

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES  
E AMBIENTAL

**PROPOSTA PARA CERTIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE  
SONDAGENS À PERCUSSÃO – TIPO SPT**

IZAAC SOLINO DE CARVALHO

ORIENTADOR: Prof. Dr. WILSON CONCIANI

Cuiabá, MT

Fevereiro de 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E  
AMBIENTAL

**PROPOSTA PARA CERTIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE  
SONDAGENS À PERCUSSÃO – TIPO SPT**

IZAAC SOLINO DE CARVALHO

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.*

ORIENTADOR: Prof. Dr. WILSON CONCIANI

Cuiabá, MT

Fevereiro de 2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental  
Campus I da UFMT, Cuiabá, Mato Grosso

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

PROPOSTA PARA CERTIFICAÇÃO DAS EMPRESA DE SONDAAGEM À PERCURSSÃO  
– TIPO SPT

Izaak Solino de Carvalho

Dissertação aprovada em 15 de fevereiro de 2012.

Prof. Dr. Douglas Queiroz Brandão  
COORDENADOR DO PPGEEA

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wilson Conciani  
(Presidente e Orientador)  
Departamento de Construção Civil  
Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Mato Grosso

Prof.ª Dr.ª Neusa Maria Bezerra Mota  
Departamento de Engenharia Civil  
Centro Universitário de Brasília

Prof. Dr. Douglas Queiroz Brandão  
Departamento de Engenharia Civil  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia  
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof. Dr. Norman Barros Logsdon  
Departamento de Engenharia Florestal  
Faculdade de Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Mato Grosso

C331p Carvalho, Izaac Solino de

Proposta para certificação das empresas de sondagens à  
percussão – Tipo SPT/ Izaac Solino de Carvalho. - Cuiabá,  
2012.  
94 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso,  
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e  
Ambiental 2012.

## RESUMO

CARVALHO, I. S. **Proposta para Certificação das Empresas de Sondagem à Percussão – Tipo SPT**. Cuiabá - MT, 2011. 94p. Dissertação (Mestrado em Programa Engenharia de Edificações e Ambiental), Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - Universidade Federal de Mato Grosso.

A fundação é um elemento de vital importância para uma construção. Responsável pela sustentação de uma edificação, responde pela estabilidade das lajes, alvenarias, vigas e pilares. Portanto, é fundamental que se conheça em que tipo de solo irá se apoiar uma construção, objetivando evitar problemas futuros de difícil solução e custo elevado. No Brasil a grande maioria das investigações do solo é realizada através dos ensaios de SPT (*Standard Penetration Test*). Suas características de simplicidade, robustez e facilidade de aplicação dos seus resultados, garantiram a sua popularização. Contudo, se por um lado a popularização permite o refinamento dos processos, de outro, constitui um caminho fértil para que empresas e profissionais desprovidos de capacidade adentrem nesse mercado. A desqualificação de parte das empresas, e operadores responsáveis pela execução dos ensaios colocou o SPT em colisão com as boas práticas da engenharia. Essa colisão vem ocasionando sérios prejuízos às construções que vão desde o super dimensionamento, até o colapso da edificação. É necessário evoluir. Nasce desse cenário a necessidade de certificar as empresas que prestam serviços de sondagem a percussão tipo SPT de acordo com as normas técnicas de engenharia, de modo a propiciar ao mercado uma referência.

**Palavras-chave:** sondagem, SPT, certificação.

## **ABSTRACT**

**CARVALHO, I. S. Proposal Certification of Companies by the Percussion Drilling – Type SPT.** Cuiabá - MT, 2011. 94p. Dissertação – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Edificações e Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

The foundation is a vital element for a building. Responsible for building a sustainable, supporting the entire load of the slabs, walls, beams and columns. Therefore, it is essential to know what kind of soil will support a building, to prevent future problems difficult to solve and high cost. In Brazil, the vast majority of investigations of the soil is held by the writings of SPT. Since its inception until the present day this essay has suffered almost continuous evolution. This feature associated with its simplicity, robustness and ease of application of the results, ensured its popularity. However, on one hand allows the popularization of the refinement process, on the other, is a fertile path for companies and professionals lacking capacity step into this market. Disqualification of the companies, and operators responsible for carrying out the tests put the SPT colliding with good engineering practices. This collision has caused serious damage to buildings ranging from the super sizing of the building to collapse. It is necessary to evolve. Thus, there is a need to certify companies that provide drilling the percussion type SPT according to the standards of engineering techniques in order to provide a reference to the market.

**Keywords:** survey, SPT, certification.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da estrutura básica do amostrador desenvolvido por CHARLES GOW utilizado na cravação dinâmica e obtenção de amostras a seco (citado por BELINCANTA, 1998)	24
Figura 2 - Modelos de amostradores utilizados para reconhecimento de solos (HVORSLEV, 1949 citado por BELINCANTA, 1998).	26
Figura 3 – Sistemas de martelos propostos pela norma brasileira (NBR 6484, 2001).	25
Figura 4 – Detalhe do amostrador tipo Raymond especificado pela NBR 6484 (2001).	26
Figura 5 – Diagrama de resistência à penetração em função da penetração do amostrador (adaptado de HVORSLEV, 1949 citado por BELINCANTA 1998).	29
Figura 6 – Influência da altura de queda, do número de voltas da corda em torno do tambor do sistema “cathead” e da idade da corda na velocidade de impacto do martelo adaptado de KOVACS et al. 1977).	49
Figura 7 – Influência da altura de queda e do número de voltas da corda em torno do tambor do sistema “cathead” na velocidade de impacto do martelo (Adaptado de KOVACS et al.1977).	51
Figura 8 – Eixos de avaliação no esquema de certificação proposto	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Correlações propostas entre a resistência à penetração e a compactidade de solos (HVORSLEV, 1949 citado por BELINCANTA, 1998).	29
Quadro 2 – Estimativa da consistência de argilas e da compactidade de areias a partir dos valores de resistência à penetração medidos com o amostrador IPT comparada com estimativas feitas através de métodos tradicionais de amostragem (NÁPOLES NETO, 1961, segundo BELINCANTA, 1998).	33
Quadro 3 – Consistência e compactidade relativa para diversos tipos de solos em função de índices de resistência à penetração obtidos com três modelos de amostradores (BELINCANTA 1998).	35
Quadro 4 – Variação da eficiência de energia transferida às hastes do SPT de acordo com o país e o sistema de martelo (adaptado de CLAYTON, 1990).	46
Quadro 5 – Resumo dos fatores associados ao equipamento e procedimentos e sua influência no N do SPT (adaptado de DÉCOURT, 1989).	63
Quadro 6 - Grupos que compõem o Eixo 1.	67
Quadro 7- Critérios de certificação do Eixo 1- Procedimento operacional de execução do ensaio.	73
Quadro 8 - Grupos que compõem o Eixo 2.	74
Quadro 9- Critérios de certificação do Eixo 2- Verificação do equipamento Utilizado.	77
Quadro 10 – Ocupação, nível de escolaridade, campo de atuação e descrição do perfil necessário ao profissional sondador.	79
Quadro 11 – Perfil de atribuição mínimo ao profissional sondador.	81
Quadro 12 – Perfil de competência, conteúdos técnicos e conteúdos pedagógicos associados ao profissional sondador.	82

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABGE - Associação Brasileira de Geologia e Engenharia

ABMS - Associação Brasileira de Mecânica de Solos

ASTM - American Society for Testing and Materials

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CME - Central Mining Equipment

GCT - Gestão da Qualidade Total

IPT - Instituto Paulista de Tecnologia

IRP - Índice de Resistência à Penetração

ISO - International Organization Standardization

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

MEC – Ministério da Educação e Cultura

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NBR – Norma Brasileira

PDCA – Plan, Do, Check, Act

PROCEL- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PBQP - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade

PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Habitação

RP - Resistência à Penetração Dinâmica

SPT - Standard Penetration Test

WES - Waterways Experiment Station

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	18
1.2 OBJETIVO .....	21
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
2.1 A ORIGEM DO SPT .....	23
2.2 A MIGRAÇÃO DO SPT PARA O BRASIL .....	31
2.3 A NORMATIZAÇÃO DO SPT NO BRASIL .....	35
2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NOS RESULTADOS DO SPT ..	39
2.4.1 Furo de sondagem com limpeza inadequada .....	42
2.4.2 Inadequação da bomba e do jato d'água do trépano .....	43
2.4.3 Equilíbrio hidrostático .....	44
2.4.4 Uso de circulação de água na perfuração acima do lençol freático	44
2.4.5 Martelo de bater .....	45
2.4.6 Perdas por atrito .....	46
2.4.7 Estado de conservação da corda .....	48
2.4.8 Altura de queda .....	50

2.4.9 Cabeça de bater .....	52
2.4.10 Coxim de madeira .....	52
2.4.11 Frequência dos golpes .....	53
2.4.12 Intervalo de penetração .....	54
2.4.13 Imperfeições do amostrador .....	55
2.4.14 Excentricidade do martelo .....	55
2.4.15 Influência das hastes .....	56
2.4.16 Líner .....	58
2.4.17 Alívio de tensões do solo .....	59
2.4.18 Pedregulhos e seixos .....	60
2.4.19 Solo .....	60
2.4.20 Erros de contagem, medidas e anotações .....	61
2.4.21 Considerações sobre os fatores que influenciam os resultados do SPT .....	61
<b>3. PROPOSTA PARA CERTIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE SONDAGENS À PERCUSSÃO – TIPO SPT</b>	<b>64</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	64
3.2 CERTIFICAÇÃO .....	66
3.2.1 Eixo 1 Procedimento Operacional de Execução de Ensaio .....	66
3.2.1.1 Análise dos Grupos – Eixo 1 .....	68
3.2.2 Eixo 2 - Verificação do Equipamento Utilizado .....	74
3.2.2.1 Análise dos Grupos – Eixo 2 .....	75
3.2.3 Eixo 3 Da Qualificação dos Profissionais .....	77
3.2.3.1 Do Treinamento dos Profissionais .....	78

3.3 REQUERIMENTO DA CERTIFICAÇÃO .....	82
3.3.1 Procedimentos de certificação / renovação de certificação .....	82
3.3.2 Comissão técnica avaliadora .....	83
3.3.3 Comitê gestor de certificação .....	83
3.3.5 Financiamento .....	84
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
4.1 Recomendação para Trabalhos Futuros .....	86
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As recentes transformações nos processos de controle, produção e certificação na engenharia só podem ser explicadas à luz da reconstituição dos padrões existentes desde sua gênese até os dias atuais. Nesse sentido será apresentada a seguir, a evolução histórica do processo produtivo desde a Administração Científica de Taylor até os atuais processos de certificação.

