

Construção de um SIG de sondagens SPT de Rio Grande/RS e análise de adequação à versão da NBR 6484 vigente

Valéria Vaz Alonso
FURG, Rio Grande, Brasil, valeriavazonso99@gmail.com

Alana Stern Retzlaff
FURG, Rio Grande, Brasil, alanasternr@gmail.com

Karina Retzlaff Camargo
FURG, Rio Grande, Brasil, karinacamargo@furg.br

Cezar Augusto Burkert Bastos
FURG, Rio Grande, Brasil, cezarbastos@furg.br

RESUMO: O trabalho reúne em um SIG resultados de sondagens SPT realizadas em Rio Grande/RS e verifica a adequação desses ensaios às versões da NBR 6484 (1980, 2001 e 2020). Observa-se que dentre os 56 conjuntos de ensaios analisados, os quais são compostos por 314 boletins de sondagens, em termos majoritários: (i) os ensaios tinham como finalidade fornecer informações geotécnicas a projetos e/ou execuções de obras governamentais; (ii) foram realizados entre 2005 e 2015; (iii) apenas 7 empresas realizaram mais de um conjunto de ensaios; (iv) nenhuma empresa tem sede em Rio Grande; (v) apresentaram croqui de locação dos furos; (vi) houve coleta de amostras; (vii) foi indicada a cota da boca do furo; (viii) há a indicação do NA imediatamente após o ensaio, mas não após 12/24 hs; (ix) houve necessidade de estabilização do furo de sondagem; (x) o sistema de avanço não foi realizado de acordo com as normas técnicas ou não foi especificado; (xi) o critério de paralisação de sondagem não foi especificado; (xii) o tubo de revestimento e o amostrador seguiram as indicações de norma; e (xiii) a classificação de compacidade/consistência foi adequada.

PALAVRAS-CHAVE: SPT, NBR 6484, SIG, Rio Grande/RS

1 INTRODUÇÃO

O ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) é, segundo Odebrecht (2003), o sistema de investigação mais utilizado no Brasil e no mundo pela engenharia geotécnica. O autor destaca que a simplicidade e robustez do ensaio, aliadas ao baixo custo do equipamento e a experiência empírica acumulada na execução e na sua interpretação fazem desta sondagem uma ferramenta indispensável à prática de engenharia civil.

Ainda segundo o autor, embora os primeiros relatos internacionais do uso do SPT sejam dos primeiros anos da década de 1900, no Brasil, o início da sondagem data da década de 1930. Mas somente em 1974 foi apresentado no V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações a proposta de normalização do Método de Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos. A

proposta foi discutida e enviada à ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), em 1977, e tornou-se oficialmente a primeira norma brasileira de sondagem SPT, em 1979, sob o título “Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento do Solos”, MB 1211/79 (*apud* ODEBRECHT, 2003), com mudança posterior para a NBR 6484/80.

Em 2001, a NBR 6484 foi revisada e publicada, embora apresente poucas modificações em relação à versão anterior. Entre as principais modificações destaca-se que foi especificado que empresas que possuem equipamentos fora das padronizações de norma devem apresentar o valor médio da energia transferida à haste quando da aplicação do golpe do martelo.

Em 2020, a ABNT lançou uma nova versão da NBR 6484, a qual apresenta especificações para os processos do ensaio mecanizado e altera os critérios

de paralisação e classificação da compacidade/consistência dos solos.

O Laboratório de Geotecnia e Concreto Prof. Dr. Cláudio Renato Rodrigues Dias (LGC) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) possui em seu acervo, que vem cuidadosamente sendo organizado ao longo dos últimos 25 anos, relatórios de ensaios de simples reconhecimento com circulação de água e ensaio SPT (SPT). Para a realização deste trabalho, os relatórios de ensaios SPT pertencentes a este acervo e realizados no município de Rio Grande, localizado no Extremo Sul do Estado do Rio Grande do Sul (RS), foram reunidos em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e foi analisada a adequação de cada um desses relatórios em relação à versão da NBR 6484 vigente em seu período de execução.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Construção do SIG

Após cuidadosa leitura de cada um dos relatórios de ensaios SPT, os dados de interesse foram digitalizados e organizados na forma de planilhas eletrônicas. As planilhas contêm coordenadas que foram obtidas com o *software Google Earth®*. Foram criados arquivos vetoriais a partir dos dados das planilhas, no *software Qgis®*. O SIG foi construído na plataforma *ArcGis Online®*, através de um perfil privado, o qual foi disponibilizado de forma gratuita pela empresa e que também permitiu a elaboração de um aplicativo que possibilita a visualização do SIG de forma prática e online.

