



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**MODELO HIDROGEOLÓGICO TRIDIMENSIONAL DO  
SISTEMA AQUÍFERO DE SINES**

Rafaela Barreto Chumbo

**Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica**

**Orientador Científico**

**António Alberto Chambel Gonçalves Pedro**

**Coorientador Científico**

**José Paulo Patrício Geraldês Monteiro**

**Évora, julho de 2012**





**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**MODELO HIDROGEOLÓGICO TRIDIMENSIONAL DO  
SISTEMA AQUÍFERO DE SINES**

Rafaela Barreto Chumbo

**Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica**

**Orientador Científico**

**António Alberto Chambel Gonçalves Pedro**

**Coorientador Científico**

**José Paulo Patrício Geraldês Monteiro**

**Évora, julho de 2012**



À Luísa e ao Rafael

*Esta dissertação foi escrita ao abrigo do novo Acordo Ortográfico*



---

## MODELO HIDROGEOLÓGICO TRIDIMENSIONAL DO SISTEMA AQUÍFERO DE SINES

### RESUMO

O objetivo principal desta dissertação é estabelecer um modelo hidrogeológico tridimensional para a área do Sistema Aquífero de Sines.

Pela introdução da informação retirada de logs de sondagens realizadas por várias entidades, no *software* Groundwater Modeling System 6.5 (GMS), criou-se uma estrutura geológica tridimensional e, com base nesta, o modelo hidrogeológico tridimensional.

Este modelo mostra a existência de uma cobertura cenozóica correspondente a um aquífero superior, que abrange toda a área dentro dos limites do aquífero, e de formações jurássicas que suportam um aquífero inferior. Estas formações afloram a E, nos limites do aquífero correspondendo à zona de recarga direta do mesmo. A zona SW do aquífero, correspondente a uma zona de descarga, mostra a presença de filões e diques resultantes da intrusão do Maciço Eruptivo de Sines.

**Palavras-chave:** Sistema Aquífero de Sines; aquífero poroso e cársico; modelo tridimensional.





---

## THREE-DIMENSIONAL HYDROGEOLOGIC MODEL OF THE AQUIFER SYSTEM OF SINES

### ABSTRACT

The aim of this dissertation is to establish a three-dimensional hydrogeologic model of the Sines Aquifer System.

A three-dimensional geological structure was built by introducing, using the *Groundwater Modeling System 6.5 (GMS)* software, borehole log data taken from various entities.

This model shows a Cenozoic layer, which corresponds to an upper aquifer, covering all the area inside the aquifer limits, and overlaying a lower Jurassic aquifer. The Jurassic rocks outcrops are located to the E of the aquifer limits corresponding to a direct recharge zone. The SW area of the aquifer shows the presence of veins and dykes resulting from Eruptive Massif of Sines intrusion.

**Keywords:** Aquifer System of Sines; karst and porous aquifer; three-dimensional model.



**AGRADECIMENTOS**

Durante a realização desta dissertação, e do meu percurso universitário, contactei com diversas pessoas que me apoiaram de variadas formas e às quais gostaria de expressar o meu sincero agradecimento.

Ao meu orientador científico, o Professor Doutor António Chambel, a quem devo um especial agradecimento pela ajuda, apoio, serenidade e compreensão durante estes meses, e por todo o fascínio que me transmitiu pela hidrogeologia ao longo do curso.

Ao Professor Doutor José Paulo Monteiro, a quem agradeço ter aceitado a coorientação científica desta dissertação, a compreensão e por sempre se mostrar disponível para ajudar e apoiar, mesmo à distância.

Ao Engenheiro Marco Ferreira, agradeço por me ter recebido nas instalações da empresa Águas de Santo André, SA e por me facultar toda a informação disponível.

Ao Professor Doutor Júlio Carneiro, que sempre se mostrou muito prestável, agradeço os esclarecimentos ao nível do funcionamento dos programas de modelação.

À Diretora de Curso do Mestrado em Engenharia Geológica, Professora Doutora Isabel Duarte, a quem devo agradecer a preocupação que demonstrou, e o apoio, não só durante a elaboração desta dissertação mas ao longo de todos os anos.

À Doutora Delphine Fitzenz, ao Professor Doutor Mourad Bezzeghoud e ao Boris Le Goff, agradeço a compreensão aquando da minha ausência durante a bolsa de investigação.

Aos amigos Jaime Máximo e Rui Sardinha, a quem muito agradeço a disponibilidade e ajuda no *software* ArcGis.

Agradeço aos meus grandes amigos de sempre Marta, Paulo e Filipa, o conforto de uma amizade com a qual soube que pude sempre contar, mesmo quando não estive presente.

Aos meus fiéis amigos da universidade Eva, Mafalda, Daniel, Paula e Tiago, foi graças a vocês que este longo percurso teve muito mais encanto.

Aos meus pais e à minha irmã, agradeço eternamente a vossa paciência para os desabafos que tantas vezes vos confiei e que só vocês compreenderam. Tudo o que me ensinaram e transmitiram, e o vosso apoio e incentivo, trouxeram-me finalmente até aqui.

Domingos, tu foste sem dúvida o meu braço direito para ultrapassar os obstáculos e não desistir. A ti, meu amigo e meu amor, agradeço a tua ajuda, paciência, compreensão e companheirismo. *“They don’t know what I’ve been through like you do. I was made for you.”*

E aos meu sobrinhos, Luísa e Rafael, com quem gostaria de ter passado mais tempo. É a vocês que dedico esta dissertação.

---

**ÍNDICE DO TEXTO**

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia geral.....	2
<b>2. Caracterização da área do Sistema Aquífero de Sines.....</b>	<b>3</b>
2.1. Enquadramento geográfico, administrativo e cartográfico.....	3
2.2. Enquadramento geomorfológico e hidrográfico.....	5
2.3. Enquadramento geológico.....	10
2.3.1. Evolução tectónico-estratigráfica da Bacia Meso-Cenozoica de Sines.....	10
2.3.2. Unidades lito-estratigráficas.....	12
2.3.2.1. Paleozoico.....	13
2.3.2.2. Mesozoico.....	13
2.3.2.3. Cenozoico.....	15
2.3.2.4. Maciço Eruptivo de Sines.....	16
2.3.3. Tectónica e fraturação.....	17
<b>3. Caracterização hidrogeológica do Sistema Aquífero de Sines.....</b>	<b>19</b>
3.1. Enquadramento.....	19
3.2. Características gerais do Sistema Aquífero.....	19
3.3. Produtividade.....	21
3.4. Caracterização da superfície piezométrica.....	23
3.5. Balanço hídrico entre a recarga e os volumes explorados.....	24
3.6. Caracterização hidrogeoquímica.....	25
3.7. Qualidade da água face às condições de exploração.....	26
3.8. Contaminação por hidrocarbonetos.....	27
3.9. Condições de fronteira.....	28
<b>4. Estrutura geológica tridimensional da área em estudo.....</b>	<b>29</b>
4.1. Inventariação das sondagens.....	29
4.2. Caracterização e adaptação dos dados das sondagens.....	32
4.3. Introdução dos dados das sondagens no <i>software</i> GMS.....	35
4.4. Adaptação da área do aquífero em estudo.....	35
4.5. Estrutura geológica tridimensional da Área Norte.....	37
4.6. Estrutura geológica tridimensional da Área Este.....	41
4.7. União da Área Norte com a Área Este – Falha de Santo André.....	50

4.8. Estrutura geológica bidimensional da Área Sudoeste .....	52
<b>5. Modelo hidrogeológico tridimensional do aquífero em estudo.....</b>	<b>55</b>
5.1. Divisão dos aquíferos Superior e Inferior .....	55
5.2. Modelo hidrogeológico tridimensional da Área Norte.....	56
5.3. Modelo hidrogeológico tridimensional da Área Este .....	59
5.4. Modelo hidrogeológico da Área Sudoeste.....	61
<b>6. Considerações finais .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS</b>	

---

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Enquadramento geográfico e administrativo do Sistema Aquífero de Sines. ....	4
Figura 2. Planta da Zona Industrial e Logística de Sines, ZILS (retirada do portal online do Porto de Sines). ....	5
Figura 3. Modelo Digital de Terreno da região do Sistema Aquífero de Sines (baseado nas curvas de nível de Portugal continental, com espaçamento de 30 m, do Faunalia). ....	6
Figura 4. Rede hidrográfica da região em estudo (adaptado da rede hidrográfica do Sistema Nacional de Informação do Ambiente). ....	9
Figura 5. Enquadramento geológico (adaptado da Folha 7 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000). ....	11
Figura 6. Divisão do Sistema Aquífero de Sines de acordo com a maior ou menor conectividade hidráulica entre o aquífero inferior e o aquífero superior (adaptado de Monteiro <i>et.al.</i> , 2008). ....	23
Figura 7. Distribuição geográfica dos dados de sondagens recolhidos e utilizados neste trabalho. ....	30
Figura 8. Vista aproximada da distribuição geográfica das sondagens. ....	31
Figura 9. Divisão da área do Sistema Aquífero para a criação da estrutura geológica tridimensional. ....	36
Figura 10. Vista tridimensional do <i>Malm</i> . ....	38
Figura 11. Vista tridimensional da cobertura cenozoica sobre o <i>Malm</i> . ....	38
Figura 12. Localização geográfica dos cortes geológicos a norte de Santo André, num excerto da Figura 5. ....	39
Figura 13. Vista sudoeste do modelo litológico da Área Norte. ....	40
Figura 14. Vista este do modelo litológico da Área Norte. ....	40
Figura 15. Vista norte do modelo litológico da Área Norte. ....	41
Figura 16. Vista tridimensional do Liásico na Área Este. ....	42
Figura 17. Vista tridimensional do Batoniano na Área Este. ....	42
Figura 18. Vista tridimensional do Caloviano na Área Este. ....	43
Figura 19. Vista tridimensional do <i>Malm</i> na Área Este. ....	43
Figura 20. Vista tridimensional do Cenozoico na Área Este. ....	43
Figura 21. Perfis E-W ao longo da Área Este. ....	45
Figura 22. Localização dos cortes STC60-STC61, STC61-STC70 e STC69-STC61 num excerto da Figura 4. ....	46
Figura 23. Cortes geológicos representativos do Triásico, sobreposto por formações do Retiano-Hetangiano, em vista tridimensional. ....	47
Figura 24. Perfis litológicos das sondagens da Área Este. ....	49
Figura 25. Localização dos cortes geológicos ao longo da falha de Santo André representados na Figura 26. ....	50
Figura 26. Cortes geológicos ao longo da Falha de Santo André, nas posições assinaladas na Figura 25. ....	51
Figura 27. Localização dos cortes geológicos entre as sondagens da Área Sudoeste num excerto da Figura 5. ....	52
Figura 28. Corte geológico JKC7–JKP19. ....	53
Figura 29. Corte geológico JKP19–JKP20. ....	53

Figura 30. Vista oeste do modelo hidrogeológico do Sistema Aquífero. ....	56
Figura 31. Vista sul do modelo hidrogeológico do Sistema Aquífero. ....	57
Figura 32. Vista este do modelo hidrogeológico tridimensional do Sistema Aquífero. ....	57
Figura 33. Modelo hidrogeológico da Área Este. ....	59
Figura 34. Diferença de cotas no modelo hidrogeológico da Área Este. ....	61



**ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1. Agrupamento das diferentes estratigrafias. ....34  
Quadro 2. Correspondência lito-estratigráfica aos aquíferos superior e inferior. ....55



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Enquadramento

O Sistema Aquífero de Sines desempenha um papel fundamental na região por ele abrangida, tanto no que diz respeito ao abastecimento das populações dos concelhos de Grândola, Santiago do Cacém e Sines, como em relação às atividades agrícolas praticadas na região, e à atividade industrial, que inclui uma refinaria e outras indústrias químicas, caracterizadas por serem os motores fundamentais do desenvolvimento desta região.

Trata-se de um sistema multiaquífero devido à diversidade de níveis produtivos que apresenta, em consequência das litologias que suportam as formações aquíferas e das diferenças no comportamento hidráulico. Pode-se, no entanto, dividir fundamentalmente em dois aquíferos, um aquífero superior de caráter livre e um aquífero inferior com características de confinado, dependendo da zona e profundidade a que se encontra a água, e do maior ou menor isolamento em relação à superfície. Por estes motivos, as características e a geometria deste multiaquífero revelam-se complexas.

A interação do aquífero superior com as águas superficiais, e consequentemente o papel do nível freático no controlo do balanço de água doce das lagoas de Melides, Sancha e Santo André, bem como a fauna e flora que delas dependem, revelam, para além dos aspetos socioeconómicos anteriormente referidos, a importância das águas subterrâneas deste Sistema Aquífero nalguns ecossistemas desta região.

Ao nível ambiental, práticas incorretas têm vindo a manifestar-se neste Sistema Aquífero. A presença de fertilizantes nas ribeiras da região, a inexistência, no passado, de sistemas de saneamento básico, a infiltração de águas contaminadas e focos de contaminação por hidrocarbonetos e resíduos urbanos comuns, são potenciais ameaças à qualidade ambiental destas águas.

Por todas as razões anteriormente mencionadas, é imprescindível a aplicação de uma gestão rigorosa neste Sistema Aquífero, o que dependerá do desenvolvimento de estudos aprofundados para o conhecimento das suas características.

Assim, com o intuito de conhecer mais em pormenor este Sistema Aquífero, e em resposta a alterações legislativas e ao aumento das preocupações de carácter ambiental, têm-se vindo a realizar estudos para afinar o modelo de fluxo do aquífero. Esta dissertação é um dos passos a dar para um conhecimento mais aprofundado da estrutura geológica de base deste Sistema Aquífero, tentando identificar, com os dados atualmente disponíveis, a geometria física do mesmo.

### **1.2. Objetivos**

O objetivo principal deste trabalho é estabelecer um modelo geológico e hidrogeológico tridimensional para a área do Sistema Aquífero de Sines, que venha mais tarde a ser útil na execução ou melhoramento de modelos tridimensionais de fluxo.

### **1.3. Metodologia geral**

A metodologia adotada compreendeu às seguintes fases:

- Revisão da bibliografia existente, de forma a compilar as diversas informações, estudos e trabalhos sobre o Sistema Aquífero de Sines;
- Recolha de dados geológicos e hidrogeológicos de sondagens de diversas entidades e introdução dos mesmos no *software Groundwater Modeling System 6.5 (GMS)*;
- Criação de uma estrutura geológica tridimensional da área e, com base nesta, a criação do modelo hidrogeológico tridimensional do Sistema Aquífero de Sines.
- Execução do relatório final da dissertação de mestrado.

## **2. CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DO SISTEMA AQUÍFERO DE SINES**

### **2.1. Enquadramento geográfico, administrativo e cartográfico**

O Sistema Aquífero de Sines localiza-se na costa oeste do Alentejo. É abrangido pelo distrito de Setúbal e ocupa parte dos concelhos de Grândola, Santiago do Cacém e Sines (Figura 1), correspondendo a uma área de aproximadamente 250 km<sup>2</sup>.

A sua gestão compete à Administração de Região Hidrográfica do Alentejo, I.P. (ARH Alentejo).

Está enquadrado pelas cartas militares de Portugal n<sup>os</sup> 494, 505, 516 e 526 na escala 1:25 000 do IGeoE, pelas folhas 42-A e 42-C do Mapa Corográfico de Portugal na escala 1:50 000 do IPCC, e pelas folhas 42-C na escala 1:50 000 e 7 na escala 1:200 000, da Carta Geológica de Portugal.

A localização geográfica de Sines proporciona que esta região seja um dos principais pólos de atração de investimento, do Alentejo e de todo o país. Tanto a ligação ao mar, pelo porto de águas profundas, como a proximidade a Lisboa, manifestam-se num elevado desenvolvimento das atividades portuárias e industriais.

Na década de 70 deu-se um largo desenvolvimento desta região, e, com ele, a construção de uma Zona Industrial e Logística (ZIL) onde se localizam refinarias e indústrias petrolíferas (Figura 2), que contribuem atualmente para impactes ambientais importantes na região.

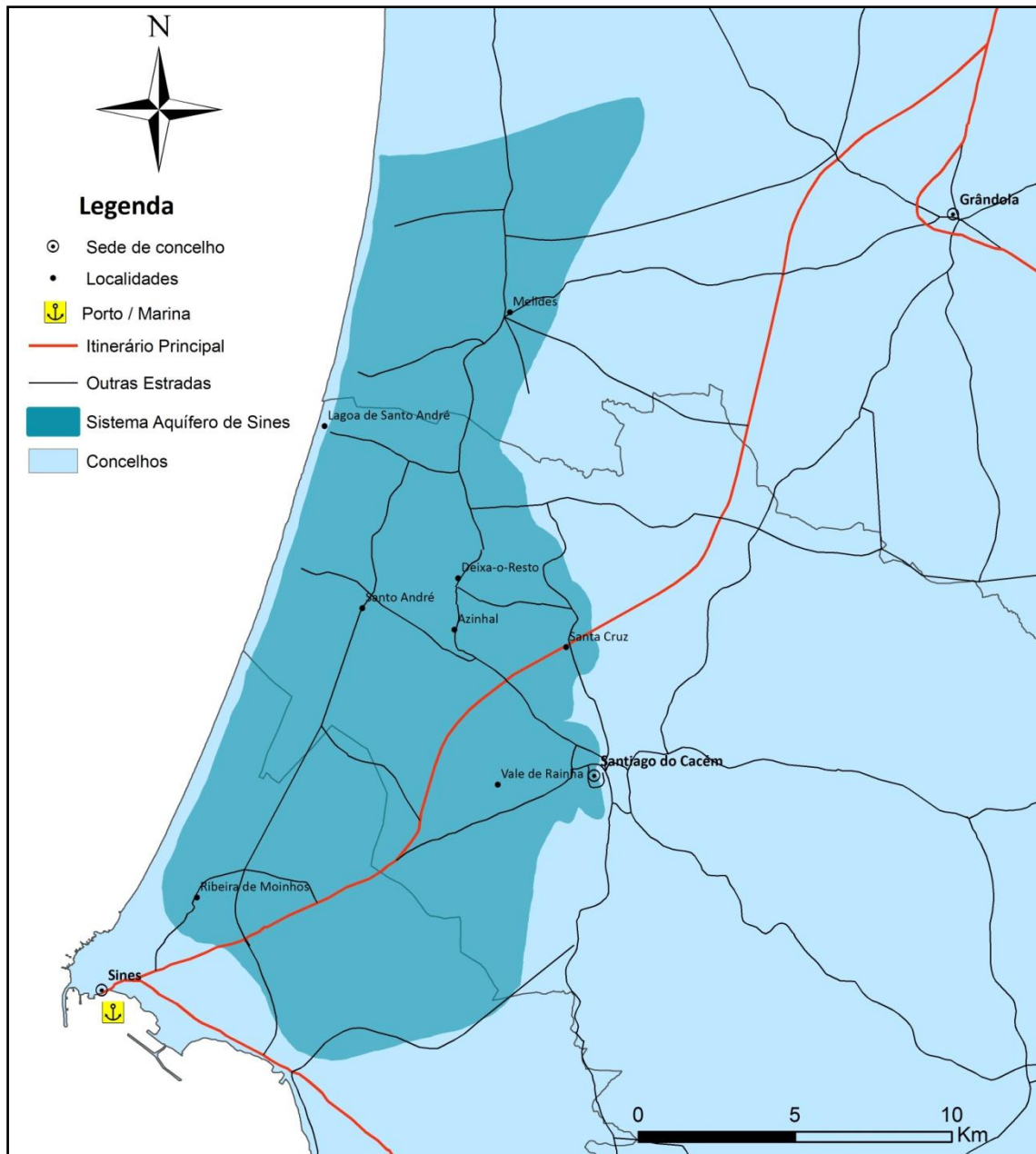


Figura 1. Enquadramento geográfico e administrativo do Sistema Aquífero de Sines.

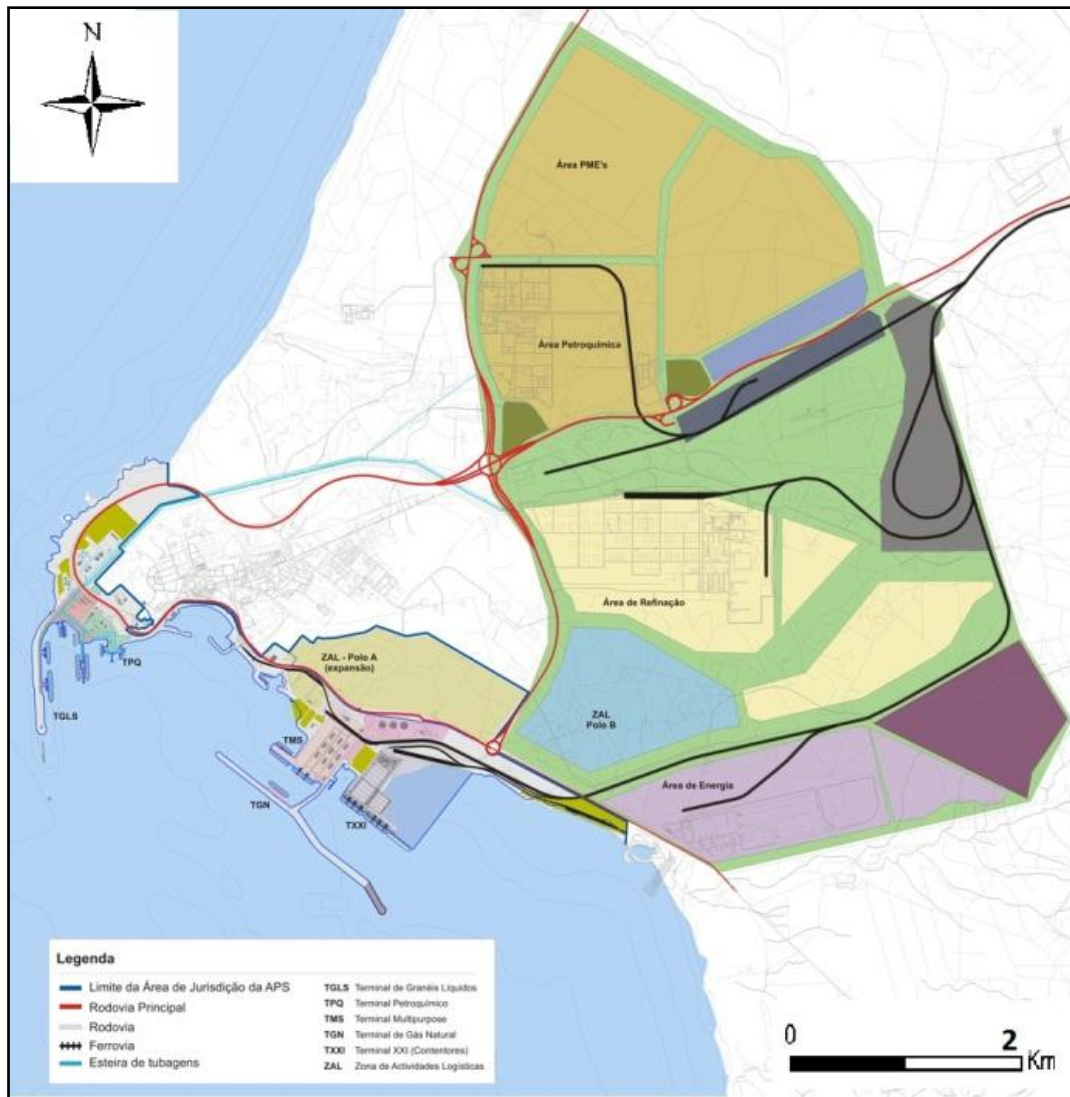


Figura 2. Planta da Zona Industrial e Logística de Sines, ZILS (retirada do portal online do Porto de Sines).

## 2.2. Enquadramento geomorfológico e hidrográfico

Segundo o projeto ERHSA (2001), distinguem-se nesta área duas unidades geomorfológicas principais, a zona de serra e a planície litoral, onde o relevo varia entre o nível médio das águas do mar e os 300 m aproximadamente, como se verifica no Modelo Digital de Terreno representado na Figura 3.

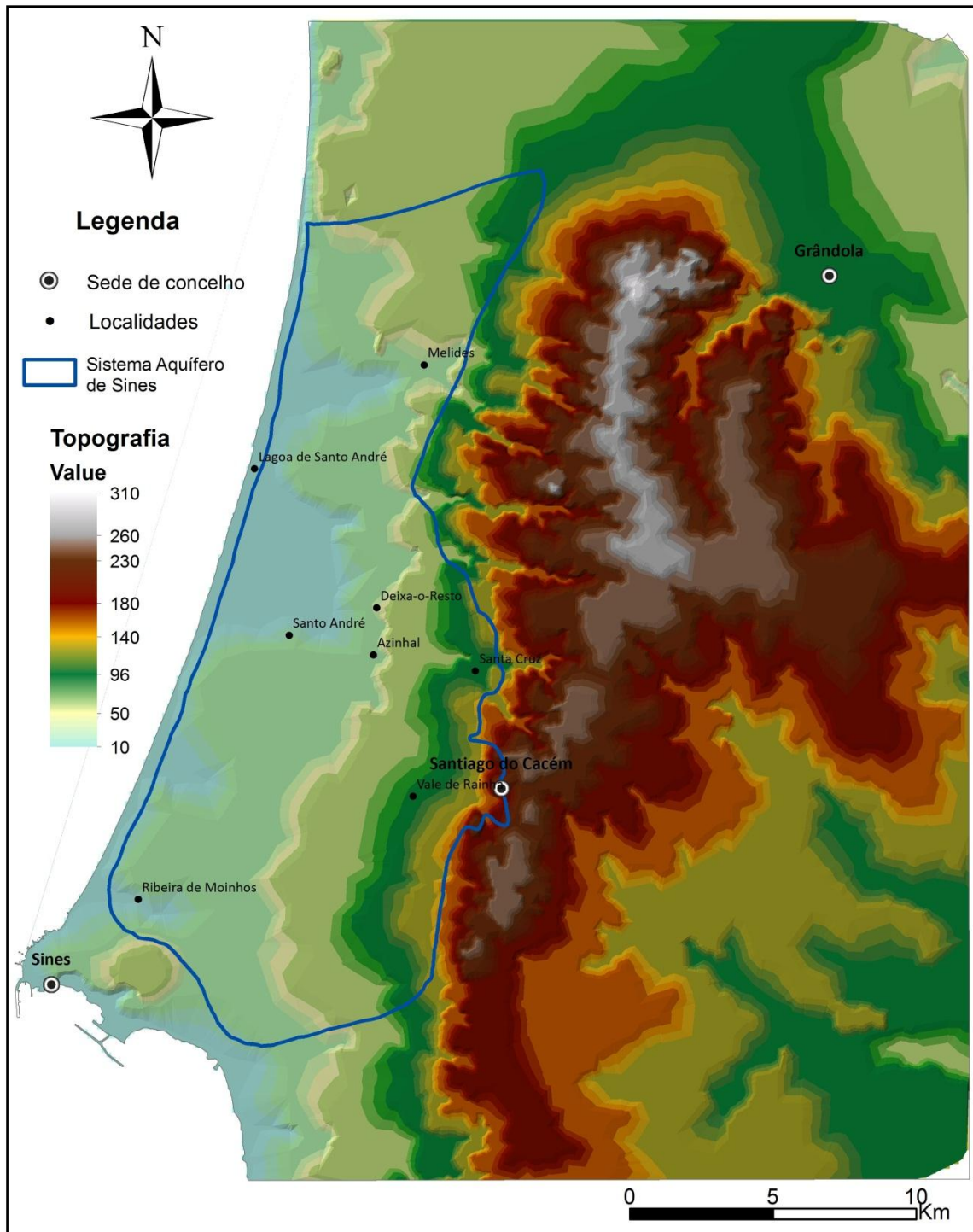


Figura 3. Modelo Digital de Terreno da região do Sistema Aquífero de Sines (baseado nas curvas de nível de Portugal continental, com espaçamento de 30 m, do Faunalia).



A zona de serra diz respeito à parte meridional da Serra de Grândola. Apresenta, de modo geral, um declive a subir progressivamente de E para W, e os pontos mais altos alinham-se aproximadamente com orientação N-S. Próximo das alturas máximas observa-se uma queda brusca para W, que corresponde a uma escarpa de origem tectónica. O Sistema Aquífero de Sines situa-se integralmente nesta última área.

No entanto, de acordo com o ERHSA (2001), junto a Santiago do Cacém observa-se uma situação diferente, em que a superfície que sobe de E atinge a parte mais alta da serra antes de atingir a escarpa de falha e continua para poente, formando uma aba a descer para o mar, só encontrando aí a escarpa de falha.

No que diz respeito à área abrangida pela planície litoral, a cota não ultrapassa os 150 m e apresenta um declive para W, na ordem dos 0,5 a 1,5% e, comparativamente à zona de serra, esta unidade geomorfológica é relativamente monótona, à exceção da zona de falhas, onde existe um degrau formado pela escarpa de Deixa-o-Resto que se atenua para S (ERHSA, 2001).

Todo o litoral é definido por um cordão dunar, do qual resulta a existência de algumas lagoas (como por exemplo as lagoas de Melides, Sancha e Santo André), e termina num extenso areal no contacto com o mar.

Do ponto de vista hidrográfico, de acordo com Almeida *et al.* (2000), o Sistema Aquífero de Sines encontra-se localizado na designada Bacia Hidrográfica de Melides. Na realidade, o Sistema Aquífero não é tecnicamente abrangido por uma única bacia hidrográfica, fazendo parte de uma área que corresponde a uma série de pequenas bacias hidrográficas que drenam para o litoral alentejano, nomeadamente as bacias da Lagoa de Santo André, Lagoa de Sancha e da Ribeira de Moinhos, nas quais se podem considerar as sub-bacias das ribeiras: da Cascalheira, da Ponte, da Badoca, do Azinhal, do Baleizão e do Forneco (Figura 4).

Na maioria dos casos as linhas de água têm orientação E-W. Também de E para W diminui a densidade de drenagem (ERHSA, 2001), facto justificado pela permeabilidade das formações geológicas, que são menos permeáveis na zona de serra e mais permeáveis na planície litoral.

Climatologicamente, a região apresenta características mediterrânicas, que são moderadas, em alguns aspetos, pela influência do Oceano Atlântico nas zonas mais próximas da costa. O clima é temperado, com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente, e as amplitudes térmicas são moderadas, com temperaturas médias a rondar os 15°C.

Relativamente aos valores médios anuais de precipitação registados na área em estudo, de acordo com Fernandes *et al.* (2008), são um dos exemplos da influência da proximidade ao mar, e também do relevo, registando-se os maiores valores nas cotas mais elevadas.

