

Caracterização geotécnica de solos do município de Arapiraca - AL por meio da análise de perfis de sondagem SPT

Natalício Ferreira Lóz Júnior

Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia - AL, Brasil, junior.natalicio@gmail.com

Rafaela Faciola Coelho de Souza

Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia - AL, Brasil, rafaela_faciola@yahoo.com.br

RESUMO: O presente trabalho resulta da análise cartográfica do município de Arapiraca, situado na região Agreste do estado de Alagoas, bem como das suas características geográficas e geotécnicas, provenientes de boletins de sondagem de simples reconhecimento *Standard Penetration Test* (SPT), objetivando a caracterização geotécnica de uma área de aproximadamente 351 km², que compreende o município em sua totalidade. A metodologia utilizada para a caracterização desta área foi realizada por meio do software *ArcGis 10.1*, baseando-se, em resultados de sondagem SPT executados em diversas localidades, onde foram selecionados como fonte de dados os furos de sondagem em zonas periféricas e centrais, de modo a aumentar a eficiência dos resultados. Após a determinação de tais pontos, bem como, dos seus respectivos valores de N_{SPT} , nível de água, e cota do impenetrável, fez-se a plotagem desses pontos sobre o mapa do município de Arapiraca através do *Google Earth Pro 2015*, o que possibilitou a coleta das coordenadas necessárias para a obtenção dos resultados, que por sua vez, consistem de mapas, que permitem concluir que as fundações das construções na cidade podem ser do tipo direta e rasa, sendo viabilizadas pela resistência elevada em cotas próximo à superfície e que a região é claramente dividida em duas zonas, onde a porção mais ao norte da cidade é composta de uma camada de material basicamente arenoso com pouca variação em relação à sua profundidade, e abaixo, na porção mais ao sul, nota-se a ocorrência de solos predominantemente argilosos, também com pouca variação de material no decorrer da sua profundidade. Neste ínterim, além de ser um estudo pioneiro no cenário alagoano, o trabalho reúne informações geotécnicas importantes que podem ser utilizadas pela prefeitura da cidade de Arapiraca como subsídio para mapear áreas para novas construções que sejam de seu interesse. Os documentos gerados nesta pesquisa servem como auxílio na estimativa preliminar das características geotécnicas da área de interesse facilitando a escolha do tipo de solução de fundação que deve ser empregado na construção do empreendimento, mas não dispensam a realização do ensaio.

PALAVRAS-CHAVE: SPT, Arapiraca-AL, Mapeamento Geotécnico, Caracterização de Área.

1 INTRODUÇÃO

Em obras civis é necessária a execução de uma campanha de investigação para conhecer as características geotécnicas do solo independente do porte e/ou finalidade da obra. Tal processo tem o objetivo de fornecer informações relevantes para a definição do tipo de solução de fundação a ser utilizado, influenciando diretamente nos padrões de segurança, qualidade e economia da mesma. O método de

investigação geotécnico mais difundido no Brasil é o ensaio de campo, denominado popularmente de Sondagem de Simples Reconhecimento - *Standard Penetration Test* (SPT).

Este trabalho consiste na análise cartográfica do município de Arapiraca, situado na região Agreste do estado de Alagoas, bem como, das características geográficas e geotécnicas locais provenientes de boletins de sondagem de SPT. O objetivo geral é a caracterização geotécnica

de uma área de aproximadamente 351 km², que compreende o município em sua totalidade.

Para reunir as informações da caracterização da área em estudo utilizou-se *software* como ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para compilar esses dados em formas de mapas.

Este trabalho é um estudo pioneiro no cenário do agreste alagoano, em que reúne informações geotécnicas que podem ser utilizadas pela prefeitura da cidade de Arapiraca como subsídio para mapear áreas para novas construções que sejam de seu interesse. Além disso, a aplicação desses dados pode auxiliar na estimativa preliminar do tipo de elemento que deve ser empregado na fundação de qualquer obra civil, ou simplesmente, na solução de um possível problema de fundação.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1 Localização

O município de Arapiraca é situado em ampla planície, localizado à 265 metros de altitude, distando 123 quilômetros da capital do estado de Alagoas. A sede apresenta as coordenadas geográficas de 9°45'09" de latitude sul e 36°39'40" de longitude oeste.



