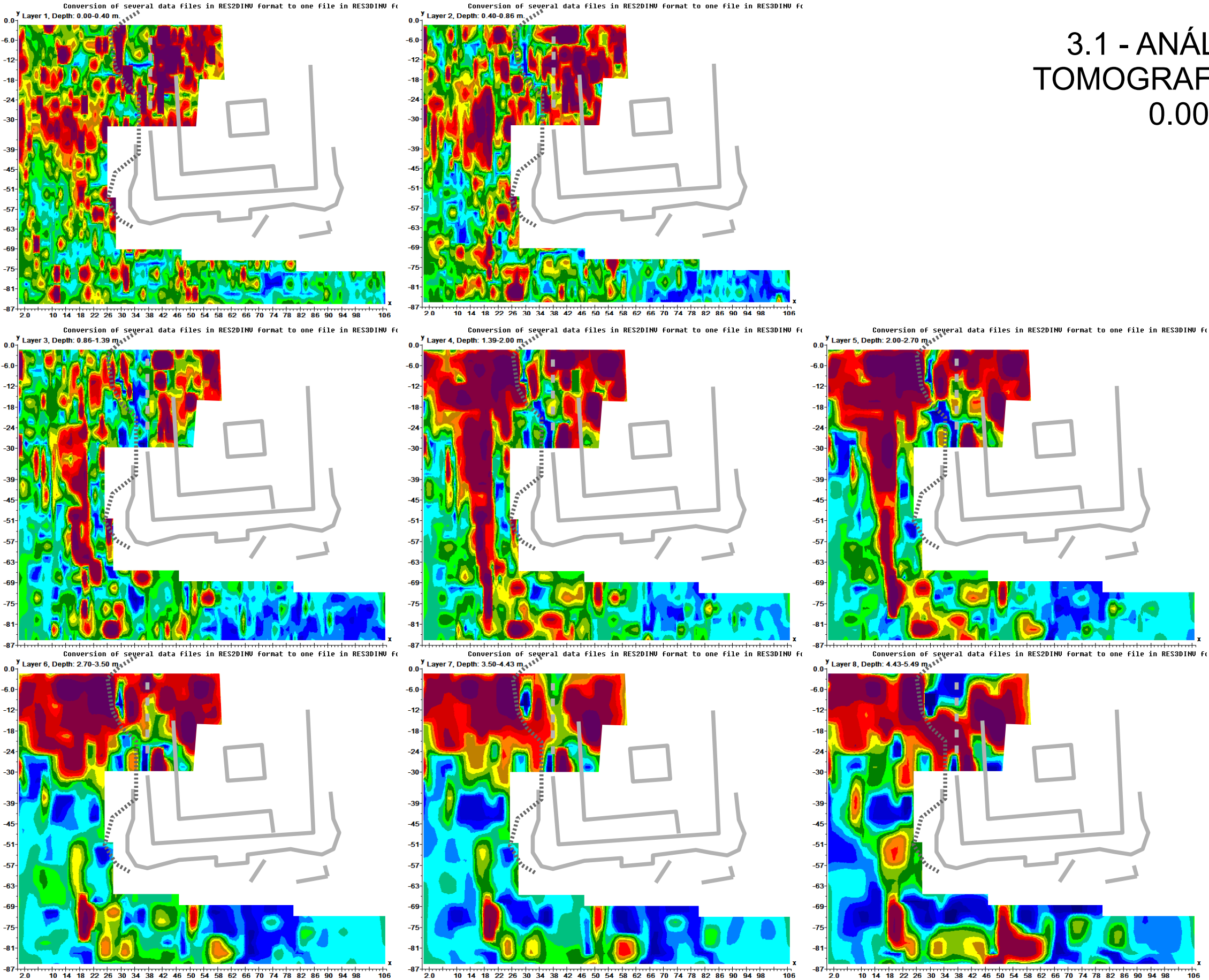


PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

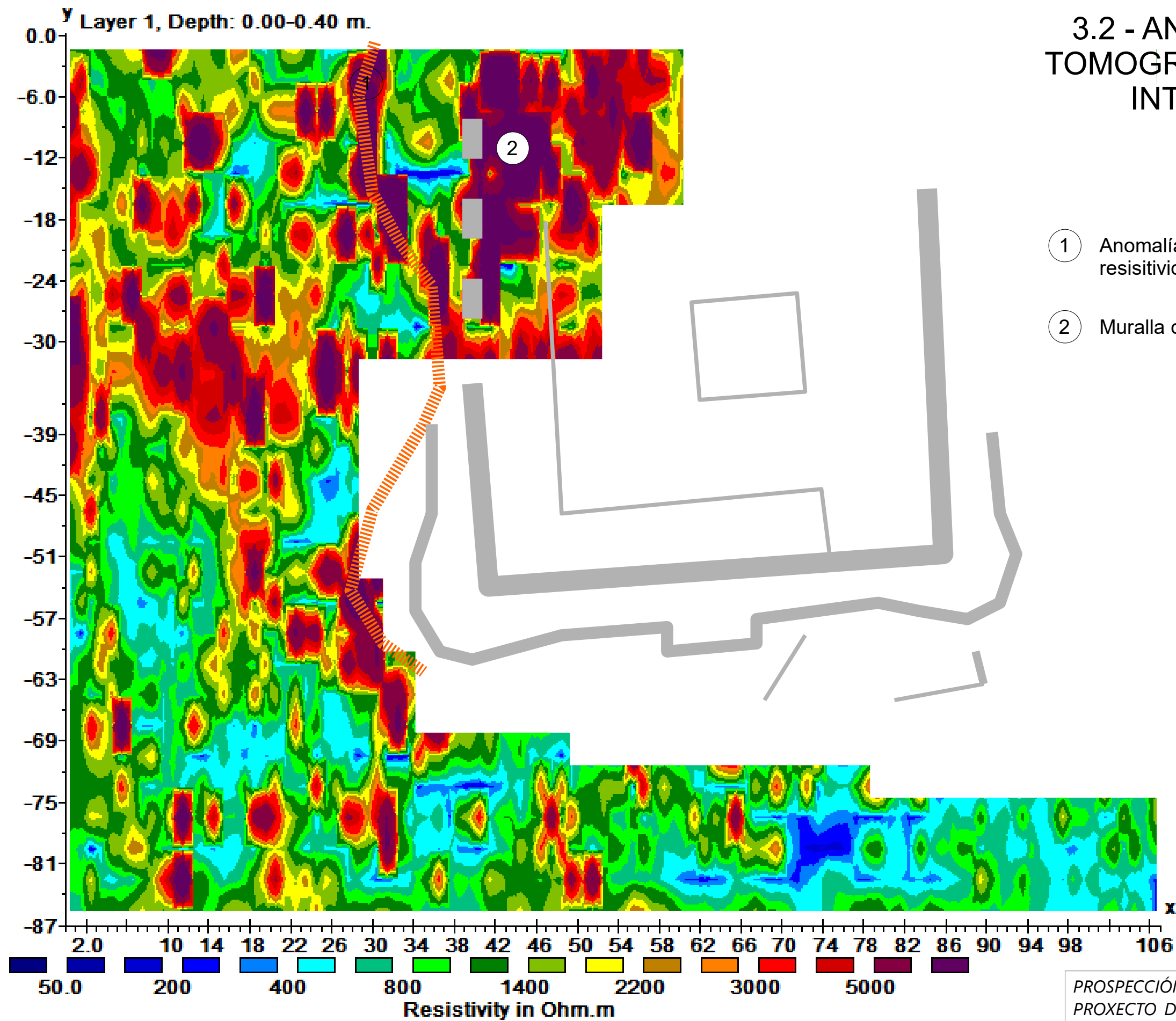
3.1 - ANÁLISE 3D, P1-P30.
TOMOGRAFÍAS XY POR PROF.
0.00 m – 5.49 m