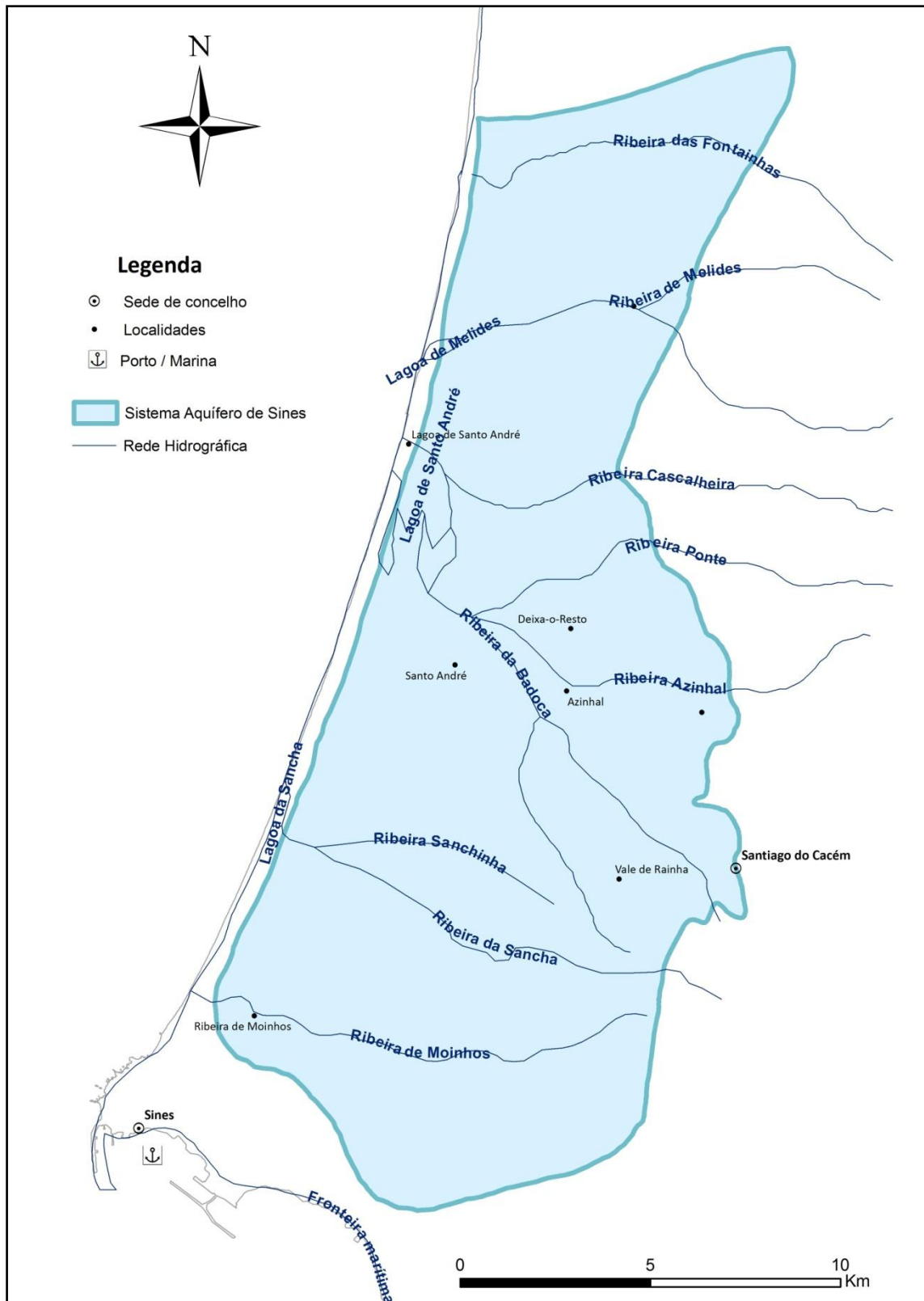


Figura 4. Rede hidrográfica da região em estudo (adaptado da rede hidrográfica do Sistema Nacional de Informação do Ambiente).

### 2.3. Enquadramento geológico

O Sistema Aquífero de Sines é suportado pelo preenchimento sedimentar da Bacia Meso-Cenozoica de Sines, que chega a atingir espessuras de mais de 1000 m. A Bacia é limitada a N pela Falha de Grândola, a S e E pelos terrenos da Zona Sul Portuguesa (ZSP), a W pelo Oceano Atlântico e a SW pelo Maciço Eruptivo de Sines.

Dado que, para a zona em estudo, não se encontram disponíveis todas as cartas geológicas à escala 1:50 000, utilizou-se como base de trabalho, para além da folha 42-C na escala 1:50 000, a folha 7 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000.

Apresenta-se, na Figura 5, o enquadramento geológico da zona em estudo e a respetiva legenda.

#### 2.3.1. Evolução tectónico-estratigráfica da Bacia Meso-Cenozoica de Sines

No decurso da abertura do oceano Atlântico, resultante da divergência das Placas Ibérica e Americana, ocorreu a formação da margem continental portuguesa. Esta divergência deverá ter ocorrido ao longo de duas fases de distensão, relacionadas com dois episódios de *rifting* (ERHSA, 2001), e é durante estes acontecimentos, ao longo de todo o Mesozoico, que ocorre a formação da Bacia correspondente à área em estudo.

Segundo o ERHSA (2001), na fase inicial da distensão (*pré-rifting*) do Triásico superior e Infraliásico, depositaram-se sedimentos detríticos designados por Grés de Silves, que terão resultado do desmantelamento dos terrenos do soco antemesozoico.

Posteriormente, é a partir da primeira fase de *rifting* que a Bacia de Sines “se estrutura como fossa tectónica instalada num *graben*” (ERHSA, 2001), e é nesta fase que se dá a emissão de magmas que vão constituir o Complexo Vulcano-Sedimentar.

Assim, a formação deste *rift* intracontinental permite a subsidência da margem e a abertura de um mar, e é no Liásico e Dogger que a influência marinha se torna significativa (ERHSA, 2001).

De acordo com Inverno *et al.* (1993), provavelmente no fim do Liásico, movimentos eustáticos negativos impediram a sedimentação do Aaleniano-Bajociano, pelo que é admissível a existência de uma ampla lacuna entre o Dogger e o Liásico. Em continuidade, sedimenta o Caloviano, mas é ainda durante este que se volta a instalar

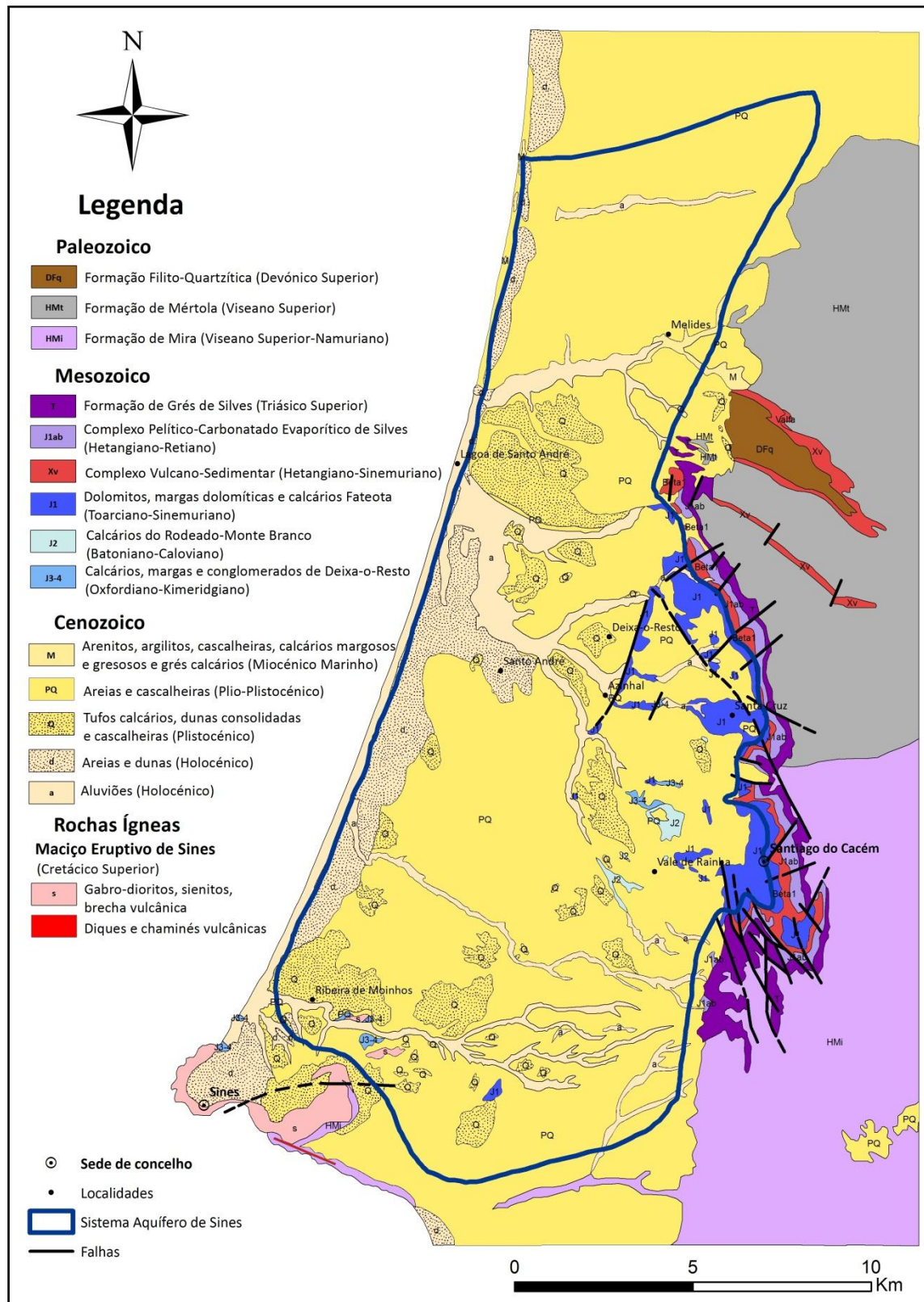


Figura 5. Enquadramento geológico (adaptado da Folha 7 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000).

uma outra fase eustática negativa, que culmina com uma fase regressiva acentuada, dando lugar à discordância da base do *Malm*.

Surge no *Malm* o segundo episódio de *rifting*. A bacia entra de novo em subsidência, e a sua evolução leva a um aumento da profundidade e um conseqüente aumento da espessura desta formação, que, de acordo com Inverno *et al.* (1993), atinge 600 m de calcários e argilas.

Durante o Cretácico, assiste-se a uma nova fase distensiva, em que se dá a intrusão do Maciço subvulcânico gabroico de Sines (Inverno *et al.*, 1993), neste trabalho designado por Maciço Eruptivo de Sines.

A evolução tectónico-estratigráfica desta bacia prolonga-se ainda para o Cenozoico. Segundo o ERHSA (2001), no Miocénico terminal a falha de Santo André rejogou com componente inversa, o que provocou a subida do bloco E relativamente ao bloco W, e, em consequência disso, a erosão do bloco E dos materiais miocénicos anteriormente depositados. Este facto é responsável pela inexistência de sedimentos miocénicos a E da falha de Santo André e uma conseqüente deposição de areias pliocénicas diretamente sobre a superfície carsificada das rochas jurássicas (ERHSA, 2001). As areias pliocénicas e plistocénicas depositaram-se então sobre o paleorelevo cársico no bloco E e sobre as rochas miocénicas no bloco W.

Finalmente deu-se a evolução mais recente da bacia, com a deposição dos materiais holocénicos e atuais.

### **2.3.2. Unidades lito-estratigráficas**

Do ponto de vista litológico esta região é bastante diversificada. Podem-se encontrar formações do Triásico (escassamente representativo) até ao Quaternário, que afloram com orientação aproximadamente N-S e decrescem de idade para ocidente, e também formações paleozoicas da ZSP e conjuntos litológicos que constituem o Maciço Eruptivo de Sines.

### 2.3.2.1. Paleozoico

Os terrenos do Paleozoico afloram a E da Bacia de Sines, tal como foi referido anteriormente. Enquadram-se na ZSP, correspondendo a rochas resultantes de metamorfismo regional da fácies de xistos verdes que datam do Carbónico e que se dividem, nesta região, em duas formações: a Formação de Mértola e a Formação de Mira.

#### **FORMAÇÃO DE MÉRTOLA ( $H_{MT}$ )**

A Formação de Mértola, datada do Viséano superior, é uma formação turbidítica do tipo flysch constituída por grauvaques grosseiros cinzento-esverdeados em bancadas espessas alternando com xistos cinzentos a negros mais ou menos carbonosos (Inverno *et al.*, 1993).

#### **FORMAÇÃO DE MIRA ( $H_{Mi}$ )**

A Formação de Mira data também do Viséano superior e prolonga-se até ao Namuriano. Segundo Inverno *et al.* (1993), tal como a Formação de Mértola, esta é uma formação turbidítica do tipo flysch, constituída por grauvaques que, neste caso, são finos, siltitos cinzento-esverdeados em leitos delgados (na ordem dos milímetros a centímetros), e xistos carbonosos. Existem locais onde aparecem bancadas, no máximo de 2 m, de grauvaques grosseiros, alternando com xistos em tudo semelhantes à Formação de Mértola (Inverno *et al.*, 1993).

### 2.3.2.2. Mesozoico

As formações do Mesozoico, especificamente do Jurássico, contactam a S e a E com as formações do Paleozoico e a SW com o Maciço Eruptivo de Sines. Para W estas formações encontram-se sob uma espessa cobertura cenozoica, o que faz com que os afloramentos do Jurássico sejam muito escassos nessa zona.

#### **FORMAÇÃO DE GRÉS DE SILVES (T)**

Esta formação, do Triásico superior, é constituída por arenitos avermelhados, conglomerados e pelitos subordinados. Os conglomerados são poligénicos, com clastos de quartzo, (predominantemente) quartzito, grauvaque e xisto, e a matriz é constituída por argila, óxido de ferro, e mais raramente, por carbonato (Inverno *et al.*, 1993).

### **COMPLEXO PELÍTICO-CARBONATADO EVAPORÍTICO DE SILVES (J<sup>1</sup>AB)**

Segundo Inverno *et al.* (1993), corresponde a uma formação do Retiano-Hetangiano, constituída por pelitos e arenitos subordinados, apresentando raras intercalações carbonatadas constituídas por margas dolomíticas, que atinge uma espessura de 80 m.

### **COMPLEXO VULCANO-SEDIMENTAR (B1)**

De acordo com Inverno *et al.* (1993), esta unidade assenta, por ravinamento, sobre o Complexo descrito anteriormente. É constituída por três escoadas de basaltos, doleritos e tufos básicos, que alternam com margas dolomíticas e raros calcários oolíticos. A idade do Complexo Vulcano-Sedimentar foi inferida como sendo do Hetangiano-Sinemuriano.

Na área em estudo, estes afloramentos, que ocorrem interestratificados nos calcários dolomíticos e em filões que cortam toda a série jurássica, têm origem num magmatismo do tipo fissural resultante da abertura do Oceano Atlântico.

### **DOLOMITOS, MARGAS DOLOMÍTICAS E CALCÁRIOS FATEOTA (J<sup>1</sup>)**

Estes afloramentos, do Toarciano-Sinemuriano, dispõem-se numa faixa entre Melides e Santiago do Cacém.

Em termos litológicos a sequência é essencialmente constituída por dolomitos, dolomitos cristalinos, dolomitos calcários com intercalações argilosas, margas e calcários margosos por vezes dolomitizadas e calcários oolíticos e calciclásticos dolomitizados (ERHSA, 2001).

Segundo Manuppella e Moreira (1989), distinguem-se em três unidades sobrepostas:

- Complexo argilo-margo-dolomítico (unidade inferior);
- Calcário calciclástico, na sua maior parte dolomitizado (unidade média);
- Unidade dolomítica, com intercalações margosas (unidade superior).

### **CALCÁRIOS DO RODEADO – MONTE BRANCO (J<sup>2</sup>)**

Esta unidade, do Batoniano-Caloviano, é constituída por calcários calciclásticos, oolíticos e microcristalinos, apresentando ainda escassos dolomitos, em geral cavernosos, em intercalações descontínuas (Inverno *et al.*, 1993).



Para além dos escassos dolomitos, esta formação denota uma continuidade litológica muito acentuada ao longo de toda a série, não existindo nenhuma diferenciação litológica evidente entre o Batoniano e o Caloviano (ERHSA, 2001).

#### **CALCÁRIOS, MARGAS E CONGLOMERADOS DE DEIXA-O-RESTO (J<sup>3</sup>)**

A Formação de Deixa-o-Resto (Oxfordiano-Kimeridgiano) assenta em discordância angular, biselando a Formação de Rodeado-Monte Branco, ravinando o Dogger através de um conglomerado (ERHSA, 2001).

Sobre os conglomerados de base repousam espessas assentadas de calcários calciclásticos, oolíticos, microconglomeráticos, com intercalações de margas e argilas, bem como conglomerados quartzosos, por vezes poligénicos (Inverno *et al.*, 1993).

Esta formação apresenta sinais de metamorfismo de contacto junto ao Maciço Eruptivo de Sines (ERHSA, 2001).

#### **2.3.2.3. Cenozoico**

As formações do Cenozoico correspondem às formações de cobertura na região da Bacia de Sines. São fundamentalmente calcários, grés e arenitos de idade miocénica, seguidos de areias e argilas plio-pleistocénicas e termina com terraços fluviais e depósitos de praias antigas do Plistocénico, aluviões do Holocénico e areias de praia e duna.

Segundo Manuppella e Moreira (1989), esta cobertura assenta em discordância angular sobre o Jurássico, fossilizando um paleorelevo que atinge uma espessura máxima de 100 m.

#### **MIOCÉNICO MARINHO (M)**

Trata-se de formações essencialmente marinhas, constituídas por alternâncias de materiais detríticos, como arenitos argilosos, argilitos e cascalheiras, e materiais carbonatados, calcários margosos, calcários gresosos e grés calcários. A espessura máxima desta formação é de cerca de 100 m a W da falha de Santo André e data do Tortoniano (ERHSA, 2001).

### **PLIO-PLISTOCÉNICO (PQ)**

Os depósitos do Plio-Plistocénico assentam diretamente sobre as formações do Jurássico e Miocénico e correspondem, segundo Inverno *et al.* (1993), a areias com seixos da planície litoral e a cascalheiras e areias de planalto.

### **PLISTOCÉNICO (Q)**

É constituído por tufos calcários, que formam bancadas horizontais assentes sobre o complexo de arenitos argilosos plio-pleistocénicos, dunas consolidadas e cascalheiras de antigas praias e de terraços.

Os níveis de praias presentes, definidos por materiais detríticos, correspondem a praias antigas e, de acordo com Inverno *et al.* (1993), são os seguintes:

- Níveis de praia de 90-100 m (cascalheiras de seixos mal rolados);
- Níveis de praia de 60-70 m (areias com seixos bem rolados);
- Níveis de praia de 30-40 m (*idem*);
- Níveis de praia de 15-20 m (areias finas, argilitos e arenitos);

### **HOLOCÉNICO (A/D)**

Nesta região, o Holocénico está representado por areias de duna e de praia, que acompanham o litoral, e por aluviões constituídos por areias com seixos e lodos, situados nas linhas de água com orientações E-W.

#### **2.3.2.4. Maciço Eruptivo de Sines**

De acordo com o ERHSA (2001), o Maciço de Sines é considerado sub-vulcânico, com estrutura anelar, e o seu alongamento, grosseiramente W-E, é resultado da sua instalação numa fratura profunda do soco com a mesma orientação.

Segundo a mesma fonte, este maciço é constituído por quatro conjuntos litológicos que correspondem ao mesmo número de fases de instalação. São descritos seguidamente, por ordem crescente de instalação:

- Gabro-diorito;
- Sienito e microsienito;
- Brecha vulcânica com algumas massas de basalto;

- Filões ácidos e básicos.

A instalação do maciço metamorizou, por contacto, os calcários jurássicos (a norte), dando origem a um conjunto de corneanas cálcicas. Esta relação demonstra que as rochas do maciço são posteriores às litologias de idade jurássica. Datações geocronológicas realizadas nestas rochas por vários autores apontam para idades rondando os 70 Ma, coincidente com o Cretácico superior, sendo por isso concordante com o enquadramento geológico do maciço (ERHSA, 2001).

Associada à instalação do maciço surge também a intrusão de diques radiais, que conduziram à alteração tectónica da zona abrangida. De acordo com Inverno *et al.* (1993), os filões são sub-verticais, têm espessura média de 1 a 2 m, apresentam distribuição radial, mas com predominância nas direções N-S e E-W, e cortam tanto as rochas do maciço como do encaixante.

### **2.3.3. Tectónica e fraturação**

Segundo o ERHSA (2001), quatro estruturas fundamentais influenciaram a evolução morfo-estrutural da bacia, controlando a movimentação dos blocos, cujos sucessivos basculamentos condicionaram a subsidência e a sedimentação. As estruturas referidas são a falha de Santo André, a falha de Santa Cruz, a falha de Ribeira de Moinhos e a falha de Grândola e posteriormente o alinhamento estrutural, Portimão-Monchique-Sines-Sesimbra-Sintra. Também as famílias de fraturas, entre as falhas de Santa Cruz e Santo André e a sul de Santiago do Cacém, são importantes, visto que revelam as direções segundo as quais se verificam os movimentos tectónicos.

#### **FALHA DE SANTO ANDRÉ (DEIXA-O-RESTO)**

É na zona de Deixa-o-Resto que as evidências geomorfológicas são mais visíveis, daí a falha de Santo André ser o principal acidente da zona em estudo. De acordo com o ERHSA (2001), esta falha de direção NNE-SSW, põe em contacto, por cavalgamento para W, as rochas mesozoicas a E e os depósitos de cobertura pliocénicos a W.

A partir do Miocénico terminal, esta falha comportou-se como falha inversa, tal como foi descrito no ponto 2.3.1..

#### **FALHA DE SANTA CRUZ**

Esta falha, de direção NW-SE, cuja designação sucede da proximidade à localidade de Santa Cruz, prolonga-se para SE, na direção de Santiago do Cacém, e para NW em direção ao litoral, continuando na zona imersa (ERHSA, 2001).

De acordo com Manuppella e Moreira (1989) a família de fraturas a NE desta falha está representada por duas direções fundamentais, NE-SW e WNW-ESE, com comportamentos desligantes.

#### **FALHA DA RIBEIRA DE MOINHOS**

De acordo com o ERHSA (2001), esta falha localiza-se 3 km a N de Sines, é ativa, a sua movimentação vertical é normal, e terá sido responsável pelo desaparecimento dos afloramentos mesozoicos a N da Ribeira de Moinhos.

#### **FALHA DE GRÂNDOLA**

Este acidente, de orientação WNW-ESE, apresenta evidências de deslocamento no Cenozoico, com uma componente vertical de movimentação, produzindo uma subida relativa do bloco meridional (Galego Fernandes, 2004).

#### **FAMÍLIA DE FRATURAS SITUADA ENTRE AS FALHAS DE SANTA CRUZ E DE SANTO ANDRÉ**

Esta família de fraturas é dominada por duas direções principais, sensivelmente segundo NW-SE e N-S. Este setor controlou a sedimentação durante todo o Jurássico e Cenozoico (Manuppella e Moreira, 1989).

#### **FAMÍLIA DE FALHAS SITUADA A S DE SANTIAGO DO CACÉM**

De direção ENE-WSW, este conjunto de falhas está relacionado com uma “tectónica em tecla de piano” que dá lugar a uma série de pequenos *demi-grabens*, basculados, ora para W, ora para E, isto é, estariam estritamente ligados a uma tectónica com carácter distensivo (Manuppella e Moreira, 1989).

### **3. CARATERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO SISTEMA AQUÍFERO DE SINES**

#### **3.1. Enquadramento**

As formações aquíferas da Unidade Hidrogeológica da Orla Mesocenozoica Ocidental são constituídas, entre outras, por rochas detríticas terciárias e quaternárias (areias, areias de duna, terraços, aluviões, etc.) e calcários do Jurássico. Por apresentar as características litológicas referidas, é nesta unidade que se insere o Sistema Aquífero em estudo.

#### **3.2. Características gerais do Sistema Aquífero**

O Sistema Aquífero de Sines é um sistema multiaquífero, onde se distinguem dois tipos de aquíferos:

- Aquífero cársico confinado (inferior);
- Aquífero poroso freático (superior).

Descreve-se, seguidamente, cada um dos aquíferos no que respeita às suas características, às litologias que os suportam, à recarga e à descarga.

#### **AQUÍFERO CÁRSICO CONFINADO (INFERIOR)**

Do ponto de vista regional, o aquífero inferior é o de maior importância. É suportado por rochas carbonatadas do Jurássico e encontra-se confinado a semiconfinado, por níveis miocénicos e plio-quaternários cuja espessura varia desde poucos metros ao máximo de uma centena de metros.

A recarga neste aquífero é direta na zona onde afloram as rochas carbonatadas do Jurássico, que corresponde à área E do Sistema Aquífero em estudo e que se distribui ao longo de uma faixa aproximadamente N-S.

Para além da recarga direta, o aquífero jurássico também é alimentado por recarga indireta. Segundo o ERHSA (2001), este facto é evidenciado tanto pela estabilidade da superfície piezométrica ao longo do ano como pela elevada produtividade deste

aquífero, o que nunca aconteceria se a recarga apenas ocorresse em afloramentos de rochas jurássicas. Deste modo mostra-se, também, a importância da recarga diferida, que ocorre através das rochas de cobertura, para o funcionamento hidráulico do aquífero inferior.

Este aquífero descarrega seguramente sob o oceano, e provavelmente a alguma distância da costa.

#### **AQUÍFERO POROSO FREÁTICO (SUPERIOR)**

Por estar conectado com a rede hidrográfica trata-se de um aquífero livre, cuja recarga é realizada diretamente pela água da precipitação que se infiltra.

Este aquífero é muito importante do ponto de vista ecológico, pois é deste que dependem as transferências de água doce para os ecossistemas das lagoas costeiras desta região, as quais são feitas basicamente a partir de descargas nas linhas de água que escoam para as lagoas, uma vez que a base das mesmas apresenta um substrato bastante impermeável, e com espessura considerável em muitos locais. Outra parte da descarga deste aquífero deverá fazer-se no oceano.

É suportado por rochas detríticas miocénicas e depósitos do Plio-Quaternário. De acordo com Chambel e Monteiro (2007), é formado por estruturas descontínuas, onde, por exemplo, camadas de areia que se desenvolvem em 1 km de comprimento podem mudar para argilas arenosas, ou por camadas com 1 a 2 m de espessura que podem desaparecer em alguns metros, originando estruturas parcialmente sobrepostas e que concedem uma permeabilidade horizontal elevada, mas variável, dependendo da quantidade de argila existente e das interligações ou não das camadas mais ou menos permeáveis.

Estas características litológicas, com o desenvolvimento das espessuras dos depósitos, dão origem a aquíferos interestratificados com intercalações de argila, que lhes conferem o seu maior ou menor grau de confinamento (Chambel e Monteiro, 2007).

Assim, na realidade, este aquífero não é propriamente livre, pois apresenta-se confinado e semiconfinado em determinadas zonas, formando um aquífero complexo, constituído por aquíferos estratificados separados por camadas confinantes e/ou

semiconfinantes, cujo modelo de funcionamento pode corresponder, em alguns locais, a um aquífero multicamada e noutros a um aquífero heterogéneo e anisótropo (Inverno *et al.*, 1993). No entanto, para efeitos práticos, é considerado neste trabalho como um aquífero com características próprias, tendencialmente livre e, à escala regional, aproximadamente uniforme.

### **3.3. Produtividade**

No que respeita à produtividade do Sistema Aquífero em estudo, de acordo com a análise dos dados de alguns pontos de água da região, realizada por Lavaredas e Silva (1997), o aquífero inferior é mais produtivo em relação ao aquífero superior.

No aquífero superior, em consequência das estruturas imbricadas, as captações de água podem ocorrer a diversos níveis, com profundidades diferentes. A produtividade apresenta valores modestos, mas no entanto, no ERHSA (2001), alude-se ao grande uso destas captações, pela sua produtividade moderada (na ordem dos 10 l/s) e considerável estabilidade dos níveis, através de furos e poços particulares.

Relativamente ao aquífero jurássico, os valores registados de produtividade são maiores. De acordo com Chambel *et al.* (2010) existem captações com grandes produtividades (30 a mais de 100 l/s em artesianismo repuxante), facto derivado da circulação subterrânea ocorrer ao longo de fraturas e da carsificação do maciço.

Portanto, é importante referir que, apesar da maior produtividade do aquífero inferior, a probabilidade da ocorrência de insucessos na realização de furos que pretendam captar deste aquífero é superior à que existe na realização de furos nos terrenos miocénicos e plio-quarternários.

Na zona da Ribeira de Moinhos, de acordo com o ERHSA (2001), também se verificam produtividades elevadas. Assim será por ser uma zona intensamente fraturada – resultante da intrusão do Maciço Eruptivo de Sines – e por corresponder a uma zona de descarga do aquífero.

Para além dos elevados valores de produtividade, também segundo Chambel *et al.* (2010), o aquífero inferior apresenta artesianismo repuxante, uma característica

importante e fundamental nas captações da empresa Águas de Santo André, SA (AdSA).

No modelo de fluxo concetual e numérico de Monteiro *et al.* (2008) é definida uma fronteira que divide o aquífero em duas áreas: a Área Norte e Oeste (155 km<sup>2</sup>), onde a conexão hidráulica entre o aquífero inferior e o aquífero superior é limitada; e a Área Sul e Este (95 km<sup>2</sup>), onde essa conexão existe (Figura 6).

Essa fronteira foi delimitada, na parte mais a norte, segundo a geometria da Falha de Santo André (com direção NNE-SSW). Contudo, na parte que inflete para W, não existe uma estrutura geológica que pudesse, da mesma forma, delinear a fronteira. Assim os autores optaram por defini-la recorrendo a informação geológica mais localizada e à ocorrência de artesianismo repuxante nas captações na parte norte da área, caso da zona da Lagoa de Santo André, onde ocorre uma zona de furos muito produtivos (dezenas de L/s, ultrapassando por vezes mais de 100 L/s em artesianismo repuxante), da responsabilidade das Águas de Santo André, SA (AdSA).



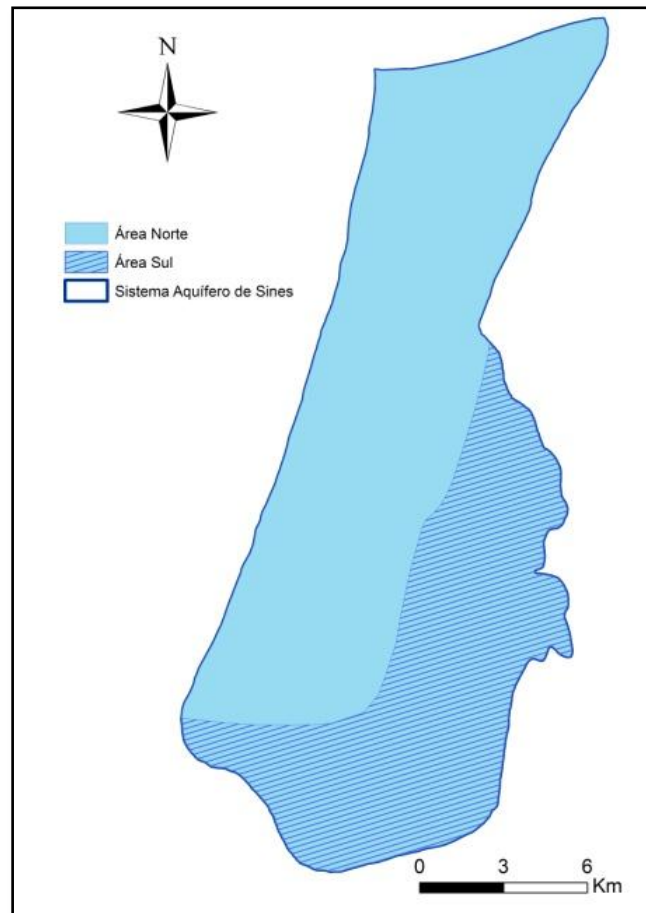


Figura 6. Divisão do Sistema Aquífero de Sines de acordo com a maior ou menor conectividade hidráulica entre o aquífero inferior e o aquífero superior (adaptado de Monteiro *et.al.*, 2008).

#### 3.4. Caraterização da superfície piezométrica

As informações que aqui se referem dizem respeito aos dados de piezometria apresentados no ERHSA (2001), recolhidos anteriormente pela Delegação de Santo André do INAG desde 1983 a 1999.

De todos os anos analisados, o ERHSA (2001) concluiu que, as respetivas superfícies piezométricas são comuns em dois aspetos:

- Os valores de potencial hidráulico são crescentes do litoral para o interior, com uma orientação das isopiezas aproximadamente paralela à linha de costa. Daqui se conclui que o fluxo regional deste aquífero seja de E para W.
- Uma depressão da superfície piezométrica na zona de Santo André, provocada pela concentração de furos de captação de água profundos que abastecem o

aglomerado populacional, que conduz a uma convergência nas linhas de fluxo subterrâneo.