Vale ressaltar que o SIG possui sistema de referência UTM e a cidade de Rio Grande situa-se na zona 22S além de utilizar o Datum WGS 84.

2.2 Verificação de adequação às normas

O acervo do LGC/FURG é composto por relatórios de ensaios SPT realizados desde 1972 e, por isso, foi feito um levantamento das mudanças entre as diferentes versões das NBR 6484 (1980, 2001 e 2020), as quais foram levadas em consideração para a análise da adequação dos ensaios e relatórios à norma vigente em seu período de execução.

Para facilitar a análise, foram criadas planilhas eletrônicas com as informações de interesse. Quanto aos relatórios (Figura 1), foram registrados: (i) código do conjunto de ensaios; (ii) empresa

responsável; (iii) completude do relatório (relatório completo ou apenas boletins de sondagem); (iv) finalidade da obra (residencial, comercial, industrial ou governamental); (v) precisão da informação sobre o local (presença de croqui e/ou coordenadas geográficas); (vi) quantidade de furos de sondagem; (vii) indicação sobre a retirada de amostras do solo; (viii) presença de descrição das camadas; e (ix) ano de realização.

SÍMBO	OB	IMP. RESPO	LAT. C	FINALIDA	CROQUI	FUI	AMOSTR	DESCRIÇÃO
ESTIS			Sim	Industrial	Sim, sem coor	2	NÃO FOI P	Possui ambas.
AS			Sim	Governamen	Sim, sem coor	6	SIM.	Possui descrição gráf
MSC			Sim	Industrial	Sim, sem coor	12	SIM.	Possui descrição textu
MV			Sim	Comercial	Sim, sem coor	2	SIM.	Possui descrição textu
RN			Não ape	Comercial	Sim, sem coor	2	NÃO INFOR	Possui descrição textu
JC			Sim	Residencial	Sim, sem coor	8	SIM.	Possui descrição gráf
GNBC			Sim	Comercial	Sim, sem coor	5	SIM.	Possui ambas.

Figura 1. Exemplo de planilha de análise dos relatórios (alguns dados foram ocultados em função do sigilo da informação).

Em cada um dos boletins de sondagens foram registrados (Figura 2): (i) código do boletim; (ii) cota da boca do furo; (iii) posição do nível de água (NA) imediatamente ao ensaio; (iv) posição do NA 12/24 hs após o ensaio; (v) indicação da forma do avanço de perfuração; (vi) método de estabilização do furo de sondagem (não realizada ou realizada com tubo de revestimento e/ou lama bentonítica); (vii) critério de paralisação da sondagem; (ix) realização de deslocamento radial; e (x) equipamentos utilizados.

FURO		Cota boca furo		Prof. (m)		Ined.		Prof. (m)		24 hs		Prof.		NA		Interferências		Prof. Inicial (m)		Prof. Final (m)		AVANÇO		ESTABILIZAÇÃO DO FURO		
AS 01	Cota informada	-0,6	SIM	-1	NÃO																					
AS 06	Cota informada	-0,6	SIM	-0,8	NÃO																					
AS 08	Cota não inform		SIM	-0,8	NÃO																					
AS 09	Cota informada	-3	SIM	-0,8	NÃO																					
AS 11	Cota não inform		SIM	-0,8	NÃO																					
AS 12	Cota não inform		SIM	-0,8	NÃO																					

Figura 2. Exemplo de planilha de análise dos boletins.

Ao longo da profundidade dos boletins de sondagem foram registrados (Figura 3): (i) número da camada no perfil; (ii) N_{SPT} ; (iii) cota inicial; (iv) cota final; e (v) classificação de compacidade/consistência.