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO



X Unit Electrode Spacing 1.0M. Y Unit Electrode Spacing 3.0M. Iteration 6 - RMS Error 10.1%

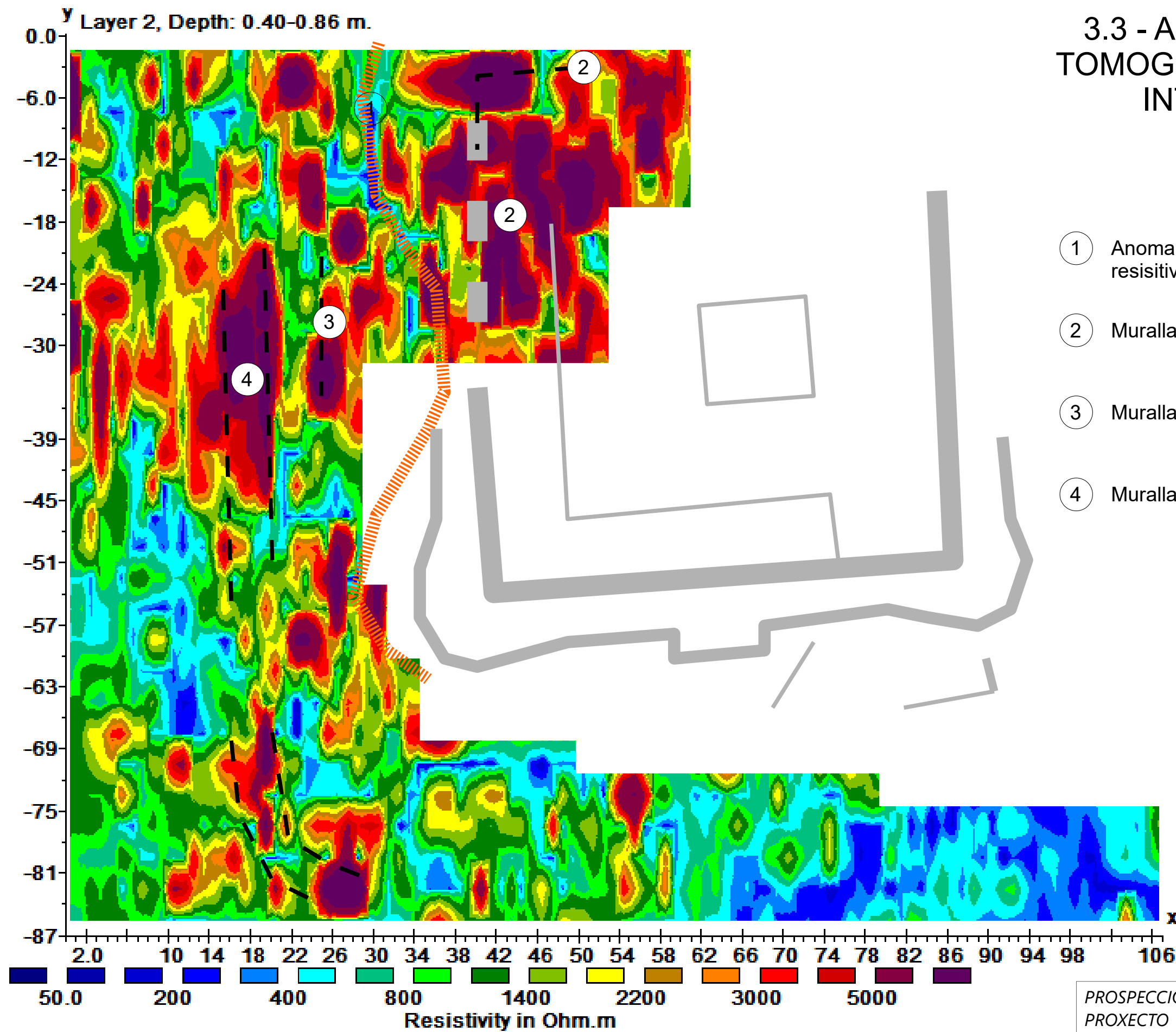
3.2 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 0.00 m - 0.40 m. INTERPRETACIÓN

- ① Anomalia superficial do enreixado (alta resistividade)
- ② Muralla do castelo e derrubas

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO



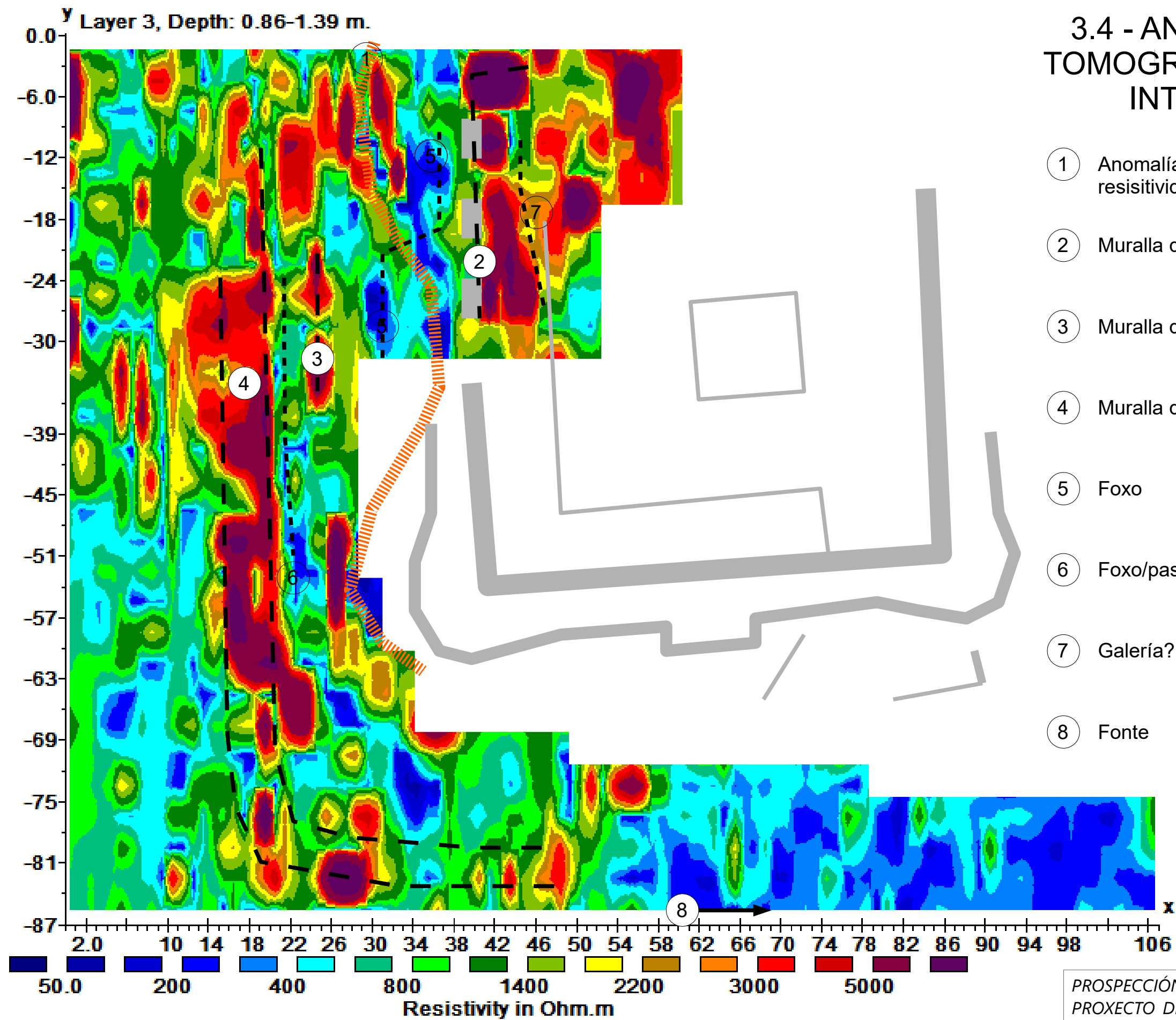
3.3 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 0.40 m - 0.86 m. INTERPRETACIÓN