Os resultados do Projeto ERHSA (2001) mostram, pela análise de mapas piezométricos e dos valores dos potenciais hidráulicos – baixos em anos subsequentes a períodos de precipitação reduzida e altos em resultado de períodos com valores médios de precipitação superiores – que o Sistema Aquífero tem uma resposta rápida às variações da quantidade de precipitação. Assim, em resultado de anos mais secos os níveis piezométricos são reduzidos, e nos anos mais pluviosos são consideravelmente mais elevados.

Apesar desta influência do ciclo hidrológico na evolução dos níveis piezométricos, o aquífero inferior demonstra uma boa capacidade de autorregulação. Tal como referido no ponto 3.2, este facto deriva da recarga diferida e contínua através da cobertura cenozoica, mesmo nos anos em que se verifica um défice de infiltração por recarga direta resultante de secas ou de baixa pluviosidade.

### **3.5. Balanço hídrico entre a recarga e os volumes explorados**

De acordo com Chambel e Monteiro (2007), no grupo de captações utilizadas para abastecimento público pela empresa AdSA, extrai-se um volume total anual da ordem dos  $2 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano; as extrações efetuadas para abastecimento da cidade de Sines e da sua área industrial, o volume registado é na ordem de, respetivamente,  $1.3 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano e  $2.0 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano; e, as extrações, por parte de privados na zona da recarga corresponderá a um volume de cerca de  $0.6 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano.

Sendo o valor do escoamento anual médio proposto para o aquífero inferior, segundo os mesmos autores, de  $12 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano, e a soma das extrações totais atrás referidas de  $5.9 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano, então, o conjunto de extrações efetuado no aquífero inferior do Sistema Aquífero em estudo, representaria, em 2007, cerca de 50% dos valores da recarga.

Considera-se assim um balanço hídrico ainda bastante positivo, nas atuais condições de exploração.

Relativamente ao aquífero superior, não existem dados disponíveis, na bibliografia consultada, que possibilitem o cálculo do balanço hídrico entre a recarga e os volumes explorados, principalmente porque todas as extrações são efetuadas por particulares.

### **3.6. Caraterização hidrogeoquímica**

Para a caraterização hidrogeoquímica do Sistema Aquífero em estudo, expõem-se as informações recolhidas pelo ERHSA (2001), com base nos resultados de campanhas de amostragem aos furos das Câmaras Municipais de Sines e de Santiago do Cacém.

#### **FÁCIES HIDROQUÍMICA**

No que respeita à fácies hidroquímica da água denotam-se também diferenças do aquífero inferior para o aquífero superior, em consequência da variedade litológica que os constituem.

No aquífero inferior, o ERHSA (2001) identifica três fácies hidroquímicas:

- Águas bicarbonatadas calco-magnesianas: ao longo de uma faixa N-S na extremidade E da área em estudo. Consequência das rochas dolomíticas do Jurássico aí presentes.
- Águas bicarbonatadas cálcicas: nas zonas dominadas por calcários.
- Águas bicarbonatadas-cloretadas cálcicas: junto à Ribeira dos Moinhos. A componente cloretada, advém da infiltração de água salobra da Ribeira dos Moinhos para o aquífero através da fraturação existente, em consequência de intensas explorações que terão provocado uma depressão na superfície piezométrica.

Relativamente à fácies hidroquímica das águas do aquífero superior, verifica-se uma maior variabilidade:

- Águas cloretadas sódicas: associadas aos aquíferos detríticos do Plio-Quaternário.
- Água bicarbonatada calco-sódica: idem.
- Águas bicarbonatadas cálcicas: associadas aos aquíferos carbonatados do Miocénico Marinho.

- Águas bicarbonatadas calco-magnesianas e magnésico-cálcicas: a W dos afloramentos dolomíticos e também nalgumas zonas onde não existem rochas dolomíticas.
- Águas cloretadas calco-sódicas e sulfatadas cálcicas: em zonas de afloramentos de rochas evaporíticas.

#### **QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E AGRÍCOLA**

De acordo com Lavaredas e Silva (1997) a qualidade da água do aquífero superior é bastante aceitável, com todos os parâmetros abaixo do Valor Máximo Recomendável (VMR), mas no aquífero jurássico, os valores são mais problemáticos, ultrapassando muitas vezes os VMR.

A mineralização mais elevada destas águas é justificada pelo facto de apresentarem um tempo de residência maior em relação ao aquífero superior. Para além disso, ao circularem no meio carbonatado adquirem um maior grau de mineralização e conseqüentemente um empobrecimento da sua qualidade. Quanto às águas do aquífero superior, apresentam mineralizações mais baixas, o que mostra um maior grau de circulação.

No que diz respeito ao uso agrícola, as águas apresentam um risco baixo de alcalinização e um risco de salinização médio a alto, situando-se na metade sul da bacia as águas com risco intermédio (Galego Fernandes, 2004).

#### **3.7. Qualidade da água face às condições de exploração**

Mesmo quando se registam balanços hídricos positivos, como referido, uma eventual produção de depressões locais nos valores de potencial hidráulico deste Sistema Aquífero pode originar uma degradação da qualidade da água.

Segundo Chambel e Monteiro (2007), estes riscos podem-se relacionar com a ocorrência de duas situações:

- Inversões de gradiente junto à interface que provavelmente existe entre a água do Sistema Aquífero e a água do mar, cujo controlo e análise não pode ser efetuado de forma eficaz, por não existirem dados que permitam atualmente conhecer a posição da interface;

- Produção de rebaixamentos abaixo do teto do aquífero inferior, cujo controlo pode ser efetuado através da verificação das condições de exploração do aquífero e as variações de níveis associadas.

De salientar que, a ocorrer, a produção de rebaixamentos abaixo do teto do aquífero poderá provocar degradação quase instantânea da qualidade da água, quer devido à inversão de gradientes do oceano, quer à inversão de gradientes com o aquífero superior. No entanto, nas atuais condições de exploração, trata-se de uma hipótese extremamente remota.

No entanto, uma situação que também poderá ser muito problemática poderá surgir se e quando os níveis piezométricos do aquífero inferior baixassem abaixo dos níveis piezométricos do aquífero superior. Nesta situação, e em caso de ligação hidráulica entre os dois aquíferos (ligação natural, através de fraturas ou janelas nos níveis impermeáveis, ou ligação através de furos não completamente isolados), poderia levar a uma inversão dos fluxos em certos locais, com água do aquífero superior a entrar no aquífero inferior.

### **3.8. Contaminação por hidrocarbonetos**

De acordo com Chambel *et al.* (2010), análises à água subterrânea de algumas captações que abastecem a cidade de Sines e que se encontram na fronteira da área industrial, evidenciaram a presença de hidrocarbonetos, nomeadamente naftaleno e Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP).

De todos os Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) detetados nas análises, o naftaleno seria o único que resulta de síntese industrial. Assim, juntamente com a presença de xileno, identificaram-se contaminações com base em derivados do petróleo, e conseqüentemente, a presença de contaminação antropogénica.

Segundo os mesmos autores, estas substâncias originadas pela atividade humana, podem resultar de:

- Migração, a partir de indústrias que se localizam nas proximidades;
- Migração de águas subterrâneas, a partir de aterros de substâncias químicas;

- Migração de águas subterrâneas, provenientes de *pipelines* com produtos químicos;
- Poços com proteção deficiente, que permitam a contaminação entre aquíferos;
- Contaminação em poços sem proteção à superfície, contra vandalismo ou disseminação acidental de substâncias.

### **3.9. Condições de fronteira**

Na modelação de um aquífero, esta é uma variável importante a referir, pois define as transferências de água entre as estruturas que suportam o aquífero e as estruturas encaixantes. No entanto, o intento deste trabalho não abrange a modelação hidrogeológica. Ainda assim, abordar-se-á superficialmente este tema.

As formações de baixa permeabilidade do Maciço Hespérico, especificamente da ZSP, delimitam, a sul e a este, o Sistema Aquífero. A norte, o limite é pouco definido, mas pelo menos o aquífero superior deverá ter continuidade para norte, e a oeste o limite é o Oceano. A base do aquífero será constituída teoricamente pelas formações do Triásico, ou, no caso de ausência deste, pelas formações paleozoicas, embora se desconheça, principalmente a oeste, a profundidade a que se encontram.

Nesta situação, as fronteiras inferior, sul e este seriam consideradas como limites impermeáveis, as fronteiras norte e ocidental, como fronteiras permeáveis.

#### 4. ESTRUTURA GEOLÓGICA TRIDIMENSIONAL DA ÁREA EM ESTUDO

Para a realização da estrutura geológica tridimensional procedeu-se à inventariação e recolha dos dados geológicos de sondagens de diversas fontes, e à introdução dos mesmos no *software Groundwater Modeling System 6.5 (GMS)*.

##### 4.1. Inventariação das sondagens

Os pontos de água e respetivos dados, que constituíram a base deste trabalho, e cuja distribuição geográfica está representada na Figura 7, foram recolhidos das seguintes fontes:

- Águas de Santo André, SA (AdSA);
- Calcários e dolomitos da área de Melides – Santiago do Cacém, dos autores Manuppella e Moreira (1989);
- Câmara Municipal de Sines (CMS);
- Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e Instituto da Água, I.P. (INAG).

As sondagens retiradas do *site* do SNIRH são captações da responsabilidade do INAG, e algumas delas são da AdSA e da CMS. Sabe-se que estas últimas entidades forneceram ao INAG dados de algumas das suas sondagens para que pudessem ser inseridos no SNIRH, mas, por não estar explícito neste *site* a correspondência das entidades às respetivas sondagens, optou-se por reuni-las no mesmo grupo.

Neste trabalho, manteve-se a designação das sondagens em relação à designação original atribuída pelas entidades. Assim, para facilitar a representação e a leitura da distribuição geográfica das sondagens, atribuíram-se cores a cada uma das fontes, e diferentes símbolos às designações dadas por cada uma delas (Figura 7).

Uma vez que a concentração de sondagens torna difícil a análise desta figura, particulariza-se, na Figura 8, uma vista aproximada.

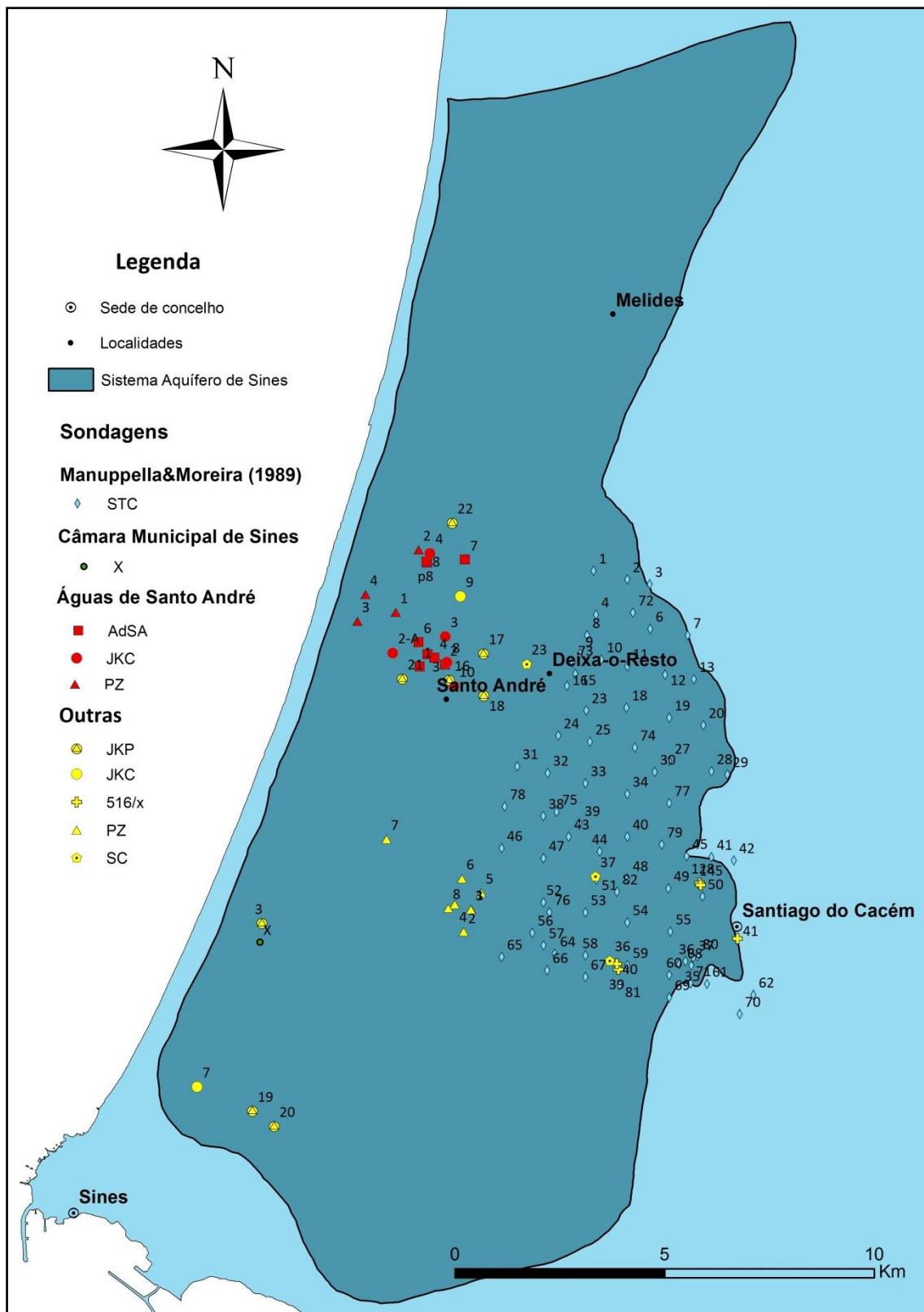


Figura 7. Distribuição geográfica dos dados de sondagens recolhidos e utilizados neste trabalho.



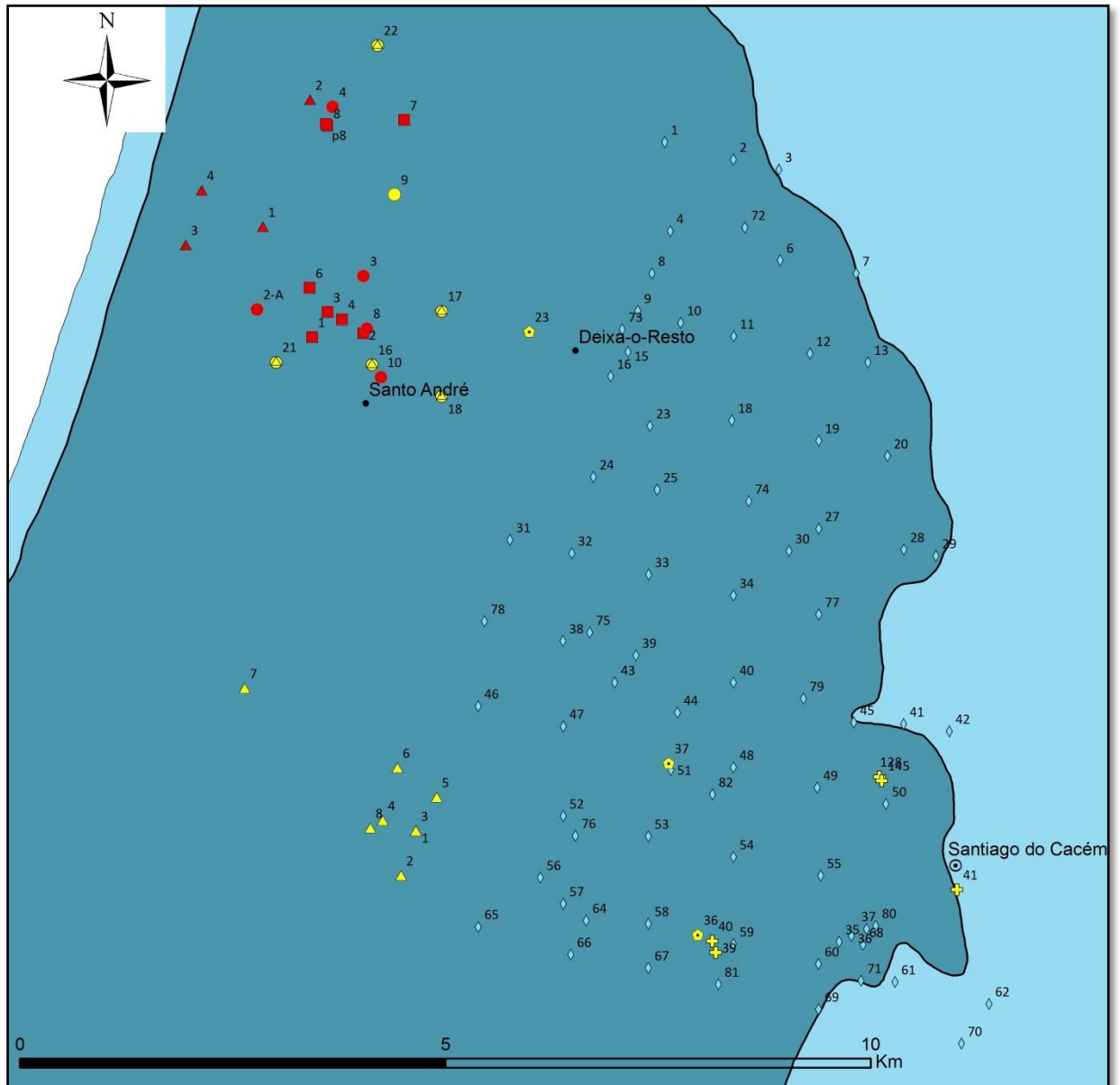


Figura 8. Vista aproximada da distribuição geográfica das sondagens.

#### **4.2. Caracterização e adaptação dos dados das sondagens**

##### **SONDAGENS DA EMPRESA AdSA, SA**

As sondagens fornecidas pela AdSA são ao todo 16, e na Figura 7 correspondem às sondagens a vermelho que são designadas por AdSA, JKC e PZ.

Segundo os relatórios de execução, as sondagens AdSA e PZ foram realizadas pelo método de perfuração *rotary*, e os furos JKC pelo método de rotação com circulação inversa. Muitas delas, por se terem revelado produtivas, foram transformadas em captações, que ainda hoje abastecem a área.

##### **SONDAGENS DE MANUPPELLA E MOREIRA (1989)**

As sondagens realizadas para o estudo de Manuppella e Moreira (1989) prefazem um total de 75. Na Figura 7 correspondem às sondagens a azul, e todas elas são designadas por STC.

Segundo os autores, foram realizadas pelo método de rotação com recuperação dos testemunhos, e destinavam-se a averiguar as possibilidades de exploração de calcários na zona.

No decorrer da distribuição das sondagens para a realização do mapa da Figura 7, detetaram-se erros de cariz dactilográfico nos valores das coordenadas das sondagens STC-38, STC-47 e STC-72. Estes erros deslocavam as sondagens tanto para fora do alinhamento definido pelos autores, como até mesmo para fora dos limites da área em estudo. Assim, analisando o mapa dos autores e o alinhamento das sondagens, fizeram-se alterações para os valores que deveriam corresponder às coordenadas reais.

Nos perfis destas sondagens registam-se muitas vezes perdas de amostra. Para ultrapassar esta situação adotaram-se várias soluções. Assim, quando a perda de amostra se verifica:

- Nos primeiros metros das sondagens, considera-se areias do Cenozoico. Esta solução foi adotada porque o autor data do Cenozoico estas perdas de amostra e porque as areias são um material que se perde facilmente durante a execução

de sondagens. Procedeu-se deste modo nas sondagens: STC-10, 16, 20, 34, 39, 40, 42, 65, 67, 69, 77, 79, 81;

- Entre camadas e de espessura superior a 2 m, tal como no caso anterior, considera-se Cenozoico. É o exemplo das sondagens: STC-13, 25, 28, 40, 58, 65, 77;
- Entre camadas e de espessura igual ou inferior a 2 m é desprezada, como se procedeu nas sondagens STC-13, 18, 28, 49, 53, 58.

#### **SONDAGEM DA CÂMARA MUNICIPAL DE SINES**

Aquando da elaboração deste trabalho foi realizada uma sondagem pela Câmara Municipal de Sines. Por ser bastante recente e por não haver ainda designação dada pela entidade, optou-se por lhe atribuir a designação “X”.

O método de perfuração usado foi *rotary* com circulação direta de lamas.

#### **OUTRAS SONDAJENS (OBTIDAS NO SITE DO SNIRH)**

Estas sondagens somam um total de 26 e são da responsabilidade do INAG, da AdSA e da Câmara Municipal de Sines. Estão representadas na Figura 7 pela cor amarela e designam-se por JKP, JKC, PZ, SC ou pelo número de inventário 516/x.

Foram realizadas pelos métodos de perfuração roto-percussivos e/ou *rotary* e pelo método de rotação com recuperação dos testemunhos.

Em muitos dos relatórios resumo dos pontos de água retirados do SNIRH, deparou-se com a inexistência de informação relativa à cota de origem. Nestes casos, sobrepôs-se o Modelo Digital de Terreno (Figura 3) às sondagens e atribuiu-se uma cota aproximada ao valor da cota de origem. Foi o caso dos pontos de água: JKC-7, JKC-10, JKP-16, JKP-17, JKP-18, JKP-20 e JKP-21.

#### **TODAS AS SONDAJENS**

No tratamento das informações obtidas pelos *logs*, surgiram dificuldades em fazer coincidir a diversidade estratigráfica dos *logs* das sondagens de Manuppella e Moreira (1989) e a estratigrafia simplificada apresentada nas restantes sondagens.

Para ultrapassar este problema, combinaram-se e agruparam-se as diferentes estratigrafias, tal como se apresenta no Quadro 1, com o intuito de facilitar a compreensão da estrutura geológica tridimensional.

Quadro 1. Agrupamento das diferentes estratigrafias.

<b>Estratigrafia</b> (atribuída pelas fontes)			<b>Estratigrafia</b> (adotada neste trabalho)
<b>Manuppella e Moreira (1989)</b>	<b>AdSA, SA</b>	<b>SNIRH</b>	
Triásico superior			<b>TRIÁSICO</b>
Retiano-Hetangiano			<b>RETIANO-HETANGIANO</b>
Hetangiano-Sinemuriano Lias Indiferenciado			<b>LIÁSICO</b>
Batoniano Batoniano superior			<b>BATONIANO</b>
Caloviano Caloviano médio- Kimeridgiano			<b>CALOVIANO</b>
Oxfordiano-Kimeridgiano Oxfordiano médio- Kimeridgiano	Lusitaniano (Jurássico)	Jurássico	<b>MALM</b>
Cenozoico	Miocénico Plio-Miocénico	Miocénico Plio-Miocénico	<b>CENOZOICO</b>
	Pliocénico Plio- Plistocénico	Plio- Plistocénico	
Rocha eruptiva		Episódios de magmatismo	<b>ROCHAS ÍGNEAS</b>

Apesar de, no ERHSA (2001), se referir que não existe nenhuma diferenciação litológica evidente entre o Caloviano e o Batoniano, esse limite foi adotado por Manuppella e Moreira (1989) e é do tipo paleontológico. Aceitou-se, deste modo, esta divisão na elaboração deste trabalho.

#### **4.3. Introdução dos dados das sondagens no *software* GMS**

Os dados de todas as sondagens – coordenadas, cota de origem, profundidade atingida, litologia, estratigrafia e espessura das camadas – podem ser observados nas figuras em Anexo.

Na introdução dos dados, no *software* GMS, também foi necessário adaptar cores e padrões associados à litologia e à estratigrafia.

Apesar da Comissão Internacional de Estratigrafia ter definido códigos de cores RGB para cada divisão do tempo geológico, no trabalho apresentado não foram usados, por se ter verificado que a semelhança de algumas tonalidades tornava difícil a sua visualização espacial.

As cores escolhidas para a estratigrafia, ainda assim, respeitam os tons em grosso modo, mas evidenciando um contraste mais acentuado das camadas. Esta opção foi também admitida, uma vez que, por exemplo, ao Retiano e ao Hetangiano são atribuídas cores diferentes, roxo e azul respetivamente, e neste trabalho foram agrupados, como explicitado no Quadro 1.

Para a litologia usaram-se cores também diferentes, no entanto tentou-se atribuir, dentro das limitações do *software*, os padrões normalizados. Podem ser observados na legenda das figuras em Anexo.

#### **4.4. Adaptação da área do aquífero em estudo**

Dividiu-se a área do aquífero em três regiões distintas, cada uma delas apresentando características semelhantes na estratigrafia atribuída pelos autores das sondagens.

Procedeu-se assim em consequência da diversidade e complexidade lito-estratigráfica, que dificultaram, na fase inicial do trabalho, as operações no GMS se se considerasse apenas uma área.

Deste modo, empregando a mesma divisão adaptada de Monteiro *et. al.* (2008), que se apresenta na Figura 6, considerou-se a área norte uma das divisões, à qual se atribuiu o mesmo nome. A área sul subdividiu-se nas outras duas.

Uma das divisões da área sul corresponde às três sondagens na zona SW do aquífero, a qual se designará daqui para a frente por Área Sudoeste. A outra divisão corresponde à parte restante da área sul, ocupada maioritariamente pelas sondagens de Manuppella e Moreira (1989), e que se designará por Área Este. Estas divisões estão representadas na Figura 9.

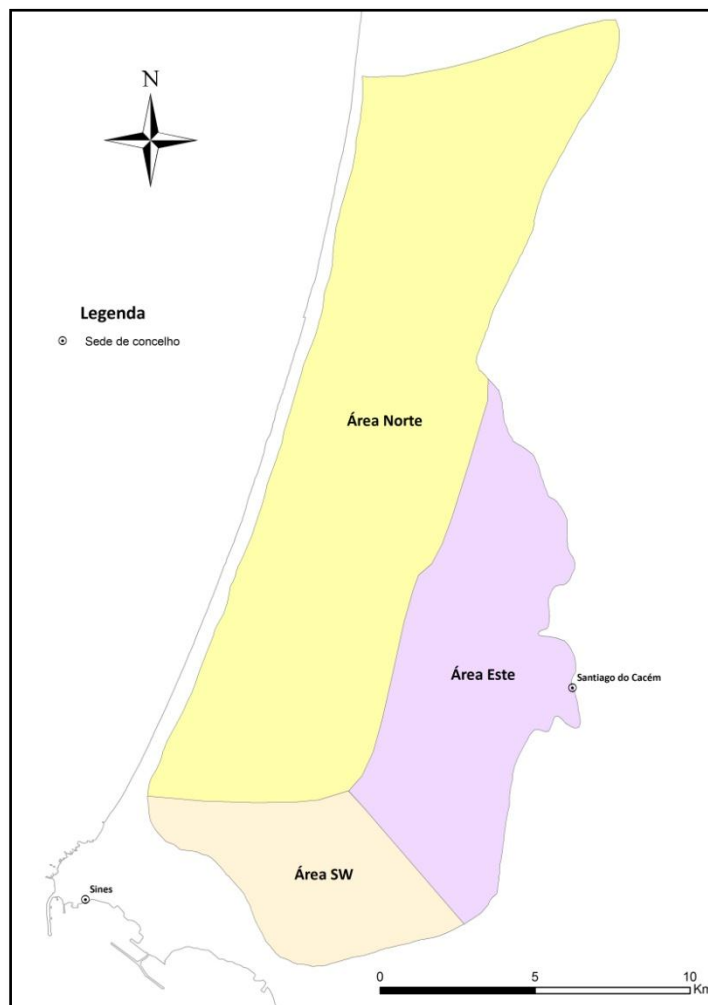


Figura 9. Divisão da área do Sistema Aquífero para a criação da estrutura geológica tridimensional.

Seguidamente, procedeu-se à criação de estruturas tridimensionais, para cada uma das áreas, com base nos dados litológicos e estratigráficos das sondagens. Serão

apresentadas e descritas nas próximas páginas, dividindo-se em modelos estratigráficos e litológicos.

#### **4.5. Estrutura geológica tridimensional da Área Norte**

A Área Norte está fundamentalmente representada pelas sondagens da AdSA, por alguns dos pontos de água obtidos no *site* do SNIRH, e pela sondagem da Câmara Municipal de Sines.

Esta corresponde à área mais simples de representar tridimensionalmente, quando comparada com as restantes.

#### **MODELO ESTRATIGRÁFICO**

Identificam-se apenas duas estratigrafias, o *Malm* na base, e a cobertura do Cenozoico.

Algumas das sondagens, por atingirem poucos metros de profundidade, não abrangem as camadas do *Malm*, não se podendo assim garantir a sua existência. No entanto, aquando da criação desta camada no *software*, admitiu-se que está presente em toda a área. Está representada a azul claro na Figura 10.

Para norte desta divisória não foi possível obter sondagens. Assim, considerando as sondagens existentes prolongou-se a informação, por dedução, até aos limites norte do aquífero.

É de referir que o eixo y, em todas as figuras tridimensionais que se apresentam nas próximas páginas, representa a direção norte. Para além disso, as estruturas foram sobre-elevadas 3x.



Figura 10. Vista tridimensional do *Malm*.

A cobertura do Cenozoico surge em todas as sondagens sobre a camada anterior – mesmo se atinge poucos metros de espessura como é o caso da sondagem SC-23 – o que aponta para a inexistência de afloramentos do *Malm*. Esta conjectura pode ser apoiada pela análise do enquadramento geológico na Figura 5.

Apresenta-se, na Figura 11, a amarelo, a cobertura cenozoica sobre o *Malm*.

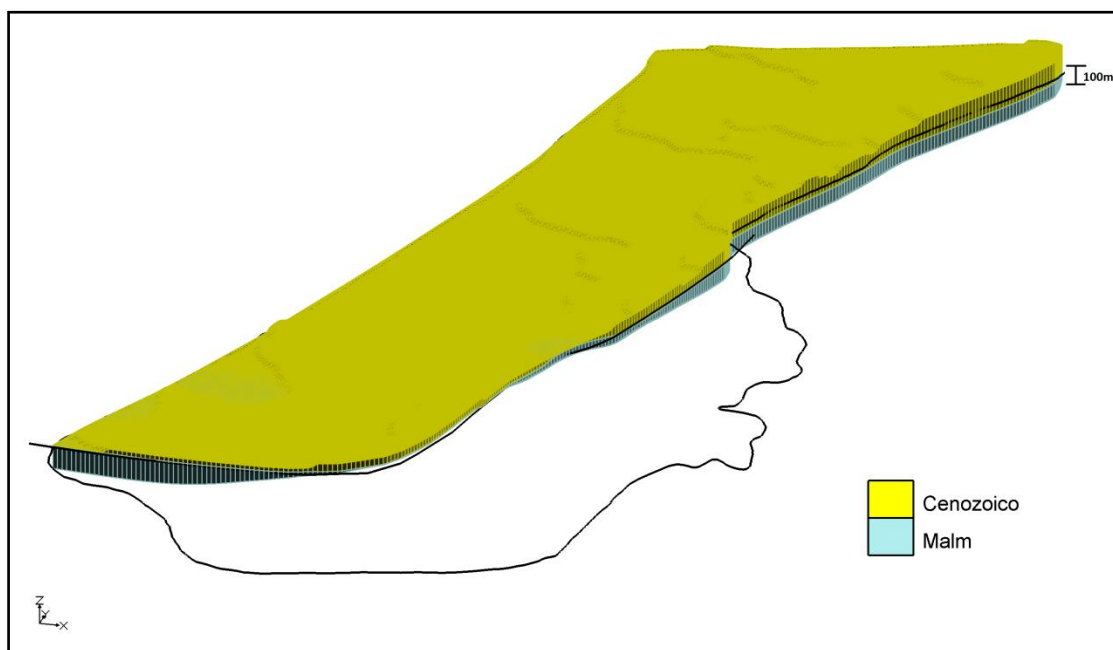


Figura 11. Vista tridimensional da cobertura cenozoica sobre o *Malm*.