De acordo com Simon (2005) Taylor foi o primeiro estudioso a se debruçar sobre os processos de trabalho. Considerado o “Pai da Administração Científica” ele propôs métodos científicos cartesianos no gerenciamento do processo de trabalho. O foco do seu estudo estava na eficiência e na eficácia operacional.

Taylor (1911) introduziu o controle inflexível e mecanicista elevando enormemente o desempenho das indústrias em que atuou. Acreditava convictamente que oferecendo instruções sistemáticas e adequadas aos funcionários proporcionava a condição necessária para produzir melhor.

Quanto ao planejamento, Taylor (1911) pregava que todo e qualquer trabalho necessitava, inicialmente, de um estudo para se determinar uma metodologia específica objetivando o melhor desempenho. A etapa de planejamento deveria estar associada ao autocontrole das atividades desenvolvidas e às normas procedimentais.

Dessa maneira, tendo como base o planejamento e o autocontrole, o trabalho era executado de acordo com sequências e tempos pré determinados de modo a evitar o desperdício operacional. Todo esse processo sofria uma rigorosa supervisão funcional que verificava se as operações estavam ou não sendo desenvolvidas em conformidade com as instruções programadas.

Para Chiavenato (1993) a crítica central da obra de Taylor reside na essência da proposição, que tende a acabar com a autonomia e a iniciativa operária o que é para ele a condição necessária para alcançar a eficiência e a eficácia.

De acordo com Maximiano (2000) o que sucedeu o Taylorismo foi um audacioso modelo de produção em massa que revolucionou a indústria automobilística. Elaborado pelo empresário Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, esse modelo introduziu a primeira linha de montagem automatizada.

Uma dos maiores legados do Fordismo foi o aperfeiçoamento da linha de montagem. O desenvolvimento desse conceito permitiu que os veículos fossem montados em esteiras rolantes que se movimentavam ao passo que o operário ficava parado, realizando apenas uma pequena etapa da produção, sem gastar tempo e energia com os fluxos de transporte e movimentação.

Pela natureza na qual foi concebido, o método de produção Fordista demandava vultosos investimentos em mecanização e instalações, contudo sua capacidade produtiva era proporcional a esses investimentos. A partir da década de 1970 o Fordismo se depara com o declínio. Muitos dos estudiosos creditam à rigidez do modelo de gestão industrial como principal responsável pela decadência da fábrica.

Contudo, a crise no modelo de produção em massa ganha proporções irreversíveis quando competidores japoneses introduzem um sistema de gestão profissionalizado que culminou com o surgimento do conceito de “Produção Enxuta”. É o fim do Fordismo.

Conforme relata Liker (2005), o Toyotismo surgiu nas fábricas da montadora Toyota logo após a segunda guerra mundial e se consolidou na década de 1970. Ao contrário do modelo Fordista, a concepção japonesa tinha como elemento principal, a flexibilização da produção .

Segundo o autor supracitado outra característica diametralmente oposta entre estes dois modelos, estava vinculada ao sistema de estocagem. Enquanto o modelo Fordista praticava a produção em massa, gerando um grande volume de estoques, no Toyotismo apenas o necessário era produzido. Essa característica tinha como objetivo a produção de um bem exatamente no momento em que fosse demandado, “Just in Time” .

Assim, por trabalhar com lotes pequenos, a qualidade dos produtos fabricados tendiam a aumentar sensivelmente. O desenvolvimento desse conceito gerou uma forte característica do sistema: A Qualidade Total.

Esse modelo funcionou muito bem no cenário econômico japonês, que era muito diferente do americano. O Japão tinha um reduzido mercado consumidor e escassez em matéria-prima. Ademais, implementar um modelo de acumulação, que requer enormes investimentos e grande quantidade de mão-de-obra era nitidamente inviável para enfrentar os traumas pós-guerra.

Por sua natural tendência de racionalização, as organizações que aderiram ao Toyotismo experimentaram um considerável vantagem competitiva, pois esse modelo consumia menor energia e matéria-prima.

Avançando no contexto histórico nos deparamos com o surgimento dos programas de qualidade cujo foco está voltado ao processo. Destacam-se nesse segmento os programas 5S, a ISO 9000 e no âmbito da construção o PBQP-H.

Para Peterson (1998) o sistema 5S é uma metodologia de trabalho japonesa que se baseia no desenvolvimento do senso de utilidade, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina.

Os objetivos da metodologia 5S são de melhorar a eficiência por meio da destinação adequada de materiais, separando o que necessário do desnecessário, provendo a organização limpeza e a identificação de materiais e espaços, além da própria manutenção e melhoria do sistema 5S

De acordo com Cacaes (1999) os principais benefícios da metodologia são:

- a) Maior produtividade através da redução de tempo procurando por objetos;
- b) Redução de despesas e melhor aproveitamento de materiais;
- c) Melhoria na qualidade de produtos e serviços
- d) Redução no número de acidentes do trabalho
- e) Aumento da Satisfação das pessoas com o trabalho

A novidade trazida pela década de 1980 ficou por parte do surgimento das normas publicadas pela Organização Internacional de Normatização (*ISO – International Organization Standardization*). Editadas a partir de 1987 a série *ISO 9000* define as linhas básicas e oferece orientações gerais para a correta garantia e gestão de qualidade. Apresenta um modelo de sistema de qualidade que pode ser usado por

empresas de toda natureza e porte e em qualquer localidade, sendo portanto considerada uma norma de caráter geral.

De acordo com Rebelato e Oliveira (2006) a revisão ocorrida no ano 2000, traz alterações significativas em relação a revisão anterior ocorrida em 1994. A mudança mais relevante é que a ISO 9000:2000 traz uma visão mais gerencial, dando ênfase na melhoria contínua e foco no cliente, utilizando a ferramenta do PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) que foi elaborada na década de 1930 por Walter A. Shewhart, tornando-a uma norma mais eficiente. Sua versão mais recente, de 2008, mantém o mesmo foco.

De forma periódica a ISO examina e atualiza suas normas para assegurar sua evolução de acordo com as transformações das empresas e as exigências do mercado. De acordo com Freitas (2008) o Comitê Técnico sobre gestão de Qualidade e Garantia de Qualidade – TC176 na revisão mais recente se baseou em:

- a) 33 interpretações da ISO 9001:2000 aprovadas pelo TC 176;
- b) No conjunto de documentos de introdução e suporte que a ISO lançou, quando da ISO 9001:2000;
- c) Análises críticas sistemáticas conduzidas pelo TC 176;
- d) Resultados de uma pesquisa realizada em 2003, com 941 usuários, em 63 países que resultou em 1477 comentários, envolvendo todas as categorias de produto da ISO 9001:2000.

Paralelamente ao processo de consolidação e difusão das normas ISO no Brasil, em 1991, o Governo Brasileiro, seguindo a uma tendência mundial de preocupação com as questões de qualidade, realiza o lançamento do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade - PBQP, com a finalidade de difundir os novos conceitos de qualidade, gestão e organização da produção para a indústria brasileira.

De acordo com Teixeira (2000) a situação macroeconômica do Brasil, com a queda acentuada da inflação, revelou de modo mais claro as ineficiências e deficiências da gestão de várias empresas. Segundo o referido autor, com esse novo contexto instalado, os ganhos de produtividade e da efetividade do sistema produtivo, possíveis com a Gestão da Qualidade Total (GCT), tornaram-se importantes fatores de aumento

das margens nas vendas, aumento da rentabilidade dos produtos e aumento da lucratividade de um modo geral.

Em 18 de dezembro de 1998, através da assinatura da Portaria n. 134, foi instituído o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Construção habitacional, o PBQP-H. Esta é a derivação do PBQP que trata de questões relacionadas à indústria da construção civil.

Em 2000 houve a necessidade da ampliação do escopo do PBQP-H, em que o “H” do Programa passou de “Habitacional” para “Habitat”, conceito mais amplo que envolve também as questões de saneamento e infraestrutura urbana.

Em linhas gerais o PBQP-H nasceu com o objetivo de elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, por meio da criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, contribuindo para ampliar o acesso à moradia para a população de menor renda.