FURO 11					
Camada (m)	NSPT	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	Relatório	Norma
1	2	0	1	AREIA FINA FO	NSPT 0 a 4 N
2	12	1	2	AREIA FINA ME	NSPT 9 a 18
3	21	2	3	AREIA FINA ME	NSPT 19 a 4
4	10	3	4	AREIA FINA ME	NSPT 9 a 18
5	12	4	5	AREIA FINA ME	NSPT 9 a 18
6	12	5	6	AREIA FINA ME	NSPT 9 a 18

Figura 3. Exemplo de planilha de análise ao longo da profundidade de um dado boletim.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 SIG

Pertencem ao acervo do LGC/FURG 62 conjuntos de ensaios, os quais agrupam 404 sondagens SPT realizadas em Rio Grande/RS. Entretanto, alguns destes relatórios são bastante antigos e, por impossibilidade de identificar com precisão a localização dos ensaios, foram inseridos no SIG apenas 56 conjuntos desses ensaios. Destes conjuntos, 73,2% são compostos por relatórios completos e os demais são compostos apenas por boletins de sondagens. Esses conjuntos inseridos no SIG são formados por 314 boletins de sondagem. O menor conjunto é composto por 1 boletim e o maior por 56. Convém salientar que toda a análise apresentada neste trabalho leva em consideração somente os ensaios incluídos no SIG, o qual é ilustrado na Figura 4.



Figura 4. Visão geral do SIG de sondagens SPT em Rio Grande/RS – acervo LGC/FURG.

A Figura 5 ilustra o aplicativo criado e que permite dar *zoom* para verificar a densidade das sondagens em uma dada região e selecionar um furo de interesse. Uma vez selecionado o furo, são apresentados dois mapas: (i) um no qual é apresentado os valores de N_{SPT} ao longo da profundidade; e (ii) outro no qual é apresentada a descrição e classificação de compactidade/consistência das camadas ao longo da profundidade



Figura 5. Aplicativo que permite visualizar simultaneamente os valores de N_{SPT} e descrição de compactidade/consistência ao longo de um furo de sondagem.

3.2 Análise dos relatórios

A Figura 6 apresenta a distribuição dos anos de execução dos conjuntos de ensaios, bem como a versão da NBR 6484 usada para interpretá-los. Entende-se que 7,1% dos conjuntos foram executados antes de haver norma técnica brasileira específica e 16,1 e 76,8% dos conjuntos foram analisados em função das versões de 1980 e 2001 da NBR 6484, respectivamente. Portanto, nenhum dos conjuntos foi analisado em função da versão de 2020. Embora nenhum ensaio do acervo tenha sido executado após a publicação da mais recente versão da norma, as mudanças propostas por esta foram analisadas com o intuito de verificar se os procedimentos adotados nos ensaios já estavam em conformidade com as recomendações desta e, também, facilitar futuras análises de resultados que venham a ser inseridos no SIG. É importante destacar que o conjunto realizado no ano de 1980, ano de publicação da primeira versão da NBR 6484, foi incluído na análise de adequação a esta norma uma vez que a MB 1211, de 1979, já normatizava a realização dos mesmos procedimentos.

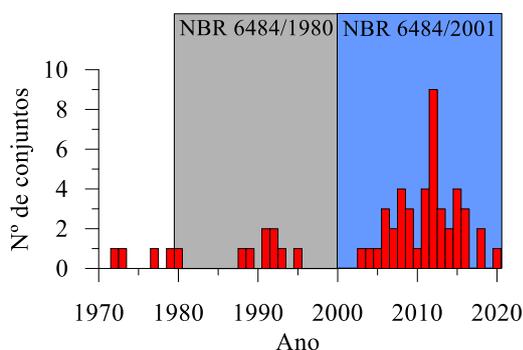


Figura 6. Distribuição do ano de realização dos conjuntos de ensaios.

Observa-se um grande número de ensaios realizados entre 2005 e 2016, o qual, provavelmente, está relacionado com a instalação do polo naval na região. Esta instalação além das obras relacionadas ao polo propriamente dito, incentivou muitas obras de infraestrutura na cidade (DOMINGUES *et al.*, 2013) e impulsionou a construção de residências devido ao impacto migratório dos trabalhadores e consequente aumento significativo nos valores de locação e revenda de imóveis na região (RAMOS e MARTINS, 2017).

A Figura 7 mostra a distribuição da finalidade dos ensaios realizados em função do número de conjuntos. Observa-se que 44,6% dos conjuntos analisados tinham como objetivo servir de fonte de informação geotécnica para algum tipo de obra pública. Apesar disso, pela forma de obtenção dos dados para o acervo, isto não é um indicativo que mais obras deste tipo tenham sido realizadas na região. Entende-se que o maior número de dados de origem governamental seja uma consequência da Lei de Acesso à Informação (Lei Nº 12.527/2011) que assegura o direito fundamental de acesso a informações produzidas ou armazenadas por órgão da União, Estados, Distrito Federal e Municípios. Convém destacar que na análise foram também considerados ensaios com finalidade residencial aqueles solicitados por agente governamental, mas com fim residencial, como, por exemplo, ensaios para a construção de condomínios habitacionais subsidiados pelo governo.

