

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOCIENTÍFICO
GEOSIS_LX NA GESTÃO DOS DADOS GEOTÉCNICOS DE LISBOA**

**APPLICATION OF THE GEOSCIENTIFIC INFORMATION SYSTEM
GEOSIS_LX FOR GEOTECHNICAL DATA MANAGEMENT IN LISBON**

Almeida, Isabel Moitinho, *Centro e Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, imalmeida@fc.ul.pt*

Pinto, Cláudia, *Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa, Portugal, claudia.pinto@cm-lisboa.pt*

Matildes, Rita, *Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, rmmatildes@fc.ul.pt*

Taborda, Rui, *Instituto Dom Luís e Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, rtaborda@fc.ul.pt*

Jeremias, Filipe Telmo, *Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, ftelmo@lnec.pt*

RESUMO

Em áreas urbanas a exiguidade de afloramentos, que representa uma dificuldade na aplicação das metodologias habitualmente utilizadas no reconhecimento geológico, é compensada pela existência de grande volume de dados resultantes de trabalhos de prospecção. Os dados de estudos geológicos e geotécnicos realizados em Lisboa constituem, assim, um importante conjunto de informação, muito diversa, dispersa por muitas instituições e, em grande parte, disponível apenas em formato analógico. No âmbito do Projecto GeoSIS_Lx pretende-se desenvolver uma Base de Dados geotécnicos, integrando a informação num Sistema de Informação Geocientífico. O objectivo principal é gerar um modelo geológico 3D que, interagindo com a Base de Dados, permitirá a constante actualização e validação cruzada do modelo e dos dados. Neste trabalho é apresentada a estrutura e o conteúdo da Base de Dados.

ABSTRACT

The difficulty to apply the methodologies commonly used in geological investigation in urban areas, resulting from the scarcity of outcrops, can be overcome by the existence of large amount of site investigation studies. The information of geological and geotechnical site investigation carried out in Lisbon constitute therefore an important set of information, very diverse, dispersed in many institutions and mainly available in analog format only. In the aim of the Project GeoSIS_Lx it is intended to develop a geotechnical database, to incorporate the information in a GIS. The main objective is to generate a 3D geological model, interacting with the database, allowing the constant updating and cross-validation of the model and data. This paper presents the structure and content of the Database.

1. INTRODUÇÃO

A expansão urbana de Lisboa, verificada desde o final do século XIX, permitiu a aquisição de um grande volume de dados geológicos e geotécnicos que se encontram parcialmente integrados nos arquivos do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), e foram utilizados na preparação da Carta Geológica do Concelho de Lisboa, na escala 1:10.000 (Almeida, 1986). A informação existente é, no entanto, muito mais extensa, encontrando-se dispersa por várias

instituições. No âmbito de um trabalho académico (Almeida, 1991) parte dessa informação foi utilizada na caracterização geotécnica dos solos de Lisboa. Esta abordagem permitiu reconhecer a sua importância e estabelecer os principais conceitos para a sua organização. Em 1999 foi iniciado o projecto de uma Base de Dados Geotécnicos, desenvolvido em colaboração com a Câmara Municipal de Lisboa, (Almeida et al. 2003) possibilitando a integração de 1090 relatórios. Na sequência dos trabalhos desenvolvidos foi iniciado em 2008 um novo projecto de investigação tendo como objectivos a modelação geológica e geotécnica 3D, associada ao desenvolvimento de uma nova versão de Base de Dados, permitindo a actualização constante e a validação cruzada do modelo e dos dados.

Na organização da nova versão Base de Dados foram considerados como principais objectivos o armazenamento de dados, num modelo que integrasse a informação existente, com o mínimo de tratamento mas facilmente acessível a todos os tipos de consulta, e a interligação ao modelo. A estrutura da Base de Dados teve, assim, que se ajustar à tipologia dos estudos geológicos e geotécnicos habitualmente praticados.

2. CARACTERIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO

A informação geológica e geotécnica, associada a estudos realizados por diversas instituições com diferentes objectivos, encontra-se dispersa, na maior parte dos casos apenas em formato analógico, sem qualquer esforço de padronização, e com qualidade variável e difícil de avaliar. Na implementação da Base de Dados o primeiro aspecto que foi considerado refere-se à selecção da informação a ser recolhida e compilada. Na versão inicial foi necessário fazer algumas restrições na informação a seleccionar face à impossibilidade de arquivar todos os relatórios consultados. Na implementação da nova Base de Dados, foi possível beneficiar da experiência da primeira abordagem e considerar a expansão da Base de Dados, incorporando novos conceitos em termos de formato de dados, para permitir a entrada de dados digitais e a futura transferência de dados.