Assim, na última década, obedecendo a uma tendência global, a concepção dos projetos e obras de engenharia sofre a influência de mais um vetor: a sustentabilidade. Conseqüentemente, os princípios que permeiam parâmetros ambientais, suas técnicas, critérios e formas de avaliação têm evoluído significativamente, constituindo *per si* um novo desafio a ser encarado num mercado cada vez mais competitivo.

As transformações advindas dessa nova ordem tendem a impactar sensivelmente, seja no médio ou longo prazo, em toda a cadeia produtiva que compõem o representativo ramo da construção. Enfim, o mundo se encontra diante de um novo cenário onde os processos de certificação e a sustentabilidade ocupam cada dia mais um papel primordial.

Como prova desse cenário, as relações entre o ambiente construído e as certificações têm sido pauta recorrente em todas as esferas. Impulsionados pelos expressivos e incontestáveis impactos ambientais, sociais e econômicos ocasionados pela indústria da construção civil, discussões eclodem em todo o país sobre a relação da construção com o meio ambiente.

Diante desse contexto, duas ações estão cada vez mais presentes. Por um lado, a iniciativa governamental em fomentar e subsidiar as ações relacionadas às construções,

por outro, a criação de métodos de certificação e selos ambientais no intuito de avaliar a sustentabilidade ambiental de processos construtivos, serviços e construções a partir de parâmetros pré-estabelecidos.

No Continente Europeu, Estados Unidos, Canadá e alguns países asiáticos as pesquisas sobre sustentabilidade, que abordam aspectos legais de certificação de processos e serviços se iniciaram há aproximadamente três décadas.

Entre os métodos de certificação mais popularizados destacam-se o BREEAM (*BRE Environmental Assessment Method*), desenvolvido pela *Building Research Establishment* (Inglaterra) e o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), desenvolvido pelo *United States Green Building Council* (Estados Unidos da América).

No terreno nacional, esforços para a construção de bases de dados ambientais são latentes e extremamente importantes. As primeiras experiências nacionais se deram através do selo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), que versa sobre programa de energia e do Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) fomentado pela Fundação Vanzolini, que trata sobre construção civil.

Infelizmente no terreno da Geotecnia ainda não se progrediu sequer um passo nesse caminho que se mostra inevitável.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Uma das etapas mais importantes para uma construção é a etapa de fundações. Sabe-se que, todas as cargas da edificação são suportadas e distribuídas, através das fundações, pelo solo, o qual, de acordo com sua constituição, apresenta maior ou menor resistência. Conseqüentemente, a construção, em função do seu peso, exigirá uma camada de solo de resistência compatível.

Dessa forma, o conhecimento obtido através de sondagens, do perfil geológico do terreno onde se pretende construir, é de fundamental importância para a escolha e dimensionamento da fundação.

Desde a década de 1970 muitos artigos têm sido publicados sobre padronização, interpretação e qualidade dos ensaios de simples reconhecimento. No Brasil, segundo Belincanta (1998) o método de sondagem de solos mais conhecido é o SPT (*Standard Penetration Test*).

De acordo com o autor supracitado estudos nesse campo têm sido realizados tanto no âmbito nacional quanto internacional. Incontestável destaque deve ser dado aos trabalhos de De Mello (1971); Palacios (1977), Schmertmann (1976, 1978) e Schmertmann & Palacios (1979)

No Brasil, Teixeira (1974, 1977, 1993) e ABEF (1999) são incisivos ao evidenciarem os cuidados com os fatores que podem interferir no ensaio, propondo critérios de normalização para a realidade nacional.

Todas essas preocupações com o SPT têm suas sólidas razões, haja vista que tanto a aparelhagem como o modo de execução do ensaio sofrem influência de vários fatores. Uma parcela dos fatores de interveniência no ensaio é conhecida e sua influência quantificada, contudo existe outra parcela que ainda carece de ser identificada e mensurada sua relevância no que se refere à influência nos resultados do ensaio.

Como é sabido o SPT é um ensaio demasiadamente empregado, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo como instrumento indispensável nas investigações preliminares para o projeto de fundações.

Por ser uma ferramenta indicadora do tipo de solo, do perfil de sondagem, do nível do lençol freático e da resistência do solo e devido a sua simplicidade, robustez e rápido tempo de resposta, parece bastante razoável procurar meios que possibilitem avaliar com maior confiabilidade o seu desempenho, através de um procedimento padronizado (SEED et al., 1985).

Com vistas a esse objetivo as pesquisas têm evoluído nas últimas décadas agregando novos conhecimentos sobre o SPT. Por ser um ensaio simples, tanto do ponto de vista executivo e interpretativo, desde o seu surgimento houve uma proliferação demasiada de empresas de Geotecnia que passaram a utilizar o SPT como um ensaio de

uso corrente no meio geotécnico. Evidentemente essa popularização conduziu o ensaio a aspectos positivos e negativos.

Do ponto de vista evolutivo é inegável o elevado grau de experiência prática obtida com o ensaio. Prova disso é a existência de inúmeras correlações empíricas com o comportamento das fundações em escala real ou com provas de carga (SCHMERTMANN, 1970; SCHMERTMANN et al. 1978; AOKI-VELLOSO, 1975; DÉCOURT-QUARESMA, 1978, BURLAND & BURBIDGE, 1985), além de parâmetros usados para identificação e classificação dos solos investigados (TERZAGHI & PECK, 1948; HVORSLEV, 1949).

No outro vértice, não se pode esquecer que o grande número de empresas executoras de SPT pode, ao longo do tempo, incorporar modificações na sua sistemática do ensaio ou até mesmo relaxar quanto à manutenção necessária do conjunto que constitui o equipamento original.

Surgem assim, aparelhagens com configurações diferentes da preconizada como padrão ou de referência. Isso pode ocorrer no âmbito de uma empresa que utiliza várias aparelhagens e diferentes equipes de sondagem, no âmbito da região, onde várias empresas exploram o ensaio com aparelhagem de sistemática diferente, (NIXON 1982).

Essa realidade traz, sem dúvida, conflitos relativos a aspectos extrapolativos. Não se pode comparar resultados obtidos em dois locais, por exemplo, ainda que o solo seja aparentemente o mesmo, se os ensaios de SPT não tem a mesma padronização. Constatações dessa natureza foram feitas há mais de três décadas por Casagrande & Casagrande (1968), citados por Belincanta (1985). Além desses fatores de incerteza, os fatores de ordem humana também estão presentes (FLETCHER, 1965).

Assim posto, evidencia-se que a padronização do SPT de uma maneira universal é algo distante da realidade. Apesar do ensaio ser normalizado em vários países, a exemplo da ASTM D1586 (1984) revista em 1992, utilizada nos Estados Unidos e o Método da ABNT (1984), NBR 6484 (2001) vigente no Brasil, constata-se que o SPT enfrenta sérios problemas de padronização. De acordo com Belincanta (1998) essa ausência da prática da norma causa elevados prejuízos a cadeia da construção civil. Como, não raramente, pairam enormes dúvidas sobre a confiabilidade dos resultados

apresentados pelas empresas que executam os serviços de sondagem, grande parte dos projetistas estruturais subavaliam as condições do terreno e super dimensionam as fundações.

Esse super dimensionamento traz agregado a si um enorme custo ambiental, uma vez que recursos naturais e energéticos são consumidos desnecessariamente constituindo assim a prática do desperdício.

No outro vértice, Teixeira (1993) relata uma série de patologias e colapsos relacionados ao sub dimensionamento das fundações decorrentes de ensaios de SPT que superestimaram a resistência do solo responsável por suportar a edificação. Nesse cenário os prejuízos ambientais também são evidentes, uma vez que uma parcela ou a totalidade de insumos e energia empregados na construção acabam reduzidos a entulho.

Fato é que a ausência de padronização e certificação dos serviços relacionados à sondagem a percussão do tipo SPT traz associado uma enorme potencialidade de desperdícios financeiros, sociais, ambientais e energéticos, comprometendo a sustentabilidade das sociedades em que estão inseridos.

## 1.2 OBJETIVO

Considerando os desafios a serem vencidos pelo SPT e principalmente a necessidade de regular essa atividade, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de certificação para empresas de sondagem à percussão tipo SPT. A referida certificação, além de prover sustentabilidade busca distinguir as empresas que executam seus serviços com vista à boa prática da engenharia, de modo a identificá-las ao mercado consumidor.

Nesse processo serão avaliados basicamente três aspectos:

- a) Qualificação da equipe de sondadores que realizam os trabalhos;
- b) Equipamentos utilizados no ensaio;
- c) Padronização operacional.

Esses aspectos constituem os eixos do processo de certificação e, portanto, as análises realizadas se debruçarão sobre eles. Por razões didáticas e organizacionais, a referida proposta será segmentada em três etapas que serão apresentadas nos Capítulos que seguem.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A ORIGEM DO SPT

A história do SPT pode ser dividida em quatro fases: a primeira, que vai de 1902 até meados dos anos 1920, quando se inicia a utilização do amostrador; a segunda, começando em 1927 e indo até o final da década de 1940, com a publicação do livro de Terzaghi & Peck (1948); a terceira que se inicia com a referida publicação e se estende até a segunda metade dos anos 1970, período marcado pelas primeiras tentativas oficiais de normatização do ensaio, abrindo caminho para a quarta fase, a partir de 1977, quando se iniciam as preocupações com a qualidade dos dados e as técnicas de interpretação.