### MODELO LITOLÓGICO

Com a criação de um modelo litológico pretendeu-se demonstrar a complexidade dos estratos aqui encontrados – especificando a constituição da cobertura cenozoica e de modo a evidenciar as camadas intercaladas de várias litologias, referidas na descrição do aquífero superior no ponto 3.2 – e que se possa usar, mais à frente, no modelo hidrogeológico tridimensional.

Fez-se inicialmente uma tentativa de criar um modelo semelhante ao anterior. Mas, para isso, seria necessário que as mesmas litologias não se repetissem na mesma sondagem a profundidades diferentes. Significa isto que, na construção de um modelo do tipo anterior, é necessário que haja uma ordem de deposição litológica que não varie muito de sondagem para sondagem. Nesta situação, com o enorme número de sondagens e de dados, tornou-se extremamente complicado de por em prática.

Assim, em alternativa, optou-se por se representar, através de cortes geológicos, apenas a zona de um aglomerado de sondagens, a norte de Santo André (Figura 12), suficientemente elucidativo para demonstrar o pretendido.

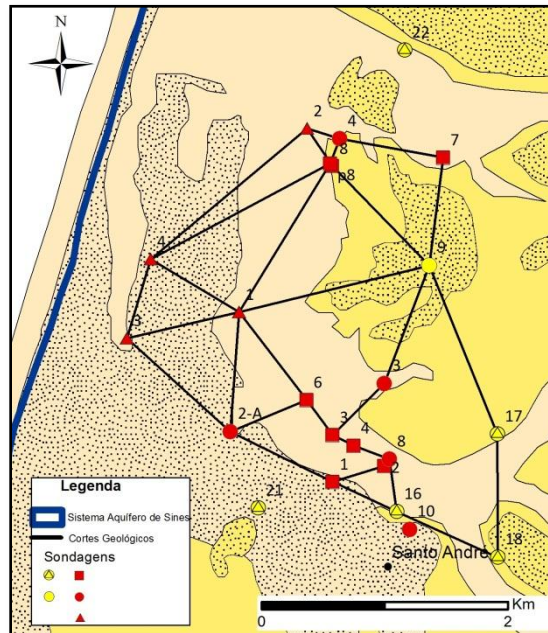


Figura 12. Localização geográfica dos cortes geológicos a norte de Santo André, num excerto da Figura 5.

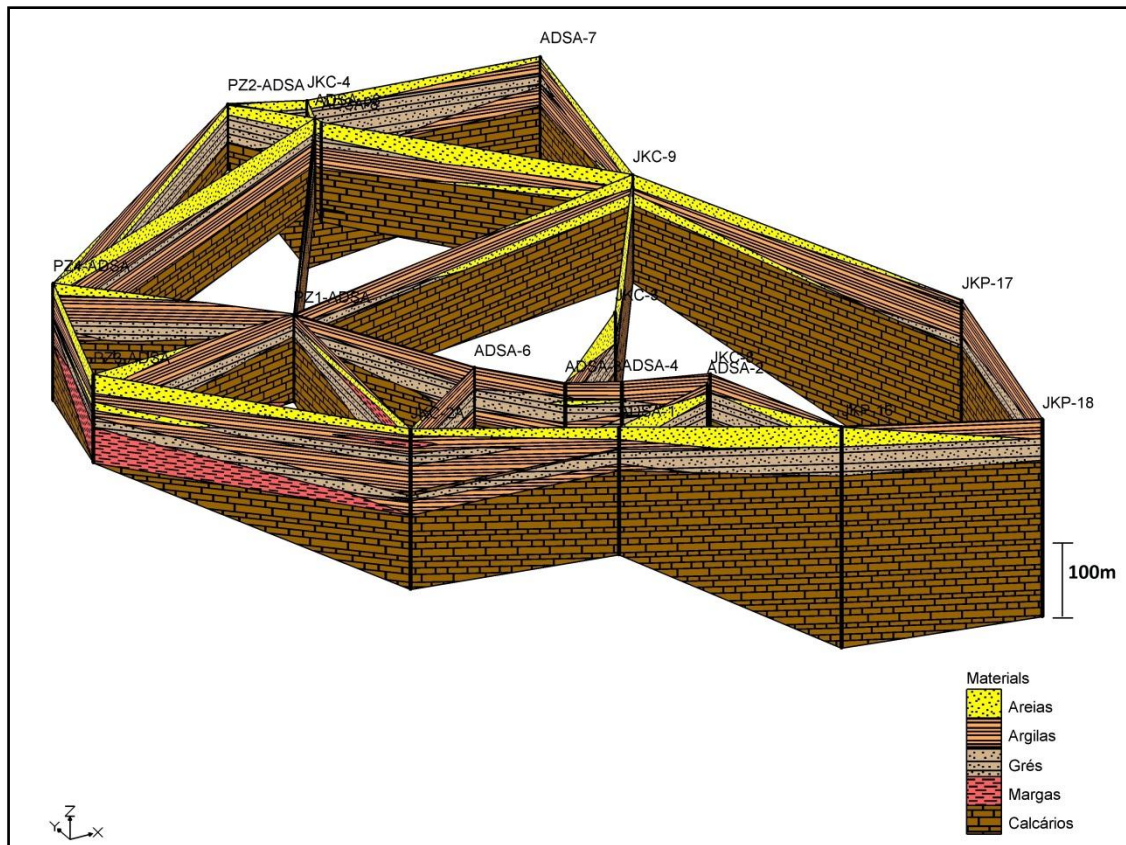


Figura 13. Vista sudoeste do modelo litológico da Área Norte.

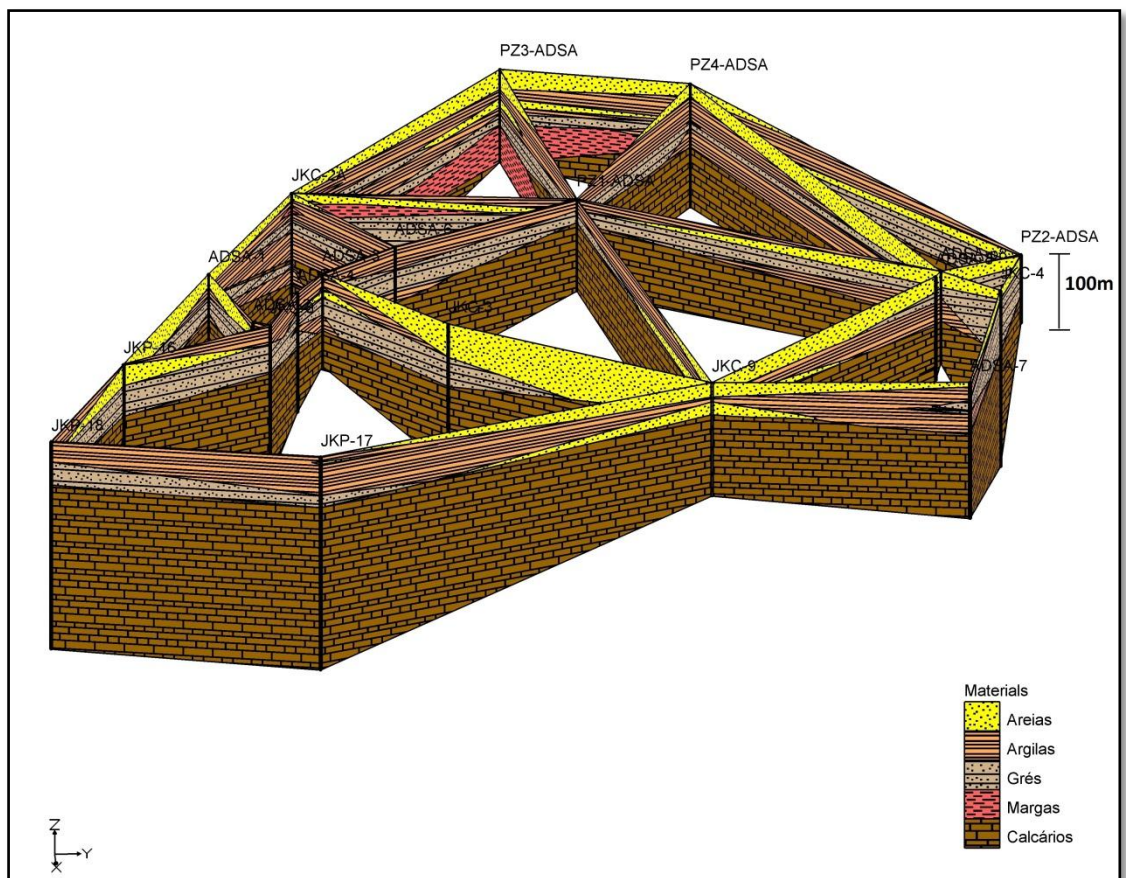


Figura 14. Vista este do modelo litológico da Área Norte.

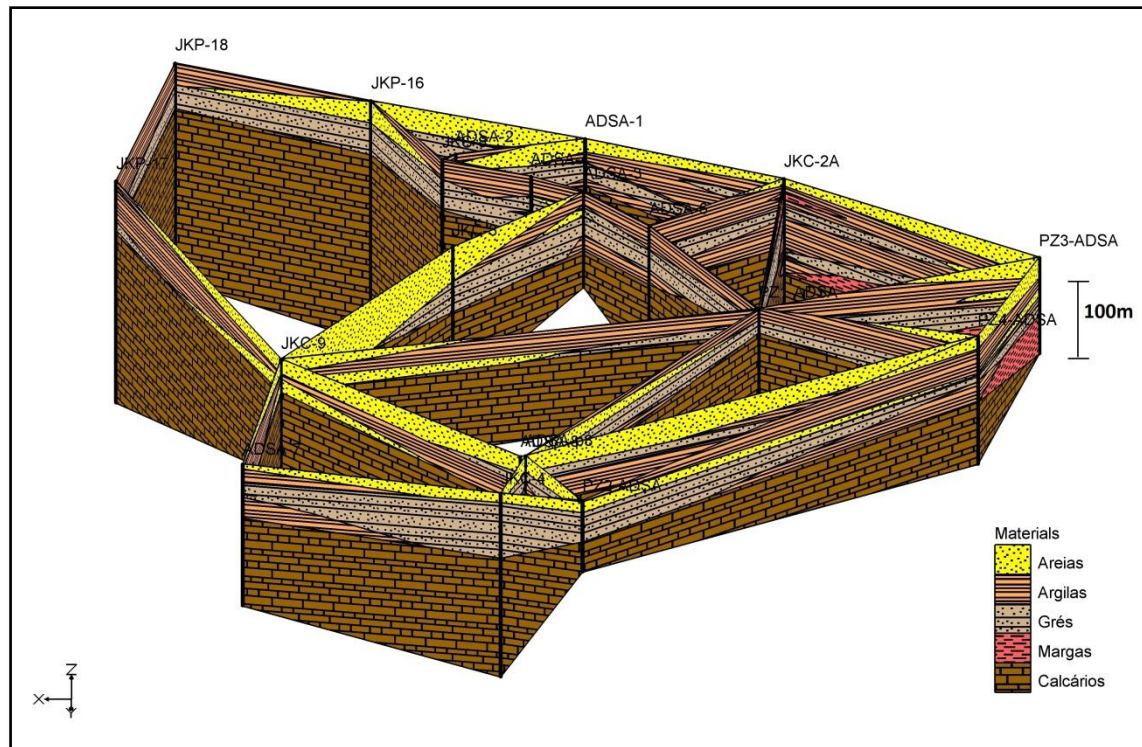


Figura 15. Vista norte do modelo litológico da Área Norte.

As Figuras 13, 14 e 15 mostram os cortes tridimensionais de três perspectivas diferentes.

Pela sua análise, observam-se os calcários do *Malm* sobrepostos por estruturas intercaladas de areia, argilas, grés e margas do cenozoico, tal como se pretendia apresentar.

Os afloramentos cenozoicos que abrangem toda a zona (Figura 12) coincidem também com o topo dos cortes geológicos tridimensionais destas figuras.

#### 4.6. Estrutura geológica tridimensional da Área Este

A Área Este corresponde à zona com maior número de sondagens e consequentemente apresenta um maior nível de informação.

Para além disso, esta área é também mais complexa, e pela análise dos *logs* das sondagens foi evidente que aqui se iriam encontrar todas as estratigrafias.



### MODELO ESTRATIGRÁFICO

Apresentam-se as diferentes estratigrafias, da base para o topo, na sequência de imagens tridimensionais representada pelas Figuras 16, 17, 18, 19 e 20.

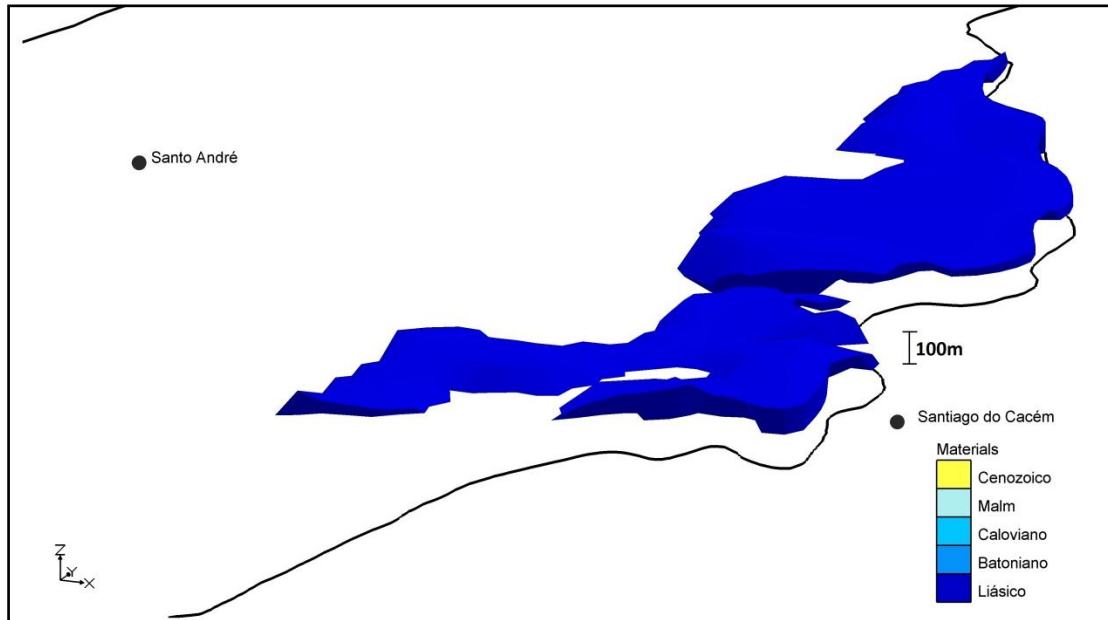


Figura 16. Vista tridimensional do Liásico na Área Este.

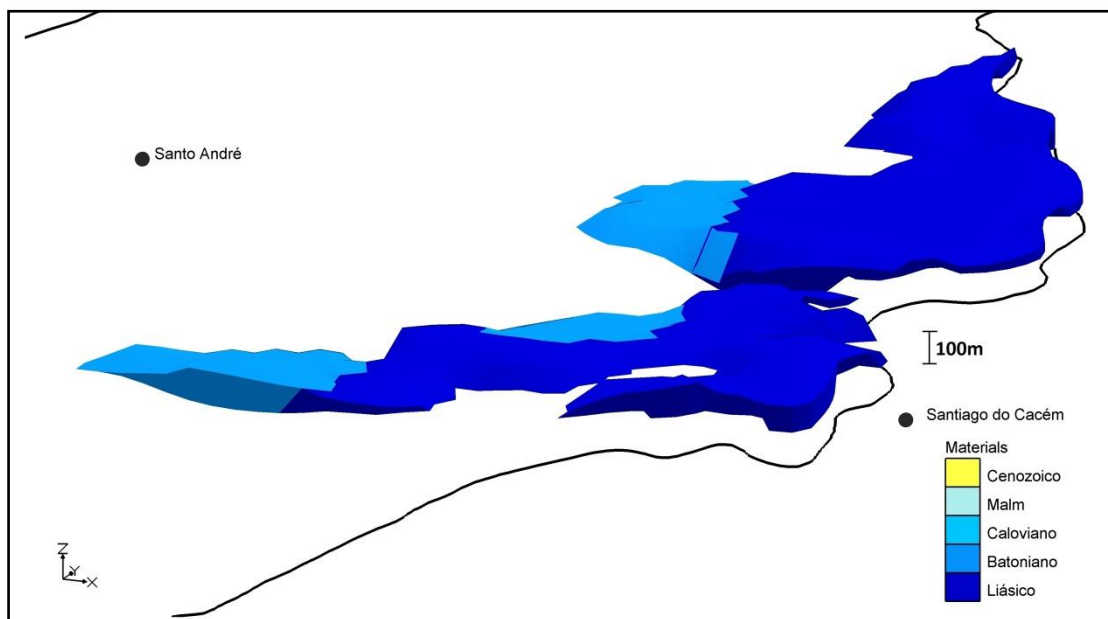


Figura 17. Vista tridimensional do Batoniano na Área Este.

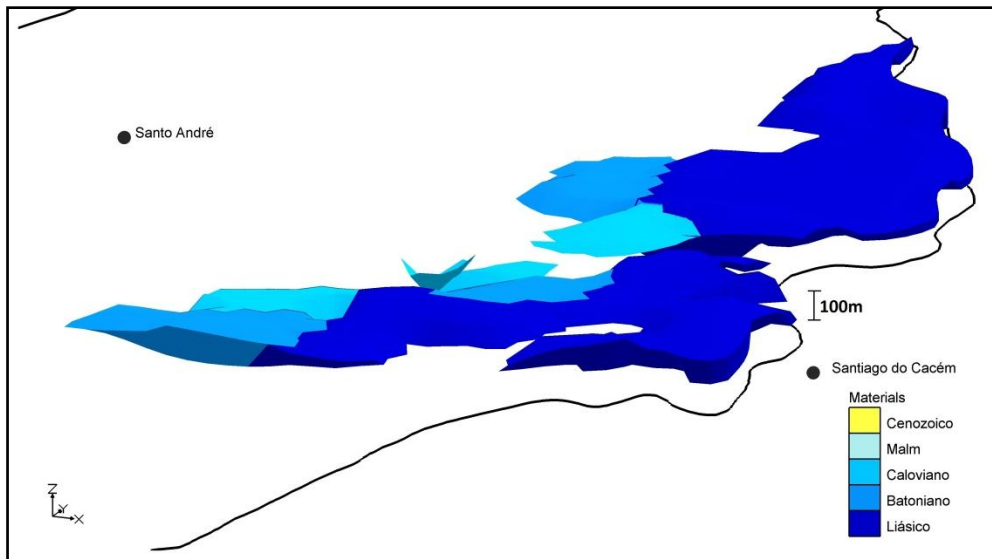


Figura 18. Vista tridimensional do Caloviano na Área Este.

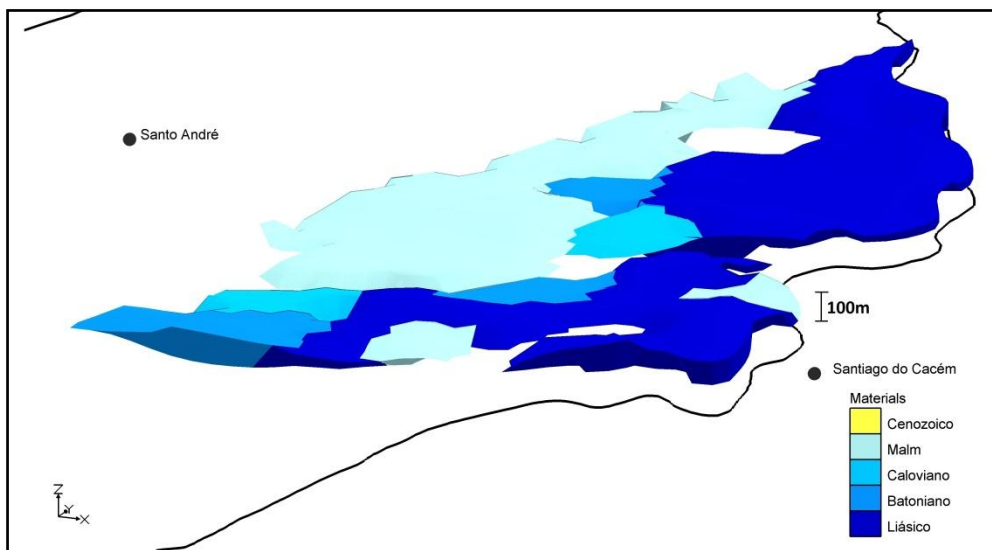


Figura 19. Vista tridimensional do *Malm* na Área Este.

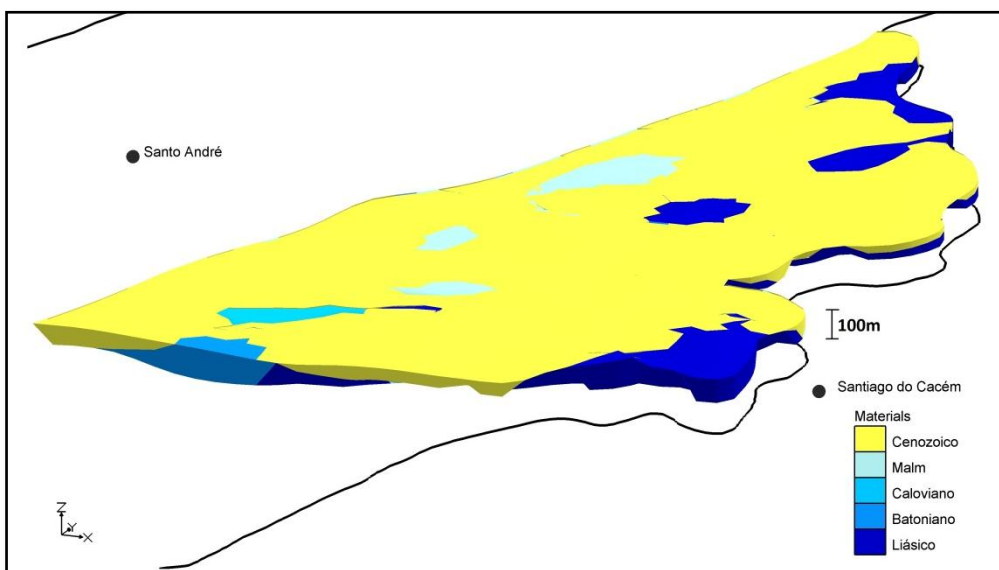


Figura 20. Vista tridimensional do Cenozoico na Área Este.

Para a construção deste modelo foi necessária a criação de uma base fictícia que definisse a base do mesmo, e que foi representada pela união das bases de todas as sondagens. Esta base, foi criada no *software* como uma Rede Irregular de Triângulos (RIT, ou TIN do inglês *Triangulated Irregular Network*), e as suas funções incidiram, não só na delimitação da base do modelo, mas também na viabilização da interpolação para a criação do mesmo. Assim, através do método do inverso da distância (IDW do inglês *Inverse Distance Weighting*), juntamente com a TIN e as informações das sondagens, o *software* admitiu a geometria, para o modelo, apresentada nas imagens anteriores.

Estratigraficamente, ao analisar-se a sequência de imagens anterior, pode-se constatar que: a presença do Liásico junto dos limites Este do Sistema Aquífero é evidente; o *Malm* apesar de surgir noutras zonas predomina essencialmente no lado da falha de Santo André; e o Cenozoico, ao contrário da Área Norte, não cobre a totalidade desta Área. Esta última afirmação é apoiada, pelos afloramentos do Oxfordiano-Kimeridgiano, Batoniano-Caloviano e Toarciano-Sinemuriano visíveis na Carta Geológica da região (Figura 5), e que correspondem aproximadamente aos afloramentos representados no modelo.

Na Figura 21, apresentam-se ainda perfis E-W ao longo da Área Este para que se possa ter outra perspetiva.

Como referido, esta zona corresponde à área abrangida pela família de fraturas que existe entre as falhas de Santa Cruz e de Santo André. No ponto 2.3.3, refere-se que este setor controlou a sedimentação durante o Jurássico e o Cenozoico, resultante das fases de subsidência. Portanto, as estruturas deverão ser mais complexas do que o representado.

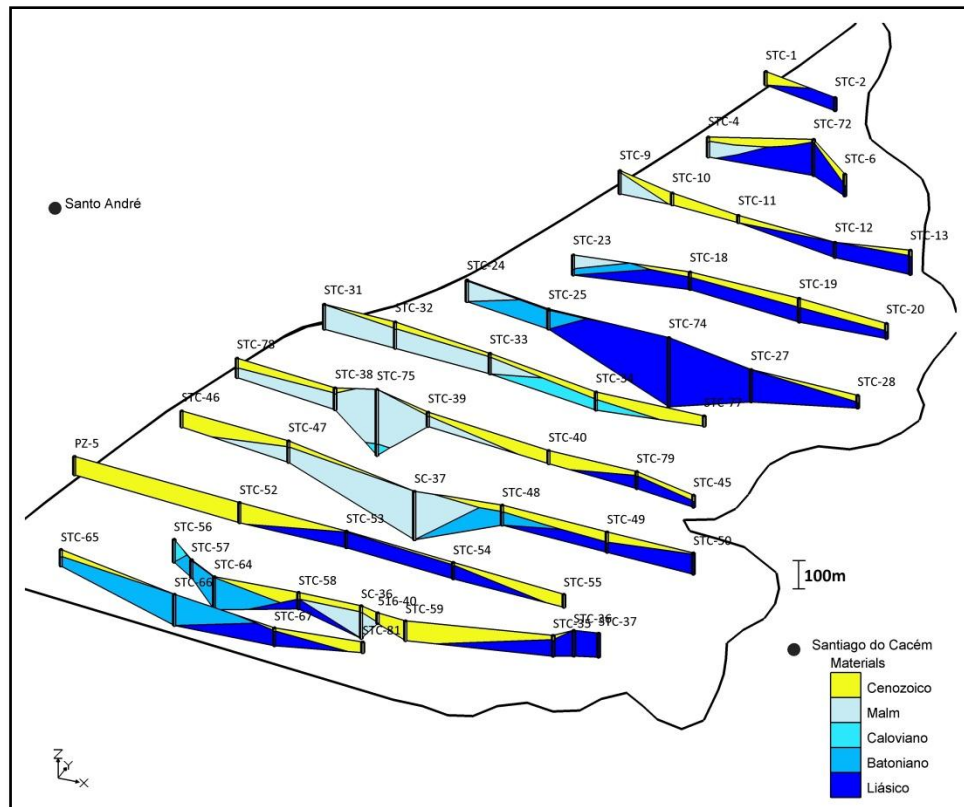


Figura 21. Perfis E-W ao longo da Área Este.

No modelo anterior não estão representadas, mas estão também presentes, rochas ígneas, que correspondem às rochas eruptivas do Complexo Vulcano-Sedimentar e que cortam toda a série jurássica. Estas foram ignoradas, através de uma adaptação das sondagens onde se encontravam, de modo a facilitar as operações no *software*, uma vez que não se conseguiu, através dos dados existentes, determinar com exatidão, e para cada caso, se essas rochas se apresentavam em sequência estratigráfica ou como intrusivas cortando esses mesmos estratos (há informações na bibliografia de rochas ígneas em estratos e em filões). A irregularidade com que surgem nas sondagens mostra isso mesmo, que não era possível identificar com segurança, em relação às rochas ígneas, o tipo de estrutura presente em cada uma dessas sondagens.

Nas sondagens STC-36, STC-59, STC-80 e STC-81, as rochas ígneas encontram-se na base e foram ignoradas, considerando a base da sondagem o topo destas rochas.

Quando surgem a meio da sondagem, apenas se ignorou a sua existência, foi o caso das sondagens STC-68, STC-76 e STC-80 (este procedimento justifica-se mais à frente nos constrangimentos do modelo estratigráfico). Pode-se analisar, nos anexos deste

trabalho, os *logs* destas sondagens, onde as rochas ígneas estão representadas a vermelho. A sua localização pode ser observada na Figura 7.

Ainda no modelo anterior, não é evidente a presença do Retiano-Hetangiano e do Triásico. No entanto, estas estratigrafias surgem nas sondagens STC-60, STC-61, STC-69 e STC-70.

As sondagens STC-60 e STC-69 encontram-se dentro dos limites do Sistema Aquífero em estudo, mas foram ignoradas por representarem apenas dois pontos, impossibilitando a interpolação dos dados para a construção do modelo tridimensional.

As restantes foram também ignoradas no modelo, não pela sua complexidade, como no caso das sondagens com rochas ígneas, mas por se encontrarem fora dos limites do aquífero (Figura 22).

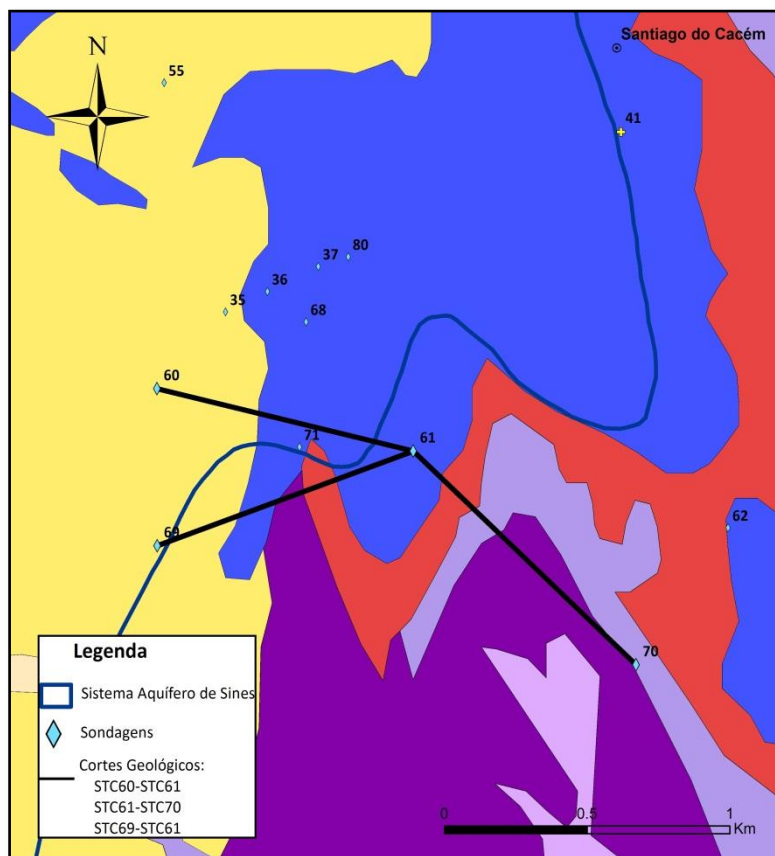


Figura 22. Localização dos cortes STC60-STC61, STC61-STC70 e STC69-STC61 num excerto da Figura 5.

Apresentam-se assim, na Figura 23, os cortes geológicos representativos do Triásico superior sobreposto pelas formações do Retiano-Hetangiano.