- ① Anomalia superficial do enreixado (baixa resistividade)
- ② Muralla do castelo e derrubas
- ③ Muralla do medio
- ④ Muralla de fóra

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

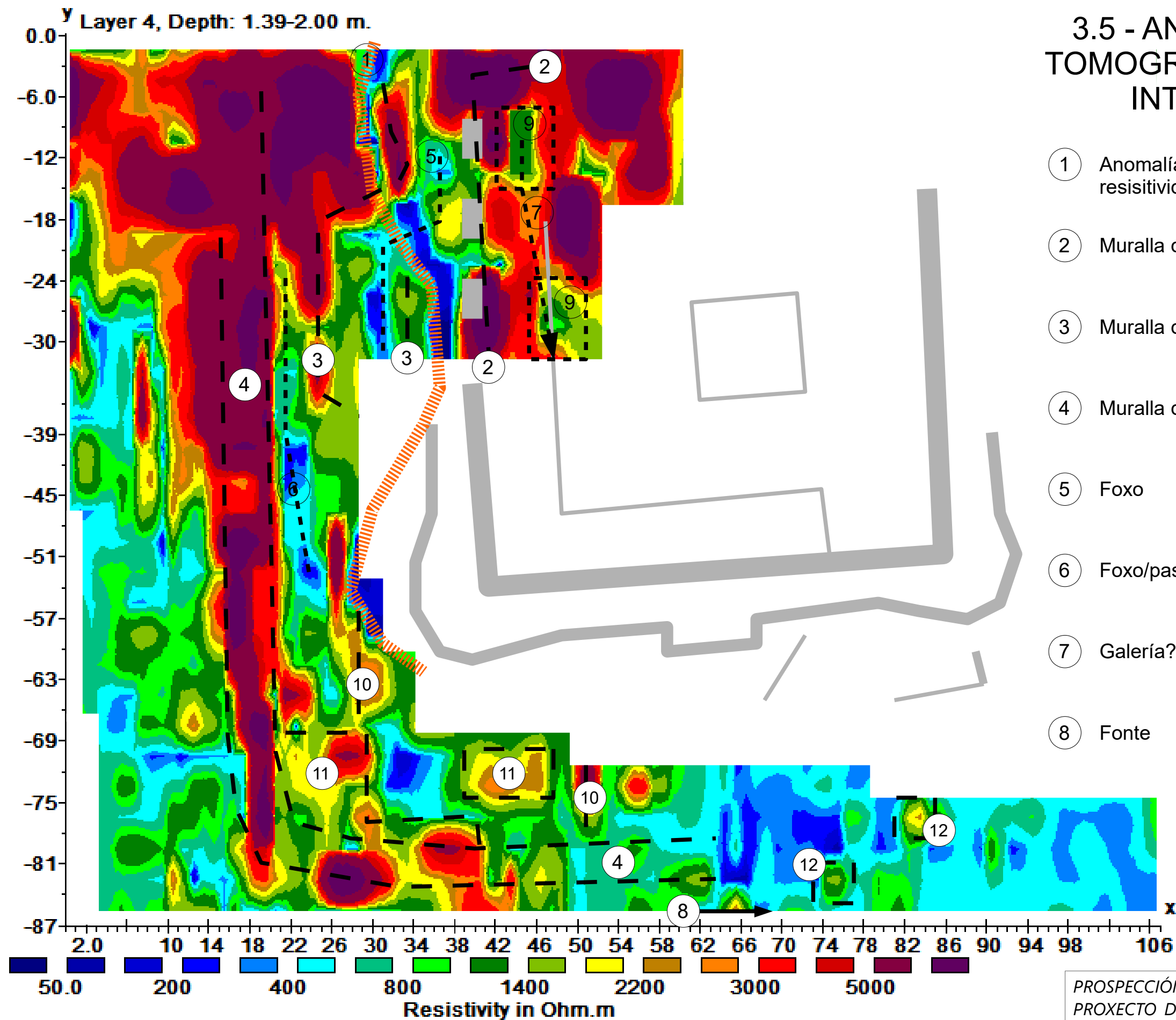


3.4 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 0.86 m - 1.39 m. INTERPRETACIÓN

- ① Anomalia superficial do enreixado (baixa resistividade)
- ② Muralla do castelo
- ③ Muralla do medio
- ④ Muralla de fóra
- ⑤ Foxo
- ⑥ Foxo/paso entre murallas do medio e de fóra?
- ⑦ Galería?
- ⑧ Fonte