De acordo com Belincanta (1998) por volta de 1902 o engenheiro Charles R. Gow iniciou nos Estados Unidos a obtenção de amostras através de processos dinâmicos de cravação (TEIXEIRA, 1974; 1977). Até essa data os processos de identificação do solo tinham por base o recolhimento de amostras de solo resultantes da perfuração com circulação d'água e a abertura de poços de grande diâmetro. Naturalmente, esses processos descaracterizavam a estrutura natural do solo e prejudicavam a identificação do tipo de solo e suas propriedades.

O processo proposto por Charles R. Gow baseava-se na cravação dinâmica a seco de um tubo metálico oco de 25,4 mm de diâmetro nominal e aproximadamente 450 mm de comprimento (Figura 1), através do impacto de um martelo que pesava 0,49 kN. Esse procedimento possibilitou a obtenção de amostras de melhor qualidade, na profundidade desejada, haja vista que as amostras recolhidas passaram a ser do tipo “*dry*”.

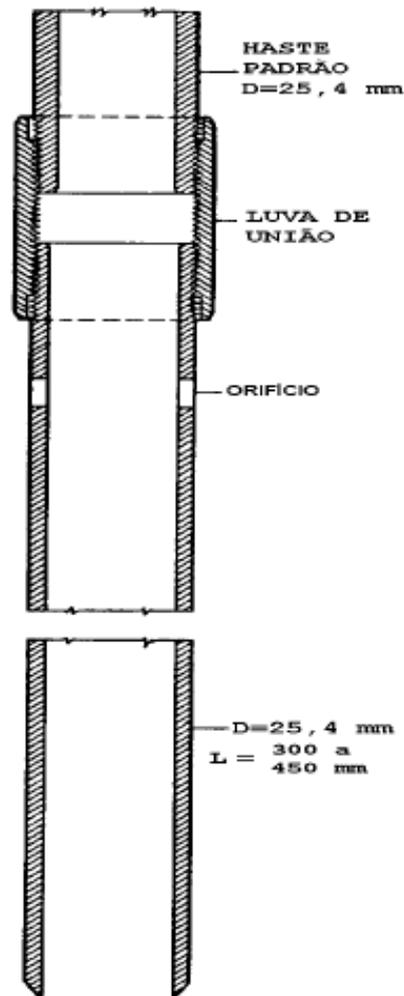


Figura 1 - Representação da estrutura básica do amostrador desenvolvido por Charles Gow utilizado na cravação dinâmica e obtenção de amostras a seco (citado por Belincanta, 1998)

É notável ressaltar que não se dispõem de registros da época relatando como se efetuava a cravação do tubo, intervalo de cravação, altura de queda do martelo, contagem de golpes; etc. De acordo com Fletcher (1965) e Mohr (1966) apud Teixeira (1977) essas verificações só se deram a partir da segunda metade da década de 1920.

Em 1927 quando a *Raymond Concrete Pile* e *The Gow Company*, a partir dos trabalhos de campo realizados por Fletcher, na Filadélfia e pesquisas desenvolvidas por Harry A. Mohr, desenvolveram um amostrador constituído por três partes (cabeça, corpo

principal bipartido e sapata biselada) se inicia a segunda fase da penetração dinâmica. O amostrador possuía diâmetros externo de 51 mm e interno de 35 mm (PALMER e STUART, 1957, apud TEIXEIRA, 1977).

Com a utilização do amostrador após a cravação no solo era necessário apenas que fossem retiradas as duas extremidades rosqueadas (sapata cortante e cabeça). Quando as duas canas do corpo eram separadas, era possível visualizar inteiramente a amostra e realizar sua coleta. Isso propiciou um significativo avanço na obtenção de amostras de melhor qualidade, haja vista que a operação de retirada do solo foi significativamente melhorada, preservando boa parte do solo em seu estado natural.

Nessa mesma época, a *SPRAGHE & HENWOOD Incorporation* também desenvolveu um amostrador com as mesmas características (FLETCHER, 1965, apud BELICANTA, 1998). O modelo trazia algumas diferenças em relação ao modelo Raymond no que tange à disposição e dimensões de componentes periféricos tais como sapata cortante e válvulas de alívio de pressão.

No processo de cravação do amostrador no solo, abaixo do nível de água, dependendo da velocidade da execução e do tipo de solo, é normal serem geradas elevadas poropressões no seu interior, por sobre a amostra. Por essa razão, propôs-se no mesmo período outro modelo de amostrador do tipo “*heavy duty*”.

Esse tipo de amostrador possuía corpo inteiriço, diâmetro externo da sapata ligeiramente maior do que o diâmetro do corpo, onde o mesmo princípio poderia ser usado para o modelo de corpo bipartido. Na Figura 2 são apresentados os modelos de amostradores citados.



Fletcher e Mohr e conferiram a essa operação o status de ensaio. As citadas especificações são descritas a seguir:

- a) Diâmetro externo do amostrador igual a 50,8 mm;
- b) Cravação do amostrador com peso de 0,62 kN caindo de uma altura de 762 mm;
- c) Resistência à penetração definida pelo número de golpes suficientes para cravar o amostrador 304,8 mm no solo.

Segundo Mohr (1966) a adoção do martelo de 0,62 kN deve-se à média dos pesos utilizados na região de Boston no decorrer da década de 1920. De acordo com ele essa massa era facilmente levantada até uma altura de 762 mm por uma equipe composta por três operários ao utilizarem corda e roldana fixa.

As ilustrações presentes nos trabalhos de Mohr evidenciam que o martelo utilizado naquele período era de concreto, de forma prismática, equipado com coxim de madeira dura e pino-guia, bastante semelhante em configuração ao tipo “pino-guia” usualmente utilizado no Brasil, contudo, diferente quanto ao material usado.

É válido ressaltar que até essa época não se encontram relatos na literatura sobre a penetração correspondente ao assentamento inicial do amostrador. Provavelmente ainda não existia preocupação com os efeitos da perfuração e do posicionamento do amostrador no fundo do furo.

O ano de 1945 é um marco para a história do SPT. Nesse ano ocorreu a substituição das hastes de 25,4 mm (32 N/m) por hastes mais rígidas, como as do tipo A (de 56 N/m) usadas nas sondagens rotativas (FLETCHER, 1965). As hastes de pequeno diâmetro aparentavam ser demasiadamente flexíveis frente aos esforços a elas submetidos, podendo, quando longas causar grandes movimentos transversais e inevitáveis perdas de energia durante o impacto do martelo.

Posteriormente em 1949, um estudo realizado por Cumings conclui que a perda de energia devido a movimentos transversais das hastes é mínima, em sondagens de até 30 metros de profundidade utilizando hastes de 25,4 mm e revestimentos de 63,5 mm (FLETCHER, 1965). Contudo, a mesma afirmação não pode ser feita para perfurações maiores do que 60 metros.

A publicação do livro “*Soil Mechanics in Engineering Practice*” no ano de 1948 também marcou profundamente a história do SPT. Nesse livro colocou-se em tela a discussão de inúmeros aspectos do SPT e foram apresentadas as primeiras correlações entre a resistência à penetração e a compactidade das areias. Num segundo momento, Peck et al. (1953) publicaram ábacos que auxiliaram os projetos de fundações superficiais sobre areias. Posteriormente, esses mesmos autores apresentaram uma nova versão desses ábacos, em 1974, levando em consideração o efeito da tensão vertical efetiva no  $N_{SPT}$  (BROMS & FLODIM, 1988).

A obra publicada por Terzaghi e Peck (1948) agregou valiosa contribuição a utilização mais sistemática e racional do SPT. Além de expor as primeiras correlações entre o índice de resistência à penetração do ensaio com propriedades importantes do solo tais como: compactidade, consistência e resistência (Quadro 1), também apresentou importantes recomendações quanto ao equipamento e os procedimentos de ensaio.

Essas recomendações foram adotadas, quase que na sua integralidade, pelas normas elaboradas para o ensaio em todo o mundo. Destacam-se entre as recomendações feitas por Terzaghi e Peck (1948) a fixação de valores para a altura de queda e para o peso do martelo, para o intervalo de assentamento do amostrador e para seus diâmetros externo e interno, além da utilização linear e da sistemática para medir o índice de resistência à penetração do solo.

Outra grande contribuição advinda na década de 1940 se deu através de Hvorslev (1949) apud Belincanta (1998) que apresentou uma coletânea de correlações entre a resistência à penetração e a consistência dos solos. O Quadro 1 extraído do trabalho de Hvorslev apresenta as correlações creditadas a Mohr, Terzaghi e Peck (1948), ao código da cidade de Nova York e, por fim ao “*Corps of Engineers of New England Division*”.