Figura 1. Localização de Arapiraca no Estado de Alagoas. Fonte: Agreste News.

2.2 Aspectos Sociais

De acordo com dados da Prefeitura Municipal de Arapiraca, o município tornou-se um grande centro comercial na região do Agreste Alagoano, configurando assim, a segunda Região Metropolitana de Alagoas,

criada em 1 de dezembro de 2009, pela Lei Complementar 27/2009. Tal região comporta Arapiraca e mais 19 municípios circunvizinhos.

Nos dias atuais é o ritmo de crescimento do mercado imobiliário é significativo, com o advento da implantação de inúmeros conjuntos habitacionais, condomínios e loteamentos. Outro setor que apresenta notório crescimento é o da Educação, sobretudo de nível superior que além das duas universidades públicas, UNEAL e UFAL, conta com a chegada de faculdades particulares.

Essa expansão urbana do município promove uma aceleração do uso e ocupação do solo da região para as mais diversas implantações de obras no município de Arapiraca, o que corrobora com o objetivo principal deste trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 Levantamento dos Perfis de Sondagem

Este trabalho levou em consideração dois tipos de dados básicos, a partir dos quais foi possível fundamentar a pesquisa, sendo estes: o mapa do município e os dados de sondagem SPT.

3.1.1 Mapas

Os pontos onde foram realizadas as sondagens estão demarcados na Figura 2, abaixo.



Figura 2. Pontos de sondagem.

Note-se que os pontos estão denominados pelo nome do bairro no qual se localizam. A alocação desses pontos foi realizada no *GoogleEarth Pro 2015*, para coleta das coordenadas dos mesmos, é importante ressaltar, que estas localidades constam nos respectivos boletins de sondagem.

3.1.2 Sondagens

Os boletins de sondagem utilizados como base dados para elaboração dos mapas foram obtidos junto à Prefeitura Municipal de Arapiraca, que disponibilizou 10 boletins de sondagens realizadas em diferentes bairros da cidade, com uma média de 3 ou 4 furos por sondagem. Os bairros contemplados pelos boletins são: Primavera, Verdes Campos, Canafístula, Bom Sucesso, Senador Arnon de Melo, Povoado Vila Bananeira, Pau D'arco, Centro, Baixa Grande e Santa Esmeralda. Onde os bairros Centro, Primavera, Baixa Grande e Santa Esmeralda estão situados na região central da cidade, enquanto que os demais são bairros periféricos situados em localidades de acesso a cidade.

3.2 Edição dos Perfis de Sondagem por Bairro

De posse dos boletins de sondagens algumas medidas precisaram ser tomadas para o processamento de suas informações. Cada boletim de sondagem é constituído por um grupo de furos, cuja posição, nomenclatura e localização foram plotadas sobre o mapa da cidade, facilmente através do *GoogleMaps*. Tais informações foram de grande valia, pois, constituem a única forma de locar os furos no SIG.

Além das informações citadas, os boletins apresentam, também, uma página chamada de boletim de ensaio do furo, que contém dados como: os valores dos números de golpes, as diferentes camadas de solo, a posição do nível do lençol freático (quando detectada), dentre outras informações. (MAFRA JR., 2007)

Para cada boletim de sondagem, e consequentemente, uma localidade, foi criada uma planilha resumo no Excel, associada a um gráfico, em que produziu-se apenas um gráfico para cada boletim, pois, apesar de cada um deles apresentar, uma média de 3 a 4 furos, apenas o que melhor representava o perfil de solo da localidade foi considerado como resultado da sondagem.