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

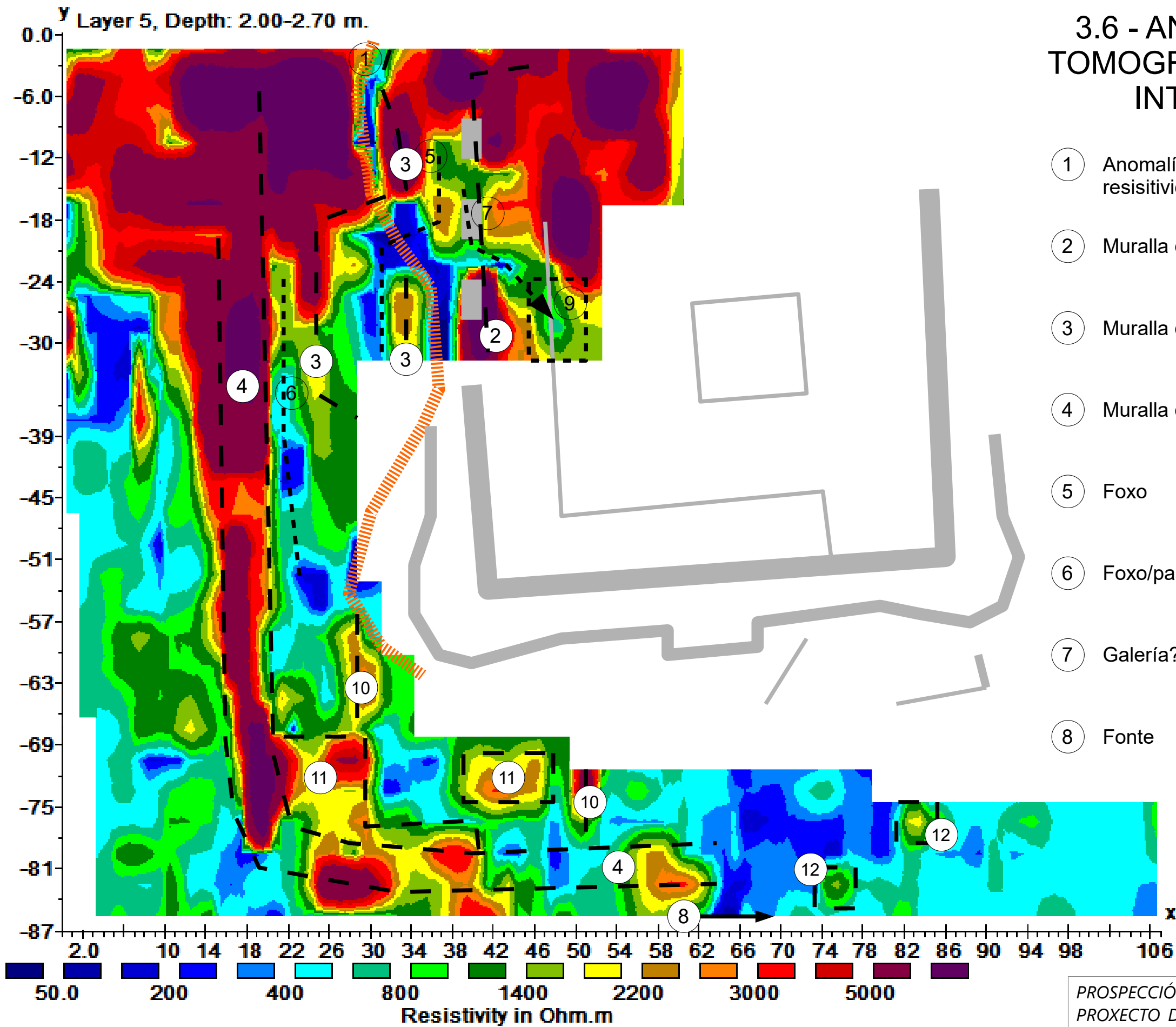


3.5 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 1.39 m - 2.00 m. INTERPRETACIÓN

- ① Anomalia superficial do enreixado (baixa resistividade)
- ② Muralla do castelo
- ③ Muralla do medio (dobre fronte á porta)
- ④ Muralla de fóra
- ⑤ Foxo
- ⑥ Foxo/paso entre murallas do medio e de fóra?
- ⑦ Galería?
- ⑧ Fonte
- ⑨ Cámaras?
- ⑩ Posibles muros
- ⑪ Derrubas/cimentacións?
- ⑫ Restos da muralla de fóra?

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

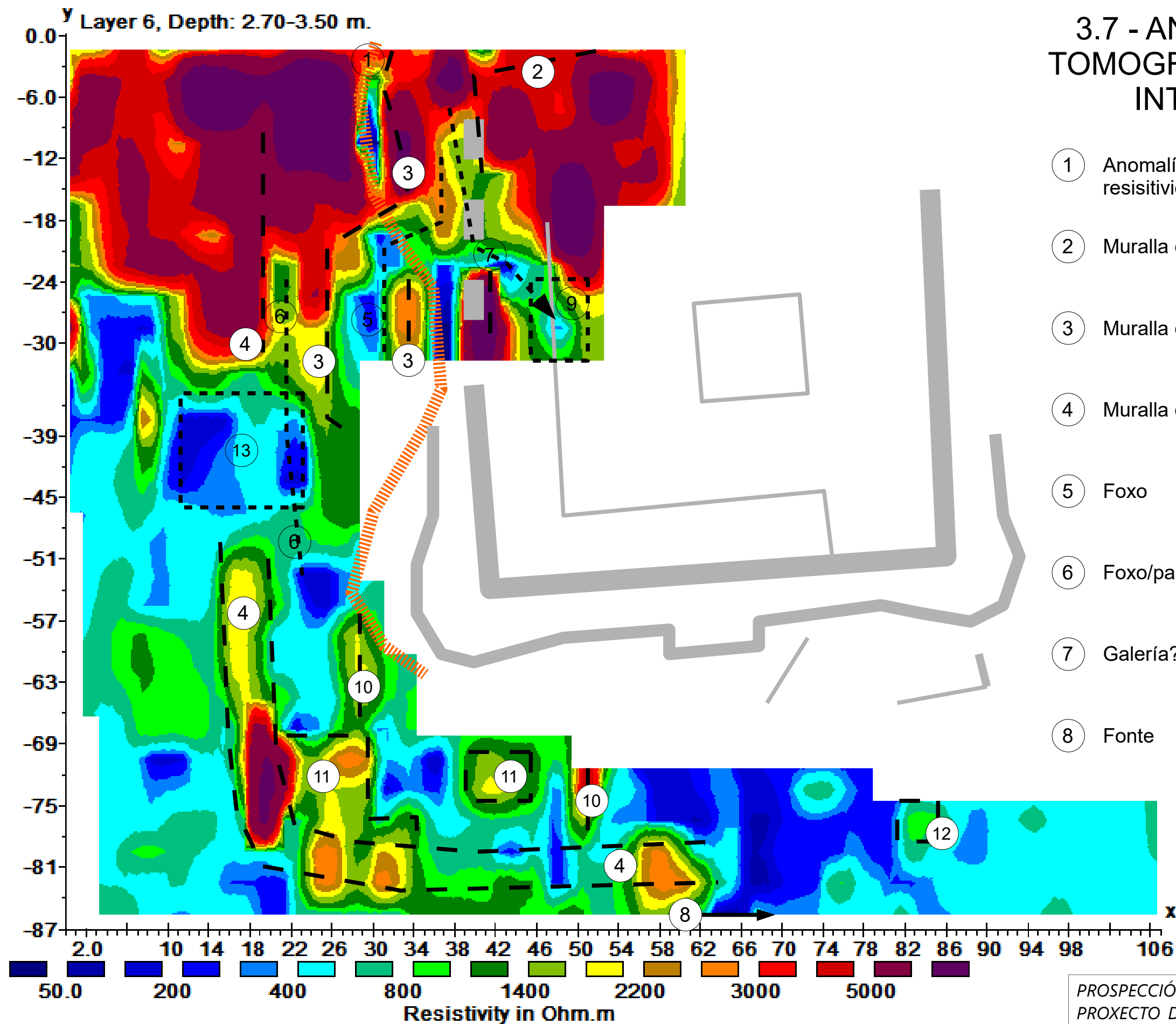


3.6 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 2.00 m - 2.70 m. INTERPRETACIÓN

- ① Anomalia superficial do enreixado (baixa resistividade)
- ② Muralla do castelo
- ③ Muralla do medio
- ④ Muralla de fóra
- ⑤ Foxo
- ⑥ Foxo/paso entre murallas do medio e de fóra?
- ⑦ Galería?
- ⑧ Fonte
- ⑨ Cámara?
- ⑩ Posibles muros
- ⑪ Derrubas/cimentacións?
- ⑫ Restos da muralla de fóra?