A Figura 8 mostra a distribuição dos conjuntos de ensaios em função das empresas responsáveis. Observa-se o predomínio de uma empresa, a qual foi responsável por cerca de 37,5% dos conjuntos analisados e que apenas 7 empresas foram as responsáveis pela execução de mais de um conjunto de ensaios.

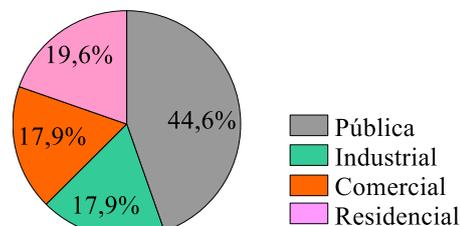


Figura 7. Distribuição da finalidade dos ensaios realizados em função do número de relatórios.

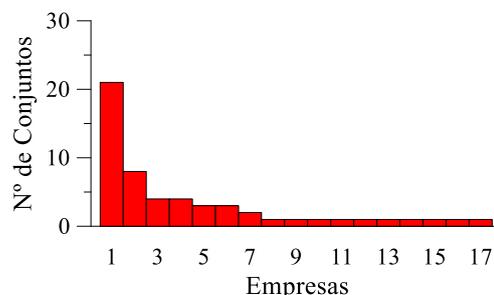


Figura 8. Distribuição das empresas responsáveis.

A Figura 9 mostra a distribuição, em função dos conjuntos, das cidades sede das empresas responsáveis pela execução dos ensaios e elaboração dos relatórios. Observa-se que mais da metade dos conjuntos de ensaios foi realizada por empresas com sede em Pelotas/RS, cidade vizinha à Rio Grande (cerca de 50 km de distância). Pouco mais de 30% dos conjuntos de ensaios foram realizados por empresas com sede em Porto Alegre, capital do RS, ou Região Metropolitana (cerca de 350 km de distância) e 3,6% dos conjuntos de ensaios foram realizados por empresas com sede fora do RS. É importante ressaltar que nenhuma das empresas tem sede no município de Rio Grande/RS.

Dos conjuntos analisados, 83,9% apresentaram croqui de locação dos furos de sondagem, o qual é exigido em todas as versões da NBR 6484. Dentre os 8 conjuntos que não apresentaram croqui de locação, o mais antigo é de 1991, ou seja, já havia regulamentação técnica a respeito. Apenas 02 conjuntos, os quais foram realizados pela mesma empresa, apresentaram as coordenadas geográficas dos furos de sondagem no croqui. Em uma obra de maiores dimensões, na qual foram realizados dois conjuntos de ensaios por empresas diferentes, foram apresentadas coordenadas locais em função de um marco de referência. Entretanto, não foram apresentadas nos relatórios coordenadas geográficas do marco local ou dos furos.

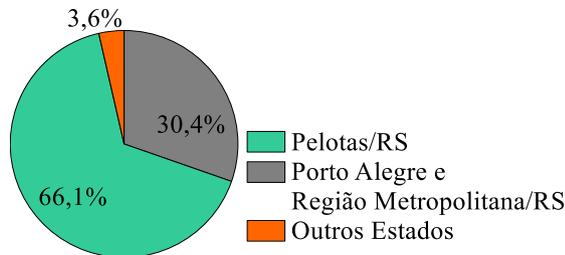


Figura 9. Distribuição das cidades sede das empresas responsáveis.

Dos conjuntos analisados, 73,7% apresentaram indicação de coleta de amostras, conforme é preconizado em todas as versões da NBR 6484, e em 26,8% não foram observadas quaisquer indicações a respeito. Em apenas 01 conjunto foi indicada a impossibilidade de retirada de amostras. Em todos os conjuntos analisados foi observada a presença de descrição textual e/ou gráfica das camadas, conforme é recomendado em todas as versões da NBR 6484.

3.3 Análise dos boletins

Como o número de furos de sondagem é muito variável entre os relatórios, para não afetar a análise estatística, optou-se por considerar na análise a resposta média dos boletins de um mesmo conjunto de ensaios. Observa-se na Figura 10 que em mais da metade dos conjuntos analisados não foi realizada a indicação da cota da boca do furo, o que vai de encontro a todas as versões norma técnica.