Desta forma, foram dispostas na planilha informações, tais como: coordenadas do ponto de sondagem (latitude e longitude), endereço (bairro e rua, quando apresentados), nomenclatura do ponto, cota do nível de água e o N_{SPT} por metro.

Para a determinação das coordenadas dos pontos de sondagem, fez-se a plotagem desses pontos sobre o mapa do município de Arapiraca através do software *Google Earth Pro 2015*, baseando-se nas locações contidas nos boletins, sendo a planilha de dados e atributos produzida denominada de *shapefile*.

3.3 Manipulação dos Dados em SIG

Após a compilação das informações necessárias no *shapefile*, a etapa seguinte consistiu em inserir os dados no SIG para edição. O ambiente SIG utilizado nesta etapa foi o *ArcGIS 10.1*.

De acordo com Silva (2010), este *software* possui uma aplicação denominada *ArcMap*, a qual possibilita a organização dos dados segundo as semelhanças temáticas correspondentes aos dados descritivos do arquivo (dados alfanuméricos). Dessa forma, o software possibilita o trabalho com dados e informações geográficas, para gerar mapas, bem como, para outras finalidades relacionadas à análise espacial.

Outra aplicação de grande valia disponível no ambiente SIG é a *ArcView*, que permite dados a mapas e apresenta funções que possibilitam geração de novos mapas. Tais funções proporcionaram a edição e elaboração de mapas com informações geotécnicas, que serão apresentados no item de resultados deste trabalho. (MAFRA JR., 2007)

4 RESULTADOS

Inicialmente, foram produzidos os perfis de sondagem típico para cada bairro estudado, assim como, a descrição das camadas que foram obtidas a partir de correlações do N_{SPT} de cada metro perfurado pela sondagem, como sugerido pela norma 6484/2001.

4.1 Descrição do Perfil Típico de Sondagem por Bairro

A descrição apresentada para os bairros a seguir, envolve a representação média para os bairros centrais e periféricos do município de Arapiraca.

4.1.1 Bairro Baixa Grande

O bairro Baixa Grande é situado próximo da região central do município de Arapiraca, sendo classificado como área urbana. Este bairro apresenta predominância de domicílios particulares, caracterizando-o como bairro residencial em sua essência e, conseqüentemente bastante populoso. O perfil de sondagem típico deste bairro é apresentado na Figura 3.

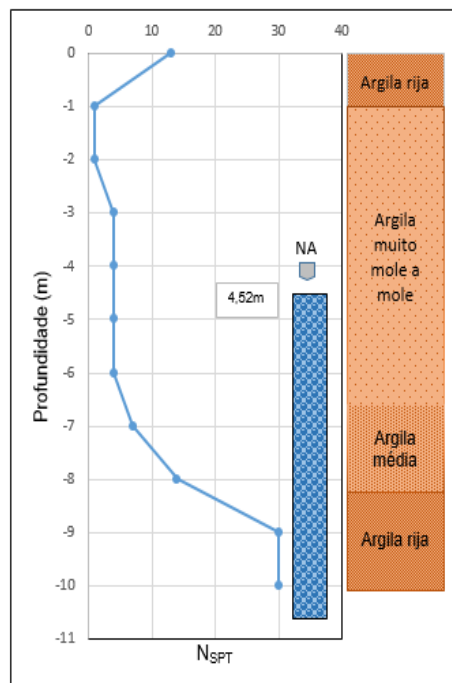


Figura 3. Perfil de sondagem do bairro Baixa Grande, com detalhamento dos valores de N_{SPT} por metro de profundidade, espessura e tipo de solo das camadas encontradas durante a realização do ensaio.

Como pode ser observado na Figura 3, o perfil apresenta, inicialmente, uma camada de argila arenosa rija de pequena espessura, cerca de 1,0 metro, passando posteriormente por uma camada de argila arenosa muito mole a mole até atingir profundidade próxima aos -7,0 metros. O nível do lençol freático foi detectado na cota aproximada de - 4,52 metros. Após a cota de 7 metros de profundidade nota-se uma rápida mudança de consistência do material encontrado, passando para uma camada de argila média rija e dura até a atingir a cota do impenetrável de -10,0 metros.