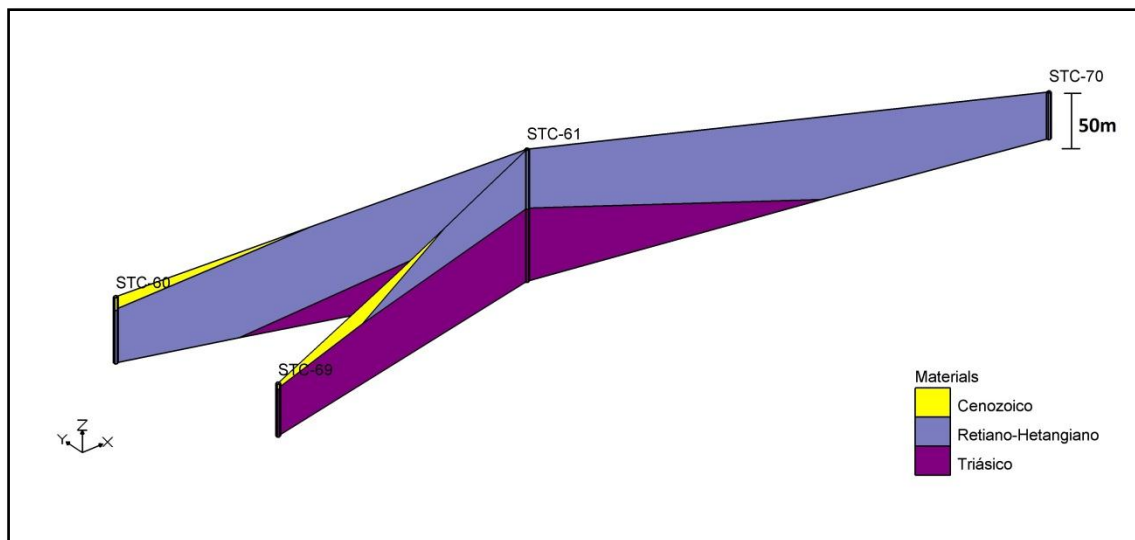


Figura 23. Cortes geológicos representativos do Triásico, sobreposto por formações do Retiano-Hetangiano, em vista tridimensional.

Pela análise das figuras anteriores pode-se verificar que, nas sondagens STC-60, STC-69 e STC-70, a camada superior das sondagens coincide com as respectivas formações apresentadas na Figura 5.

O mesmo não acontece na sondagem STC-61, à qual é atribuído, pelos autores, o Retiano-Hetangiano, mas que coincide geograficamente com afloramentos do Toarciano-Sinemuriano. Poderá ser justificado por um desfasamento entre as coordenadas das sondagens e a adaptação da Carta Geológica apresentada na Figura 5, ou por uma interpretação errónea nas bases originais (das sondagens ou da Carta Geológica).

Para além das sondagens anteriores, também são evidentes formações do Retiano-Hetangiano nas sondagens STC-3, STC-7 e STC-29, que afloram em todas elas, e na sondagem STC-42, cobertas por uma camada cenozoica de aproximadamente 3 m.

#### CONSTRANGIMENTOS DO MODELO ESTRATIGRÁFICO

Na elaboração de modelos deste tipo, há sempre a probabilidade de erros informáticos que levem à ocorrência de episódios incongruentes. Analisando as imagens, alguns destes erros são bastante evidentes.

Parafraseando e começando pelas formas triangulares, especialmente visíveis nas fronteiras entre as estratigrafias nas Figuras 16, 17, 18, 19 e 20, que resultaram do espaçamento da malha da TIN. Fizeram-se diversas tentativas para que tal não acontecesse, mas ainda que se alterassem as dimensões da malha, estas formas triangulares eram sempre evidentes.

Declives bruscos, em lugar de declives suaves, poderiam ser justificados por falhas – atente-se que esta é a zona que abrange as famílias de fraturas entre as falhas de Santa Cruz e de Santo André – mas não será o caso, visto que esse tipo de informação não foi introduzido no *software*. A justificação para estes erros é a ausência de, por exemplo, uma TIN vertical, que pudesse atribuir algumas características verticais e ser alterada de modo a suavizar estes declives.

Na Figura 18 surge um erro crítico, que é importante referir e justificar. Note-se que um dos sólidos correspondentes ao Caloviano apresenta uma forma de cone invertido. Na realidade, eventos deste tipo não ocorrem, e a justificação mais plausível para este erro, deriva do facto de ser uma sondagem que atinge uma profundidade consideravelmente superior em relação às que a rodeiam, provocando um cone invertido na TIN que delimita a base nesta zona. Assim, o modelo que é restrito a esta base força o sólido a dirigir-se para cima, adquirindo ao mesmo tempo as formas que resultam da interpolação pela TIN. Chama-se ainda a atenção para o corte geológico que liga as sondagens STC-38, STC-75 e STC-39, na Figura 21, em que aqui, o comportamento desta camada aparenta ser mais real.

A justificação para a omissão das rochas ígneas quando se encontram no meio das sondagens (STC-68, STC-76 e STC-80) deve-se ao facto de ser necessário, para a construção do modelo, a atribuição de horizontes que correspondessem a cada uma das estratigrafias, por ordem de deposição de camadas. Assim sendo, o Liásico assumiu-se como horizonte 1, o Batoniano, o Caloviano, o *Malm* e o Cenozoico como horizontes 2, 3, 4 e 5, respetivamente. Nesta sequência, assumir horizontes para as rochas ígneas não faria sentido uma vez que, para além de não se ter a certeza de que se trata de estratos, estas se encontram, nas mesmas sondagens, em várias posições, provocando conflitos na execução do modelo.

**MODELO LITOLÓGICO**

Para o modelo litológico desta área, optar por criar perfis semelhantes aos do modelo litológico da Área Norte não seria a melhor opção para transmitir de modo claro as estruturas aqui encontradas. Isto porque, a proximidade, a profundidade e a grande variação da cota de origem das sondagens nesta área, não proporciona uma perspetiva clara e de simples interpretação.

Apresenta-se em alternativa uma imagem das sondagens isoladas, em vista tridimensional, para uma visualização geral (Figura 24). Para uma consulta aprofundada dos dados das sondagens, podem-se consultar as imagens em Anexo.

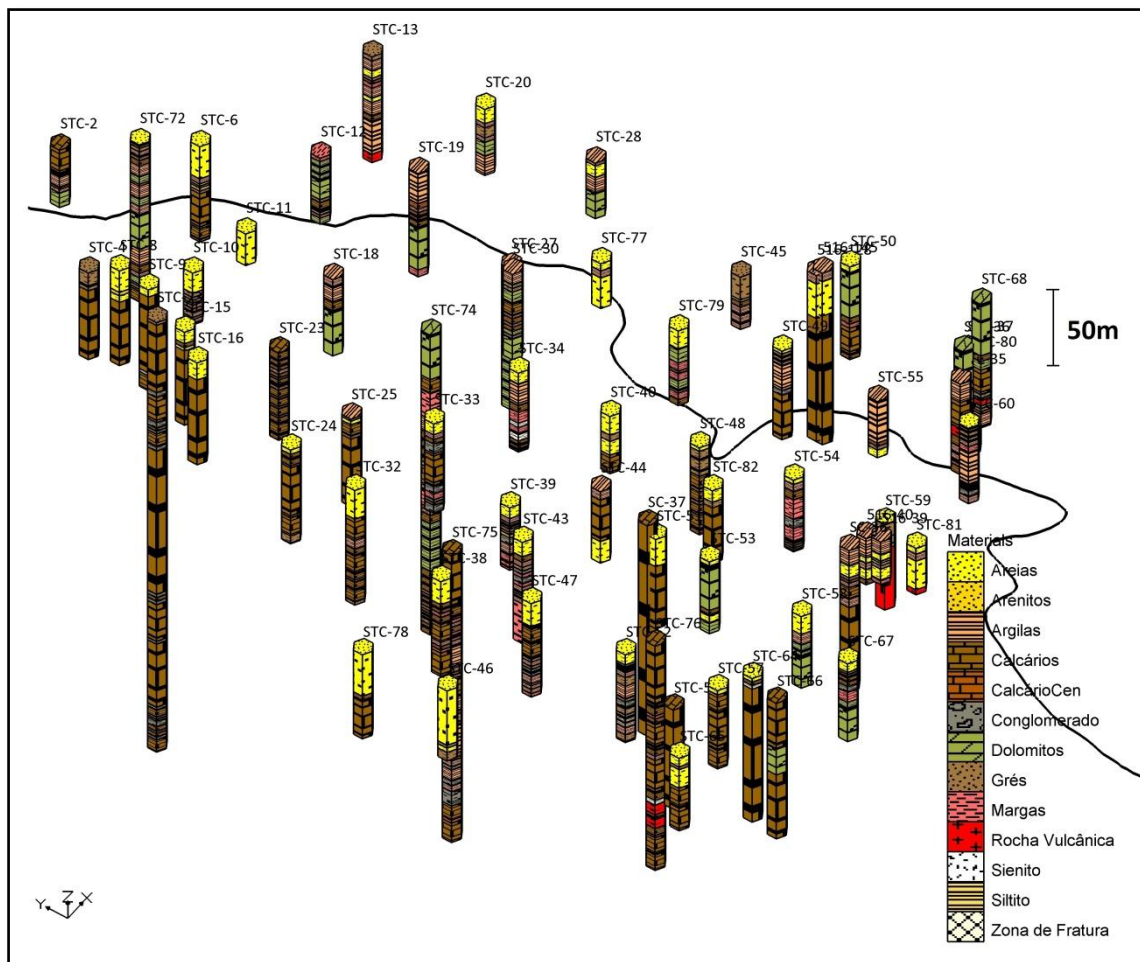


Figura 24. Perfis litológicos das sondagens da Área Este.

#### 4.7. União da Área Norte com a Área Este – Falha de Santo André

Para uma melhor compreensão da zona abrangida pela falha de Santo André, utilizada como uma das bases da divisão entre as Áreas Norte e Este, e que é o principal acidente da zona em estudo, procedeu-se à união dos sólidos criados para ambas as áreas.

Puderam assim ser elaborados cortes geológicos que representam a falha em toda a sua extensão (Figura 25 e Figura 26).

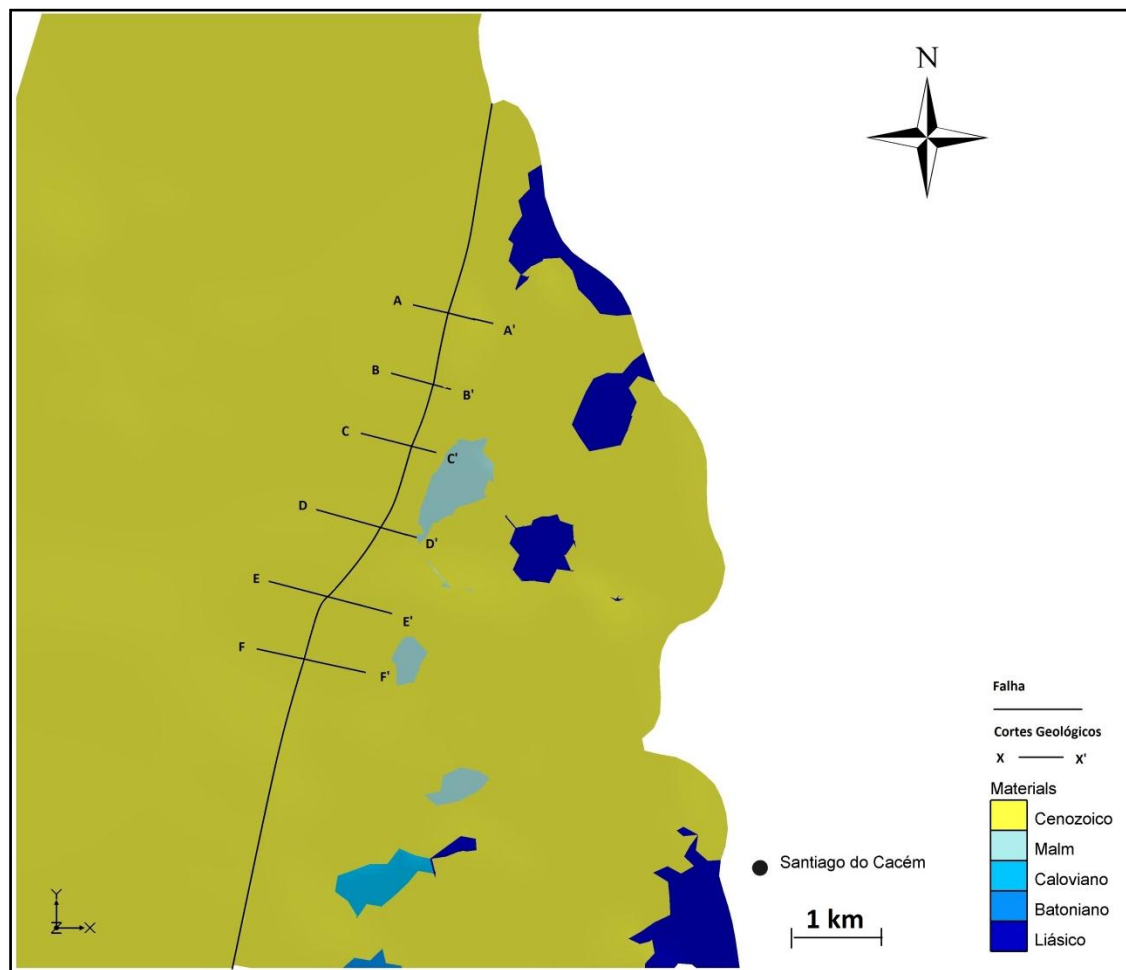


Figura 25. Localização dos cortes geológicos ao longo da falha de Santo André representados na Figura 26.

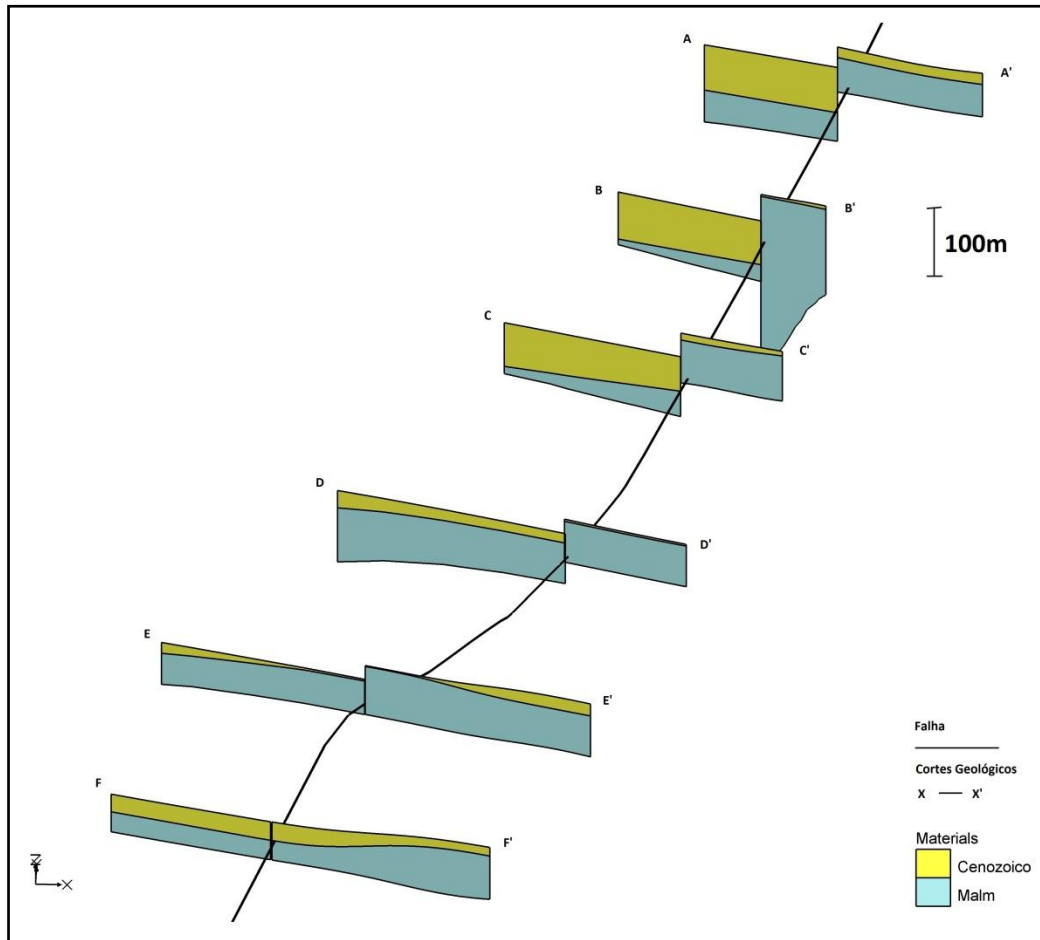


Figura 26. Cortes geológicos ao longo da Falha de Santo André, nas posições assinaladas na Figura 25.

Analisando a figura anterior, podem-se observar as camadas do Cenozoico e do *Malm* ao longo da falha de Santo André, onde é claramente evidenciada uma diferença de cotas entre os limites das camadas de um lado e do outro da mesma e um degrau formado que se atenua para S, tal como referenciado no ERHSA (2001).

No corte geológico A–A', o *Malm* apresenta uma diferença de cotas entre as duas áreas de aproximadamente 80 m. Esta diferença aumenta para a ordem dos 100 m no corte B–B', e decresce, continuamente, nos cortes seguintes: para os 75 m no corte C–C', os 30 m no D–D' e os 20 m no E–E' até atingir a mesma cota no corte F–F'.

Neste último corte, a espessura cenozoica é de aproximadamente 30 m e não há informação sobre o *Malm*, tal como foi exposto no Modelo Estratigráfico da Área Norte no ponto 4.5. Trata-se portanto da estrutura assumida pelo modelo nessa zona, sem que seja possível, na prática, confirmar essa realidade.

#### 4.8. Estrutura geológica bidimensional da Área Sudoeste

Nesta área, correspondente à zona a N do Maciço Eruptivo de Sines, encontram-se conjuntos litológicos, dispostos em filões-camada, correspondentes às fases de instalação do maciço nas formações encaixantes do *Malm*.

Apresentam-se, nas Figuras 27, 28 e 29, os cortes geológicos possíveis entre as três sondagens recolhidas neste trabalho, que representam esta área, e onde se assumiu que as rochas ígneas se dispõem em filões-camada.

No entanto, também em resultado da instalação do maciço, e segundo alguns autores referenciados neste trabalho, existem evidências da presença de filões sub-verticais, com espessuras médias de 1 a 2 m, que cortam tanto as rochas do maciço como do encaixante. Pode-se assim admitir que, para além da representação adotada, possam existir este tipo de filões, sendo que alguns deles possam corresponder às espessuras mais pequenas evidentes nas sondagens.

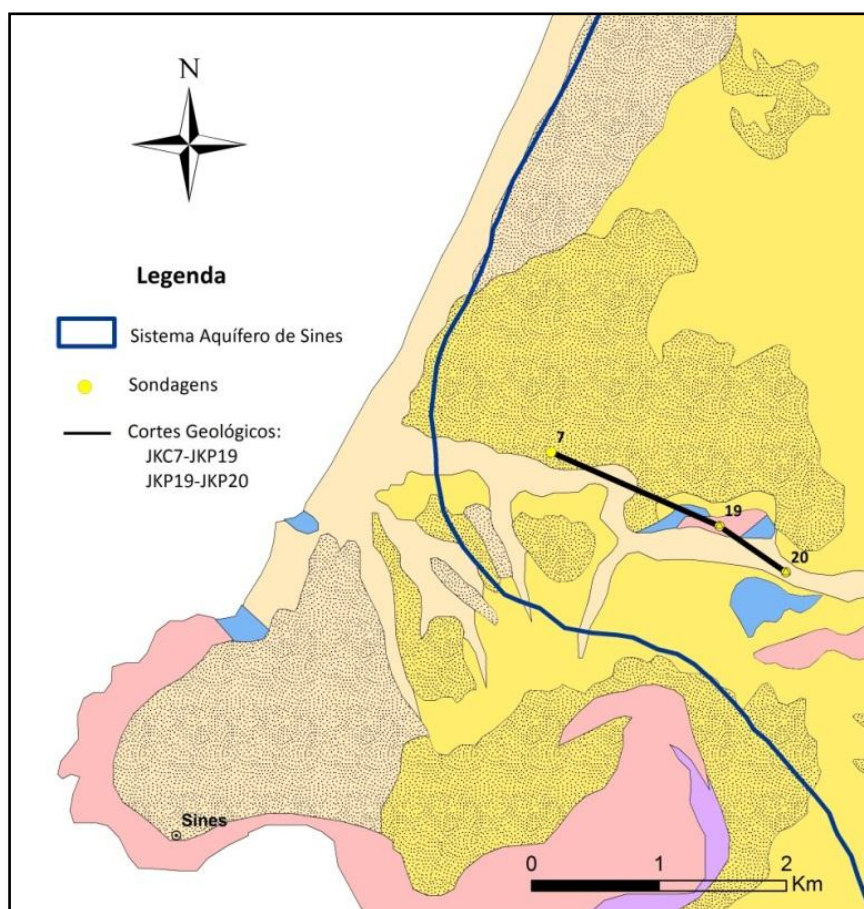


Figura 27. Localização dos cortes geológicos entre as sondagens da Área Sudoeste num excerto da Figura 5.

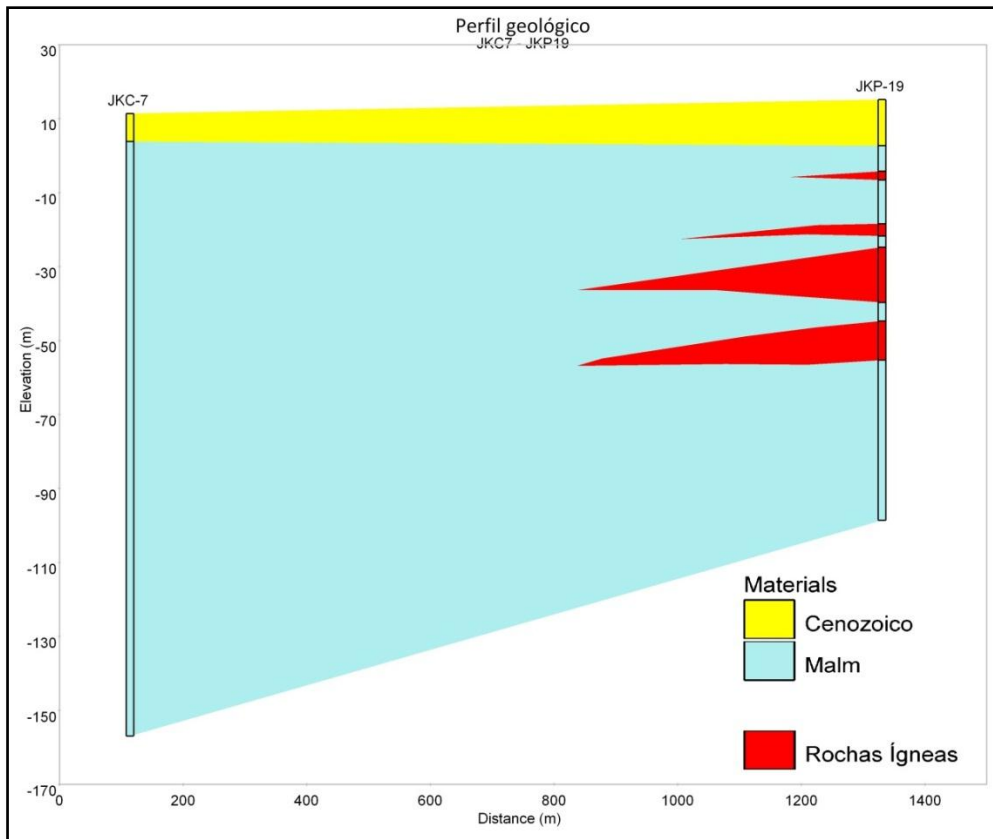


Figura 28. Corte geológico JKC7-JKP19.

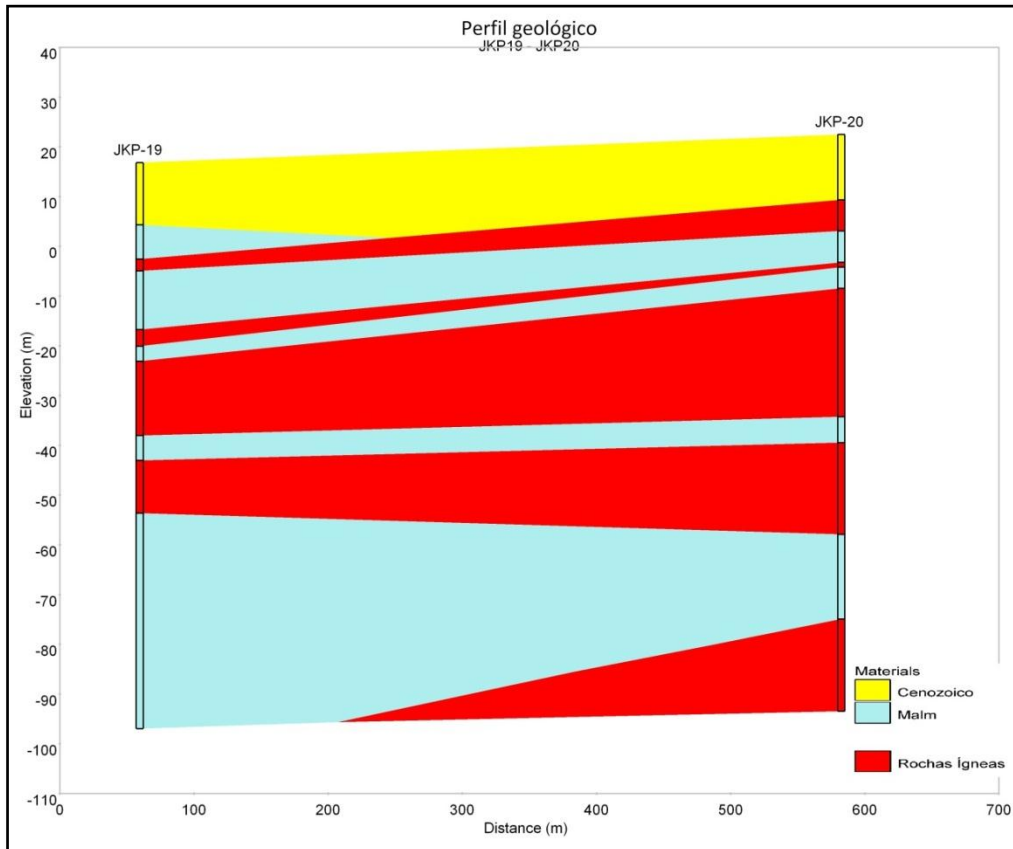


Figura 29. Corte geológico JKP19-JKP20.

Verifica-se, na Figura 27, um afloramento de rochas ígneas, que corresponde exatamente ao local da sondagem JKP-19, mas segundo os dados desta sondagem, uma cobertura de cerca de 13 m de cenozoico está presente nessa zona, o que leva a crer que poderá haver, também aqui, um desfasamento entre a imagem adaptada da Carta Geológica e as coordenadas desta sondagem.



## 5. MODELO HIDROGEOLÓGICO TRIDIMENSIONAL DO AQUÍFERO EM ESTUDO

Neste capítulo pretende-se representar o modelo hidrogeológico do Sistema Aquífero de Sines com base na estrutura geológica apresentada anteriormente.

### 5.1. Divisão dos aquíferos Superior e Inferior

Assumiu-se uma divisão em dois conjuntos de camadas, cada um deles reunindo as mesmas características lito-estratigráficas. No Quadro 2, faz-se a correspondência entre essas características e cada um dos aquíferos.

Quadro 2. Correspondência lito-estratigráfica aos aquíferos superior e inferior.

<b>Litologias</b>	<b>Estratigrafias</b>	<b>Aquífero</b>
Areias Arenitos Calcários do Cenozoico Grés	Cenozoico	<b>AQUÍFERO SUPERIOR</b>
Calcários Conglomerado Dolomitos Grés Margas	Malm Caloviano Batoniano Liásico	<b>AQUÍFERO INFERIOR</b>
Argilas		<b>ARGILAS</b>

Todas as correspondências adotadas neste trabalho têm por base a atribuição das litologias às estratigrafias por parte das entidades que realizaram as sondagens.

No caso das sondagens obtidas no *site* do SNIRH havia já uma atribuição lito-estratigráfica a cada um dos aquíferos, e conseqüentemente, assumiram-se os mesmos critérios do SNIRH para fazer as associações das unidades lito-estratigráficas das restantes sondagens. As argilas separaram-se num grupo à parte, para que se possa identificar a presença de camadas selantes.

### 5.2. Modelo hidrogeológico tridimensional da Área Norte

Também neste capítulo, o ideal seria ilustrar o modelo com imagens semelhantes às dos modelos estratigráficos das Áreas Norte e Este. Contudo, estaríamos perante o mesmo problema de atribuição de horizontes, explicitado para a ausência de rochas ígneas no modelo estratigráfico da Área Este. E assim, mais uma vez, a solução encontrada incidiu na apresentação de cortes geológicos.

Apresentam-se de seguida, três vistas tridimensionais representativas da geometria do aquífero a N de Santo André, com base nos cortes geológicos da Figura 12.

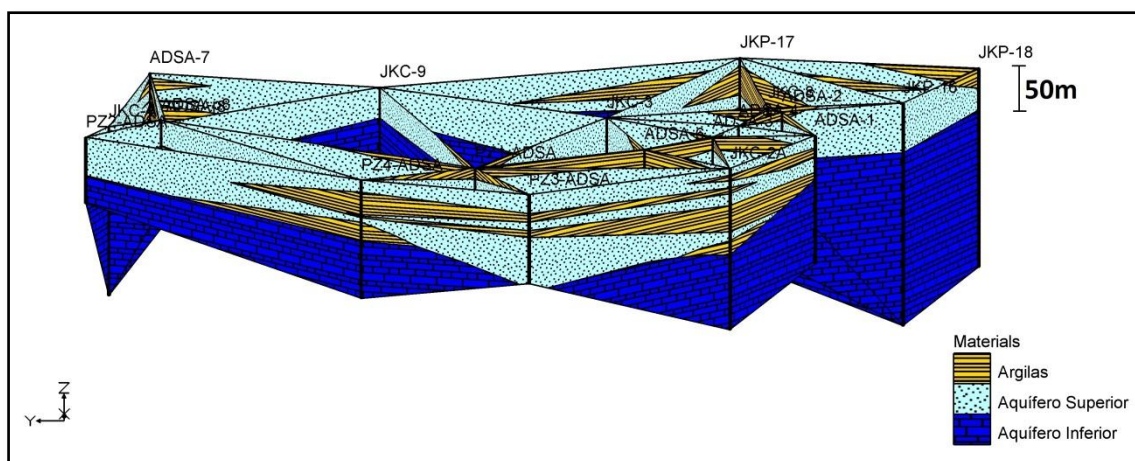


Figura 30. Vista oeste do modelo hidrogeológico do Sistema Aquífero.

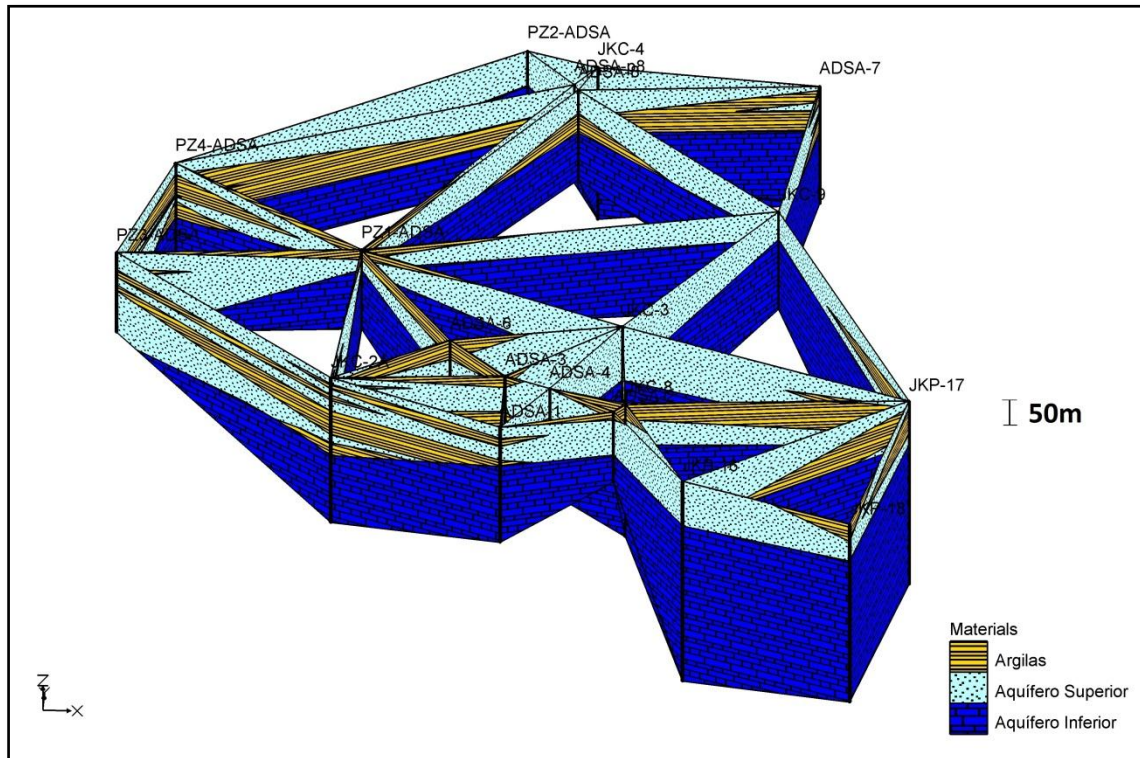


Figura 31. Vista sul do modelo hidrogeológico do Sistema Aquífero.