Nos trabalhos desenvolvidos até à data foi possível compreender a diversidade e extensão da informação existente bem como a sua aplicação directa ou indirecta no âmbito do projecto. Foi, assim, considerado que toda a informação colectada deveria ser incorporada na Base de Dados acessível de diferentes modos. A principal fonte de informação disponível refere-se aos relatórios de estudos geológicos e geotécnicos, incluindo trabalhos de prospecção, designadamente sondagens e ensaios *in situ* e de laboratório. O grande volume de dados de sondagens, com uma distribuição geográfica relativamente abrangente, constitui o principal elemento da Base de Dados mas é necessário considerar que grande parte desta informação, parcialmente apenas qualitativa, é subjectiva e frequentemente incompleta, exigindo uma interpretação cuidadosa. Uma segunda fonte de informação, muito menos extensa, inclui relatórios de ensaios de laboratório, ensaios *in situ* e ensaios geofísicos. Um terceiro grupo de dados refere-se a parâmetros de projectos de escavações e fundações, e de observação e acompanhamento. Finalmente, é também importante considerar a inclusão de outras fontes de informação, tais como inventários ou outros trabalhos onde se encontre menção à localização, extensão e caracterização de aterros urbanos, locais de antigas pedreiras e de áreas afectadas por fenómenos de instabilidade de vertentes.

3. IMPLEMENTAÇÃO DA BASE DE DADOS

O trabalho desenvolvido por Almeida (1991) permitiu uma perspectiva global da informação existente e uma primeira abordagem para a selecção, hierarquia e estrutura da primeira versão da Base de Dados, implementada em MS Access e integrados em SIG. Uma das exigências da

estrutura da Base de Dados foi a necessidade de limitar a interpretação dos dados mantendo o seu conteúdo sempre que possível igual à fonte original. Como a informação existente se encontra apenas em formato analógico, exigindo introdução manual de todos os campos, para minimizar os erros de digitalização optou-se por criar listas limitadas com opções pré-definidas. Esta solução permite simultaneamente minimizar a variabilidade dos dados descritivos e qualitativos. Na primeira fase deste processo, foi possível recolher dados de três fontes principais: Câmara Municipal de Lisboa, Porto de Lisboa e Parque EXPO, com um total de 6719 sondagens (Figura 1).

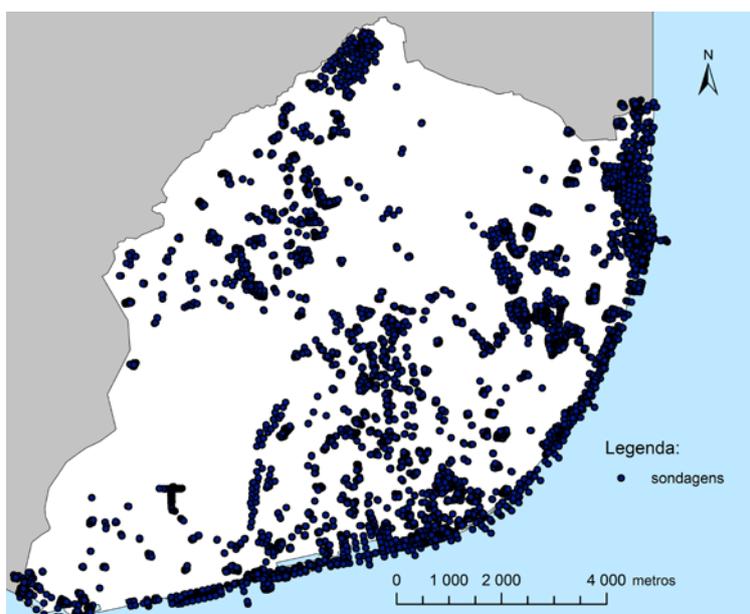


Figura 1 – Localização das Sondagens Existentes na 1ª Versão da Base de Dados.