Nota-se, ainda, o brusco aumento no valor de N_{SPT} após a cota de -7,0 metros de profundidade, passando de valores inferiores aos 10 golpes, para valores superiores a 30 golpes, que culminaram na interrupção do processo de cravação, nas cotas de -9,0 e -10, metros.

Nesse caso, para a construção de obras verticais e residenciais, dependendo da capacidade de carga requerida em projeto, pode-se utilizar fundações diretas de maneira que sejam apoiadas em cotas anteriores ao nível de água. Ou ainda, para os casos de obras com

múltiplos pavimentos, pode-se fazer necessário a utilização de fundações profundas por estacas, podendo ser dos tipos: escavada mecanicamente com revestimento devido à presença da camada de argila mole, bem como as mais sofisticadas como a Hélice Contínua. As estacas Broca, não são aconselháveis, devido às suas limitações de execução em meio à presença de água, bem como, em argilas moles, pois pode haver estrangulamento do fuste.

4.1.2 Bairro Canafístula

O bairro de Canafístula está situado relativamente distante da região central do município de Arapiraca, entretanto, próximo dos limites da zona mais urbanizada. Este bairro é caracterizado basicamente como bairro residencial, com a implantação de diversos condomínios populares. O perfil de sondagem típico deste bairro é apresentado na Figura 4.

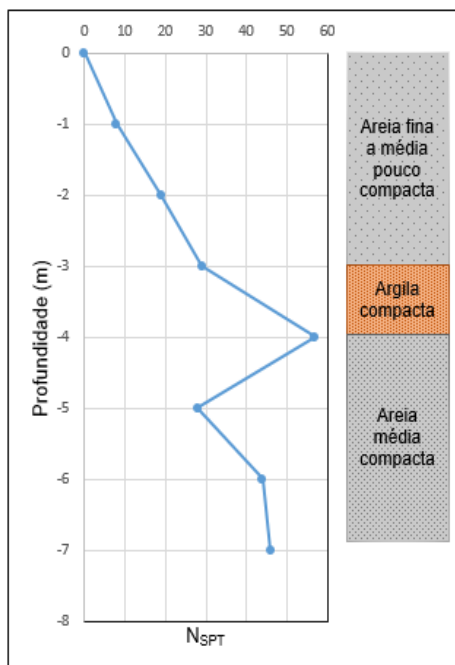


Figura 4. Perfil de sondagem do bairro Canafístula, com detalhamento dos valores de N_{SPT} por metro de profundidade, espessura e tipo de solo das camadas encontradas durante a realização do ensaio.

O perfil de sondagem representado na Figura 2 inicia-se com a sondagem atravessando uma camada de 3,0 metros de espessura de areia fina a média pouco compacta, encontrando uma fina camada de argila compacta até uma

profundidade próxima a cota de 4,0 metros, voltando a encontrar uma camada de areia média, dessa vez, compacta, até a profundidade de 7,0 metros, atingindo o impenetrável. O nível de água também não foi encontrado para a profundidade perfurada.

Neste bairro, notou-se valores de N_{SPT} elevados, superando os valores máximos observados no perfil anterior. Destaca-se, também, o surgimento de uma camada de argila intercalada por duas camadas de areia, fato não observado nas outras localidades estudadas. Ainda, na destacada camada, nota-se um valor de N_{SPT} , próximo a 60 golpes a uma profundidade de 4,0 metros.

Pode-se afirmar que o solo desse bairro apresenta boas características tanto para o emprego de fundações rasas, quanto para profundas, no caso de construções de maior porte, que provavelmente surgirão como opção economicamente viável e rentável para investidores do ramo imobiliário, tendo em vista a vasta área já ocupada pelos condomínios de casas populares.