AUTOR	H.A MOHR		TERZAGHI & PECK		CÓDIGO DA CIDADE DE NOVA IORQUE		C.E NEW ENGLAND DIVISION	
Amostrador	Tubo Extra Pesado Dint=33,4mm Dext=24,3mm		Raymond Dint= 51mm Dext=35mm		Dext=63,5mm		Dext=76,2 mm	
Martelo	0,62 kN		0,62 kN		1,34kN		1,3kKN	
h queda	±762mm		762mm		457,2mm		457,2mm	
<b>Solo</b>	Classe	Golpes 305mm	Classe	Golpes 305mm	Classe	Golpes 305mm	Classe	Golpes 305mm
Capacidade de Areia e Silte			Muito fofa	<4	Muito fofa		Muito fofa	<8
	Fofa	<9	Fofa	4-10	Fofa	0-15	Fofa	8-15
	Média	9-13	Média	4-30	Média		Média	16-55
	Compacta	14-49	Compacta	30-50	Compacta	16-50	Compacta	55-110
	Muito Compacta	>50	Muito compacta	>50	Muito compacta	>50	Muito compacta	>110
Consistência de Argilas	Mole	<5	Muito mole	< 2	Muito mole	0-2	Muito mole	<8
			Mole	2-4	Mole	3-10	Mole	8-16
	Média	5-10	Média	4-8	Média	4-8	Média	16-55
	Rija		Rija	8-15	Rija	8-15	Rija-dura	55-110
	Muito rija		Muito rija	15-30	Muito rija	15-30		
	Dura	11-30	Dura	>30	Dura	>30	Muito dura	>110

Quadro 1 - Correlações propostas entre a resistência à penetração e a capacidade de solos (HVORSLEV, 1949 citado por BELICANTA, 1998).

Muito embora os aspectos qualitativos de cada uma das variações contidas no Quadro 1 sejam positivos, com limites de consistência e compactidade bem definidos, as diferenças entre elas são indiscutíveis. O mesmo não se pode dizer do aspecto quantitativo. Os próprios autores das correlações são emblemáticos nesse sentido e concordam que as correlações sofrem influência das características do solo tais como: distribuição granulométrica, permeabilidade e grau de saturação (HVORSLEV, 1949, citado por BELICANTA, 1998).

Um ponto de destaque no trabalho de Hvorslev (1949) citado por Belincanta (1998) é sua ponderação ao recomendar cuidados na utilização de qualquer correlação fora da área ou até mesmo das condições em que tenha sido determinada, uma vez que grandes distorções podem ser esperadas. Como ele prudentemente ressaltou a resistência à penetração não depende apenas da configuração do sistema do SPT, da consistência,

da compacidade relativa dos solos e da profundidade de onde se faz o ensaio, mas também de inúmeros outros fatores ainda não devidamente conhecidos.

De acordo com Broms e Flodim (1988) a expressão “*Standard Penetration Test*” foi provavelmente utilizada pela primeira vez por Karl Terzaghi em 1947, na realização do *VII Texas Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Na oportunidade Karl Terzaghi apresentou o trabalho intitulado “*Recent Trends in Subsoil Exploration*” e foi notório o seu grau de ironia com o termo “*Standard*”, visto que já se evidenciava a falta de padronização do ensaio. Em função dessa notável falta de padronização, posteriormente houve quem publicasse um trabalho com o título: “*The Dynamic Penetration Test: A Standad that is not Standardized*” (IRELAND et al., 1970).

As primeiras tentativas oficiais de padronização do ensaio se dão a partir da década de 1950 iniciando assim a terceira fase da história do SPT. Segundo Fletcher (1965) esse processo inicia-se extra oficialmente com James D. Parson, em 1954, que propôs o registro do número de golpes para cada um dos três intervalos de 152 mm de penetração do amostrador.

Parson sugeriu que a resistência a penetração fosse dada pela menor soma de dois ou três intervalos propostos, ao contrário de Terzaghi e Peck (1948), que propunham o número de golpes para as duas últimas penetrações.

A proposta de Parson resultou nas primeiras tentativas de norma da ASTM (*AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*) designada “*Tentative Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils*”. Posteriormente essa norma foi aprovada e revisada em 1967, 1974, 1986 e 1992.

Em que pese a primeira tentativa de norma da ASTM definir que os primeiros 152 mm de um total de 457 mm seriam de assentamento do amostrador não deixou claro o que seria a resistência de penetração. Somente em 1963, com a edição da segunda tentativa (D1586-63T) essa dúvida foi esclarecida ao se expressar textualmente que a resistência à penetração  $N$  corresponde ao número de golpes necessários para cravar o segundo e terceiro intervalos de 152 mm. Anos mais tarde, em 1967, essa tentativa viria a se tornar norma definitiva, respeitando-se os 152 mm iniciais como intervalo de assentamento do amostrador.

Durante as décadas de 1950 e 1960 um sem fim de discussões foram geradas tendo como centro a importância do intervalo de assentamento do amostrador. Contudo, extrai-se da literatura que a maioria absoluta dos pesquisadores se inclinaram ao registro do número de golpes para cada um dos três intervalos de penetração, bem como ao primeiro desses intervalos de 152 mm como sendo de assentamento (TERZAGHI e PECK, 1948; FLETCHER, 1965, 1967; LO PINTO, 1966; SCHNABEL, 1966; GEISSER, 1966; PALACIOS, 1977).

Uma das justificativas para esse entendimento se apoiava no fato de que os valores de N registrados para esse intervalo são sempre muito baixos quando comparados com os demais intervalos de penetração (LO PINTO, 1966). De acordo com Palacios (1977) isso caracterizava a perturbação do solo na base do furo, limpeza insuficiente do furo antes do ensaio começar e/ou alívio de tensões devido à retirada da coluna de solo pela perfuração.

Esse processo de normalização do ensaio se arrastou até meados dos anos de 1970 momento em que se instaurou uma trégua sobre a discussão do assunto. Nesse tempo, movidos principalmente pelos esforços da *University of Florida* (USA) o foco é voltado para a questão da energia efetiva que atinge o amostrador, iniciando-se a quarta fase da história do SPT.

Destacam-se nesse período os relevantes trabalhos de Palacios (1977), Schmertman (1976, 1978, 1979), Schmertman & Palacios (1979), KOVACS (1979, 1980, 1981 e 1994), Kovacs e Salomone (1982 e 1984) e Kovacs et al. (1977 e 1978).

## **2.2 A MIGRAÇÃO DO SPT PARA O BRASIL**

Segundo Belincanta (1998) e Vargas (1989) o SPT chegou ao Brasil em 1939. De acordo com Vargas, a porta de entrada desse ensaio foi a criação da “Seção de Estruturas e Fundações” do IPT (Instituto Paulista de Tecnologia) no ano de 1935. Passado um ano, o engenheiro Odair Grillo foi à Universidade de Havard, e frequentou um curso ministrado pelo Prof. H. A. Mohr, a quem credita-se a idealização da medida

de resistência à penetração dinâmica em sondagens com amostradores de 51 mm e 63,5 mm.

Influenciado por Mohr, Odair Grillo impulsionou no IPT, a criação da Seção de Solos de Fundações (VARGAS, 1989). Nesse período as sondagens eram realizadas utilizando-se o revestimento de 51 mm, com o qual eram coletadas amostras de argilas para análise tátil-visual para estimativa de consistência.

Por razões óbvias, esse processo de sondagem era ineficiente para a avaliação da compactação das areias. Surge então a idéia de produzir algo que permitisse obter alguma característica de resistência à penetração e correlacioná-la com a compactação das areias.

Conforme Belincanta (1998), essa idéia só veio a tona em 1944, por meio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo que começou a utilizar sistematicamente o amostrador padrão, cujo diâmetro externo foi vinculado ao diâmetro interno do revestimento (51mm), típico dos tubos de revestimento usados na época.

Sob o ponto de vista da amostragem, melhor seria se o diâmetro interno do amostrador fosse o maior possível para se obter uma amostra com dimensões maiores. Porém existia o contraponto dado pela resistência mecânica que o amostrador deveria possuir para suportar o processo dinâmico de cravação, durante um período de tempo razoável, com boas possibilidades de reposição.

Por fim, conclui-se que o material mais adequado para o amostrador era um determinado tipo de tubo utilizado em caldeiras de alta pressão, que possuía 46 mm e 38,1 mm de diâmetros externo e interno, respectivamente.

Esse amostrador era constituído de três partes (cabeça, corpo de 420 mm de comprimento e sapata biselada), sendo que o diâmetro interno da sapata era inferior ao do corpo (36,5mm). A resistência à penetração era definida através do número de golpes necessários à cravação desse amostrador por 300 mm no solo. A cravação por sua vez, se dava pela queda de uma altura de 750 mm de um martelo de 0,59 kN, após o assentamento do amostrador no fundo da perfuração, sob a ação do peso da composição de hastes.

É importante ressaltar que as hastes utilizadas naquela época eram do tipo G (rotativas) pesando 32 N/m. Outro fato relevante é que não era especificada a massa da cabeça de bater, martelo cilíndrico vazado, com acionamento manual através de roldana fixa e corda de sisal, perfuração a trado até o nível d'água freático e circulação d'água abaixo deste, e uma frequência de 15 golpes por minuto (BELINCANTA, 1998).

A comparação entre as estimativas realizadas pelos sondadores do IPT, através de métodos tradicionais (resistência à perfuração, com trado, por exemplo) e as medidas de resistência à penetração dinâmica (RP) obtidas na época com esses equipamentos formaram a base para se estabelecer as correlações de consistência e compactidade para vários tipos de solo, segundo Belincanta (1998) e apresentadas no Quadro 2.

Argilas		Areias	
Consistência	RP	Compactidade	RP
Mole	< 4	Fofa	< 5
Média	4 - 8	Média	5 - 10
Rija	8 - 15	Compacta	10 - 25
Dura	> 15	Muito Compacta	> 25

Quadro 2 – Estimativa da consistência de argilas e da compactidade de areias a partir dos valores de resistência à penetração medidos com o amostrador IPT comparada com estimativas feitas através de métodos tradicionais de amostragem (NÁPOLES NETO, 1961, segundo BELINCANTA, 1998).