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO



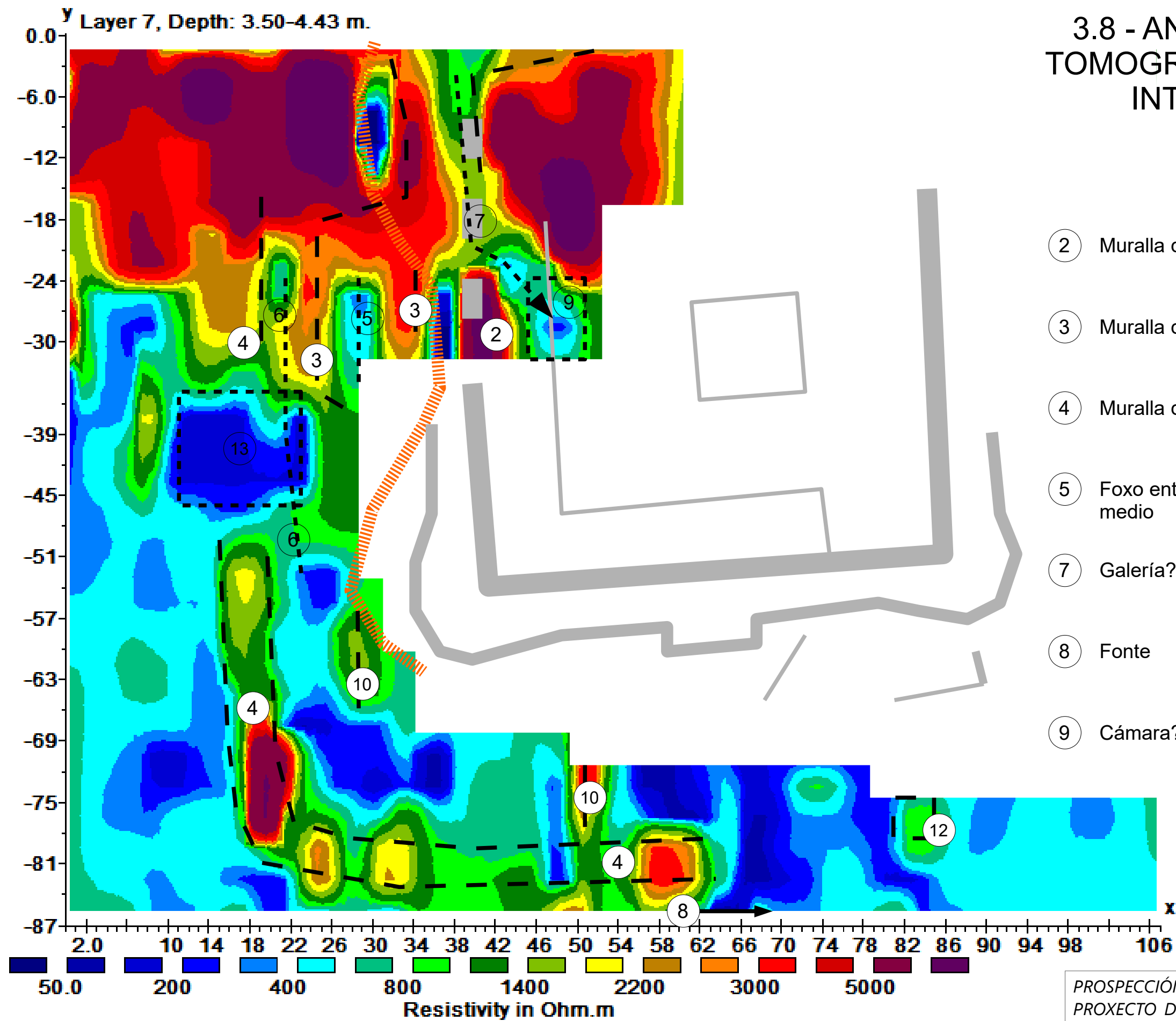
3.7 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 2.70 m - 3.50 m. INTERPRETACIÓN

- | | |
|---|------------------------------|
| ① Anomalia superficial do enreixado (baixa resistividade) | |
| ② Muralla do castelo | |
| ③ Muralla do medio | |
| ④ Muralla de fóra | |
| ⑤ Foxo | |
| ⑥ Foxo/paso? | ⑨ Cámara? |
| ⑦ Galería? | ⑩ Posibles muros |
| ⑧ Fonte | ⑪ Derrubas/cimentacións? |
| | ⑫ Restos da muralla de fóra? |
| | ⑬ Foxo cadrado |

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO



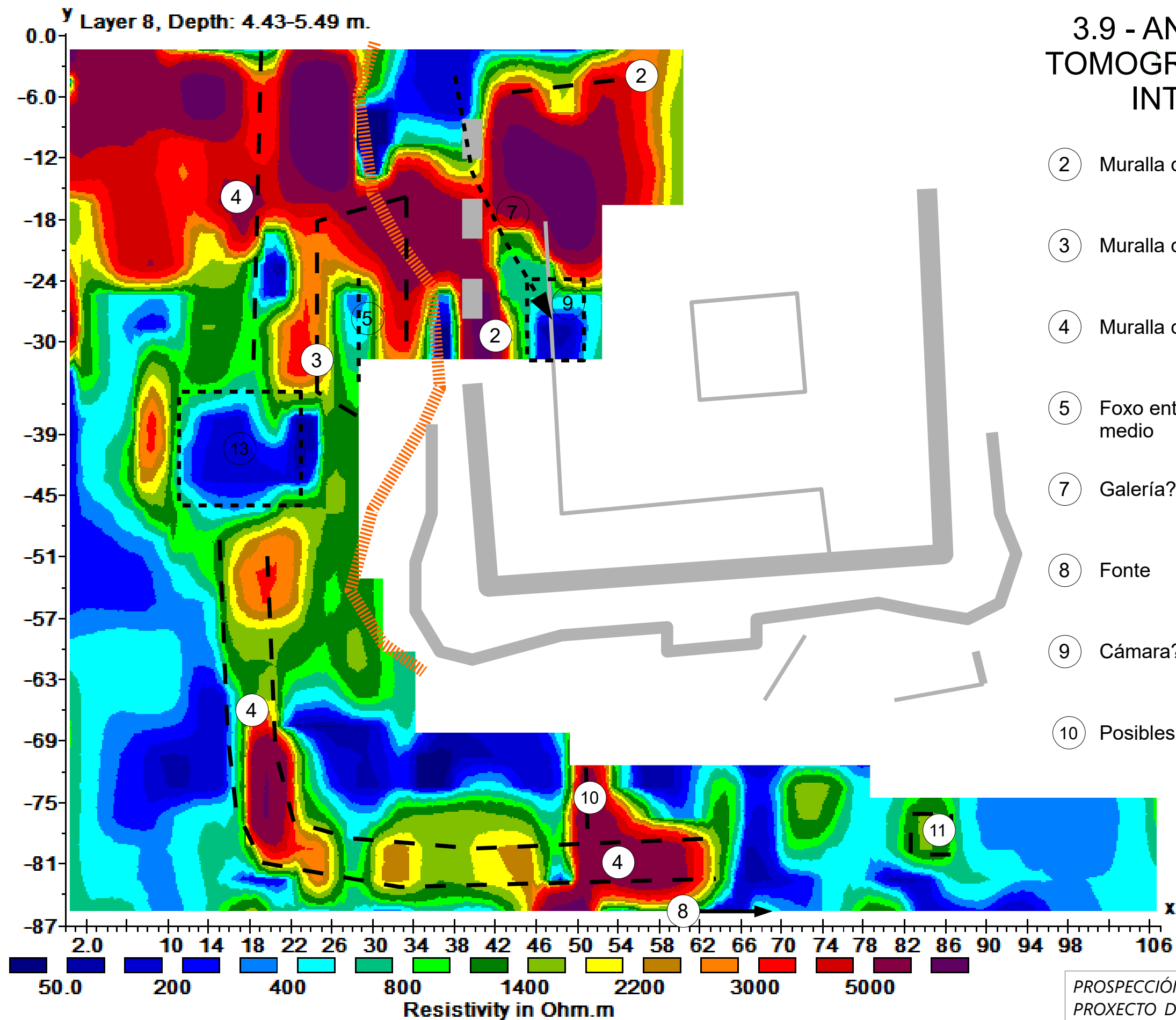
3.8 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 3.50 m - 4.43 m. INTERPRETACIÓN

- ② Muralla do castelo
- ③ Muralla do medio
- ④ Muralla de fóra
- ⑤ Foxo entre muralla do castelo e muralla do medio
- ⑦ Galería?
- ⑧ Fonte
- ⑨ Cámara?
- ⑩ Posibles muros
- ⑫ Restos da muralla de fóra?
- ⑬ Foxo cadrado