Na implementação da estrutura da nova versão da Base de Dados foi considerada a experiência adquirida na fase inicial e os desenvolvimentos verificados no âmbito das bases de dados geotécnicas. Foi, assim, possível considerar a adição de novos módulos e, por questões associadas ao processamento de grande volume de dados, considerar a migração da BD Access para ambiente Oracle. Em função dos novos objectivos, designadamente a inclusão de novos campos de validação de dados, critérios de confidencialidade e formatação de dados de forma a permitir a transferência e entrada de dados em formato digital, decidiu-se efectuar a revisão do estado da arte sobre formatação e transferência de dados geotécnicos.

3.1. Escolha do Formato de Dados

A evolução dos meios informáticos trouxe novas perspectivas, aparentemente ilimitadas, para o uso de dados, incluindo o armazenamento, análise e visualização. O contributo dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), apesar das limitações das aplicações padrão na análise a três dimensões, representa um contributo muito importante para as geociências na organização e análise de dados. Esta situação tornou-se ainda mais relevante com a contribuição da Internet na acessibilidade dos dados. No entanto, para tornar possível a plena utilização e transferência de dados, incluindo a partilha na Internet, é necessário que o armazenamento de dados se encontre organizado de forma estruturada e padronizada, e que seja adoptada e amplamente aceite uma linguagem comum e normalizado o formato de dados.

Nas últimas décadas têm-se registado grandes progressos, em diversos projectos desenvolvidos, adoptando diferentes estratégias, tendo em vista o armazenamento electrónico dos dados e a possibilidade de transferência e utilização com diferentes aplicações, incluindo os programas

comerciais. Desta forma, é possível dispensar em parte os relatórios em papel e são minimizados os erros potenciais associados à entrada manual de dados.

Para atingir este objectivo é necessário adoptar uma linguagem adequada e desenvolver normas internacionalmente aceites. A primeira proposta de uma versão de linguagem adaptada aos dados geotécnicos da XML (eXtensible Markup Language) foi apresentada pela World Wide Web of Geotechnical Engineers (Toll, 2007). Para limitar a proliferação de diferentes normas, as três sociedades internacionais (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering - ISSMGE, International Association for Engineering Geology and the Environment – IAEG, e International Society for Rock Mechanics - ISRM) formaram uma Comissão Técnica, JTC2 para preparar uma norma internacionalmente aceite (Toll, 2008). A evolução mais significativa é o projecto DIGGS (Data Interchange for Geotechnical and Geoenvironmental Specialists). O DIGGS é uma plataforma de intercâmbio internacional de dados geológicos e geotécnicos. A versão 1.0 da norma base do projecto DIGGS consiste num dicionário de dados que representa a fusão dos formatos de transferência de dados com maior aplicação (por exemplo, AGS, COSMOS, LAS), projectada para ser compatível com os formatos existentes (Ponti et al. 2006).

O formato de transferência de dados deve ser adequado às práticas nacionais. A Association of Geotechnical & Geoenvironmental Specialist (AGS), estabeleceu o formato AGS aceite por todos os componentes da indústria no Reino Unido como sendo adequado para preparação, análise, transferência e armazenamento de dados em formato electrónico. O formato AGS permite que tanto os produtores como os receptores continuem a utilizar as ferramentas habituais, auxiliando na implementação de procedimentos de garantia de qualidade. O armazenamento e o acesso aos dados tornam-se, assim, muito mais eficientes facilitando a organização de bases de dados por parte dos produtores, receptores e os organismos nacionais (AGS, 2004).

O formato AGS utiliza um tipo do formato ASCII (American Standard Code for Information Interchange) habitualmente designado como CSV (Comma Separated Value), produzido e lido pela maioria das folhas de cálculo. Um conjunto de regras deve ser usado ao criar um ficheiro em formato AGS e, antes do processo de transferência, é necessário assegurar um conjunto de verificações relativamente ao formato, integridade e correcção de dados.

3.2. Conceitos de Base para o Modelo Conceptual da Base de Dados

Na definição do modelo conceptual da Base de Dados, foram considerados alguns pressupostos iniciais, entre eles:

- Reconhecer a necessidade de utilização de *software* facilmente acessível e com uma interface clara e intuitiva de modo a assegurar a utilização e acesso por todos os potenciais utilizadores; Na concepção de uma base de dados é necessário ter em conta o tipo de utilizador a que se destina e o seu grau de conhecimento em Sistemas de Gestão de Bases de Dados; A escolha do MS Access, assegura, que todos os intervenientes terão acesso ao software e poderão contribuir de acordo com as suas competências; Além disso, o desenvolvimento dos Formulários em ambiente Access facilita o seu preenchimento uma vez que a interface com o utilizador é bastante amigável;
- Contemplar a migração para o Sistema Oracle, o que resultará num aumento das potencialidades ao nível da gestão da informação;
- Assegurar, mantendo no essencial a estrutura dos dados existentes, a possibilidade de introdução de novos módulos e o arquivo da cópia do relatório inicial, de forma a permitir em qualquer altura a sua consulta para verificação e validação dos dados;
- Adaptar os conteúdos das Tabelas à prática nacional e neste caso específico, à cidade de Lisboa;