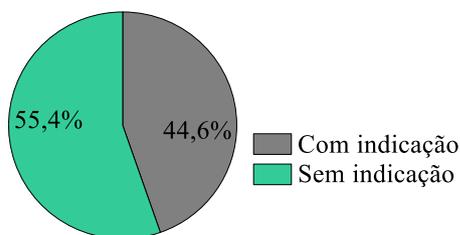


Figura 10. Indicação da cota da boca do furo.

A Figura 11 mostra a análise da leitura do NA imediatamente e após 12/24 hs da realização do ensaio. Estas leituras são indicadas por todas as versões da norma. Entre as versões de 1980 e 2001 foi realizada uma alteração em relação ao tempo mínimo de medida do NA após a finalização do ensaio. Enquanto a versão de 1980 exigia um tempo mínimo de 24 hs, a versão de 2001 passou a exigir um tempo mínimo de 12 hs. Foi observado apenas um conjunto realizado antes de 2001 em que a leitura do NA após a finalização do ensaio foi realizada na mesma data do ensaio.

Observa-se que, embora a leitura do NA

imediatamente após o ensaio tenha sido realizada na maioria dos casos (73,2%), a leitura 12/24 hs após o ensaio foi realizada em apenas 33,9% dos casos.

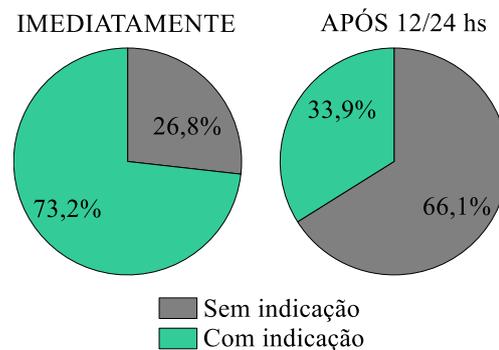


Figura 11. Indicação do NA imediatamente e após 24 hs do ensaio.

Na análise dos relatórios foi observado que em todos os casos em que o ensaio penetrométrico de um dado furo sofreu paralizações (11 conjuntos), foi discriminado apenas um nível de água. Convém salientar que a versão de 1980 da norma analisada especificava que antes do reinício do ensaio é obrigatória a medida da posição do NA, bem como a profundidade do tubo de revestimento. Já versão de 2001 especificava que sempre que ocorrer interrupção na execução da sondagem é obrigatória, tanto no início quanto no final desta interrupção, a medida da posição do nível de água, bem como da profundidade aberta do furo e da posição do tubo de revestimento.

A Figura 12 mostra a análise da necessidade de estabilização do furo de sondagem e da forma de estabilização adotada.

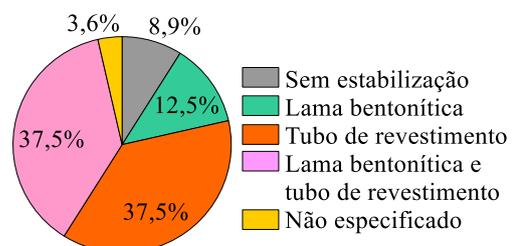


Figura 12. Indicação da necessidade de estabilização do furo e forma de estabilização utilizada.

Observa-se que na maioria dos conjuntos foi necessário realizar a estabilização do furo, a qual na maior parte das vezes foi realizada com uso de tubo de revestimento e uso de tubo de revestimento e lama bentonítica. Em 12,5% dos conjuntos, foi utilizado como forma de estabilização apenas a lama bentonítica. Convém destacar que nas versões da norma de 1980 e 2001 é especificado que quando a

parede do furo se mostra instável, é obrigatório para amostragens subsequentes a descida do tubo de revestimento e em casos de sondagens profundas em solos instáveis onde a descida ou posterior remoção dos tubos de revestimento for problemática podem ser empregadas lamas de estabilização em lugar de tubo de revestimento, desde que não estejam previstos ensaio de infiltração na sondagem. Esta pode ser a justificativa para o uso de apenas lama bentonítica, entretanto a norma ainda orienta que estes casos devem ser especificados no relatório, o que não foi observado. Já na versão de 2020 é especificado que quando for necessário realizar a estabilização do solo, esta deve ser realizada por meio do uso do tubo de revestimento ou fluido de estabilização, como lama bentonítica, polímeros ou similares.