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO



3.9 - ANÁLISE 3D, P1-P30. TOMOGRAFÍA 4.43 m - 5.49 m. INTERPRETACIÓN

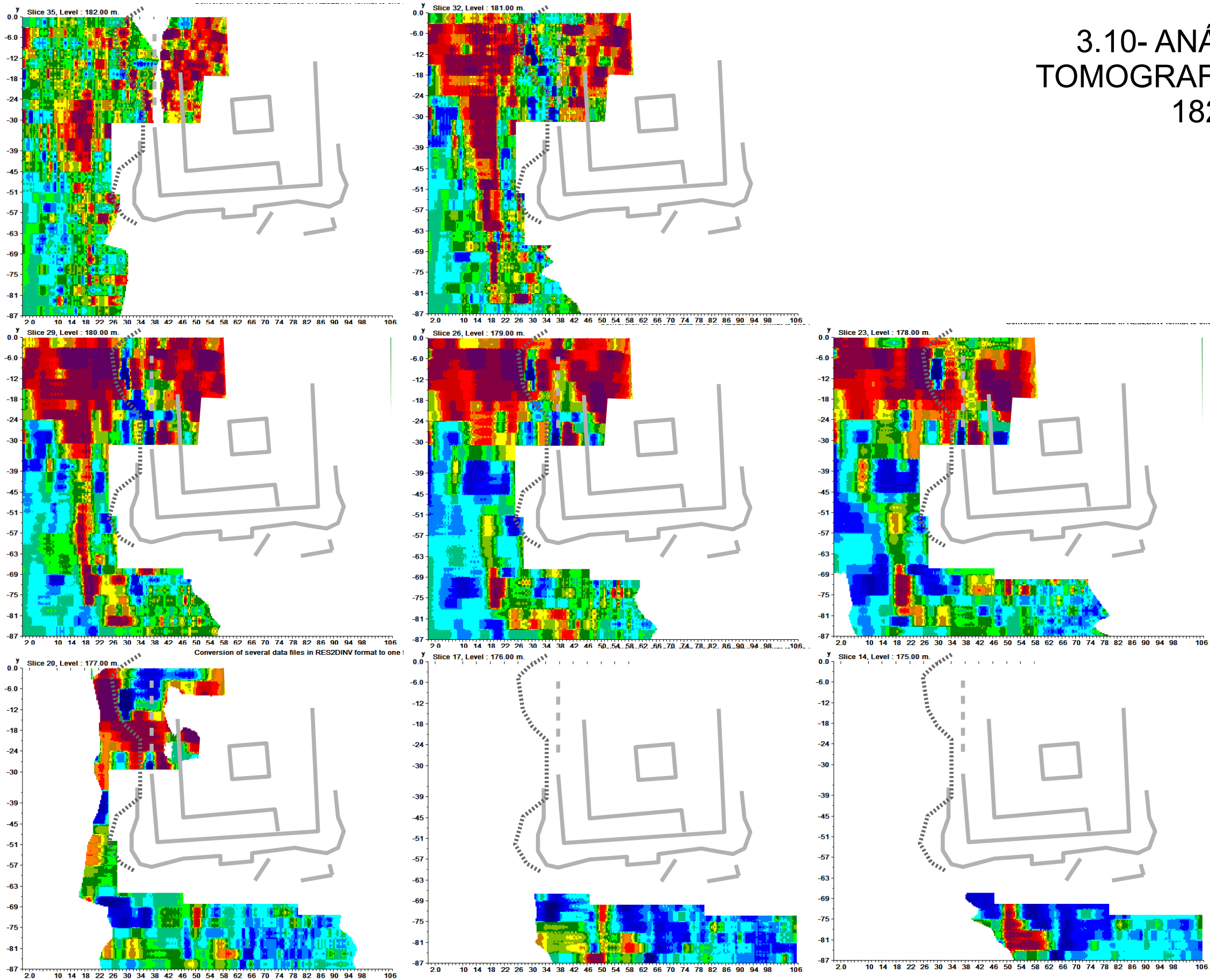
- ② Muralla do castelo
- ③ Muralla do medio
- ④ Muralla de fóra
- ⑤ Foxo entre muralla do castelo e muralla do medio
- ⑦ Galería?
- ⑧ Fonte
- ⑨ Cámara?
- ⑩ Posibles muros
- ⑪ Restos da muralla de fóra?
- ⑬ Foxo cadrado

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 - ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

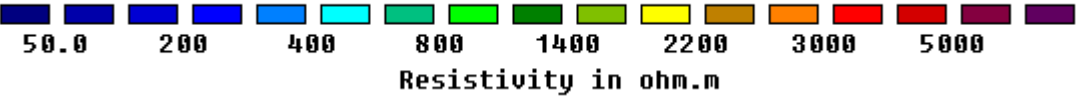
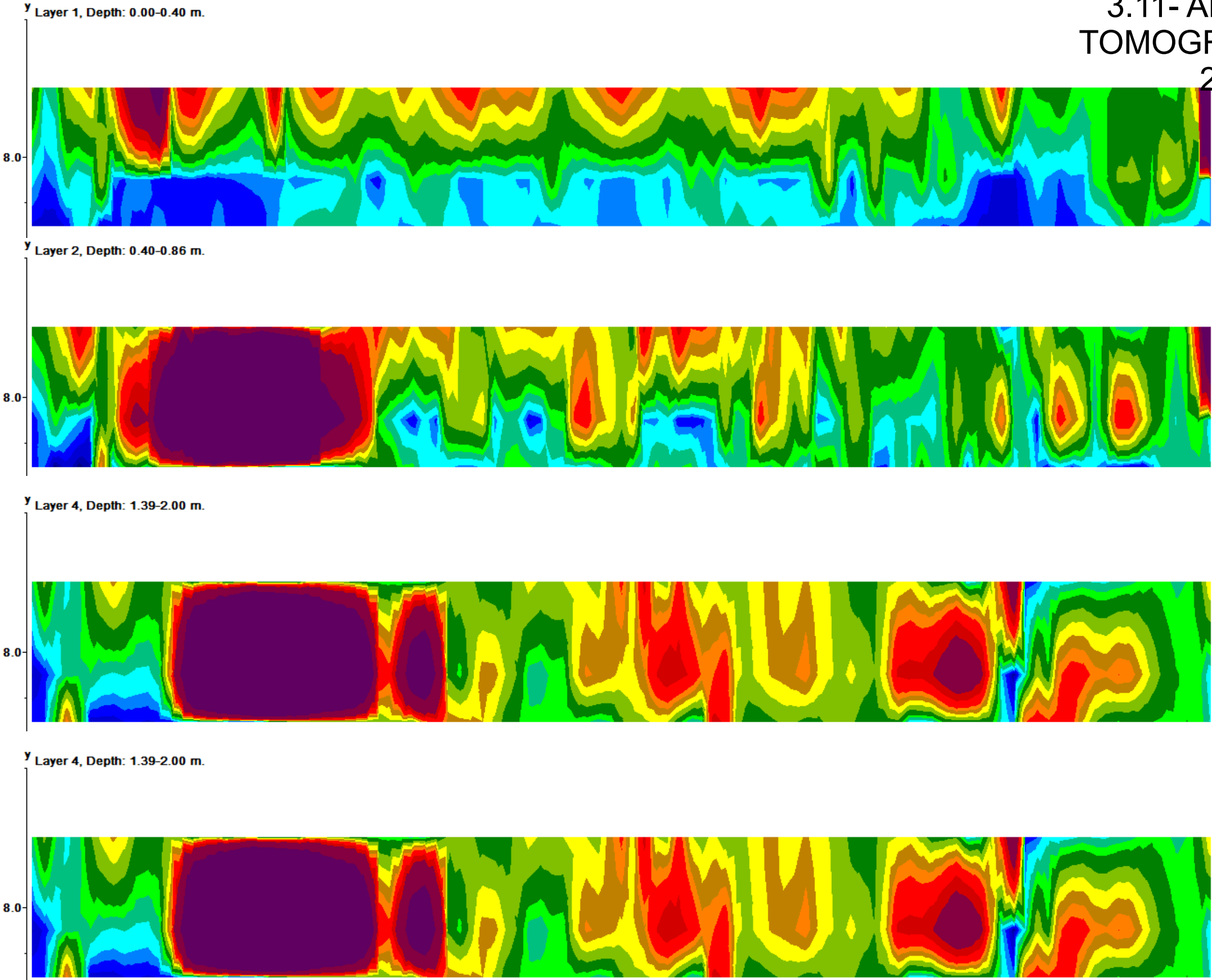
3.10- ANÁLISE 3D, P1-P30.
TOMOGRAFÍAS XY POR COTAS
182 m - 175 m.