- Minimizar a ocorrência de erros associados ao operador limitando o preenchimento de alguns campos; Os dados devem ser introduzidos com o mínimo de processamento;
- Definir novas regras de validação, baseadas em campos que permitam uma melhor identificação da duplicação de registos; Os campos descritivos devem ser simplificados e, sempre que possível, associados a uma lista finita;
- Definir máscaras de introdução de dados de forma a condicionar o preenchimento dos campos relativos aos resultados de ensaios *in situ* e laboratoriais, a um sistema de unidades;
- Criar várias licenças de manuseamento, do tipo *permissão para consulta, preenchimento e edição*; Este último nível ficará restringido a utilizadores com licença de *gestor de dados*;
- Prever a inclusão de campos de ligação a outras bases de dados, ainda que não associadas a informação desta natureza, que permita a qualquer altura ser efectuada a consulta;
- Criar um template de preenchimento da informação relativa a trabalhos de prospecção realizados por cada empresa da especialidade, tornando-o facilmente aplicável a todos os intervenientes;
- Adaptar a nova Base de Dados em função da informação que dela se pretende retirar.

3.3. Estrutura do Modelo de Dados Relacional

O modelo de dados relacional permite a visualização dos dados sob a forma de objectos e relações entre si. O conceito entidade-relação é usado para avançar ao longo do modelo, partindo duma tabela geral de dados para tabelas mais detalhadas, que permitam a cada utilizador explorar a informação contida na base de dados (Ramakrishnan e Gehrke, 2003). A entidade é um objecto, que deve ser unicamente identificado a partir da geração de um número automático e sequencial (chave primária). Essa entidade deve posteriormente ser descrita usando uma série de atributos.

A estrutura do Modelo de Dados Relacional foi construída numa estrutura de dados hierárquica, mantendo tanto quanto possível a estrutura da versão anterior para preservar a integridade dos dados no processo de migração. Tendo em conta a prática portuguesa foram seguidas as directrizes principais da National Geotechnical Properties Database do British Geological Survey (BGS) (Self e Entwisle, 2006), uma vez que a informação da Base de Dados representa um importante contributo para a modelação geológica e geotécnica tridimensional e que se pretende implementar a intervalidação entre o modelo e os dados.

Embora se pretenda preparar a Base de Dados para a transferência electrónica, em formato AGS, ou semelhante que venha a ser adoptado em Portugal, a versão actual está preparada apenas para a entrada manual de dados.

À semelhança do que sucedia com o *Menu Fichas* na Base de Dados Geotécnicos de 1999, na nova versão a entidade principal é a *Tabela Relatório*. A ela encontram-se associadas directa e indirectamente os restantes objectos (Figura 2). Os dados a preencher na *TP_Relatorio* dizem respeito à identificação do Relatório, nomeadamente localização dos trabalhos, identificação do cliente, título do relatório, data, identificação da empresa que realizou o estudo, etc. Esses campos são maioritariamente do tipo numérico e de texto, sendo que alguns dos campos de texto se encontram associados a tabelas auxiliares, visando a limitação da procura a partir da selecção de dados numa lista finita. Nesses campos descritivos, associados a tabelas auxiliares, encontra-se o campo *morada*, *empresa da especialidade*, *local de arquivo* e *grau de confiança*. O *grau de confiança* foi um campo criado com vista à categorização dos Relatórios, em função da qualidade da informação apresentada assim como a adequação à realidade geológica. Este campo irá permitir uma rápida selecção da informação de maior rigor e já validada que irá ser usada directamente na elaboração do modelo tridimensional, reservando-se os restantes dados para o esclarecimento de dúvidas relativas à geologia do local.