O amostrador de 41,3 mm e 25,4 mm de diâmetros externo e interno, respectivamente, foi introduzido pela Geotécnica S.A, no ano de 1944 por seus fundadores Odair Grillo, Otelo Machado e Raimundo D'Araujo Costa. Por ter sido importado dos Estados Unidos pelo engenheiro H. A. Mohr, onde também era empregado pela *Raymond Concrete Pile Company* nas sondagens com tubos de revestimento de 2" de diâmetro, ele recebeu no Brasil o apelido de amostrador Mohr-Geotécnica (TEIXEIRA, 1974).

Utilizando-se esse tipo de amostrador, a resistência à penetração era dada através da quantidade de golpes necessários para cravá-lo 30 cm no solo, com a ação de um peso de 0,64 kN caindo de uma altura de 75 cm, após o seu assentamento no fundo do furo

sob o seu próprio peso e da composição de hastes de 1” de diâmetro. A resistência obtida através desse barrilete amostrador passou a ser chamado IRP ( Índice de resistência à penetração).

A escolha por parte da Geotécnica em utilizar esse tipo de amostrador se deu principalmente pelo fato dele possuir paredes mais espessas do que o modelo utilizado pelo IPT e, portanto mais durável.

Em 1945 o Prof. Milton Vargas publicou o primeiro trabalho no meio geotécnico brasileiro sobre o SPT. O trabalho que de acordo com TEIXEIRA (1993) transformou-se em referência básica para a consolidação do método de ensaio foi publicado na Revista Politécnica sob o título “A exploração do Subsolo para Fins de Estudos de Fundações”.

Em meados de 1947, a empresa Geotécnica S. A, passou a adotar em seus trabalhos o uso de dois amostradores. Quanto ao restante do equipamento era o mesmo utilizado nas sondagens da Mohr-Geotécnica, ressalva feita ao revestimento que era de 63,5 mm e ao IRP que era o número de golpes do martelo de 0,64 kN, caindo de 75 cm de altura.

De acordo com Belincanta (1998) o acréscimo da prática de sondagem acarretou como era de se esperar, o surgimento de correlações entre os resultados desse “novo” ensaio e os antigos. Para se ilustrar esse processo, apresenta-se no Quadro 3 comparações realizadas dos valores das resistências à penetração obtidos com os três modelos de amostradores, utilizados no Brasil por volta dos anos 1950.

Tipo Solo	Consistência e Compacidade	IPT De=46 mm Di=38 mm	MOHR GEOTÉCNICA De=41 mm Di=25 mm	RAYMOND (Terzaghi-Peck) De=51 mm Di=35 mm
<b>Argilas Siltes Argilosos</b>	Muito mole	-	< 1	< 2
	Mole	< 4	1 - 3	2 - 5
	Média	4 - 8	4-6	6 -10
	Rija	8 - 15	7-11	11 -19
	Dura	> 15	>11	> 19
<b>Areias Siltes Arenosos</b>	Fofa	< 5	≤ 2	≤ 4
	P∞Compacta	-	3 – 5	5 - 8
	Med. Compacta	5 - 10	6 - 11	9 - 18
	Compacta	11 - 25	12 - 24	19 - 41
	Mto. Compacta	> 25	> 24	> 41

Quadro 3 – Consistência e compacidade relativa para diversos tipos de solos em função de índices de resistência à penetração obtidos com três modelos de amostradores (BELINCANTA 1998).

### 2.3 A NORMATIZAÇÃO DO SPT NO BRASIL

Historicamente a fase de normatização brasileira do SPT remonta a mesma data da chegada em nosso país dos processos de certificação tais como: o CCQ e a Qualidade Total

Influenciados pelos movimentos internacionais a construção civil experimentava seus primeiros passos na trilha da certificação que foram dados através dos referidos processos. Por sua vez, não coincidentemente, mas fruto da influência desses métodos, a Geotecnia ensaiava processos de normatização dando indícios que historicamente se encontrava atrasada nesse processo.

Por conta da total falta de padronização tanto de metodologia quanto de aparelhagem no início dos anos de 1970 o ensaio de SPT sofria muitas críticas no Brasil. Essa realidade impulsionou a comunidade geotécnica da época a discorrer em

congressos, em especial no 5º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, realizado em São Paulo no ano de 1974, sobre os caminhos que deveriam seguir o ensaio de SPT em nosso país.

No supracitado Congresso revestiram de importância e destaque os trabalhos de Bogossian e Rodrigues (1974), Décourt (1974), Gaioto (1974), Gerber (1974), Gontijo de Paula (1974), Oliveira (1974), Pereira (1974), Quaresma (1974) e Teixeira (1974).

Em outra vertente sobre a fase de normalização brasileira Belincanta (1974) atribui o marco zero à extinta Associação Paulista de Engenharia (atual Associação Brasileira de Geologia e Engenharia – ABGE), quando em 1971, publica o trabalho “Diretrizes para a Execução de Sondagens - 1ª Tentativa”

Fato é que independentemente a quem se atribua os primeiros passos nesse sentido, a discussão foi reforçada através da realização do 1º Simpósio de Prospecção do Subsolo realizado em Recife no ano de 1977. Nessa oportunidade Teixeira (1977) apresentou o notável trabalho “Sondagens, Metodologia, Erros mais Comuns, Novas Normas de Execução. De acordo com Teixeira (1993) o trabalho de Teixeira (1974) foi a base para a elaboração da primeira norma oficial brasileira.

O último capítulo dessa fase prénormatização se dá em 1977, quando a Associação Brasileira de Mecânica de Solos (ABMS) remete para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para discussão e aprovação a proposta de norma de SPT.

Essa proposta viria a se tornar oficialmente em 1979 a primeira norma brasileira sobre SPT, com a denominação “Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos”, MB 1211/79, tendo um ano mais tarde, em 1980, recebido a denominação NBR 6484.

Em fevereiro de 2001 a NBR 6484 foi revisada e republicada sendo na oportunidade incorporada a ela a NBR 7250 – Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento de solos.

Em sua versão atualmente vigente a NBR 6484, da ABNT (2001) reúne especificações relativas à aparelhagem, processos de avanço de perfuração, execução de ensaio penetrométrico e amostragem, observação do nível de água e apresentação dos

resultados. Além de apresentar esses parâmetros, a norma permite a classificação das camadas de solos investigados em função dos valores de  $N_{SPT}$ .

Entre outros aspectos a NBR 6484 (2001) faculta aos operadores o uso de dois tipos de martelo: o cilíndrico vazado e o prismático dotado de pino-guia, como ilustrado na Figura 3. No que concerne às hastes, muito embora inicialmente tenha sido proposta a haste do tipo A, usada em rotativa de 56 N/m, especifica-se o diâmetro de 25,4 mm e 32 N/m.

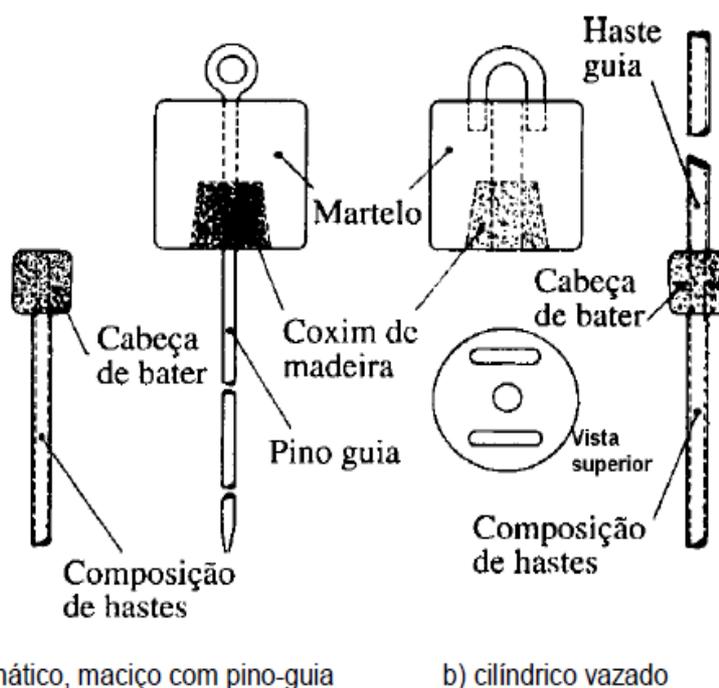


Figura 3 – Sistemas de martelos propostos pela norma brasileira (NBR 6484, 2001).

No que tange ao amostrador, a norma especifica o do tipo Raymond de 51 mm e 35 mm de diâmetros externo e interno, respectivamente, conforme detalhado na Figura 4. O referido amostrador é constituído de três partes: cabeça com válvula de esfera e orifícios laterais, corpo inteiriço ou bipartido e sapata biselada. Segundo a norma, a perfuração para a colocação do amostrador deve ser realizada com trado helicoidal até o nível freático e com circulação d'água abaixo do mesmo. Quando necessário, para

contenção das paredes do furo, utilizam-se tubos de revestimento de  $68,8 \pm 5$  mm de diâmetro interno e manutenção do nível d'água no interior do furo sempre acima do nível freático natural do solo. Em casos especiais permite-se o uso de lama bentonítica em substituição ao revestimento.