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

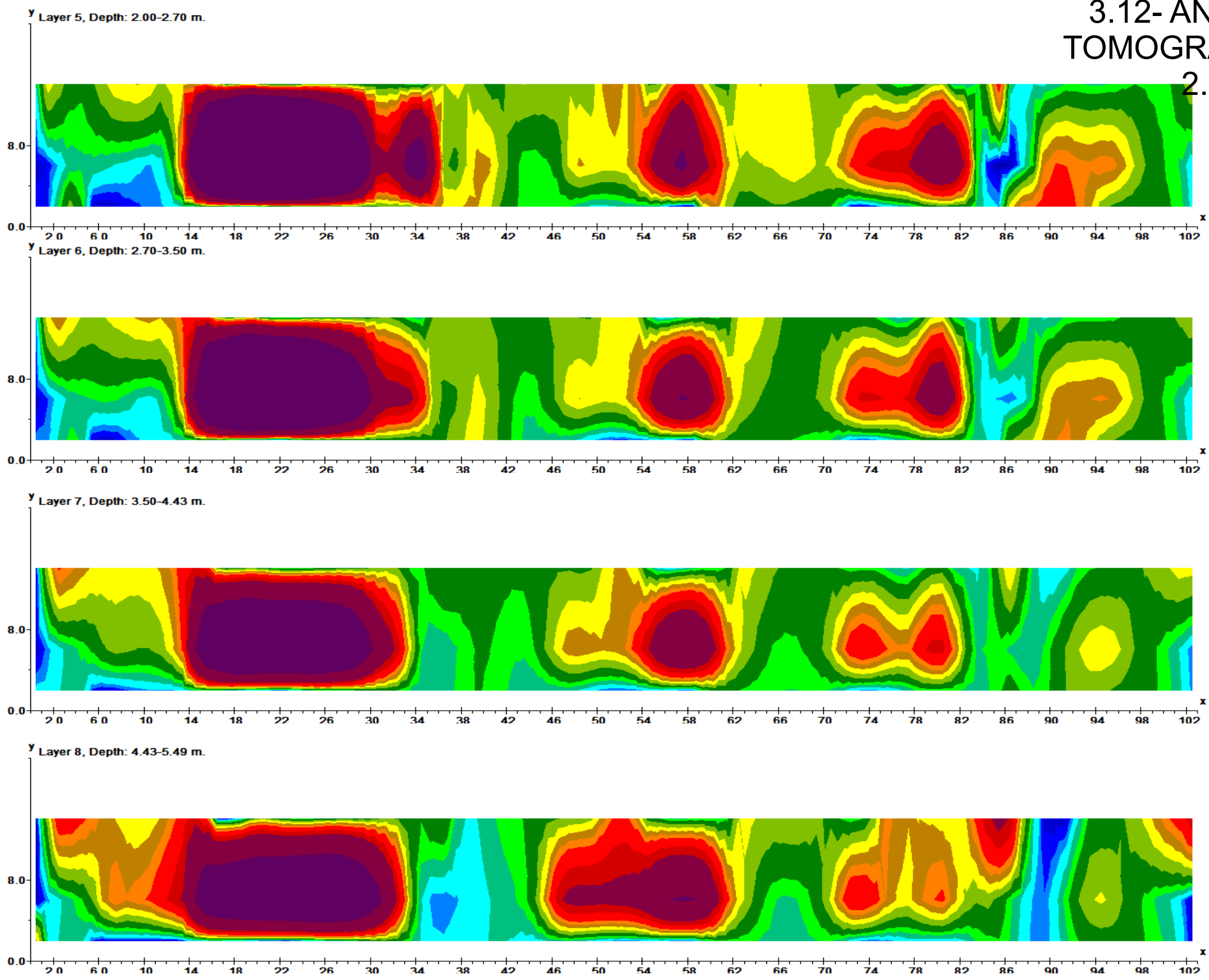
3.11- ANÁLISE 3D, P50-P53.
TOMOGRAFÍAS XY POR PROF.
2.00 m - 5.49 m.



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

3.12- ANÁLISE 3D, P50-P53.
TOMOGRAFÍAS XY POR PROF.
2.00 m - 5.49 m.



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

4.1 – EIDO 'ROCHAFORTE'.
ESQUEMA INTERPRETATIVO



- 1 Muralla do castelo
 - 2 Posibles cámaras
 - 3 Posible galería
 - 4 4b Foxo da muralla e pequeno foxo da porta
 - 5 5b Muralla do medio e pequena muralla da porta
 - 6 Muralla de fóra
 - 7 Paso da muralla de fóra
 - 8 Entullos, ciementacións e recheos indiferenciados
 - 9 Muros traveseiro e da torre sur
- ▶ Fonte

■ Estruturas expostas ■ Estruturas supostas ■ Estruturas interpretadas nas tomografías

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).
2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

4.2 – EIDO 'A ROCHA'. ESQUEMA INTERPRETATIVO



PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

5.1- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO EQUIPO DE MEDICIÓN.

AUTOMATIC RESISTIVITY SYSTEM
ARES G4
G4 1100 V_{p-p} - 2 A - 300 W
Resistivity, IP (up to 10 adjustable windows)
2D/3D Multi-Electrode Resistivity Tomography, VES, RP, SP
Easy-Control System



Technical Specifications

	ARES-G4
Transmitter	
Power	up to 300 W
Current	up to 2.0 A
Voltage	10 – 550 V (1100 V _{p-p})
Protection	full electronic protection
Precision	0.5%
Receiver	
Input impedance	20 MΩ
Input voltage range	±5 V
Mains frequency filtering	50 or 60 Hz
Precision	0.1%
Supported methods	
2D/3D-Multi-Electrode Resistivity Tomography	Wenner Alpha / Beta / Gamma, Wenner-Schlumberger, Dipole-Dipole, Pole-Dipole, Reverse Pole-Dipole, Pole-Pole, MSG, etc. user defined configurations Possibility of simultaneous measurement of up to 8 methods
VES – Vertical Sounding	Schlumberger, Wenner, dipole-dipole, pole-dipole, pole-pole user defined configurations
RP – Resistivity Profiling	Wenner Alpha / Beta / Gamma, Wenner-Schlumberger, Dipole-Dipole,Pole-Dipole, Pole-Pole, MSG
SP - Self Potential	
Measurement – features	self-adapting control system, automatic ranging and calibration automatic checking of measured values easy measurement interruption - creation of a map – continuation possibility of rolling multi-electrode cable sections along the profile
IP – Induced Polarization (Chargeability)	available for all 1D / 2D / 3D methods up to 10 adjustable IP-windows, each max. 30s, step 20 / 16.66ms 0.3 s – 30 s, step 0.1 s
Pulse	constant and linear, time-invariant
SP compensation	manual or automatic self-adaptive setting, up to 128
Stacking	adjustable optimum measured voltage and maximum acceptable measurement error
Measurement optimization	position of the measured point, output current, input voltage, SP, apparent resistivity, standard deviation, chargeability with standard deviation for all 10 IP windows (IP)
Stored values	RES2DINV / RES3DINV, Surfer (and others)
Output data format	200 for 2D, 1000 for 3D
Maximum number of electrodes	10 km
Maximum profile length	Easy-Control system, no need of PC for the measurement
Control unit	alphanumeric keyboard and large LCD display
Memory	16Mbit, up to 100 files, 70000 readings (multi-electrode cable)
Interface	RS232 or USB
Power supply	external 12 V car battery or battery pack
Connectors	universal connector for measurement accessories (Multi-Electrode Cable, VES-Adapter ...), PC connector, battery connector
Dimensions	13 x 17 x 39 cm
Weight	3.5 kg

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

5.2- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS PROGRAMAS DE INVERSIÓN.