Entende-se que a predominante necessidade de estabilização dos furos de sondagem na região se dá pela natureza sedimentar recente dos depósitos, os quais são predominantemente formados por terrenos arenosos e/ou argilosos não consolidados.

A Figura 13 mostra a análise da forma de avanço adotada nas sondagens, a qual não foi indicada em 30,4% das vezes.

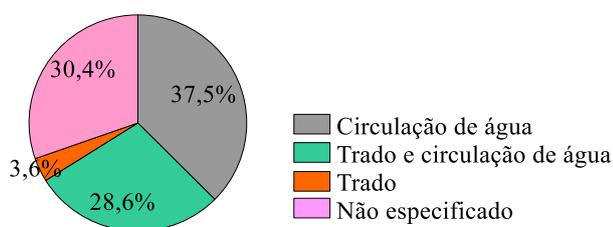


Figura 13. Indicação da forma de avanço da sondagem.

Verifica-se que a forma de avanço mais adotada foi: (i) por apenas circulação de água; (ii) seguida de trado até o nível de água e circulação de água após o NA; e (iii) apenas trado. Destaca-se que o método de avanço mais utilizado não está em conformidade com nenhuma das versões da norma. As versões de 1980 e 2001 preconizam a sondagem deve ser iniciada com emprego do trado concha ou cavadeira manual até a profundidade de 1 metro, seguindo-se da instalação, até essa profundidade do primeiro segmento do tubo de revestimento. Nas operações subsequentes de perfuração intercaladas às de ensaio e amostragem, deve ser utilizado trado helicoidal até se atingir o nível d'água freático ou quando o avanço da perfuração com emprego do trado helicoidal for inferior a 50 mm após 10 minutos de operação ou no caso de solo não aderente ao trado, passa-se ao método de perfuração por circulação de água.

Também é especificação que estes casos, considerados especiais, devem ser devidamente justificados no relatório. Na versão de 2020 é suprimido o critério sobre solos não aderentes ao trado.

Entre os problemas recorrentes observados na análise da forma de avanço dos relatórios destaca-se (i) a não especificação das profundidades até a qual um dado método de avanço foi adotado; (ii) não especificação dos equipamentos utilizados; e (iii) padronização da profundidade de avanço com trado em função do NA mais profundo do conjunto.

A Figura 14 mostra a distribuição do motivo de paralisação das sondagens em função dos conjuntos. Observa-se que em pouco mais de 15% dos conjuntos, o motivo de paralisação foi por solicitação do cliente. Em pouco mais de um quarto dos conjuntos, o motivo foi explicitado nos boletins ou foi possível determinar em função da comparação entre as recomendações de norma e os valores de N_{SPT} registrados.

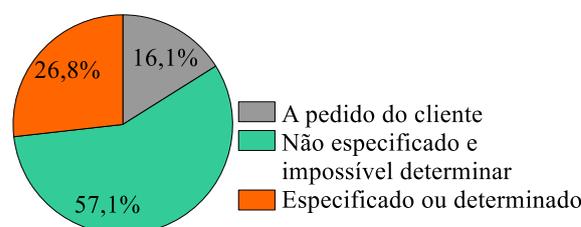


Figura 14. Indicação do motivo de paralisação da sondagem.

Convém destacar que a indicação do motivo de paralisação no boletim é uma recomendação de todas as versões da NBR 6484. Assim, entende-se que na maior da parte dos conjuntos analisados (57,1%) não foi respeitada as condições de paralisação do ensaio SPT prescritas em norma ou, pelo menos, a indicação de que o motivo deve ser explicitado no boletim de sondagem.

Na versão de 1980 são indicados como critério de paralisação da sondagem: (i) quando, em 3 m sucessivos, se obtiver índice de penetração maior do que 45/15; (ii) quando, em 4 m sucessivos, forem obtidos índices de penetração entre 45/15 e 45/30; e (iii) quando, em 5 m sucessivos, forem obtidos índices de penetração entre 45/30 e 45/45. A versão de 2001 altera estes critérios para: (i) quando em 3 m sucessivos se obtiver 30 golpes para a penetração dos 15 cm iniciais do amostrador-padrão (AP); (ii) quando, em 4 m sucessivos, se obtiver 50 golpes de penetração dos 30 cm iniciais do AP; e (iii) quando, em 5 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm iniciais do AP. Há, ainda, um

item anterior que especifica que durante o ensaio penetrométrico, caso a penetração seja nula dentro da precisão medida na sequência de cinco impactos do martelo, o ensaio deve ser interrompido, não havendo necessidade de obedecer aos demais critérios de paralisação estabelecidos. Cabe ressaltar que foram considerados como “impossível determinar” aqueles critérios de paralisação que, independentemente do ano de realização, não se adequaram a nenhum dos critérios acima explicitados.