Nota-se, ainda, que o solo apresenta valores de N_{SPT} bastante elevados, mesmo para pequenas profundidades, tornando-o suscetível para utilização de fundações diretas do tipo sapata, que apresentam um custo bem menos expressivo quando comparada a outros tipos de soluções.

4.1.3 Bairro Verdes Campos

O bairro Verdes Campos está situado nas proximidades do distrito industrial do município de Arapiraca. Encontra-se em constante processo de urbanização com a implantação de condomínios populares e diversas obras de infraestrutura, o que têm acarretado em acentuado crescimento populacional, e consequentemente atraído empreendimentos comerciais. O perfil de sondagem típico deste bairro é apresentado na Figura 5.

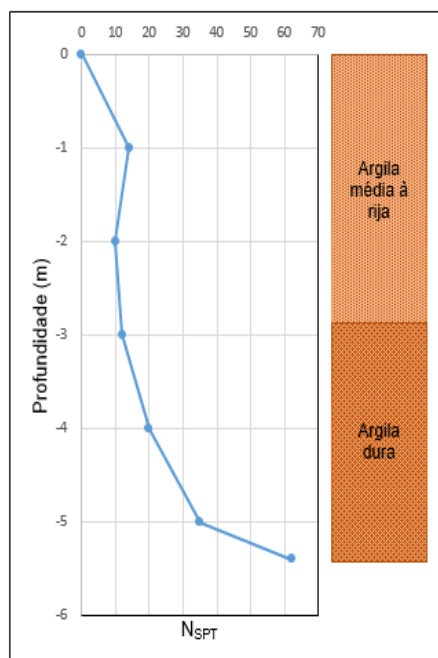


Figura 5. Perfil de sondagem do bairro Canafístula, com detalhamento dos valores de N_{SPT} por metro de profundidade, espessura e tipo de solo das camadas encontradas durante a realização do ensaio.

O perfil de sondagem representado na Figura 5 apresenta cota do impenetrável mais próxima da superfície, a uma profundidade de 5,40 metros. A partir de 4,0 metros de profundidade o índice de resistência à penetração revela um aumento progressivo, atingindo um N_{SPT} , de mais de 60 em uma camada de argila dura. O nível de água também não foi encontrado para a profundidade perfurada.

É possível afirmar que mesmo apresentando valores baixos de N_{SPT} , nos primeiros metros de perfuração, este perfil permite a utilização de elementos de fundação superficial por sapatas e/ou blocos de fundação na implantação de condomínios residenciais com casas populares, ou até mesmo, em obras verticais mais esbeltas, já que encontra-se em desenvolvimento urbano.

4.2 Mapas de N_{SPT} em Diferentes Profundidades

De acordo com as unidades geotécnicas apresentadas nos perfis de sondagem, foram elaborados perfis médios para a variável N_{SPT} , bem como, a classificação geotécnica do solo para cada zona de estudo. Quando detectado, identificou-se, ainda, a cota do nível d'água. Os pontos em destaque na cor verde representam as localidades onde foram realizadas as sondagens,

e vêm acompanhados do bairro no qual estão situados. Os polígonos irregulares delimitados pela cor preta representam o perímetro urbano da cidade, tal delimitação é feita pelo *software* utilizado baseando-se em padrões de análise espacial que o mesmo realiza. As principais estradas de acesso ao município estão representadas na cor vermelha.

A escolha das cotas de - 4,0, - 5,0 e - 6,0 metros justifica-se pela maior disponibilidade de informações precisas utilizadas na produção dos mapas, tendo em vista, que em 60% dos pontos onde foram realizadas as sondagens, a profundidade máxima de cravação do amostrador padrão, não superou os 6,0 metros.

A Figura 6 apresenta o mapa de do Município de Arapiraca como estimativa de valores de N_{SPT} para a profundidade 4,0 metros.