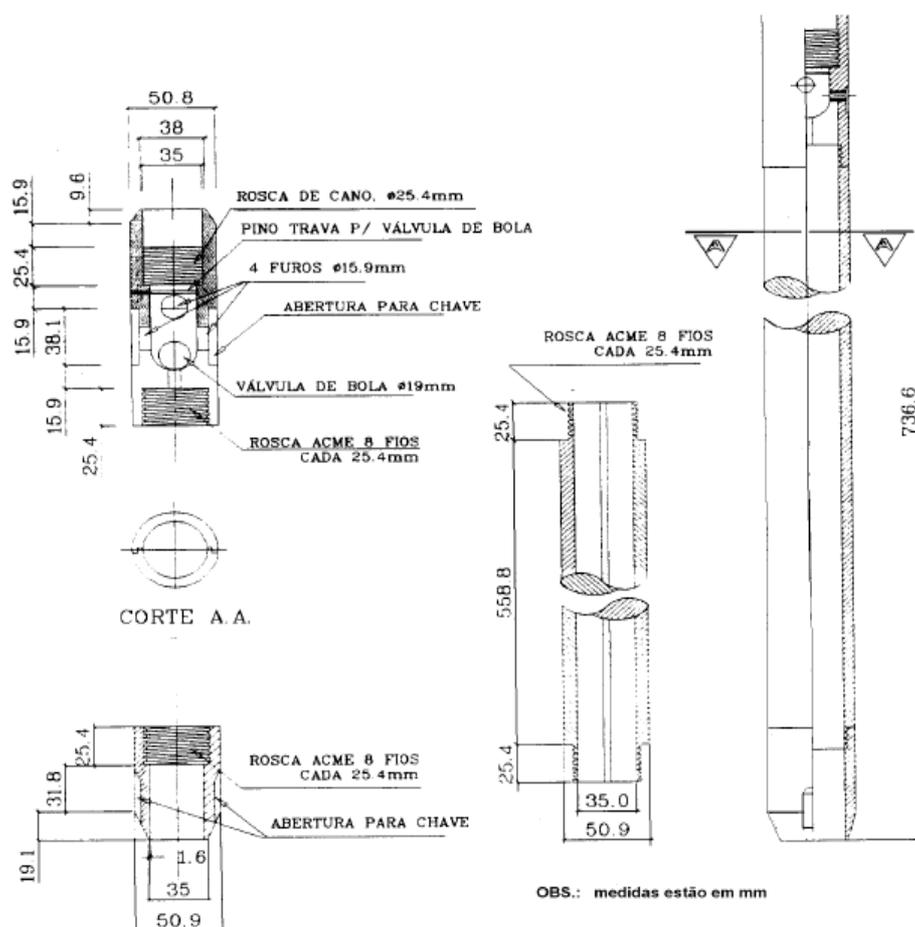


Figura 4 – Detalhe do amostrador tipo Raymond especificado pela NBR 6484 (2001).

O ensaio realizado em consonância com a NBR 6484 é executado através da cravação do amostrador de 45 cm no solo, sob a queda de 75 cm de altura de um peso de 0,64 kN. É registrado o número de golpes para cada um dos 15 cm de penetração. Defini-se a resistência à penetração do SPT pelo número de golpes necessários para os últimos 30 cm de penetração.

Posteriormente trabalhos de destaque foram publicados com o objetivo de tornar o SPT e os demais métodos de investigação do subsolo mais consolidados no meio geotécnico brasileiro.

Por outro lado, observa-se na comunidade científica que milita nessa área, esforços não só no intuito de tornar o SPT um ensaio mais acurado em termos de energia, e mais padronizado em termos de equipamentos e resultados, mas também objetivando explorar melhor o seu potencial adaptando-o para a obtenção de outros parâmetros do solo. Nesse sentido destacam-se os trabalhos de Ranzini (1988), Décourt (1991), Lopes (1995) entre outros.

## **2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NOS RESULTADOS DO SPT**

Ainda no início da década de 1970 o SPT passava por uma fase de relativo descrédito. Esse fato decorria em função do desconhecimento da influência do grande número de fatores que supostamente afetavam seus resultados. Enquanto alguns pesquisadores como Ireland et al. (1970) se reportavam ao ensaio como não padronizado, outros como Fletcher (1965) apontava seus usos e abusos questionando a acurácia dos projetos com base nos seus dados. Mesmo sob essas críticas o SPT resistiu e permaneceu sendo o método de investigação de campo mais utilizado em todo o mundo (PALACIOS, 1977).

Assim como qualquer outro ensaio de campo ou de laboratório, o SPT está sujeito a influência de diversos fatores. Na maioria dos casos esses fatores podem ser classificados como sendo de três naturezas: humana, de equipamento e de procedimento.

No tocante a resistência à penetração do SPT, os fatores intervenientes têm sido constantemente reiterados por Hvorslev (1949), Fletcher (1965), Mohr (1966), Teixeira (1974, 1977) e Palacios (1977). Em seu trabalho Hvorslev (1949) apud Belincanta (1998) reúne os fatores influenciadores em três classes básicas: aparelhagem, procedimento e condições do solo.

De acordo com Palacios (1977) os elementos básicos associados à aparelhagem são: martelo, hastes, revestimento do furo e amostrador. No que diz respeito ao martelo, os principais fatores capazes de influenciar os resultados são o peso e a altura de queda. Com relação às hastes, os fatores mais importantes são o seu tipo e o comprimento da composição, ao passo que a influência do revestimento está na razão entre seu diâmetro interno e o externo do amostrador.

Finalmente Palacios (1977) detalha:

Fatores relacionados ao solo:

- Resistência;
- Compacidade relativa ou consistência;
- Permeabilidade;
- Grau de saturação;
- Sensibilidade (argilas);
- Forma, distribuição e tamanho dos grãos (areias).

Fatores relacionados aos procedimentos:

- Avanço, limpeza e estabilidade do furo;
- Profundidade relativa do furo e do revestimento;
- Intervalo de tempo entre a perfuração e a amostragem;
- Espaçamento entre amostragens subseqüentes;
- Profundidade de penetração do amostrador.

Fatores ligados ao amostrador:

Diâmetro;

- Razão da área projetada;
- Rugosidade externa e interna (uso ou não de líner);
- Forma e estado da sapata cortante;
- Alargamento externo e interno (*clearance*);
- Área e forma das aberturas de alívio de pressão ou ventosas (*vents*).

Em seu trabalho Hvorslev (1949) também relata os efeitos do desbalanceamento hidráulico do furo em relação ao solo, que pode alterar sensivelmente a resistência no

furo da perfuração. Estudos feitos à época com o auxílio da “*Waterways Experiment Station*” (WES) confirmaram que esse efeito causa significativa alteração na resistência à penetração de depósitos de areias com compactidade média e compacta.

O supracitado autor avaliou qualitativamente o que ocorre com a resistência à penetração durante o processo de cravação do amostrador. A Figura 5 ilustra um diagrama típico da resistência à penetração em função da profundidade da penetração do amostrador, válido para o evento estático e para o evento dinâmico.

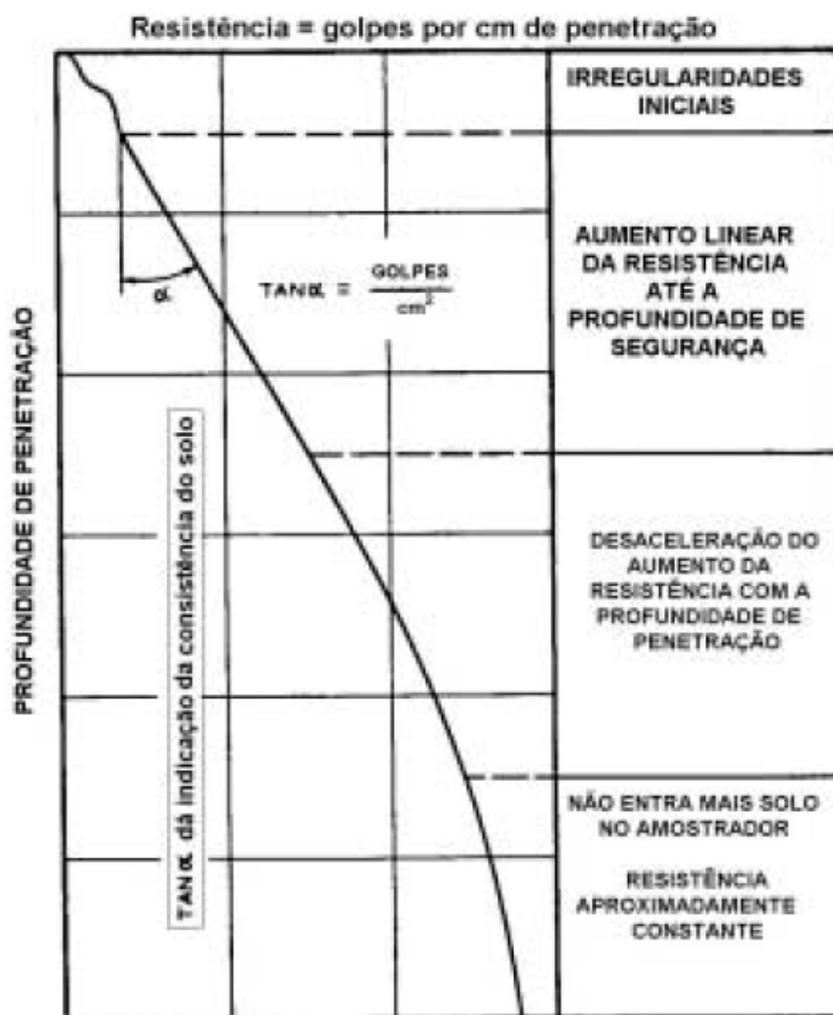


Figura 5 – Diagrama de resistência à penetração em função da penetração do amostrador (adaptado de HVORSLEV, 1949 Citado por BELINCANTA 1998).