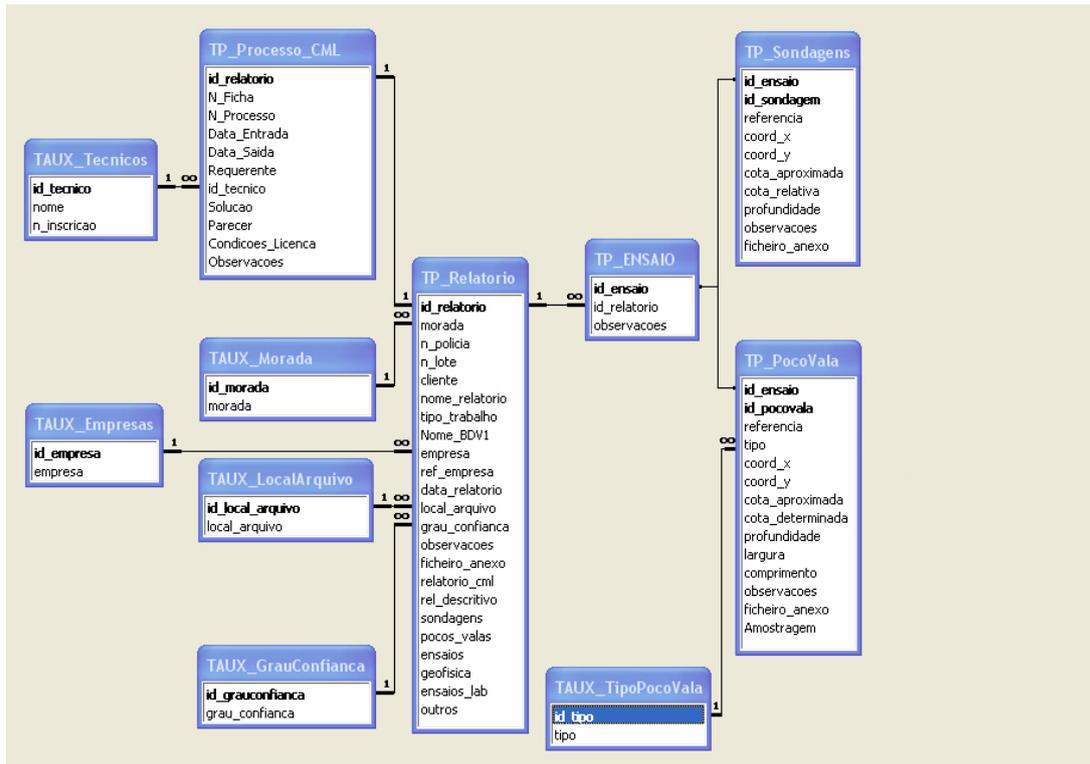


Figura 2 – Estrutura da Tabela Principal da Base de Dados, Incluindo Informação Relativa ao Relatório e as Ligações com as Tabelas Dependentes.

Como o processo de modelação e validação do modelo e dos dados é interactivo a atribuição de uma categoria pode ser alterada. Este campo será editável e irá ficar acessível apenas a utilizadores com grau de permissão ao nível de gestor da Base de Dados.

Além das tabelas auxiliares (TAUX), à tabela *TP_Relatorio* encontram-se directamente associadas algumas tabelas principais. A tabela principal *Processo_CML* diz respeito aos dados de cariz administrativo relativos aos Projectos de Especialidade Escavação e Contenção Periférica internos da CML, associados ao Relatório. A tabela principal *TP_Ensaio* diz respeito à informação alfanumérica resultante dos trabalhos efectuados durante a campanha à qual se refere o Relatório. Entre o tipo de trabalhos normalmente realizados destaca-se a prospecção directa, designadamente sondagens e poços/valas, daí a existência de tabelas principais que contemplam essa informação (*TP_Sondagens* e *TP_PocoVala*). Visando a possibilidade de introdução de novos módulos referentes a ensaios adicionais, preuiu-se a inclusão de uma tabela referente a ensaios *in situ* realizados sem furo de sondagem (*TP_EnsaioInSitu*) e a ensaios de laboratório (*TP_EnsaioLaboratorio*).

A tabela *TP_Sondagens*, com a localização geográfica, está ligada a tabelas contendo detalhes da sondagem. Os detalhes da sondagem estão estruturados em tabelas diferentes (Figura 3), incluindo o método de perfuração (*TP_Furacao*), litoestratigrafia (*TP_Litostratigrafia*), litologia (*TP_Litologia*), amostragem (*TP_Amostra*) e ensaios geotécnicos: SPT (*TP_SPT*), CPT (*TP_Penetrometro*), VST (*TP_Vane*), PMT (*TP_Pressiometro*) e DMT (*TP_Dilatometro*), RQD, % de recuperação, grau de alteração e grau de fracturação (*TP_RQD*), ensaios de permeabilidade (*TP_Permabilidade*) e leitura de piezómetros (*TP_NivelAgua*) (Figura 3-baixo). A estrutura referente aos poços e valas é semelhante à das sondagens, partilhando algumas das tabelas.