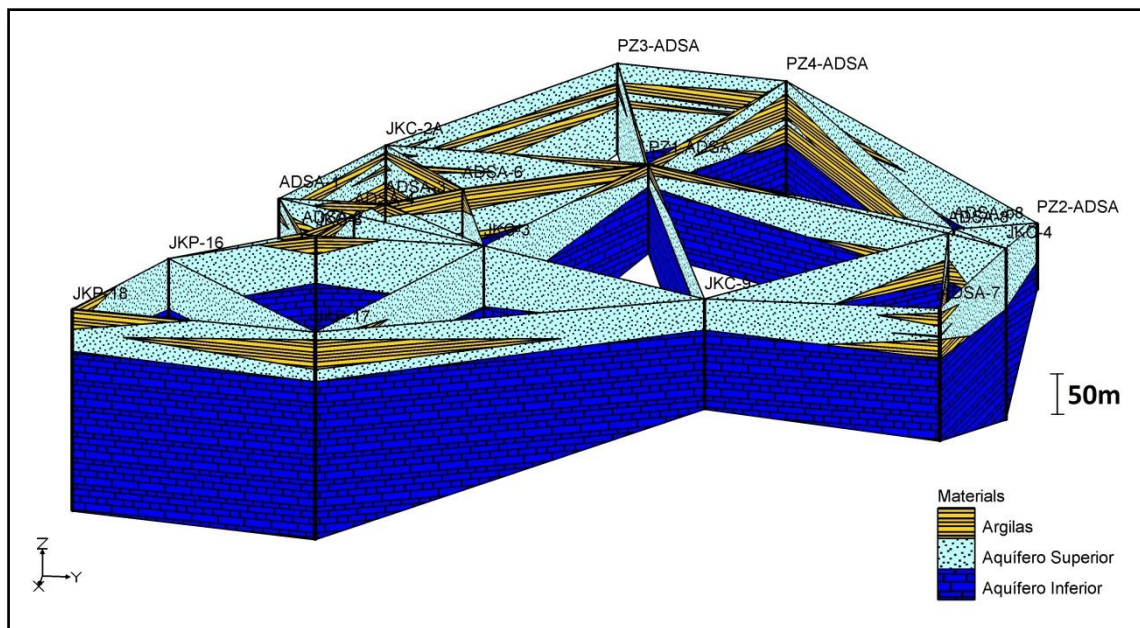


Figura 32. Vista este do modelo hidrogeológico tridimensional do Sistema Aquífero.

As imagens das Figuras 30 a 32, por serem demasiado simplificadas, não mostram a realidade mais complexa destes aquíferos. No aquífero superior, há heterogeneidades impressas pelas intercalações argilosas e por frequentes variações laterais de fácies e,

no aquífero Inferior, a carsificação que canaliza os fluxos, torna o aquífero extremamente heterogéneo.

Note-se que o aquífero inferior é confinado, ou pelas camadas inferiores, de carácter argiloso, do aquífero superior, nas áreas em que estas existem, ou pelas camadas calcárias superiores compactas, aqui não especificamente identificadas, pois fazem parte da zona superior identificada nas Figuras 30 a 32 como aquífero inferior. As figuras não representam portanto a camada confinante intermédia entre os dois aquíferos, uma vez que nem sempre se identifica exatamente o tipo de litologia confinante nos diversos perfis de sondagem.

De facto, há registos, nalgumas sondagens da AdSA, de cerca de 20 m de calcário compacto na parte superior, que isolam os níveis produtivos por baixo. Logo, apesar de se identificar o “Aquífero Inferior” em toda a extensão dos calcários, nem sempre toda essa extensão é produtiva. E, como é próprio de meios cársicos, entre sondagens e captações muito produtivas surgem muitas outras sondagens com produtividades bastante mais baixas, ou até improdutivas, algumas delas transformadas posteriormente em piezómetros. O meio não é portanto contínuo em toda a sua extensão.

O aquífero superior é, aparentemente, constituído por aquíferos interestratificados separados por camadas confinantes de argilas, que formam então as estruturas sobrepostas, bem visíveis no modelo. Nota-se também que essas camadas não são contínuas em grandes extensões, permitindo a ligação entre as camadas produtivas nalguns pontos do aquífero e o seu semiconfinamento noutras zonas.

Assinala-se, também, a grande extensão e a espessura dos materiais associados aos reservatórios do aquífero superior, que têm origem no tipo de geomorfologia que se formou nesta área. Estas características, adicionadas à grande permeabilidade dos materiais que os constituem, justificam um bom desempenho da recarga deste aquífero.

Este modelo hidrogeológico elucida o que poderá ser a geometria do aquífero na Área Norte, mas que se diferencia, em certos aspetos, da sua geometria na Área Este.

### 5.3. Modelo hidrogeológico tridimensional da Área Este

Pela mesma razão defendida no modelo litológico desta área, apresenta-se uma imagem das sondagens isoladas, elucidativa, numa perspetiva tridimensional, do que poderá ser o comportamento das estruturas hidrogeológicas (Figura 33).

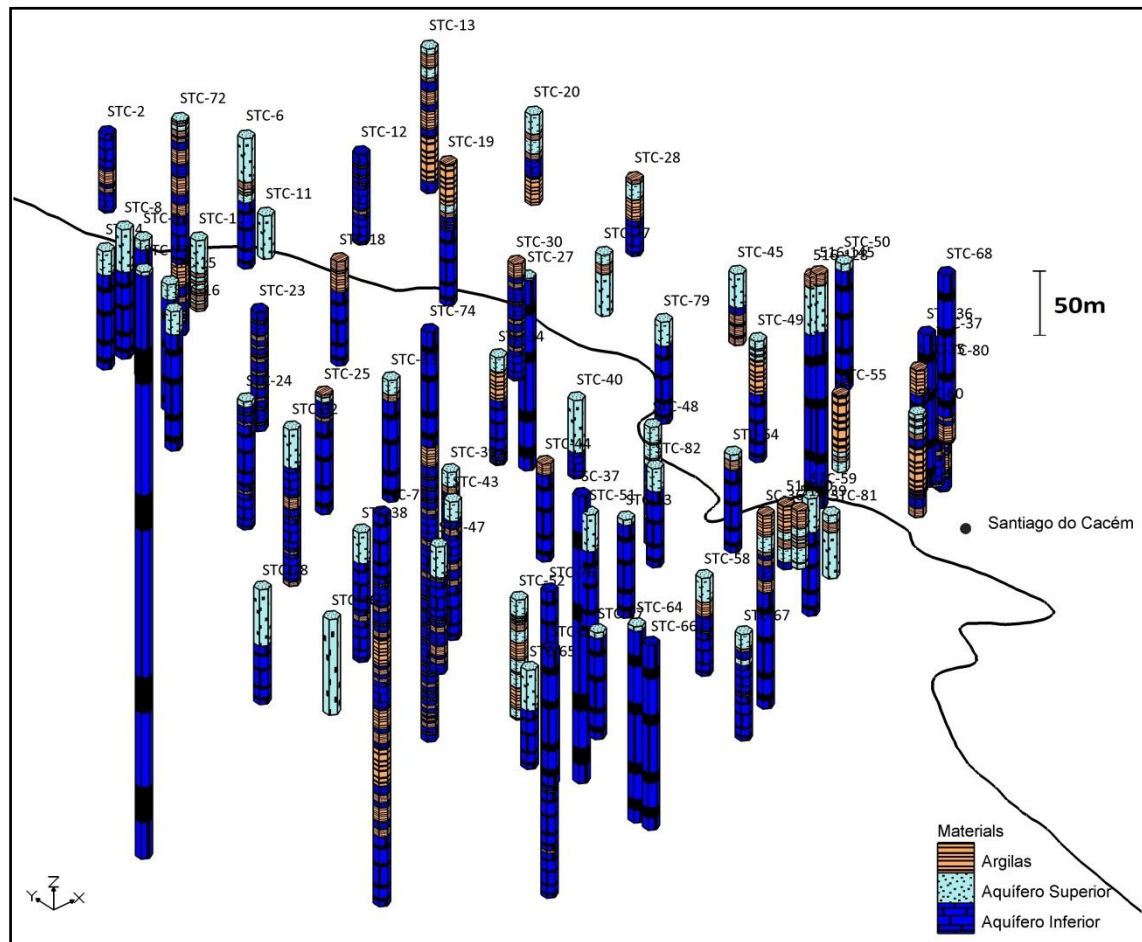


Figura 33. Modelo hidrogeológico da Área Este.

Numa rápida análise da Figura 33 pode-se verificar a predominância das rochas jurássicas, e, conseqüentemente, do aquífero jurássico nesta zona.

Segundo os autores referenciados, nesta parte do Sistema Aquífero em estudo haverá uma interação hidráulica permanente entre as duas estruturas hidrogeológicas, derivado do facto de não haver uma camada selante que isole um aquífero do outro e de haver afloramentos jurássicos.

É evidente, no entanto, um grande número de sondagens que mostram também a existência de bancadas argilosas, algumas delas a isolar o aquífero superior do inferior,

mas que ocupam áreas pequenas e isoladas, e que não influenciará a existência da conexão hidráulica entre os dois aquíferos.

A zona da recarga corresponde a toda a área Este representada na Figura 33, e abrange os afloramentos do Jurássico (pouco representados nas sondagens) e os afloramentos de sedimentos porosos que lhes são sobrejacentes. A partir destes últimos, por recarga diferida, os calcários que estão numa posição inferior recebem igualmente recarga a partir da precipitação.

A elevada capacidade de infiltração de qualquer destes afloramentos proporciona a recarga do aquífero inferior na área Norte, a oeste da falha de Santo André. A geomorfologia típica destes afloramentos da área Este, incidindo nas cotas mais elevadas que existem dentro da área do Sistema Aquífero de Sines (Figura 3), origina gradientes hidráulicos elevados e proporciona a circulação subterrânea com um sentido de fluxo E-W, para as cotas inferiores. De acordo com Chambel e Monteiro (2007), justificarão inclusivamente o artesianismo verificado nas captações a N de Santo André.

Apresentam-se perfis entre algumas das sondagens apresentadas na Figura 33, para evidenciar a diferença de cotas acima referida (Figura 34).



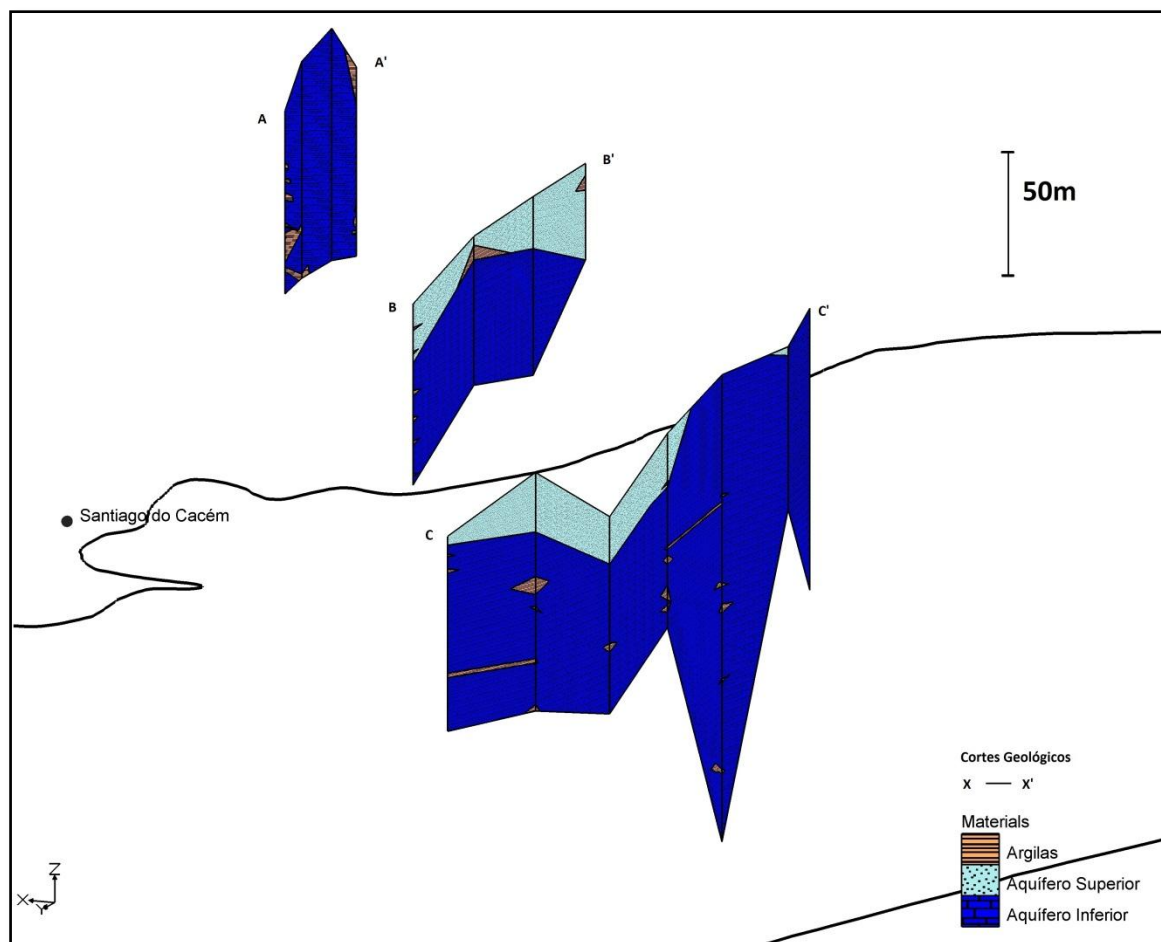


Figura 34. Diferença de cotas no modelo hidrogeológico da Área Este.

#### 5.4. Modelo hidrogeológico da Área Sudoeste

A alteração tectónica ocorrida na parte sul do Sistema Aquífero, pela intrusão do Maciço Eruptivo de Sines e dos diques radiais, levou a que, em muitos pontos, os aquíferos previamente representados se encontrem em ligação hidráulica, tornando difícil a sua interpretação geométrica. Várias sondagens nesta zona, de que não se conseguiram dados concretos, parecem indicar que a zona inferior, correspondente aos calcários, não é produtiva, apenas podendo ser considerado o aquífero superior. Uma sondagem que estava a ser executada ao mesmo tempo que se escrevia esta dissertação mostra essa mesma situação. Com cerca de 180 m no momento, cortou 75 m de areias com algumas intercalações argilosas e entrou depois numa zona de calcários dolomíticos margosos pouco produtivos. Esta sondagem encontra-se nas imediações da sondagem X.

Por esta razão e pela falta de dados de sondagens nesta zona, optou-se por não se representar a sua hidrogeologia.

No entanto, segundo vários autores, esta será uma zona de descarga do aquífero superior.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para finalizar apresentam-se breves considerações à análise do modelo hidrogeológico. Tendo em consideração que o modelo realizado foi limitado às bases das sondagens que foram recolhidas, há muita informação que se mantém desconhecida e que poderia eventualmente modificar a perspetiva atual, nomeadamente a base do aquífero jurássico, que não foi atingida por nenhuma das sondagens usadas neste trabalho.

A carência de sondagens na região Norte e perto de Sines levou também a uma limitação do conhecimento da geometria das formações nestas zonas. Refere-se especialmente a zona do Maciço Eruptivo de Sines, que, por corresponder a uma zona de descarga do aquífero, merecia um estudo aprofundado para que se pudesse compreender melhor a sua geometria no local, seguramente de grande complexidade.

Todos os episódios geológicos que deram origem a esta bacia sedimentar, e uma conseqüente variabilidade litológica acentuada, fazem com que este Sistema Aquífero seja bastante complexo.

Ainda assim, toda a área abrangida pelos seus limites apresenta características hidrogeológicas favoráveis ao seu bom funcionamento hidráulico e, tanto o aquífero superior, como o inferior, desempenham um papel de extrema importância nesta região.

Especificando, estas características beneficiam:

- A recarga direta, em todos os afloramentos jurássicos e cenozoicos que se encontram nas cotas mais elevadas a Este, e que criam as condições para um fluxo da água em direção às cotas mais baixas no lado Oeste;
- A recarga direta e diferida, na grande extensão e espessura de materiais cenozoicos que constituem o aquífero superior.
- A grande permeabilidade das formações cenozoicas que permitem a circulação da água em ambos os sentidos no aquífero superior;

- Uma tendência para o desenvolvimento cársico das formações carbonatadas, no aquífero inferior, que proporciona o armazenamento e favorece a circulação subterrânea.

Representar tridimensionalmente todo este complexo Sistema Aquífero, foi uma tarefa muito complicada, em consequência das limitações das ferramentas do *software*. As expectativas inicialmente concebidas, com o desenvolvimento do tratamento dos dados, foram-se revelando muitas vezes inatingíveis.

Ainda assim, com muita determinação e simultaneamente um pouco de desalento, elaborou-se, da melhor forma possível este modelo hidrogeológico, na esperança de que futuros estudos e trabalhos esclareçam e aperfeiçoem determinados aspetos da geometria deste aquífero.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Almeida, C.; Mendonça, J.; Jesus, M.R.; Gomes, A. (2000). *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental*. Instituto da Água/Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, 3 Volumes, 671 p.
- Chambel, A.; Monteiro, J.P. (2007). *Estudo Hidrogeológico do Sistema Aquífero e Definição dos Perímetros de Protecção das Captações de Água Subterrânea das ÁGUAS DE SANTO ANDRÉ SA, com recurso a Modelação Matemática*. Universidade de Évora/ Universidade do Algarve. Relatório Técnico. 89pp.
- Chambel, A.; Monteiro, J.P.; Nunes, L.; Martins, R.; Duque, J.; Fialho, A. (2010). *Hydrogeological study of contamination in the Aquifer System of Sines, South Portugal*. XXXVIII IAH Congress: Groundwater Quality Sustainability, IAH, Krakow, Poland, CD-Rom: 403.
- ERHSA (2001). *Relatório do projecto "Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo"*. Comissão de Coordenação da Região Alentejo, Évora.
- Fernandes, P. G. (2004). *Estudo hidrogeológico dos sistemas aquíferos Sado-Sines: Evolução hidrogeoquímica e isotópica*. FCUL, Universidade de Lisboa, pp87. Tese de Doutoramento.
- Fernandes, P. G.; Carreira, P.; Silva, M. O. (2008). *Anthropogenic sources of contamination recognition - Sines Coastal Aquifer (SW Portugal)*. Journal of Geochemical Exploration 98, pp.1-14.
- Inverno, C.M.C.; Manuppella, G.; Zbyszewski, G.; Pais, J.; Ribeiro, M.L. (1993). *Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50000 e Notícia Explicativa da Folha 42-C SANTIAGO DO CACÉM*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Lavaredas, J.M.; Silva, M.O. (1997). *Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do Sistema Aquífero de Sines*. Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo, pp.17.
- Manuppella, G.; Moreira, J. (1989). *Calcários e dolomitos da área de Melides – Santiago do Cacém*. Estudos, Notas e Trabalhos. Direcção Geral de Geologia e Minas, Porto, t.31, pp.79-94.
- Monteiro, J. P.; Chambel, A.; Martins, J. (2008). *Conceptual and Numerical Flow Model of the Sines Aquifer System (Alentejo, South Portugal)*. International Groundwater Symposium. International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR). Istanbul, Turkey. pp.38 (abstract) and doc. elect. CD-Rom 9pp.

**PÁGINAS DA INTERNET CONSULTADAS:**

<http://www.faunalia.pt/>, consultado em 4 de maio de 2011

<http://www.portodesines.pt/pls/portal/go>, consultado em 29 de março de 2012

<http://snirh.pt/>, consultado em 15 de março de 2011

# **ANEXOS**

*LOGS DAS SONDAGENS*



# LEGENDA

## Litologia



## Estratigrafia



Os perfis das sondagens representadas neste anexo foram obtidos a partir de documentos e/ou das entidades seguintes:

- Manuppella, G.; Moreira, J. (1989). *Calcários e dolomitos da área de Melides – Santiago do Cacém*. Estudos, Notas e Trabalhos. Direcção Geral de Geologia e Minas, Porto, t.31, pp.79-94;
- Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e Instituto da Água, I.P. (INAG);
- Águas de Santo André (AdSA);
- Câmara Municipal de Sines (CMS).

Representam:

- Um conjunto de sondagens feitas para estudos destinados a averiguar as possibilidades de exploração de calcários na área de Melides;
- Sondagens, captações e piezómetros da responsabilidade da AdSA;
- Sondagens e captações da responsabilidade da CMS;
- Sondagens e captações da base de dados do SNIRH/INAG.



**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-7
- PZ-8
- SC-23
- SC-36
- SC-37
- 516-39
- 516-40

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147790.0 Y: 115571.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	109.0	Cenozoico	Argilas	0
2	99.8	Cenozoico	Areias	0
3	95.7	Cenozoico	Argilas	0
4	94.0	Cenozoico	Areias	0
5	92.42	Cenozoico	Argilas	0
6	90.0	Cenozoico	Areias	0
7	82.4	Cenozoico	Argilas	0
8	82.0	Malm	Margas	0
9	79.2	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-7
- PZ-8
- SC-23
- SC-36
- SC-37
- 516-39
- 516-40

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147750.0 Y: 115706.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	109.0	Cenozoico	Argilas	0
2	95.3	Cenozoico	Areias	0
3	91.5	Cenozoico	Argilas	0
4	87.0	Cenozoico	Areias	0
5	80.0	Cenozoico	Argilas	0
6	79.8	Malm	Calcários	0
7	76.5	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- 516-39
- 516-40
- 516-41
- 516-128
- 516-145
- JKC-2A
- JKC-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 150625.0 Y: 116304.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	175.0	Malm	Calcários	0
2	128.0	Malm	Grés	0
3	118.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- 516-39
- 516-40
- 516-41
- 516-128
- 516-145
- JKC-2A
- JKC-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149715.0 Y: 117632.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	136.0	Cenozoico	Argilas	0
2	130.0	Cenozoico	Areias	0
3	106.0	Malm	Calcários	0
4	20.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- 516-39
- 516-40
- 516-41
- 516-128
- 516-145
- JKC-2A
- JKC-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149742.0 Y: 117584.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	138.0	Cenozoico	Argilas	0
2	132.0	Cenozoico	Areias	0
3	108.0	Malm	Calcários	0
4	18.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3
- ADSA-4
- ADSA-6
- ADSA-7
- ADSA-8

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143050.0 Y: 122800.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	7.0	Cenozoico	Areias	0
2	-9.28	Cenozoico	Argilas	0
3	-21.0	Malm	Calcários	0
4	-22.2	Malm	Grés	0
5	-41.0	Malm	Argilas	0
6	-50.0	Malm	Calcários	0
7	-160.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3
- ADSA-4
- ADSA-6
- ADSA-7
- ADSA-8

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143470.0 Y: 122930.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 8.0	Cenozoico	Argilas	0
2 -4.0	Cenozoico	Areias	0
3 -12.3	Cenozoico	Grés	0
4 -55.0	Malm	Calcários	0
5 -94.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3
- ADSA-4
- ADSA-6
- ADSA-7
- ADSA-8

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143050.0 Y: 123181.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 5.0	Cenozoico	Argilas	0
2 -12.0	Cenozoico	Grés	0
3 -18.0	Cenozoico	Areias	0
4 -25.0	Cenozoico	Grés	0
5 -47.0	Cenozoico	Argilas	0
6 -66.5	Malm	Calcários	0
7 -111.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3
- ADSA-4
- ADSA-6
- ADSA-7
- ADSA-8

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143222.0 Y: 123094.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 7.0	Cenozoico	Argilas	0
2 -16.95	Cenozoico	Areias	0
3 -19.95	Cenozoico	Grés	0
4 -36.0	Cenozoico	Argilas	0
5 -41.0	Cenozoico	Grés	0
6 -64.0	Malm	Calcários	0
7 -103.0	Malm	Argilas	0
8 -105.0	Malm	Calcários	0
9 -143.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3
- ADSA-4
- ADSA-6
- ADSA-7
- ADSA-8

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 142833.0 Y: 123450.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 4.0	Cenozoico	Argilas	0
2 -24.4	Cenozoico	Grés	0
3 -53.0	Cenozoico	Argilas	0
4 -67.0	Malm	Calcários	0
5 -174.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3
- ADSA-4
- ADSA-6
- ADSA-7
- ADSA-8

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144130.0 Y: 125350.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 10.0	Cenozoico	Areias	0
2 3.9	Cenozoico	Argilas	0
3 -12.9	Cenozoico	Grés	0
4 -25.1	Cenozoico	Argilas	0
5 -26.8	Cenozoico	Grés	0
6 -30.0	Cenozoico	Argilas	0
7 -55.0	Malm	Calcários	0
8 -160.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3
- ADSA-4
- ADSA-6
- ADSA-7
- ADSA-8

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143228.0 Y: 125281.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 10.0	Cenozoico	Areias	0
2 -10.05	Cenozoico	Grés	0
3 -23.0	Cenozoico	Argilas	0
4 -52.0	Malm	Calcários	0
5 -102.0	Malm	Margas	0
6 -104.0	Malm	Calcários	0
7 -120.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-8
- ADSA-p8
- P21-ADSA
- P22-ADSA
- P23-ADSA
- P24-ADSA
- JKP3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143212.0 Y: 125300.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	14.0	Cenozoico	Areias	0
2	-6.05	Cenozoico	Grés	0
3	-19.0	Cenozoico	Argilas	0
4	-48.0	Malm	Calcários	0
5	-101.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- 516-39
- 516-40
- 516-41
- 516-128
- 516-145
- JKC-2A
- JKC-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 142400.0 Y: 123120.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horiz	
1	10.0	Cenozoico	Areias	0
2	1.1	Cenozoico	Argilas	0
3	-6.5	Cenozoico	Margas	0
4	-15.2	Cenozoico	Argilas	0
5	-23.0	Cenozoico	Grés	0
6	-38.4	Cenozoico	Argilas	0
7	-72.7	Malm	Grés	0
8	-84.5	Malm	Argilas	0
9	-103.0	Malm	Calcários	0
10	-200.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- 516-39
- 516-40
- 516-41
- 516-128
- 516-145
- JKC-2A
- JKC-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143471.0 Y: 123593.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	0.0	Cenozoico	Areias	0
2	-41.5	Cenozoico	Grés	0
3	-78.0	Malm	Calcários	0
4	-180.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKC-4
- JKC-7
- JKC-8
- JKC-9
- JKC-10
- JKP-16
- JKP-17

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143290.0 Y: 125500.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	0.0	Cenozoico	Areias	0
2	-11.5	Cenozoico	Grés	0
3	-78.0	Malm	Calcários	0
4	-220.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKC-4
- JKC-7
- JKC-8
- JKC-9
- JKC-10
- JKP-16
- JKP-17

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 137730.0 Y: 112760.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	15.0	Cenozoico	Areias	0
2	7.0	Cenozoico	Argilas	0
3	-3.5	Malm	Calcários	0
4	-108.8	Malm	Margas	0
5	-93.7	Malm	Calcários	0
6	-136.0	Malm	Margas	0
7	-140.0	Malm	Calcários	0
8	-140.8	Malm	Margas	0
9	-141.7	Malm	Calcários	0
10	-142.3	Malm	Margas	0
11	-143.5	Malm	Calcários	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKC-4
- JKC-7
- JKC-8
- JKC-9
- JKC-10
- JKP-16
- JKP-17

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143512.0 Y: 122983.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	10.0	Cenozoico	Argilas	0
2	-14.0	Malm	Grés	0
3	-18.0	Malm	Grés	0
4	-51.0	Malm	Calcários	0
5	-158.5	Malm	Margas	0
6	-173.2	Malm	Calcários	0
7	-176.0	Malm	Margas	0
8	-184.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKC-4
- JKC-7
- JKC-8
- JKC-9**
- JKC-10
- JKP-16
- JKP-17

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144017.0 Y: 124471.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 0.0	Cenozoico	Areias	0
2 -18.0	Cenozoico	Argilas	0
3 -24.0	Cenozoico	Areias	0
4 -40.0	Malm	Calcários	0
5 -141.4	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKC-4
- JKC-7
- JKC-8
- JKC-9
- JKC-10**
- JKP-16
- JKP-17

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143857.0 Y: 122325.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 17.0	Cenozoico	Areias	0
2 -11.5	Cenozoico	Arenitos	0
3 -47.0	Malm	Calcários	0
4 -69.0	Malm	Margas	0
5 -75.0	Malm	Calcários	0
6 -121.0	Malm	Margas	0
7 -140.0	Malm	Calcários	0
8 -142.0	Malm	Margas	0
9 -144.0	Malm	Calcários	0
10 -160.0	Malm	Margas	0
11 -165.4	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-p8
- PZ1-ADSA
- PZ2-ADSA
- PZ3-ADSA
- PZ4-ADSA
- JKP-3**
- X

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 139100.0 Y: 116750.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 15.0	Cenozoico	Areias	0
2 -15.0	Malm	Calcários	0
3 -285.1	FIM	Argilas	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKP-16**
- JKP-17
- JKP-18
- JKP-19
- JKP-20
- JKP-21
- JKP-22

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143750.0 Y: 122470.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 17.0	Cenozoico	Argilas	0
2 15.8	Cenozoico	Areias	0
3 -10.0	Cenozoico	Grés	0
4 -48.14	Malm	Calcários	0
5 -273.9	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKP-16
- JKP-17**
- JKP-18
- JKP-19
- JKP-20
- JKP-21
- JKP-22

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144570.0 Y: 123100.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 19.0	Cenozoico	Argilas	0
2 -7.0	Cenozoico	Areias	0
3 -10.0	Cenozoico	Argilas	0
4 -48.0	Cenozoico	Grés	0
5 -63.7	Malm	Calcários	0
6 -169.0	Malm	Margas	0
7 -170.3	Malm	Calcários	0
8 -266.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKP-16
- JKP-17
- JKP-18**
- JKP-19
- JKP-20
- JKP-21
- JKP-22

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144390.0 Y: 122187.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 19.0	Cenozoico	Argilas	0
2 -26.0	Cenozoico	Grés	0
3 -54.5	Malm	Calcários	0
4 -259.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKP-16
- JKP-17
- JKP-18
- JKP-19**
- JKP-20
- JKP-21
- JKP-22