Os boletins de sondagem mostram que em nenhum dos casos avaliados foi necessário a realização do deslocamento radial do furo. Além disso, em nenhum relatório se encontrou explicitada a caracterização do sistema de torre utilizado, o que contraria todas as versões da NBR 6484.

A Figura 15 mostra uma síntese das caracterizações dos tubos de revestimento utilizados nos conjuntos. Observa-se que em 21,4% dos casos não foi encontrada especificação sobre o tipo de tubo e em 1,8% foi utilizado tubo de revestimento com dimensões diferentes daquelas previstas em norma. Na maioria dos ensaios (76,8%) foi utilizado tubo de revestimento em consonância com as recomendações das diferentes versões da NBR 6484. Enquanto a versão de 1980 padronizava tubos de aço com diâmetro nominal interno de 67 mm ou de diâmetro nominal de 76 mm, a versão de 2001 padronizava tubos de aço com diâmetro nominal interno de 63,5 mm, diâmetro externo de $76,1 \pm 5$ mm e diâmetro interno de $68,8 \pm 5$ mm. A versão de 2020 padroniza tubos de aço com diâmetro interno mínimo de 63,5 mm e máximo de 165 mm.

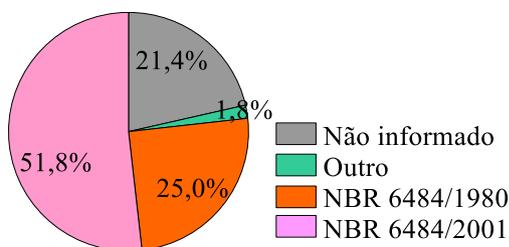


Figura 15. Especificação dos tubos de revestimento.

A Figura 16 mostra a distribuição da especificação do amostrador utilizado. Percebe-se que, em apenas, 3,6% dos conjuntos analisados não foi encontrada a caracterização do amostrador ou foi descrito um amostrador diferente do padrão especificado em norma. Assim, na grande maioria das vezes (96,4%) foi utilizado amostrador em conformidade com as especificações das versões de 1980 e 2001 da NBR 6484. Destaca-se que não houve mudança significativa no padrão dos amostradores especificados nas duas versões.

A Figura 17 mostra a adequação dos conjuntos em relação às classificações de compacidade e consistência das camadas. A versão de 1980 não incluía estas classificações, as quais eram descritas na NBR 7250/82, e que foi incorporada pela NBR 6484/2001.

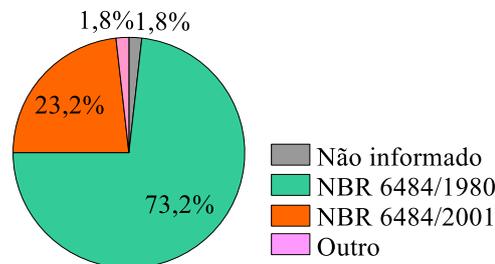


Figura 16. Especificação do amostrador.

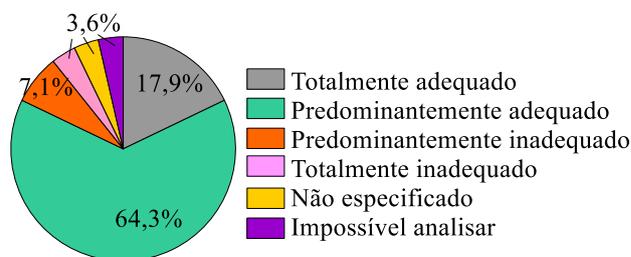


Figura 17. Classificação de compacidade/consistência

Observa-se que em menos de um quinto das vezes as classificações foram consideradas como totalmente adequadas às normas vigentes em seu período de execução. Na maioria dos conjuntos (64,3%), as classificações apresentadas são predominantemente adequadas.