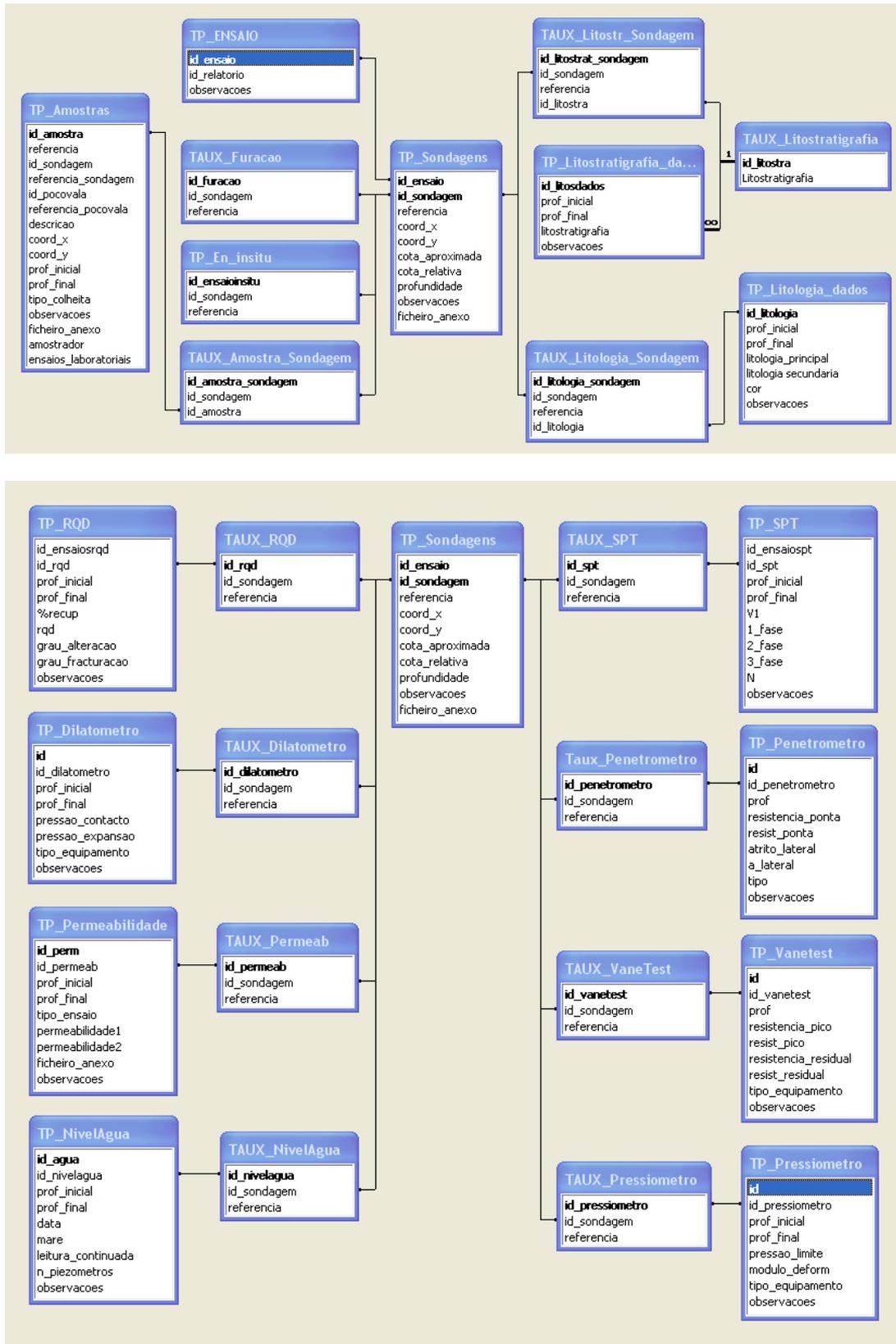


Figura 3. Estrutura da Tabela Relativa aos Dados das Sondagens: Topo - Ligação às Tabelas Relativas à Informação Geológica; Base – Ligação às Tabelas Relativas à Informação Geotécnica.