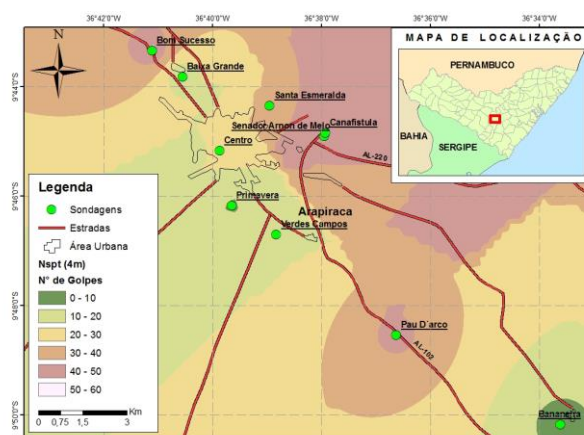


Figura 6. Mapa do Município de Arapiraca com valores de N_{SPT} para a profundidade 4,0 metros.

Observando-se a variação das cores apresentadas no mapa mostrado na Figura 6, é possível afirmar que a região central do município na profundidade 4,0 metros, apresenta valores de resistência à penetração da ordem de 30 golpes na região central, e na região mais ao sul, esses valores aumentam para aproximadamente 40. Alguns pontos com resistências baixas são revelados próximo ao centro da cidade.

A Figura 7 apresenta o mapa de do Município de Arapiraca como estimativa de valores de N_{SPT} para a profundidade - 5,0 metros. Nota-se que os valores baixos de resistência praticamente desaparecem nesta profundidade,

caracterizando valores médios entre 20 e 40 golpes.

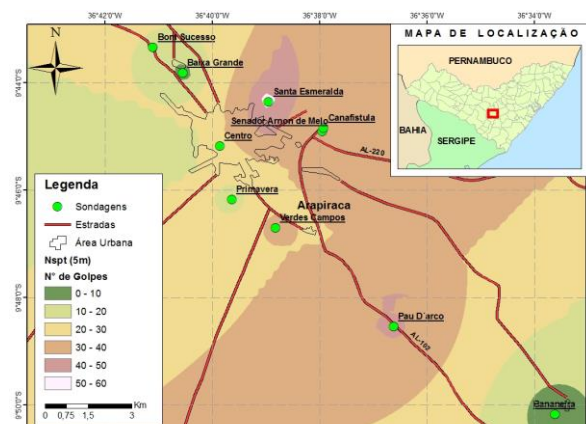


Figura 7. Mapa do Município de Arapiraca com valores de N_{SPT} para a profundidade 5,0 metros.

A Figura 8 apresenta o mapa de do Município de Arapiraca como estimativa de valores de N_{SPT} para a profundidade 6,0 metros. Nesta profundidade revela-se ao sul do município valores elevados de N_{SPT} da ordem de 40 a 60 golpes fora da área urbana.

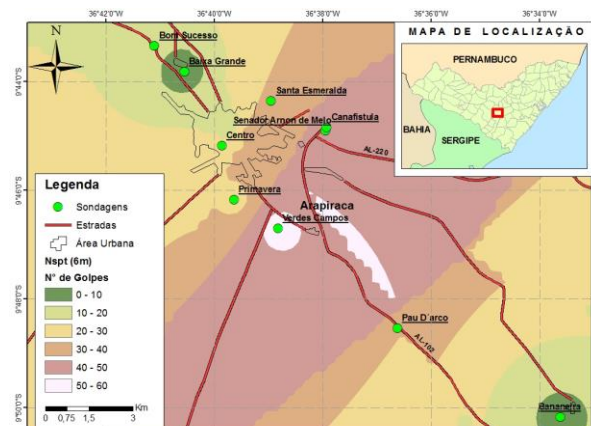


Figura 8. Mapa do Município de Arapiraca com valores de N_{SPT} para a profundidade 6,0 metros.