Destaca-se que classificações inadequadas eram mais frequentes em profundidades em que eram registradas mudança granulométrica na camada (solo granular/fino ou fino/granular). Nestes casos, uma das camadas era adequadamente classificada, enquanto a outra não era classificada com valor condizente ao N_{SPT} registrado.

Entre outros problemas detectados, destaca-se: (i) em dois conjuntos foram detectados valores de N_{SPT} a cada 0,5 m de profundidade, o que não é previsto em nenhuma das versões da norma; (ii) em uma empresa foi observada a falta de delimitação adequada das profundidades das camadas; (iii) em outra empresa também foi observada duas padronizações das profundidades de perfuração em todos os furos e nos diferentes conjuntos: uma de cerca de 10 m e outra de cerca de 20 m, independentemente dos critérios de paralisação especificados nas normas técnicas; e (iv) em outra empresa padronização das camadas de metro em metro ao longo da profundidade.

5 CONCLUSÕES

Entende-se que a construção SIG e do aplicativo que facilita a visualização dos valores de N_{SPT} e das classificações de compacidade/consistência das camadas aliado a possibilidade de constante atualização com novos ensaios que venham a ser realizados na região tem potencial de contribuir para o processo de tomada de decisão do Grupo de Geotecnia da FURG em atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão.

Destaca-se que 6 conjuntos de resultados, os quais integram 90 furos de sondagem SPT, não puderam ser inseridos no SIG devido a impossibilidade de identificação com a devida precisão dos locais avaliados. Este problema poderia ter sido amenizado se todos os relatórios apresentassem croqui de locação dos furos, conforme é preconizado em todas as versões da NBR 6484. Destaca-se ainda que, apenas uma empresa, responsável por dois conjuntos de ensaios, apresentou coordenadas geográficas no croqui.

Os ensaios interpretados foram realizados por 17 empresas diferentes, sendo que uma empresa realizou 37,5% dos conjuntos e 7 destas empresas foram responsáveis por mais de um conjunto de ensaios. Destaca-se que nenhuma das 17 empresas tem sede no município de Rio Grande/RS.

Dentre as principais inadequações dos ensaios realizados às normas técnicas vigentes ao seu tempo, destaca-se:

- a não especificação e impossível determinação (indicativo de que as normas técnicas não foram seguidas) do critério de paralisação do ensaio penetrométrico ocorrida;
- não identificação da posição do nível freáticos após 12/24 hs do ensaio;
- realização de ensaios apenas com circulação de água para realizar o avanço do furo mesmo acima do lençol freático;
- não retirada de amostras ou, pelo menos, não descrição da retirada nos relatórios.

As informações especificadas em norma e que mais frequentemente não foram encontradas nos relatórios são:

- caracterização do sistema de torre utilizado;
- caracterização do tubo de revestimento utilizado.

Entre outros problemas comuns observou-se:

- classificações inadequadas de compacidade/consistência eram mais frequentes quando ocorria mudança de granulometria entre camadas;

- falta de delimitação da profundidade das camadas;
- padronização das profundidades alcançadas pelas sondagens, independentemente da solicitação do cliente e dos critérios de paralisação previstos em norma;
- padronização de diferentes camadas a cada metro ao longo da profundidade, pecando pela falta de generalização.

Por fim, entende-se que, apesar de este estudo ter sido elaborado apenas com ensaios realizados em Rio Grande/RS, é muito provável que estas inadequações às normas possíveis de identificar pela análise dos relatórios não representem apenas uma realidade local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Desenvolvimento do Estudante (PDE) da FURG pela bolsa EPEC/PDE/FURG concedida.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1980). *NBR 6484: Execução de sondagens de simples reconhecimento de solos*. 8 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1982). *NBR 7250: Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos*. 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). *NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento cm SPT – Método de ensaio*. 28 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). *NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento cm SPT – Método de ensaio*. 17 p.
- Domingues, M.; Carvalho, D.; Carvalho A. (2013) *O Polo Naval e Offshore e o desenvolvimento regional na metade sul do Rio Grande do Sul*. Ensaios FEE, 34, p. 933-954.
- Lei Nº 12.517, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei Nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei Nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Brasília, DF, 2011.
- Odebrecht, E. (2003). *Medidas de energia no ensaio SPT*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 230 p.
- Ramos, B. R.; Martins, S. F. (2017). *Polo Naval e produção habitacional em Rio Grande, RS - Brasil*. Boletim de Geografia, v. 35, n. 3, p. 56-73.