O modelo de dados relacional permite, assim, manter a sequência e a integridade da informação. O uso de tabelas auxiliares, como por exemplo na descrição litológica, utilizando tabelas do tipo caixa de combinação, admitindo a selecção entre as unidades geológicas que afloram na área de Lisboa (*TAUX_Litologia*), limita os erros de digitação e facilita a consulta desses campos.

Os dados dos ensaios de laboratório são geralmente apresentados como anexo do relatório onde a amostragem é enquadrada. Para manter a integridade dos dados, foi necessário estabelecer algumas regras, nomeadamente a proibição de introduzir quaisquer dados de ensaios de laboratório de amostras cuja sondagem não esteja já integrada na Base de Dados. Para evitar qualquer erro e assegurar a ligação correcta, a lista de amostras disponíveis é editada para permitir a selecção da amostra adequada. A informação relativa aos resultados dos ensaios de laboratório é menos frequente do que a referente às sondagens e, em alguns casos, de difícil normalização. Como se trata de um novo módulo e face às dificuldades referidas, foi decidido restringir os campos aos ensaios de identificação (textura, limites, índices físicos, etc.). No entanto, todos os dados colectados estarão acessíveis na cópia do relatório em arquivo, através das ligações às diversas tabelas de ensaio.

Os métodos de prospecção geofísicos ainda não estão organizados como um módulo da Base de Dados, mas fazem parte da lista de verificação na tabela principal do relatório e todos os dados recolhidos podem ser arquivados e acessíveis no ficheiro anexo.

3.4. Formulários de Introdução de Dados

Dado não existir ainda um formato normalizado aceite, o único método para introduzir a informação é digitar todos os dados seleccionados a partir dos relatórios. Na introdução manual os dados são inseridos através de formulários MS Access nas tabelas do Oracle. Os Formulários, em Access têm como principal objectivo a criação do Front Office, isto é, a interface com o utilizador. Na nova versão da Base de Dados os Formulários foram elaborados com o intuito de tornar o preenchimento fácil e intuitivo e ter em conta a sequência habitual com que a informação surge nos Relatórios. Foram privilegiados campos de preenchimento automático de forma a evitar erros associados ao operador, definidas novas regras de validação, de forma a evitar duplicação de registos, e criados campos com máscaras de introdução de forma a uniformizar a apresentação dos dados, nomeadamente os referentes a ensaios *in situ* e laboratoriais. De igual modo, foram criados campos descritivos, associados a uma lista finita.

O Formulário Principal materializa a tabela *TP_Relatorio* e é a interface inicial da Base de Dados. Para que a interface com o utilizador fique completa, é necessário interligar os vários objectos para que seja possível a navegação. Deste modo, a este Formulário encontram-se associados todos os Formulários directamente dependentes os quais, por sua vez estão associados a outros hierarquicamente dependentes. Em relação ao Formulário Amostragem estabeleceu-se como pressuposto não introduzir dados referentes a ensaios laboratoriais realizados sobre amostras que não estejam previamente integradas. Assim, são apenas inseridos registos que podem ser associados a um Relatório devidamente georreferenciado.

A georreferenciação de pontos, como no caso das sondagens, ou polígonos, como no caso de pedreiras ou aterros, é realizada no SIG utilizando a informação da rede urbana e a planta de localização do relatório.

3.5. Qualidade e Validação dos Dados

Na transferência de dados da versão inicial para a nova versão da Base de Dados e para salvaguardar eventuais situações de ambiguidade, dado terem sido introduzidos novos módulos

e parâmetros, os valores da versão inicial são armazenados em diferentes campos, mantendo os dados sem qualquer processamento. Esta situação é particularmente relevante no caso dos valores de SPT. A prática portuguesa não está normalizada podendo, genericamente, considerar-se três hipóteses para a cravação do amostrador: i) penetração total de 45 cm; ii) entre 15cm e 45cm; iii) inferior a 15 cm. Na primeira versão da Base de Dados optou-se por registar o número de golpes e a penetração alcançados, permitindo interpretar o teste e determinar o valor de N. Como a prática tem vindo a ser alterada pela aplicação do Eurocódigo deverão ser registados os valores correspondentes a cada 15 cm. Neste caso, várias opções podem ser seleccionadas e o valor final numa consulta terá em conta que correspondem a diferentes práticas.