4.3 Mapas de Zoneamento Geotécnico

A partir dos dados compilados nos mapas de N_{SPT} para diferentes profundidades, e das informações quanto aos tipos de solos encontrados nos pontos de sondagem, foi possível elaborar um novo mapa, o qual caracterizou-se como zoneamento geotécnico. Este mapa ilustra o tipo predominante de solo na região. A Figura 9 mostra o mapa de zoneamento geotécnico da região.

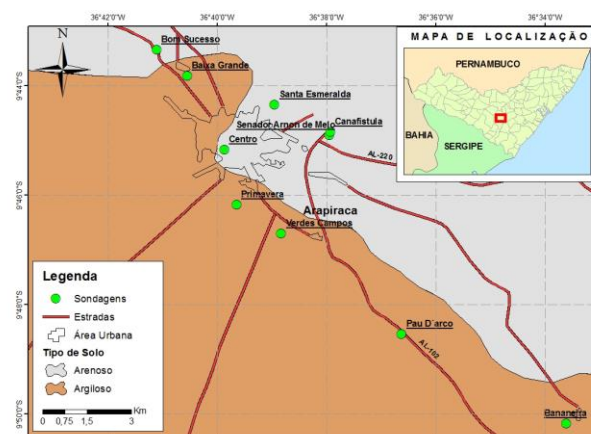


Figura 9. Mapa de zoneamento geotécnico de Arapiraca.

Quanto aos tipos de solo encontrados, foi possível realizar uma classificação típica dos solos apresentadas nos perfis dos boletins de sondagem SPT. Observa-se, claramente, a subdivisão territorial quase igualitária entre solos de características predominantemente argilosas e solos com características arenosas.

De acordo com o mapa de zoneamento geotécnico, nota-se que a parcela de solo a Norte e Nordeste do centro do município na cor cinza representa solos arenosos, e, por conseguinte a parcela de solo a Sul e Sudoeste do centro do município na cor laranja representa solos argilosos.

5 CONCLUSÃO

A elaboração dos mapas geotécnicos da cidade de Arapiraca e dos perfis médios típicos por bairros permitiu a obtenção de informações como o tipo de solo e o valor exato ou aproximado de N_{SPT} em diferentes profundidades e áreas contempladas por meio de bases de dados de sondagem SPT.

Observou-se, ainda, que o município de Arapiraca apresenta um solo com impenetrável atingido em profundidades relativamente pequenas, entre 5 e 7 metros, permitindo assim o emprego fundações diretas na grande maioria de suas obras, as quais apresentam um custo expressivamente menor em relação as fundações.

Desta forma, essas informações permitiram estimar os tipos mais apropriados de fundação a ser empregados em diferentes obras no município, contudo, sua utilização não dispensa

a realização do processo de sondagem no local, pois o solo varia de local para local, bem como o nível do lençol freático, sendo este último um fator extremamente relevante e determinante para a construção de edificações.

REFERÊNCIAS

- Agreste News. Disponível em:< <http://agrestenews.blogspot.com.br/2010/11/600-mil-alagoanos-vivem-sob-influencia.html>> Acesso em: 20 nov. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: *Solo – Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010). Disponível em:< <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=270030>>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- Mafra JR., C. da S. (2007) *Elaboração Preliminar de Unidades Geotécnicas do Município de Brusque Associado a um Banco de Dados Geotécnico em Ambiente SIG*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2007. 136 p.
- Prefeitura Municipal de Arapiraca (2015). Disponível em:< <http://web.arapiraca.al.gov.br/a-cidade/dados-gerais/>> Acesso em: 20 nov. 2015.
- Silva, D. F. Da. (2012) *Mapeamento Geoestatístico dos Parâmetros N_{SPT} e Torque Máximo de Solos em Parte da Bacia do Ribeirão Cambezinho em Londrina/PR*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008. 212 p.
- Silva, V. C. B. (2010) *Iniciando no ArcGIS*. Apostila – Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Belo Horizonte, 2010. 62 p.