RES2DINVx32/x64 software

Supports on land, underwater and cross-borehole surveys
Supports the Wenner (alpha,beta,gamma), Wenner-Schlumberger, pole-pole, pole-dipole, inline dipole-dipole, equatorial dipole-dipole, gradient and non-conventional arrays.
Supports exact and approximate least-squares optimisation methods
Supports smooth and sharp constrasts inversions
Supports up to 16000 electrodes and 21000 data points on computers with 1GB RAM
Supports up to 125000 data points on computers with 24GB RAM (RES2DINVx64)
Seamless inversion of very long survey lines using sparse inversion techniques
(RES2DINV only license includes limited used of RES3DINV 3D inversion program)

Two-dimensional (2D) electrical imaging surveys are now widely used to map areas of moderately complex geology where conventional 1D resistivity sounding and profiling techniques are inadequate. The results from such surveys are usually plotted in the form of a pseudosection which gives an approximate but distorted picture of the subsurface geology. The RES2DINVx32/x64 programs use the smoothness-constrained Gauss-Newton least-squares method inversion technique to produce a 2D model of the subsurface from the apparent resistivity data alone. It is completely automatic and the user does not even have to supply a starting model. This program has been optimised for the inversion of large data sets. The use of available memory is optimised so as to reduce the computer time by minimising disk swapping. On a modern microcomputer, the inversion of a single pseudosection is usually completed within seconds to minutes. Four different techniques for topographic modelling are available in this program. Together with the free 2D forward modeling program RES2DMOD, it forms a complete 2D resistivity forward modeling and inversion package. The program will automatically choose the optimum inversion parameters for a particular data set. However, the parameters which affects the inversion process can be modified by the user. The smoothing filter can be adjusted to emphasize resistivity variations in the vertical or horizontal directions. Two different variations of the smoothness constrained least-squares method are provided; one optimised for areas where the subsurface resistivity varies in a smooth manner (such as chemical plumes), and another optimised for areas with sharp boundaries (such as massive ore bodies). A robust data inversion option is also available to reduce the effect of noisy data points. Resistivity information from borehole and other sources can also be included to constrain the inversion process. The complex resistivity method (Kenma, A., Binley, A., Ramirez, A. and Daily, W., 2000. Complex resistivity tomography for environmental applications. Chemical Engineering Journal, 77, 11-18.) is used for IP data inversion

RES3DINVx32/x64 software

Now available as a combined package together with RES2DINVx32/x64, the 2D Resistivity & IP inversion program.
Supports exact and approximate least-squares optimisation methods
Supports smooth and sharp constrasts inversions
Supports up to 5041 electrodes and 67500 data points on computers with 1GB RAM (RES3DINVx32)
Supports more than 20000 electrodes and 100000 data points on computers with 16GB RAM (RES3DINVx64)
Supports trapezoidal survey grids
Supports surveys with electrodes at arbitrary positions (RES3DINVx64)
Supports parallel calculations on Intel (and compatible) based computers
Multi-core support with RES3DINVx32/x64, 128GB memory support with RES3DINVx64

In areas where the geological structures are approximately two-dimensional (2D), conventional 2D electrical imaging surveys have been successfully used. The main limitation of such surveys is probably the assumption of a 2D structure. In areas with complex structures, there is no substitute for a fully 3D survey. The arrays supported include the pole-pole, pole-dipole, inline dipole-dipole, equatorial dipole-dipole and Wenner-Schlumberger and non-conventional arrays. The RES3DINVx32/x64 programs use the smoothness-constrained Gauss-Newton least-squares inversion technique to produce a 3D model of the subsurface from the apparent resistivity data alone. Like RES2DINV, it is completely automatic and the user does not even have to supply a starting model. A Intel multi-core (or compatible CPU) based microcomputer with at least 2 GB RAM and an 500 gigabyte hard-disk is recommended. It supports parallel calculations that significantly reduces the inversion time. On a modern microcomputer, the data inversion takes less than a minute for small surveys with 100 electrodes in a flat area, to several hours for extremely large surveys with 6000 electrodes in rugged terrain. Topographic effects can be modelled by using a distorted finite-element grid such that the surface of the grid matches the topography. The program will automatically choose the optimum inversion parameters for a particular data set. However, the parameters which affects the inversion process can be modified by the user. On a modern multi-core Windows-based microcomputer, the data inversion takes from less than a minute for small surveys with 100 electrodes in a flat area to several hours for extremely large surveys with 6000 electrodes in rugged terrain. The inversion of a data set with 198 electrode positions (BLOCKS_22x9-ws.dat example data file) just takes about 17 seconds on a PC with a hex-core i7 CPU. Two different variations of the smoothness constrained least-squares method are provided; one optimised for areas where the subsurface resistivity varies in a smooth manner (as in many hydrogeological problems), and another optimised for areas with sharp boundaries (such as massive ore bodies). A robust data inversion option is also available to reduce the effect of noisy data points. To handle very large data sets, a data compression technique is used. It enables the inversion of very large data sets with over 50000 data points and model cells. As an example, RES3DINVx64 took about 3.6 hours to carry out 5 iterations for the inversion of a data set from an area with significant topography with 147,355 data points, 9396 electrode positions, 64,400 model cells and over 670,000 nodes on a PC with a 3.5GHz Hex-Core Intel 3930 CPU with 64GB RAM. An example of the results obtained from an electrical imaging survey in an area with a very complex subsurface geology is shown in Figure 1. This survey was carried out at Lernacken in Southern Sweden over a closed sludge deposit using the pole-pole array (Dahlin, T. and Bernstone, C., 1997. A roll-along technique for 3D resistivity data acquisition with multi-electrode arrays, Procs. SAGEEP'97 , vol 2, 927-935.). A survey grid of 21 by 17 electrodes with a 5 metres spacing between adjacent electrodes was used. The former sludge ponds containing highly contaminated ground water show up as low resistivity zones in the top two layers. This was confirmed by chemical analysis of samples. The low resistivity areas in the bottom two layers are due to saline water from a nearby sea. Figure 2 shows a 3D plot of the inversion model using the Slicer/Dicer plotting program.

PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO

6.1- SINATURA ELECTRÓNICA.

**PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE
RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO
DE A ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA)**

**DERRADEIRA PÁXINA DO ANEXO
[Ref. 1902-XEOF]**

**OSCAR PAZOS R.
XEÓLOGO**

TOMÁS A. ALONSO 193, 7ºB

36208 VIGO

Tel. 619 929 089 correo: oscar_pazos@hotmail.com



"Unha maneira de facer Europa"

*PROSPECCIÓN XEOFÍSICA POR TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDADE NO
PROXECTO DE ACONDICIONAMENTO EXTERIOR DO CASTELO DE A
ROCHA FORTE (A ROCHA, SANTIAGO DE COMPOSTELA).*

2 – ANEXO

OSCAR PAZOS R.- XEÓLOGO