A validação dos dados não se limita à análise de dados. A fase seguinte envolve o confronto, num processo iterativo, do modelo geológico 3D com a Base de Dados. Este processo permitirá não somente a calibração e validação do modelo, mas também a validação dos dados de sondagem que, em especial no que se refere à interpretação geológica, designadamente o Miocénico de Lisboa, depende da experiência do especialista.

4. CONCLUSÕES

A Base de Dados Geotécnicos de Lisboa foi implementada tendo em vista o armazenamento de dados, num modelo relacional que integrasse a informação existente, com o mínimo de tratamento mas facilmente acessível a diversos tipos de consulta, bem como a interligação ao modelo geológico e geotécnico. A informação está hierarquicamente organizada, incluindo informação que, sendo digital permite a consulta e tratamento dos dados, e informação em formato de ficheiros anexos, não acessível para análise mas que pode ser consultada. A Base de Dados integra a informação contida nos relatórios dos estudos geológicos e geotécnicos, designadamente a georeferenciação dos dados de sondagens, poços/valas e ensaios *in situ* e de laboratório respectivos.

As tabelas da Base de Dados e os diversos campos foram projectados para serem compatíveis com uma futura transferência de dados em formato digital e para entrada manual de dados analógicos. Esta informação integra os atributos geológicos e geotécnicos de base para a implementação do modelo geológico digital 3D de Lisboa, para o ordenamento do território em termos municipais e para a investigação geotécnica e geoambiental. Constitui também uma importante fonte de informação para utilizadores externos, permitindo ainda uma grande variedade de consultas para uma ampla gama de aplicações.

Entre os trabalhos a desenvolver para potenciar uma utilização mais alargada da informação da Base de Dados e do modelo geológico para diversas aplicações, pretende-se dinamizar uma sinergia entre empresas de prospecção e projectistas, visando a implementação de um código normalizado para a transferência electrónica de dados, que permita, num futuro que se espera próximo, a partilha de informação com vantagens de tempo, economia e qualidade dos dados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do programa de investigação FCT; projecto GeoSIS_Lx - Modelação e cartografia geológica e geotécnica tridimensional em áreas urbanas. Aplicação a Lisboa (PTDC/ECM/64167/2006).

REFERÊNCIAS

- AGS-Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists (2004). *Electronic Transfer of Geotechnical and Geoenvironmental Data, Edition 3.1*. Beckenham, Kent (with addendum May 2005) Disponível em www.ags.org.uk. Acesso em 22/01/2010.
- Almeida, F.M. (1986). *Carta Geológica do Concelho de Lisboa*, Serviços Geológicos, Portugal.
- Almeida, I.M. (1991). *Caracterização geotécnica dos solos de Lisboa*, Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Almeida, I.M., Marques, F.M.S.F. e Almeida, G.B. (2003). Spatial geotechnical database for planning and design in the Lisbon area (Portugal). *Proceedings 9th Int. Conf. Enhancement Promotion in Computational Methods in Engineering and Science*. Lamas e Li (eds.), Balkema, Roterdão, pp. 509–514.
- Ponti, D., Hoit, M., Mcvay, M., Styler, M., Benoit, J., Bobbitt, J., Caronna, S., Chandler, R., Salvatore, R. e Quinn, P. (2006). DIGGS: an Xml-Based Interchange Standard for Geotechnical and Geoenvironmental Data. *Proceedings International Workshop for Site Selection, Installation, and Operation of Geotechnical Strong-Motion Arrays, Workshop 2: Guidelines for Installation, Operation, and Data Archiving and Dissemination*, Cosmos Publication CP-2006/01
- Ramakrishnan, R. e Gehrke, J. (2003). *Database Management Systems*. 3rd Edition. McGraw-Hill.
- Self, S. e Entwisle, D. C. (2006). *The structure and operation of the BGS National Geotechnical Properties Database*. British Geological Survey Internal Report, IR/06/092.
- Toll, D. G. (2007). Geo-Engineering Data: Representation and Standardisation. *Electronic J. of Geotechnical Engineering*. Disponível em www.ejge.com/2007/Ppr0699/Ppr0699.htm. Acesso em 22/01/2010.
- Toll, D.G. (2008). International Data Exchange: The Future for Geo-engineering, *Proceedings 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG)*. Disponível em geotechml.com/Documents/2008-Toll-IACMAG.pdf. Acesso em 22/01/2010.