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 139050.0 Y: 112180.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horiz	
1	19.0	Cenozoico	Argilas	0
2	13.0	Cenozoico	Grés	0
3	5.82	Malm	Calcários	0
4	-1.5	Rochas Ígneas	Rocha Vulcânica	0
5	-4.0	Malm	Calcários	0
6	-15.5	Malm	Grés	0
7	-16.5	Rochas Ígneas	Rocha Vulcânica	0
8	-20.0	Malm	Dolomitos	0
9	-23.2	Rochas Ígneas	Rocha Vulcânica	0
10	-39.0	Malm	Dolomitos	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKP-19
- JKP-20**
- JKP-21
- JKP-22
- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 139570.0 Y: 111816.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horiz	
1	25.0	Cenozoico	Areias	0
2	20.0	Cenozoico	Argilas	0
3	11.0	Cenozoico	Arenitos	0
4	-14.1	Rochas Ígneas	Rocha Vulcânica	0
5	-20.5	Malm	Calcários	0
6	-27.2	Rochas Ígneas	Rocha Vulcânica	0
7	-27.85	Malm	Calcários	0
8	-28.1	Rochas Ígneas	Rocha Vulcânica	0
9	-28.9	Malm	Calcários	0
10	-30.5	Malm	Margas	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKP-19
- JKP-20
- JKP-21**
- JKP-22
- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 142625.0 Y: 122499.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	19.0	Cenozoico	Areias	0
2	-20.0	Cenozoico	Arenitos	0
3	-48.5	Malm	Margas	0
4	-65.1	Malm	Calcários	0
5	-72.5	Malm	Margas	0
6	-86.5	Malm	Calcários	0
7	-100.0	Malm	Arenitos	0
8	-100.8	Malm	Calcários	0
9	-148.5	Malm	Margas	0
10	-161.0	Malm	Calcários	0
11	-165.8	Malm	Margas	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- JKP-19
- JKP-20
- JKP-21
- JKP-22**
- ADSA-1
- ADSA-2
- ADSA-3

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143817.0 Y: 126222.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	11.0	Cenozoico	Areias	0
2	-6.0	Cenozoico	Arenitos	0
3	-48.0	Malm	Calcários	0
4	-118.5	Malm	Margas	0
5	-124.5	Malm	Calcários	0
6	-143.0	Malm	Grés	0
7	-153.0	Malm	Margas	0
8	-181.6	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-1
- PZ-2
- PZ-3
- PZ-4
- PZ-5
- PZ-6
- PZ-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144275.0 Y: 117005.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	61.4	Cenozoico	Areias	0
2	60.4	Cenozoico	Argilas	0
3	59.4	Cenozoico	Areias	0
4	34.4	Cenozoico	Argilas	0
5	31.4	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-1
- PZ-2**
- PZ-3
- PZ-4
- PZ-5
- PZ-6
- PZ-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144092.0 Y: 116472.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	64.86	Cenozoico	Argilas	0
2	62.86	Cenozoico	Areias	0
3	34.86	Cenozoico	Arenitos	0
4	28.86	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-1
- PZ-2
- PZ-3
- PZ-4
- PZ-5
- PZ-6
- PZ-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144267.0 Y: 116995.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 61.52	Cenozoico	Argilas	0
2 59.52	Cenozoico	Areias	0
3 30.52	Cenozoico	Arenitos	0
4 20.52	Cenozoico	Argilas	0
5 18.52	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-1
- PZ-2
- PZ-3
- PZ-4
- PZ-5
- PZ-6
- PZ-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143877.0 Y: 117121.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 58.37	Cenozoico	Argilas	0
2 52.37	Cenozoico	Areias	0
3 21.37	Cenozoico	Arenitos	0
4 12.37	Cenozoico	Argilas	0
5 10.37	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-1
- PZ-2
- PZ-3
- PZ-4
- PZ-5
- PZ-6
- PZ-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144513.0 Y: 117394.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 58.22	Cenozoico	Argilas	0
2 57.22	Cenozoico	Areias	0
3 29.22	Cenozoico	Arenitos	0
4 26.22	Cenozoico	Argilas	0
5 15.22	Cenozoico	Arenitos	0
6 2.22	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-1
- PZ-2
- PZ-3
- PZ-4
- PZ-5
- PZ-6
- PZ-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 144052.0 Y: 117737.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 54.55	Cenozoico	Areias	0
2 53.55	Cenozoico	Argilas	0
3 37.55	Cenozoico	Areias	0
4 28.55	Cenozoico	Arenitos	0
5 2.55	Cenozoico	Margas	0
6 0.55	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-1
- PZ-2
- PZ-3
- PZ-4
- PZ-5
- PZ-6
- PZ-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 142254.0 Y: 118674.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 42.0	Cenozoico	Argilas	0
2 41.0	Cenozoico	Areias	0
3 6.0	Cenozoico	Arenitos	0
4 -14.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-7
- PZ-8
- SC-23
- SC-36
- SC-37
- 516-39
- 516-40

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143730.0 Y: 117030.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 58.94	Cenozoico	Argilas	0
2 52.94	Cenozoico	Arenitos	0
3 38.94	Cenozoico	Areias	0
4 22.94	Cenozoico	Arenitos	0
5 13.94	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-p8
- PZ1-ADSA
- PZ2-ADSA
- PZ3-ADSA
- PZ4-ADSA
- JKP3
- X

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 142470.0 Y: 124094.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 5.0	Cenozoico	Argilas	0
2 -9.5	Cenozoico	Grés	0
3 -24.2	Malm	Calcários	0
4 -110.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-p8
- PZ1-ADSA
- PZ2-ADSA
- PZ3-ADSA
- PZ4-ADSA
- JKP3
- X

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 143023.0 Y: 125585.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 5.0	Cenozoico	Argilas	0
2 3.0	Cenozoico	Areias	0
3 -10.0	Cenozoico	Grés	0
4 -45.0	Malm	Calcários	0
5 -81.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-p8
- PZ1-ADSA
- PZ2-ADSA
- PZ3-ADSA
- PZ4-ADSA
- JKP3
- X

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 141561.0 Y: 123880.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 35.0	Cenozoico	Areias	0
2 10.0	Cenozoico	Argilas	0
3 -1.0	Cenozoico	Areias	0
4 -12.0	Cenozoico	Argilas	0
5 -21.0	Cenozoico	Grés	0
6 -34.0	Cenozoico	Margas	0
7 -81.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- ADSA-p8
- PZ1-ADSA
- PZ2-ADSA
- PZ3-ADSA
- PZ4-ADSA
- JKP3
- X

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 141752.0 Y: 124522.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 40.0	Cenozoico	Areias	0
2 24.0	Cenozoico	Argilas	0
3 -5.0	Cenozoico	Areias	0
4 -7.0	Cenozoico	Argilas	0
5 -9.0	Cenozoico	Grés	0
6 -15.0	Cenozoico	Argilas	0
7 -40.0	Malm	Calcários	0
8 -114.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-7
- PZ-8
- SC-23
- SC-36
- SC-37
- 516-39
- 516-40

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 145593.0 Y: 122859.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 36.7	Cenozoico	Areias	0
2 19.7	Cenozoico	Argilas	0
3 15.0	Cenozoico	Areias	0
4 13.0	Cenozoico	Argilas	0
5 -7.2	Cenozoico	Areias	0
6 -12.1	Cenozoico	Grés	0
7 -13.6	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-7
- PZ-8
- SC-23
- SC-36
- SC-37
- 516-39
- 516-40

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147582.0 Y: 115777.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 106.0	Cenozoico	Argilas	0
2 95.0	Cenozoico	Areias	0
3 87.0	Malm	Argilas	0
4 85.0	Malm	Calcários	0
5 83.0	Malm	Argilas	0
6 80.0	Malm	Calcários	0
7 72.0	Malm	Argilas	0
8 66.0	Malm	Calcários	0
9 7.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- PZ-7
- PZ-8
- SC-23
- SC-36
- SC-37**
- 516-39
- 516-40

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147238.0 Y: 117789.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	73.0	Malm	Calcários	0
2	-74.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- Boreholes
- STC-1**
- STC-2
- STC-3
- STC-4
- STC-6
- STC-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147193.45 Y: 125086.62

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	65.8	Cenozoico	CalcáriosCen	0
2	54.8	Cenozoico	Argilas	0
3	26.8	Cenozoico	Areias	0
4	24.74	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- Boreholes
- STC-1
- STC-2**
- STC-3
- STC-4
- STC-6
- STC-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 148000.5 Y: 124881.18

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	65.1	Liásico	Calcários	0
2	49.1	Liásico	Margas	0
3	48.1	Liásico	Calcários	0
4	47.1	Liásico	Margas	0
5	46.1	Liásico	Argilas	0
6	39.1	Liásico	Calcários	0
7	37.6	Liásico	Argilas	0
8	35.1	Liásico	Dolomitos	0
9	25.0	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- Boreholes
- STC-1
- STC-2
- STC-3**
- STC-4
- STC-6
- STC-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 148535.32 Y: 124764.46

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	75.0	Retiano-Hetangiano	Rocha Vulcân...	0
2	43.0	Retiano-Hetangiano	Dolomitos	0
3	22.5	Retiano-Hetangiano	Argilas	0
4	19.77	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- Boreholes
- STC-1
- STC-2
- STC-3
- STC-4**
- STC-6
- STC-7

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147257.9 Y: 124041.78

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	42.1	Cenozoico	Grés	0
2	33.1	Cenozoico	Arenitos	0
3	32.1	Cenozoico	Grés	0
4	29.6	Malm	Calcários	0
5	-18.43	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- Boreholes
- STC-1
- STC-2
- STC-3
- STC-4
- STC-6**
- STC-7

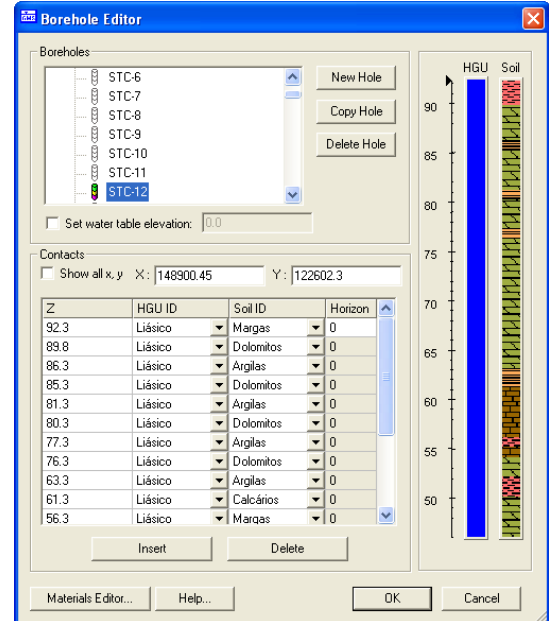
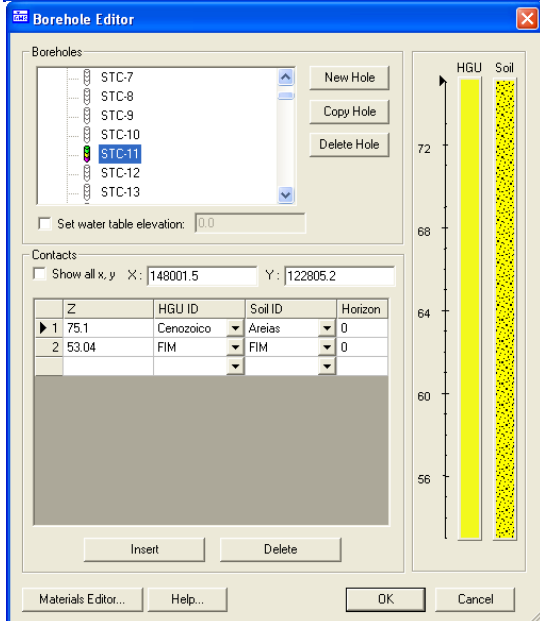
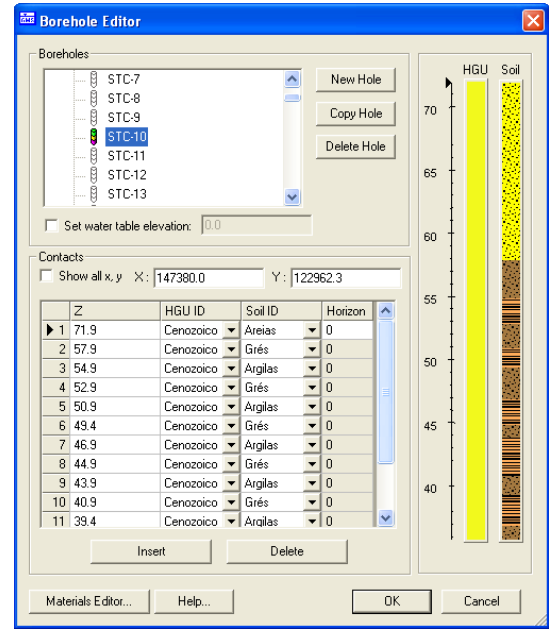
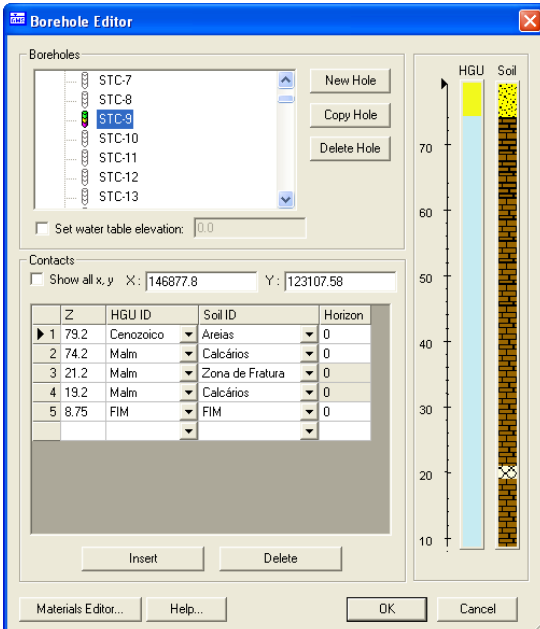
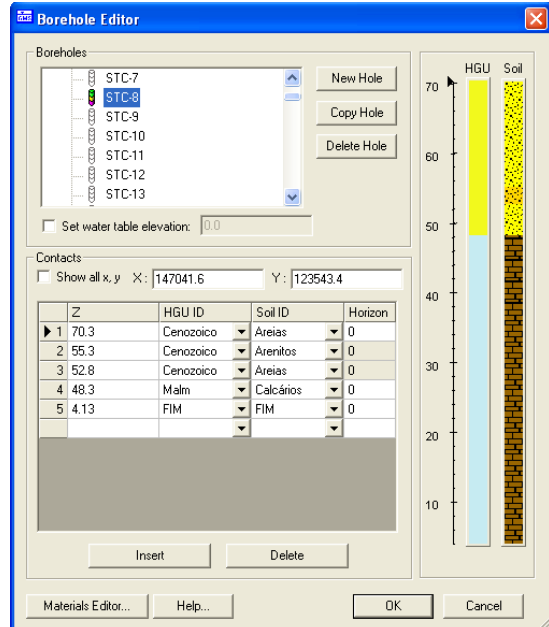
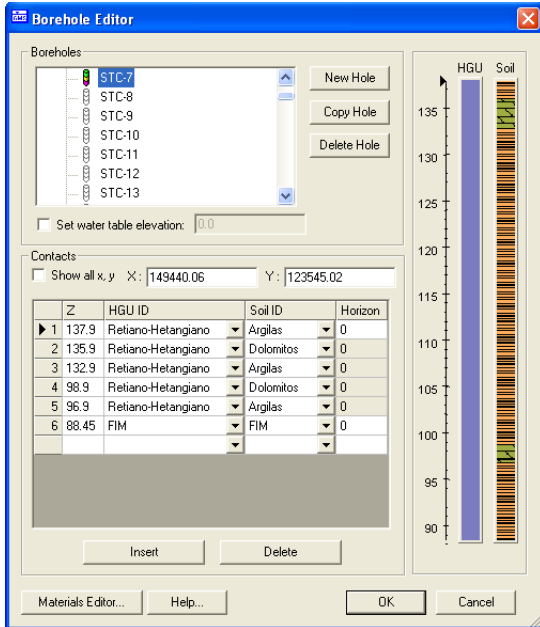
Set water table elevation: 0.0

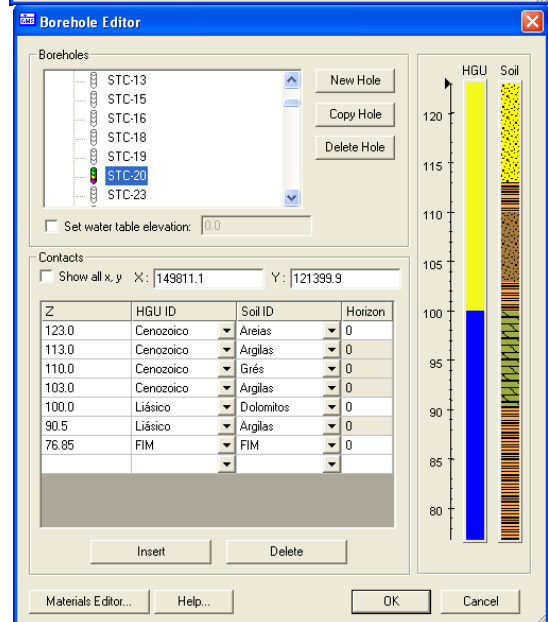
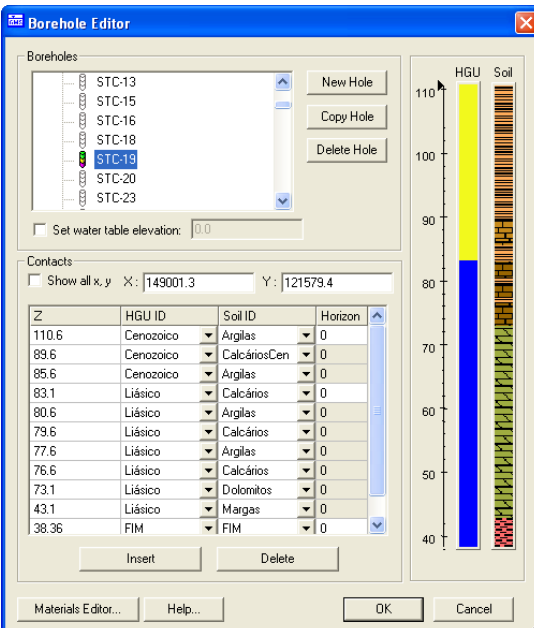
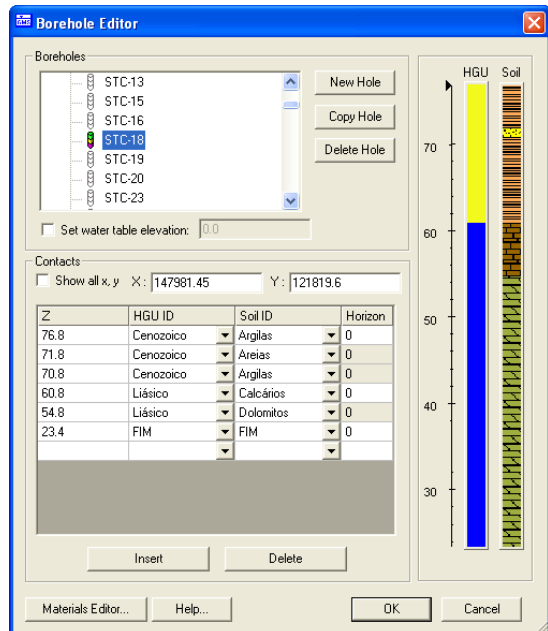
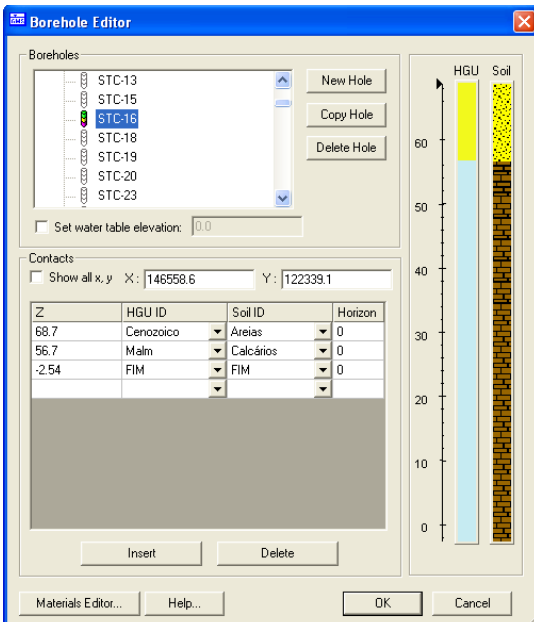
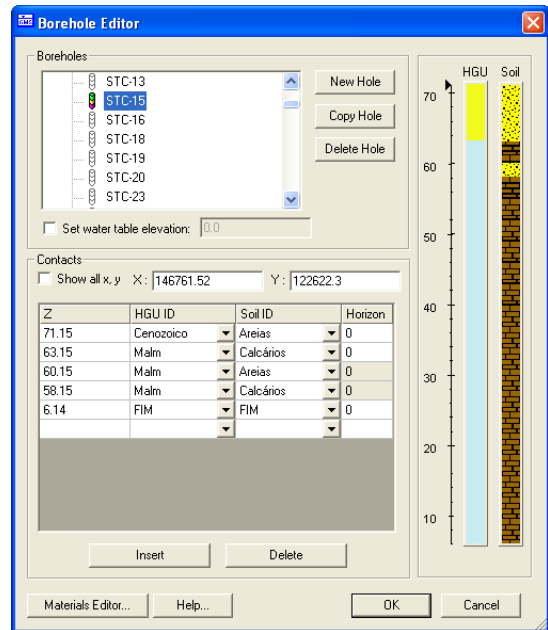
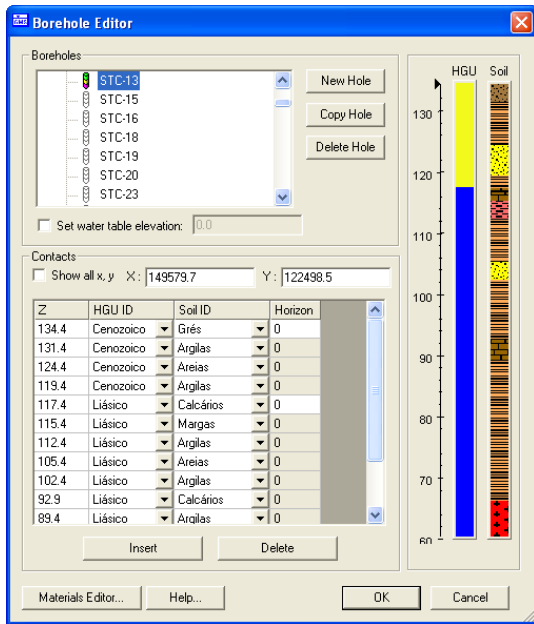
Contacts

Show all x, y X: 148549.6 Y: 123693.85

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	80.6	Cenozoico	Areias	0
2	58.1	Cenozoico	Argilas	0
3	54.6	Cenozoico	Arenitos	0
4	53.1	Cenozoico	Argilas	0
5	51.6	Cenozoico	Arenitos	0
6	49.6	Cenozoico	Argilas	0
7	47.6	Liásico	Calcários	0
8	24.6	Liásico	Argilas	0
9	23.1	Liásico	Calcários	0
10	15.6	Liásico	Argilas	0
11	14.0	FIM	FIM	0







**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-23
- STC-24
- STC-25
- STC-27
- STC-28
- STC-29
- STC-30

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147018.6 Y: 121751.0

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
73.3	Malm	Calcários	0
68.3	Malm	Argilas	0
67.3	Malm	Calcários	0
64.3	Malm	Grés	0
63.3	Malm	Calcários	0
60.8	Malm	Argilas	0
58.3	Malm	Calcários	0
55.8	Malm	Argilas	0
54.3	Malm	Calcários	0
51.3	Malm	Argilas	0
50.3	Malm	Calcários	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-23
- STC-24
- STC-25
- STC-27
- STC-28
- STC-29
- STC-30

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 146354.35 Y: 121153.45

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
56.6	Cenozoico	Areias	0
53.6	Malm	Calcários	0
50.6	Malm	Argilas	0
49.6	Malm	Calcários	0
45.6	Malm	Argilas	0
44.1	Malm	Calcários	0
10.6	Malm	Argilas	0
9.1	Malm	Calcários	0
-3.4	Malm	Grés	0
-8.4	Malm	Calcários	0
-8.9	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-23
- STC-24
- STC-25
- STC-27
- STC-28
- STC-29
- STC-30

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147104.9 Y: 121003.65

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
47.7	Cenozoico	Argilas	0
46.2	Cenozoico	Areias	0
43.7	Batoniano	Calcários	0
35.7	Batoniano	Argilas	0
33.7	Batoniano	Calcários	0
-13.59	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-23
- STC-24
- STC-25
- STC-27
- STC-28
- STC-29
- STC-30

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149001.9 Y: 120545.2

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
77.85	Cenozoico	Argilas	0
76.85	Liásico	Dolomitos	0
42.35	Liásico	Margas	0
41.35	Liásico	Dolomitos	0
39.85	Liásico	Margas	0
38.85	Liásico	Dolomitos	0
32.35	Liásico	Margas	0
31.35	Liásico	Dolomitos	0
25.85	Liásico	Margas	0
24.85	Liásico	Dolomitos	0
17.35	Liásico	Margas	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-23
- STC-24
- STC-25
- STC-27
- STC-28
- STC-29
- STC-30

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 150001.7 Y: 120300.6

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
112.8	Cenozoico	Argilas	0
110.8	Cenozoico	Areias	0
102.8	Cenozoico	Argilas	0
91.8	Liásico	Dolomitos	0
73.98	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-23
- STC-24
- STC-25
- STC-27
- STC-28
- STC-29
- STC-30

Set water table elevation: 0.0

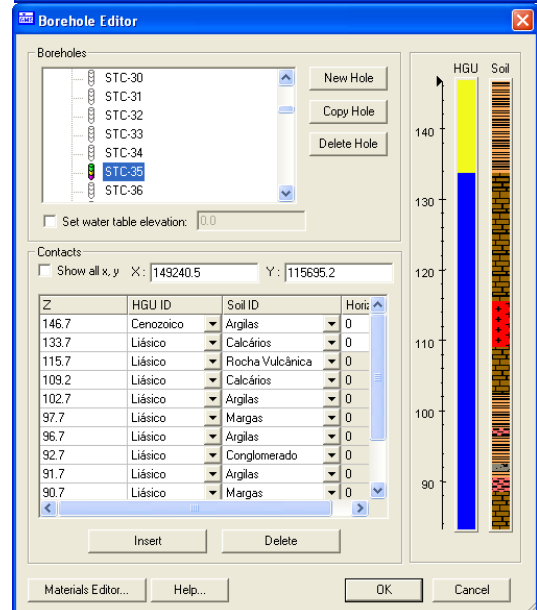
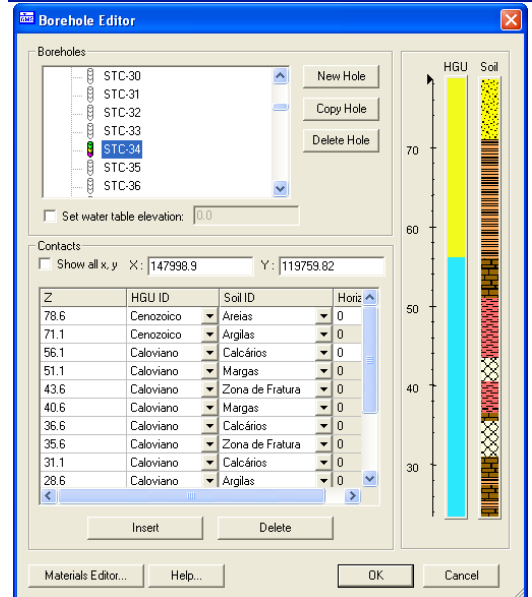
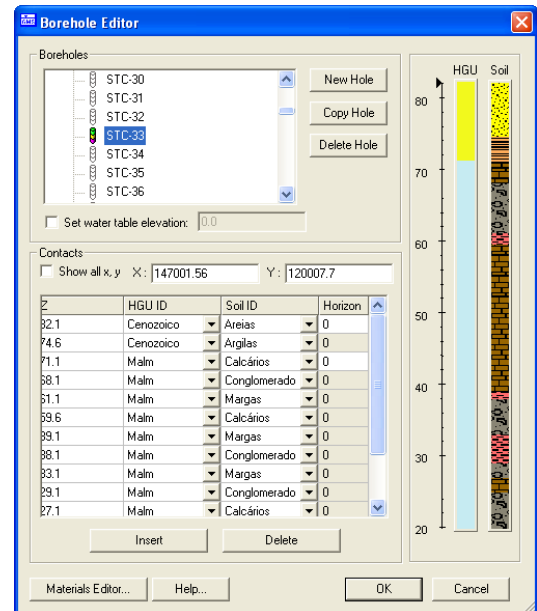
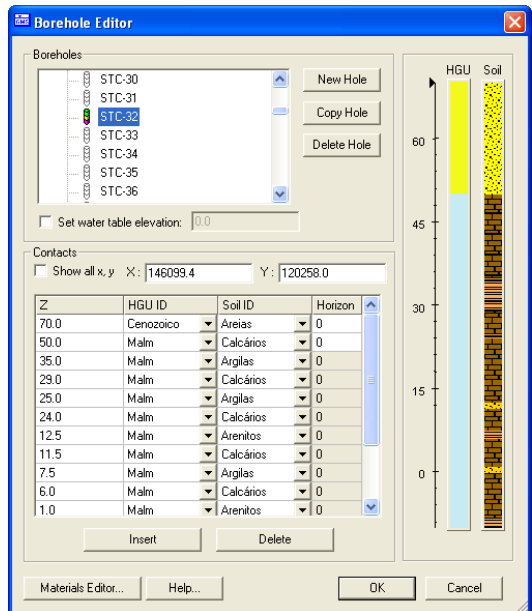
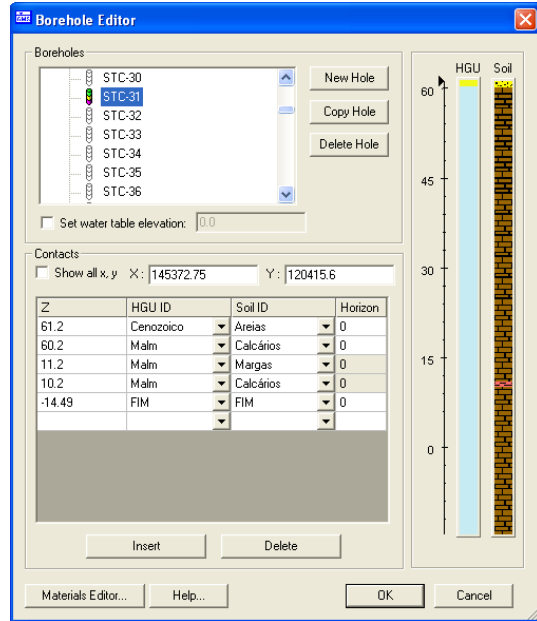
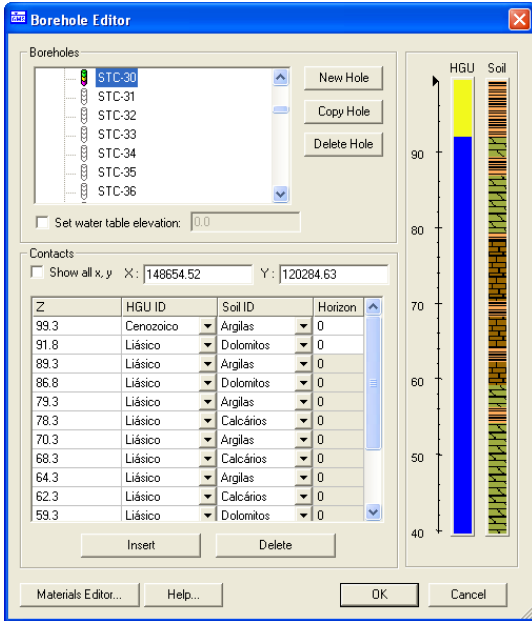
Contacts

Show all x, y X: 150381.2 Y: 120225.5

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
132.36	Pretiano-Heta...	Dolomitos	0
104.36	Pretiano-Heta...	Argilas	0
86.12	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel



**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-30
- STC-31
- STC-32
- STC-33
- STC-34
- STC-35
- STC-36

New Hole  
Copy Hole  
Delete Hole

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149387.45 Y: 115764.5

Z	HGU ID	Soil ID	Horizo
159.9	Liásico	Dolomitos	0
120.9	Liásico	Calcários	0
83.4	Rochas Ígneas	Rocha Vulcânica	0
81.9	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-36
- STC-37
- STC-38
- STC-39
- STC-40
- STC-41
- STC-42

New Hole  
Copy Hole  
Delete Hole

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149565.3 Y: 115848.7

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	148.9	Liásico	Dolomitos	0
2	124.9	Liásico	Calcários	0
3	96.9	Liásico	Margas	0
4	94.4	Liásico	Argilas	0
5	91.9	Liásico	Calcários	0
6	79.4	Liásico	Dolomitos	0
7	78.4	Liásico	Calcários	0
8	77.4	Liásico	Argilas	0
9	76.05	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-36
- STC-37
- STC-38
- STC-39
- STC-40
- STC-41
- STC-42

New Hole  
Copy Hole  
Delete Hole

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 145937.09 Y: 119227.77

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	45.15	Cenozoico	Areias	0
2	29.15	Malm	Calcários	0
3	26.15	Malm	Margas	0
4	25.15	Malm	Calcários	0
5	22.65	Malm	Margas	0
6	20.15	Malm	Calcários	0
7	16.15	Malm	Arenitos	0
8	15.15	Malm	Calcários	0
9	2.65	Malm	Argilas	0
10	-0.35	Malm	Calcários	0
11	-2.85	Malm	Margas	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-36
- STC-37
- STC-38
- STC-39
- STC-40
- STC-41
- STC-42

New Hole  
Copy Hole  
Delete Hole

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 148852.98 Y: 119056.37

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	61.93	Cenozoico	Areias	0
2	54.43	Cenozoico	Argilas	0
3	50.93	Malm	Conglomerado	0
4	49.43	Malm	Argilas	0
5	48.43	Malm	Calcários	0
6	46.93	Malm	Argilas	0
7	44.93	Malm	Calcários	0
8	42.93	Malm	Arenitos	0
9	40.93	Malm	Conglomerado	0
10	35.93	Malm	Argilas	0
11	29.43	Malm	Calcários	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-36
- STC-37
- STC-38
- STC-39
- STC-40
- STC-41
- STC-42

New Hole  
Copy Hole  
Delete Hole

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 148000.5 Y: 118738.54

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	82.0	Cenozoico	Areias	0
2	69.0	Cenozoico	Grés	0
3	64.5	Cenozoico	Areias	0
4	55.0	Cenozoico	Calcários	0
5	42.0	FIM	FIM	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-36
- STC-37
- STC-38
- STC-39
- STC-40
- STC-41
- STC-42

New Hole  
Copy Hole  
Delete Hole

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149999.46 Y: 118250.26

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	153.6	Liásico	Argilas	0
2	152.6	Liásico	Margas	0
3	151.6	Liásico	Calcários	0
4	150.6	Liásico	Margas	0
5	148.6	Liásico	Calcários	0
6	145.6	Liásico	Margas	0
7	143.6	Liásico	Calcários	0
8	139.6	Liásico	Margas	0
9	133.6	Liásico	Argilas	0
10	132.1	Liásico	Calcários	0
11	131.1	Liásico	Argilas	0

Insert Delete

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-36
- STC-37
- STC-38
- STC-39
- STC-40
- STC-41
- STC-42

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 150538.06 Y: 118167.24

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	199.5	Cenozoico	Areias	0
2	196.5	Retiano-Hetangiano	Argilas	0
3	157.08	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-43
- STC-44
- STC-45
- STC-46
- STC-47
- STC-48
- STC-49

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 146603.66 Y: 118739.93

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	60.0	Cenozoico	Areias	0
2	50.0	Malm	Calcários	0
3	46.0	Malm	Argilas	0
4	42.5	Malm	Grés	0
5	40.0	Malm	Conglomerado	0
6	37.5	Malm	Margas	0
7	35.0	Malm	Conglomerado	0
8	31.0	Malm	Margas	0
9	28.5	Malm	Argilas	0
10	25.0	Malm	Grés	0
11	24.0	Malm	Calcários	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-43
- STC-44
- STC-45
- STC-46
- STC-47
- STC-48
- STC-49

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147340.5 Y: 118384.98

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	72.4	Cenozoico	Argilas	0
2	66.4	Malm	Calcários	0
3	37.4	Caloviano	Areias	0
4	22.45	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-43
- STC-44
- STC-45
- STC-46
- STC-47
- STC-48
- STC-49

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149412.4 Y: 118270.12

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	128.1	Cenozoico	Grés	0
2	112.1	Cenozoico	Areias	0
3	110.6	Liásico	Calcários	0
4	107.1	Liásico	Argilas	0
5	102.1	Liásico	Dolomitos	0
6	101.1	Liásico	Argilas	0
7	96.1	Liásico	Dolomitos	0
8	95.1	Liásico	Argilas	0
9	91.55	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-43
- STC-44
- STC-45
- STC-46
- STC-47
- STC-48
- STC-49

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 145000.0 Y: 118461.77

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	41.3	Cenozoico	Areias	0
2	3.3	Cenozoico	Grés	0
3	1.3	Cenozoico	Areias	0
4	-1.7	Cenozoico	Grés	0
5	-7.63	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-41
- STC-42
- STC-43
- STC-44
- STC-45
- STC-46
- STC-47

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 146000.57 Y: 118221.45

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
62.9	Cenozoico	Areias	0
46.9	Cenozoico	Argilas	0
45.9	Cenozoico	Grés	0
44.9	Malm	Calcários	0
35.4	Malm	Grés	0
34.4	Malm	Calcários	0
24.9	Malm	Argilas	0
23.9	Malm	Grés	0
21.9	Malm	Argilas	0
18.9	Malm	Grés	0
16.9	Malm	Conglomerado	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-48
- STC-49
- STC-50
- STC-51
- STC-52
- STC-53
- STC-54

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 148000.73 Y: 117741.24

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
93.1	Cenozoico	Areias	0
90.6	Cenozoico	Grés	0
85.1	Cenozoico	Argilas	0
84.1	Cenozoico	Grés	0
77.1	Cenozoico	Argilas	0
76.1	Cenozoico	Grés	0
73.1	Batoniano	Calcários	0
64.1	Batoniano	Argilas	0
62.1	Batoniano	Calcários	0
55.1	Batoniano	Argilas	0
53.1	Batoniano	Calcários	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-48
- STC-49
- STC-50
- STC-51
- STC-52
- STC-53
- STC-54

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 148982.83 Y: 117505.46

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
122.0	Cenozoico	Areias	0
120.0	Cenozoico	Grés	0
118.0	Cenozoico	Argilas	0
117.0	Cenozoico	Grés	0
115.0	Cenozoico	Argilas	0
114.0	Cenozoico	Grés	0
112.0	Cenozoico	Argilas	0
94.5	Cenozoico	Conglomerado	0
93.0	Cenozoico	Conglomerado	0
91.0	Liásico	Calcários	0
60.05	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-48
- STC-49
- STC-50
- STC-51
- STC-52
- STC-53
- STC-54

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149789.9 Y: 117311.7

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
149.1	Cenozoico	Areias	0
145.1	Liásico	Dolomitos	0
113.1	Liásico	Calcários	0
109.1	Liásico	Margas	0
106.1	Liásico	Calcários	0
88.1	Liásico	Argilas	0
87.1	Liásico	Calcários	0
84.29	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-48
- STC-49
- STC-50
- STC-51
- STC-52
- STC-53
- STC-54

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 147263.66 Y: 117712.52

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
64.8	Cenozoico	Areias	0
45.8	Batoniano	Calcários	0
2.39	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-48
- STC-49
- STC-50
- STC-51
- STC-52
- STC-53
- STC-54

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 146000.34 Y: 117170.54

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
61.9	Cenozoico	Areias	0
54.9	Cenozoico	Conglomerado	0
53.4	Cenozoico	Argilas	0
52.4	Cenozoico	Conglomerado	0
51.4	Cenozoico	Argilas	0
50.4	Cenozoico	Conglomerado	0
49.4	Cenozoico	Argilas	0
45.9	Cenozoico	Grés	0
39.9	Cenozoico	Argilas	0
30.9	Cenozoico	Grés	0
28.9	Cenozoico	Conglomerado	0

Materials Editor... Help... OK Cancel

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-53
- STC-54
- STC-55
- STC-56
- STC-57
- STC-58
- STC-59

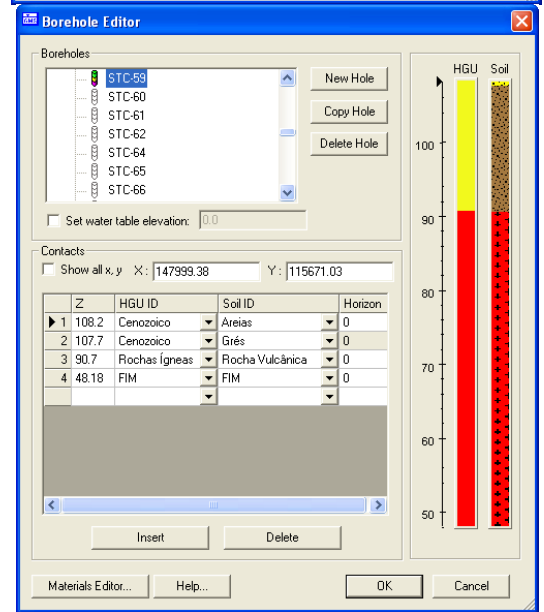
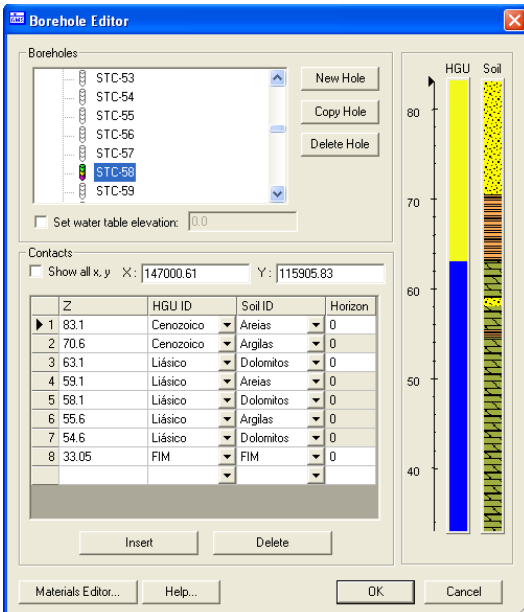
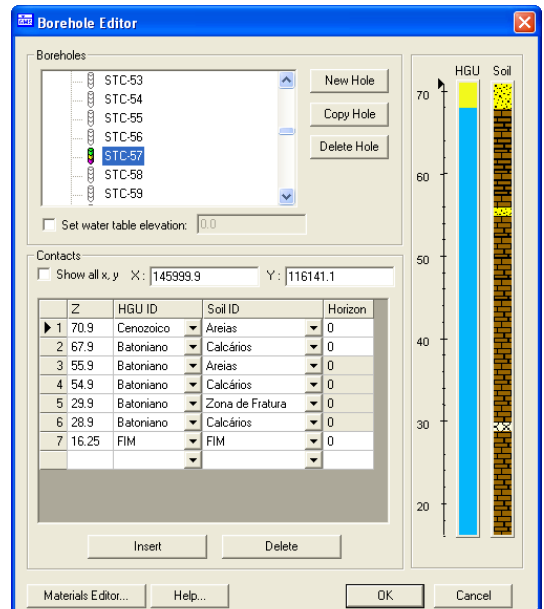
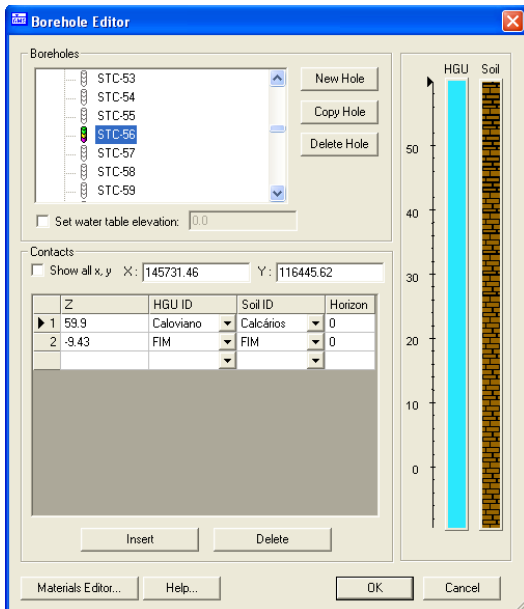
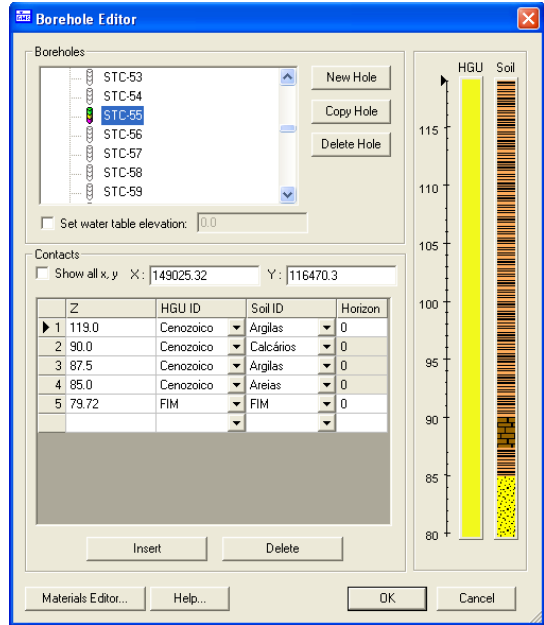
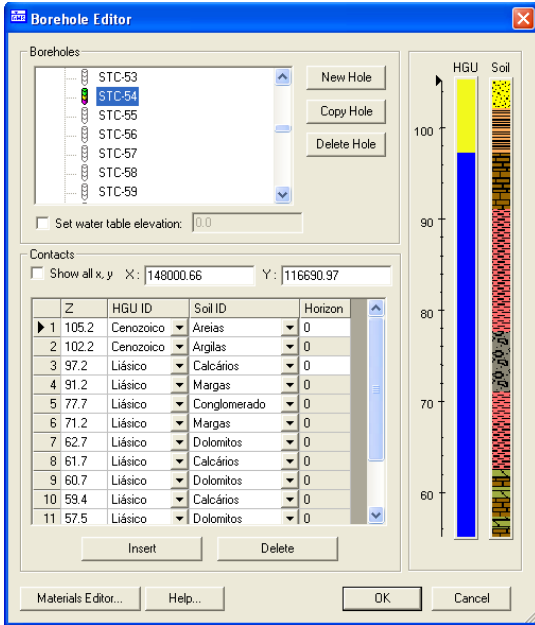
Set water table elevation: 0.0

Contacts

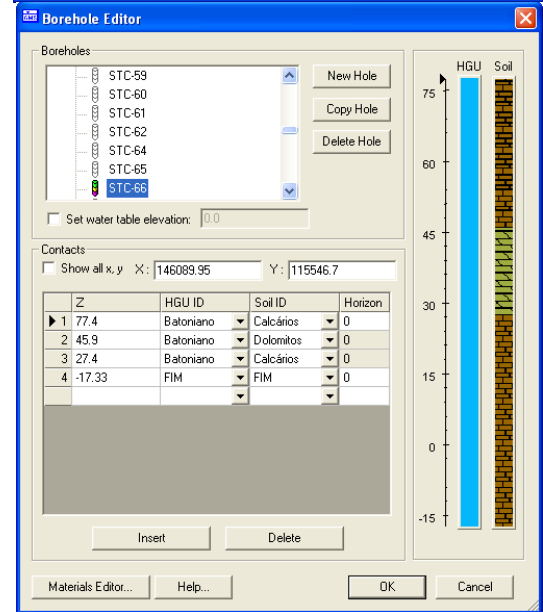
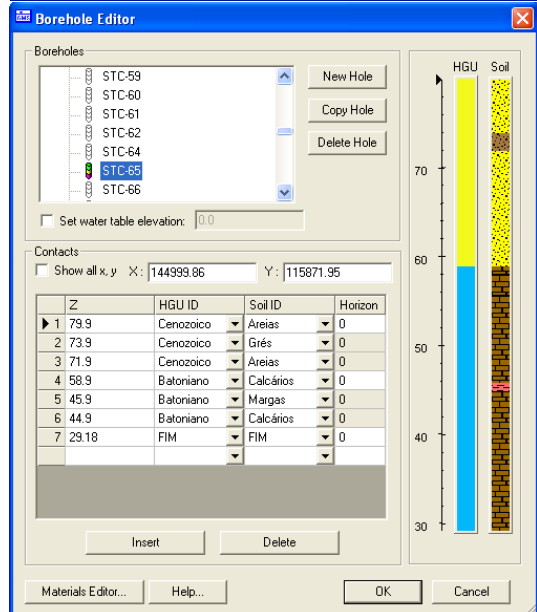
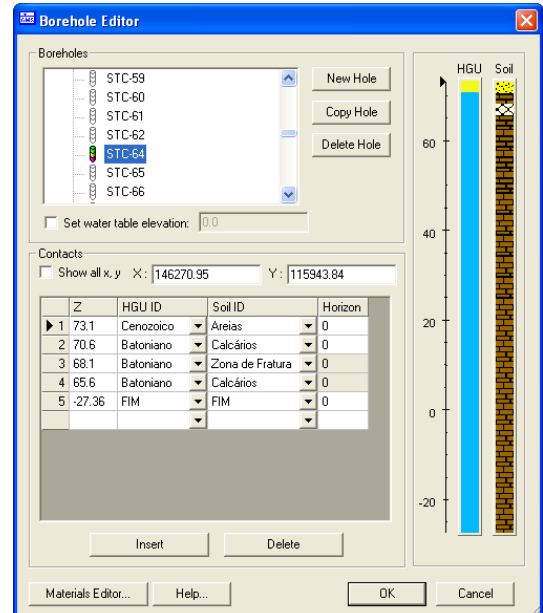
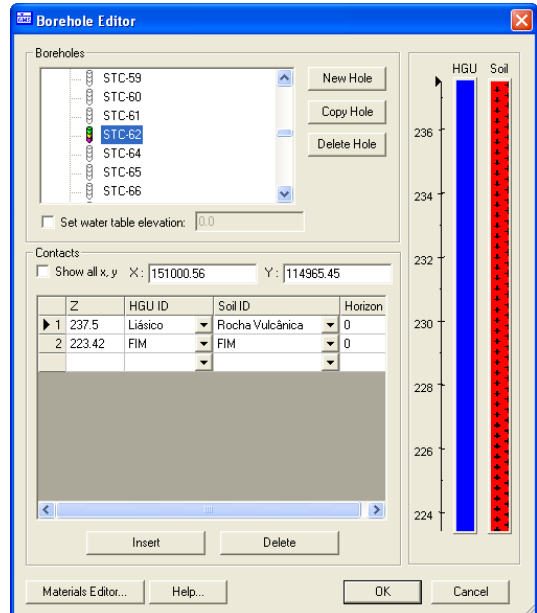
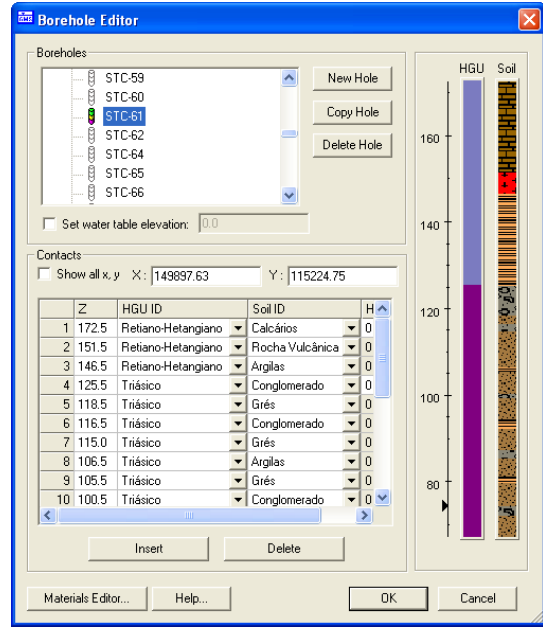
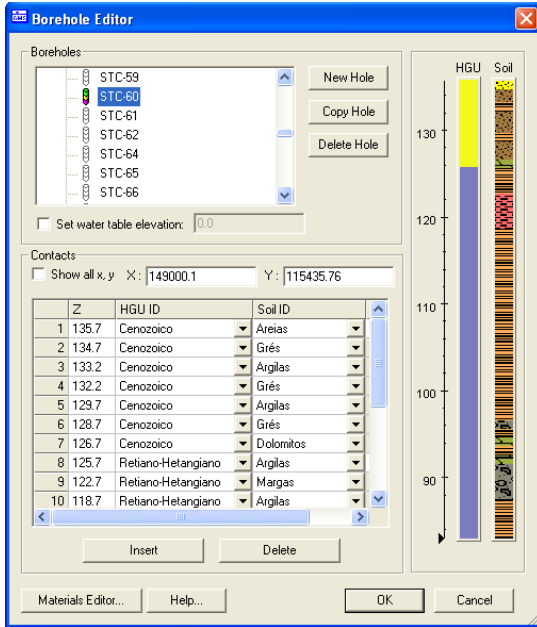
Show all x, y X: 147000.0 Y: 116930.87

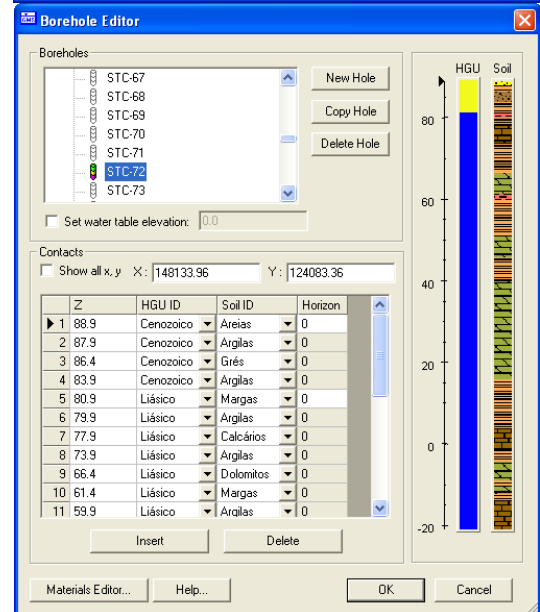
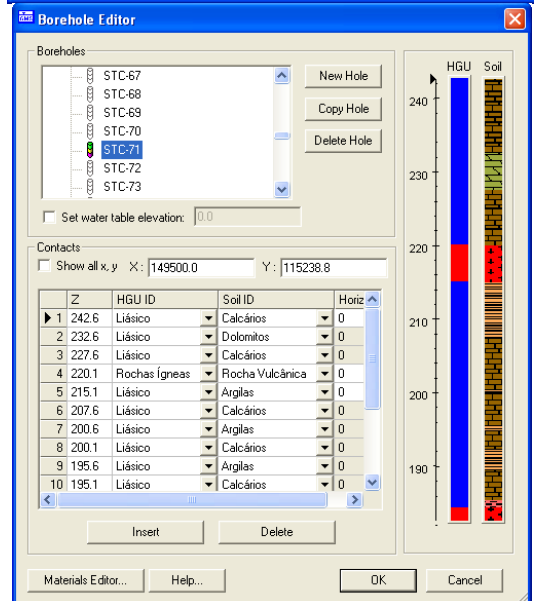
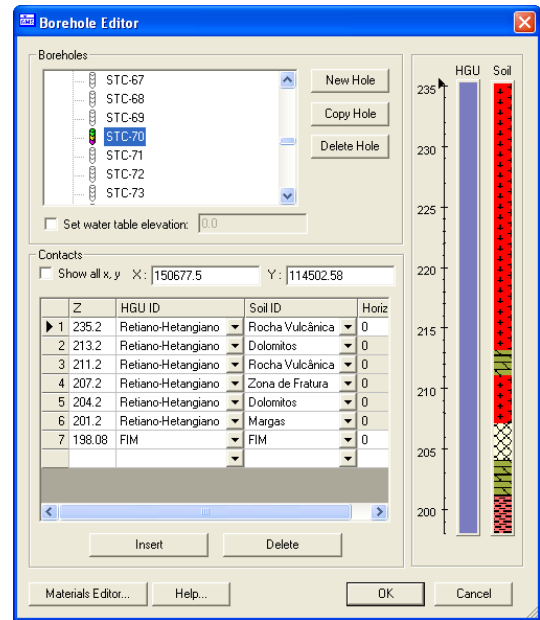
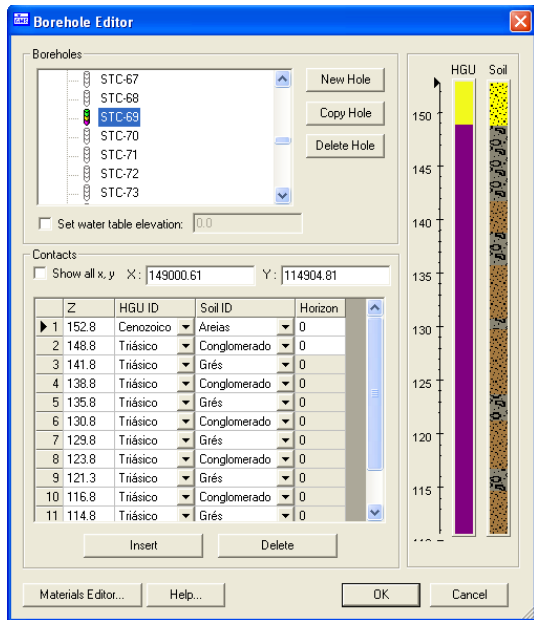
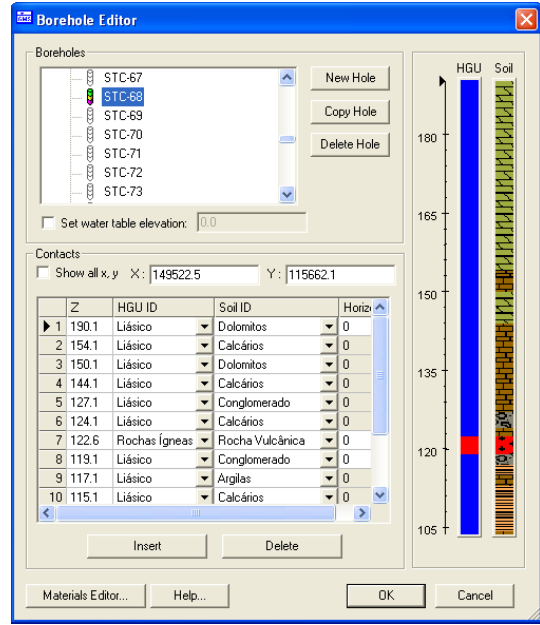
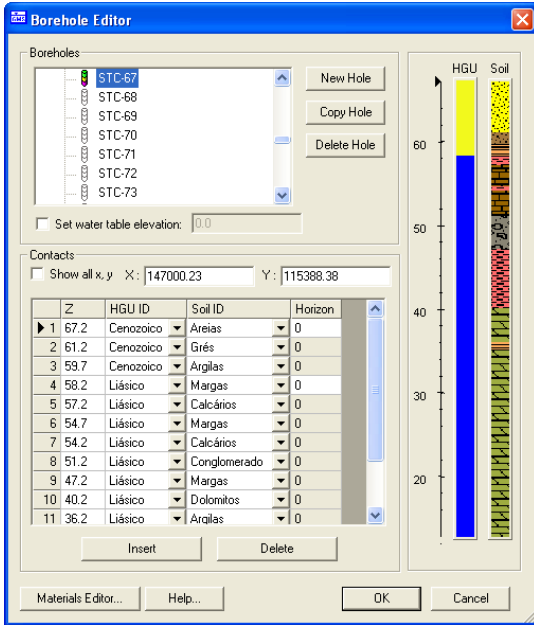
Z	HGU ID	Soil ID	Horizon
1 87.5	Cenozoico	Areias	0
2 84.5	Liásico	Margas	0
3 83.5	Liásico	Areias	0
4 82.5	Liásico	Dolomitos	0
5 53.5	Liásico	Calcários	0
6 50.5	Liásico	Margas	0
7 49.5	Liásico	Areias	0
8 45.0	Liásico	Calcários	0
9 44.5	Liásico	Dolomitos	0
10 37.25	FIM	FIM	0

Materials Editor... Help... OK Cancel









**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-67
- STC-68
- STC-69
- STC-70
- STC-71
- STC-72
- STC-73

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 146693.5 Y: 122886.54

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	72.4	Cenozoico	Grés	0
2	70.4	Malm	Calcários	0
3	23.4	Malm	Conglomerado	0
4	19.9	Malm	Calcários	0
5	2.4	Malm	Conglomerado	0
6	-1.6	Malm	Calcários	0
7	-3.6	Malm	Conglomerado	0
8	-5.6	Malm	Calcários	0
9	-14.6	Malm	Conglomerado	0
10	-17.6	Malm	Calcários	0
11	-117.6	Malm	Conglomerado	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-74
- STC-75
- STC-76
- STC-77
- STC-78
- STC-79
- STC-80

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 148178.45 Y: 120867.53

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	60.0	Liásico	Dolomitos	0
2	29.0	Liásico	Calcários	0
3	19.0	Liásico	Margas	0
4	1.0	Liásico	Argilas	0
5	-9.0	Liásico	Calcários	0
6	-14.5	Liásico	Argilas	0
7	-15.5	Liásico	Calcários	0
8	-20.0	Liásico	Argilas	0
9	-21.0	Liásico	Calcários	0
10	-26.0	Liásico	Argilas	0
11	-27.0	Liásico	Dolomitos	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-74
- STC-75
- STC-76
- STC-77
- STC-78
- STC-79
- STC-80

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 146312.4 Y: 119328.6

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	45.0	Malm	Calcários	0
2	10.5	Malm	Conglomerado	0
3	9.5	Malm	Argilas	0
4	8.5	Malm	Calcários	0
5	2.5	Malm	Conglomerado	0
6	1.5	Malm	Calcários	0
7	0.0	Malm	Margas	0
8	-2.5	Malm	Argilas	0
9	-5.0	Malm	Calcários	0
10	-9.0	Malm	Margas	0
11	-11.0	Malm	Argilas	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-74
- STC-75
- STC-76
- STC-77
- STC-78
- STC-79
- STC-80

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 146142.15 Y: 116937.62

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	68.9	Caloviano	Calcários	0
2	28.9	Caloviano	Argilas	0
3	27.9	Caloviano	Calcários	0
4	26.4	Caloviano	Argilas	0
5	25.4	Caloviano	Calcários	0
6	19.9	Caloviano	Margas	0
7	17.9	Caloviano	Calcários	0
8	14.9	Caloviano	Zona de Fratura	0
9	13.9	Caloviano	Calcários	0
10	-1.1	Caloviano	Argilas	0
11	-2.1	Caloviano	Calcários	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-74
- STC-75
- STC-76
- STC-77
- STC-78
- STC-79
- STC-80

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 149001.2 Y: 119539.8

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	114.95	Cenozoico	Areias	0
2	109.95	Cenozoico	Argilas	0
3	104.95	Cenozoico	Areias	0
4	83.69	FIM	FIM	0

**Borehole Editor**

Boreholes

- STC-74
- STC-75
- STC-76
- STC-77
- STC-78
- STC-79
- STC-80

Set water table elevation: 0.0

Contacts

Show all x, y X: 145075.1 Y: 119458.2

Z	HGU ID	Soil ID	Horizon	
1	30.1	Cenozoico	Areias	0
2	1.1	Malm	Calcários	0
3	-1.9	Malm	Margas	0
4	-2.9	Malm	Calcários	0
5	-28.67	FIM	FIM	0