Observa-se na Figura 5 que o diagrama possui basicamente três fases distintas: a fase inicial, a fase intermediária e a fase final. A primeira das fases é marcada pela existência de um comportamento irregular da penetração (efeito de perturbações no fundo do furo). Por sua vez, a fase intermediária é caracterizada por um aumento linear da resistência, sendo esse aumento resultado pela resistência de ponta e pelo atrito externo e interno do amostrador.

A segunda fase estende-se até uma profundidade denominada de segurança, a partir da qual, inicia-se a terceira e última fase, caracterizada pela redução na resistência, provocada pelo preenchimento do amostrador com o material penetrado e a formação do embuchamento. Na fase final, a resistência à penetração é comandada apenas pelo embuchamento e pelo atrito externo do amostrador.

Na década de 1960, Fletcher (1965) e Mohr (1966) ofertaram uma valiosa contribuição para o melhor conhecimento dos fatores que afetam o ensaio de SPT. Além dos fatores relacionados à aparelhagem e aos procedimentos de ensaio, esses autores trouxeram à tona, com muita propriedade, os fatores de natureza humana.

Sem a preocupação de realizar um agrupamento por classes, Fletcher (1965) lista uma série de fatores que podem ser responsáveis por discrepâncias significativas nos resultados de SPT. Posteriormente, Mohr (1966) completa essa lista com outras indicações. Em nosso país, esses fatores foram discutidos por Teixeira (1974, 1977), Décourt (1989) e Belincanta (1985, 1998). Alguns desses fatores serão apresentados a seguir.

#### **2.4.1 Furo de sondagem com limpeza inadequada**

Décourt (1989) alerta que o uso de procedimentos inadequados de perfuração e limpeza compromete a precisão do SPT. De acordo com a NBR 6484/2001, quando se alcança a cota de amostragem, através da circulação d'água, a limpeza do furo necessita de algum tempo para que todos os resíduos sólidos decorrentes do processo sejam extraídos.

Quando o operador desconsidera essa necessidade ou quando a bomba de recalque não dispõe de capacidade para elevar todos os resíduos sólidos à superfície a partir de uma determinada profundidade, pode ocorrer obstrução dos orifícios e válvulas existentes na cabeça do amostrador, aumentando inevitavelmente a resistência à penetração.

Por outro lado, a excessiva lavagem do furo pode ocasionar expressivas perturbações tanto na parede quanto no fundo da perfuração, fazendo que as tensões sejam aliviadas além do normal e, conseqüentemente reduzindo a resistência à penetração do amostrador.

#### **2.4.2 Inadequação da bomba e do jato d'água do trépano**

Mohr (1966) relata que o controle da pressão e da vazão da bomba aparenta ser um fator de extrema importância para a qualidade da execução dos ensaios de penetração dinâmica. Contudo, as normas vigentes não fazem qualquer apontamento com relação à questão, ficando essa atividade totalmente a mercê da equipe de sondagem. Em seus estudos Mohr (1966) relata que quando a pressão é baixa e a vazão pequena, a lavagem do furo é insuficiente. Todavia, na ocorrência do contrário, o efeito da pressão e da vazão da bomba no processo de perfuração poderá causar expressivas perturbações tanto nas paredes do furo quanto na cota de assentamento do amostrador.

Da mesma forma, se a direção do jato d'água lançado pelo trépano for radial, dependendo da pressão e da vazão, poderá ocorrer excessiva perturbação nas paredes do furo e o diâmetro deste ficará maior do que o desejado.

### **2.4.3 Equilíbrio hidrostático**

Fletcher (1965) foi enfático ao afirmar que um requerimento primário para efetuar a perfuração em solos granulares abaixo do nível do lençol freático é a manutenção da carga hidráulica no furo, no mínimo igual a do solo.

Essa necessidade nasce do fato de que quando esse requisito não é atendido, a água flui para o interior da perfuração, enfraquecendo o solo nessa cota e diminuindo, portanto a resistência à penetração do solo. Raramente essa situação ocorre quando a perfuração é realizada com circulação de lama, entretanto passa a existir o inconveniente do comprometimento da observação do nível do lençol freático.

Em seus estudos Seed et al. (1988) procede a confrontação entre os índices de resistência à penetração obtidos em furos estabilizados com água e com lama, respectivamente, sem observar nenhuma diferença relevante.

### **2.4.4 Uso de circulação de água na perfuração acima do lençol freático**

Belincanta (1998) afirma que a substituição do trado manual pela perfuração com circulação de água acima do lençol freático pode levar a erros significativos nos resultados, especialmente em areias finas e siltes.

Segundo o autor esse fenômeno se deve ao fato desse processo provocar uma excessiva desagregação do solo e uma conseqüente desconstituição da sua estrutura natural, aliviando o estado de tensões geostática tanto no sentido vertical como no sentido horizontal. Esse efeito se potencializa quanto mais fofo for o solo.

#### 2.4.5 Martelo de bater

Atualmente há vários tipos de martelos sendo utilizados pelo mundo. Naturalmente cada um possui características peculiares capazes de diminuir ou aumentar as perdas de energia no sistema.

Basicamente existem três grandes grupos de martelos utilizados na execução dos ensaios de SPT: os de queda deslizando com corda sobre roldana com uso opcional de tambor em rotação (*Safety, Donut e Pin-Guided*); os de queda livre (*Pilcon, Borros, dando*), e os automáticos.

Nos países asiáticos, entre eles Japão e China, há uma preferência pelos martelos automáticos, enquanto os martelos de queda livre (*trip monkey*) são empregados desde os anos de 1960 em países europeus, embora seu uso de maneira generalizada tenha se dado a partir do início da década de 1990 (KOVACS, 1994). Os detalhes destes martelos são relatados nos trabalhos de Shi-ming (1982) e Iwashaki et al., (1982), além da publicação de Kovacs (1994). Por sua vez, os martelos de queda com corda e tambor em rotação são mais utilizados nos países da América do Norte.

Em solos brasileiros, é bastante comum o uso de martelo de operação manual, do tipo pino-guia, corda e sisal deslizando em roldana fixa e, em alguns casos, usos de tambor em rotação (posicionado no chão, tripé e etc).

A partir da década de 1990 iniciou-se em nosso país o uso do martelo com gatilho disparador de funcionamento simples, desenvolvido por Furnas Centrais Elétricas S.A (Belincanta e Cintra, 1998).

Nesse mesmo trabalho, os autores supracitados noticiam a utilização no Brasil de um martelo de queda livre operado automaticamente, fabricado nos Estados Unidos pela *Central Mining Equipment (CME)*.

Na Argentina, além do martelo tipicamente brasileiro (*pin guided*) relata-se o uso, de um tipo de martelo dotado de anel deslizante, que segundo Belincanta e Cintra (1998) apresenta características de martelo de queda livre. É notável ressaltar que diferentemente do Brasil, na Argentina o ensaio de SPT não é normalizado. Os ensaios lá realizados destacam-se pela preocupação com a amostragem, sendo prática comum o

ensaio de simples reconhecimento de solos, usando martelos cilíndricos maciços de 1,0 kN e de 0,70 kN de massa com alturas de queda de 76 e 70 cm, respectivamente, para a cravação do amostrador (AGUIRRE et al., 1998).

Clayton (1990) apresenta em seu trabalho dados objetivando demonstrar a influência de diversos mecanismos operacionais de martelo utilizados em vários países na eficiência da energia dinâmica que incide sobre as hastes do SPT.

Os dados da publicação de Clayton (1990) apresentados no Quadro 4 nos mostram que os sistemas mais eficientes são o automático de queda livre inglês, o *donut* japonês operado no sistema *tombi* e o sistema brasileiro de pinoguia. É importante ressaltar que o sistema brasileiro apresentou a mesma eficiência do sistema inglês de queda livre (73%), colocando em divergência os dados apresentados com o trabalho de Kovacs (1994) que critica duramente o sistema *pin-guided*.

País	Martelo	Mecanismo Operacional	Eficiência Média (%)
Argentina	<i>Donut</i>	<i>Cathead</i>	45
Brasil	Pino-guia	Manual	72 - 73
China	Automático	Queda livre	60
	<i>Donut</i>	Manual	55
	<i>Donut</i>	<i>Cathead</i>	50
Colômbia	<i>Donut</i>	<i>Cathead</i>	50
Japão	<i>Donut</i>	<i>Tombi</i>	78 - 85
	<i>Donut</i>	Duas voltas no <i>cathead</i>	65 - 67
Inglaterra	Automático	Queda Livre	73

Quadro 4 – Variação da eficiência de energia transferida às hastes do SPT de acordo com o país e o sistema de martelo (adaptado de CLAYTON, 1990).

#### 2.4.6 Perdas por atrito

Conforme teorizado, a operação de descido do martelo deve ocorrer em queda livre. Todavia, tem se observado que esse cenário teórico não se confirma com a maioria dos martelos utilizados no SPT devido às reduções de velocidade decorrentes de atritos na haste-guia e no sistema corda-rolana (SEROTA & LOWTHER, 1973; KOVACS et al., 1977).

Estudos realizados por Serota & Lowther (1973) compararam o sistema de corda e tambor em rotação americano (*Cathead*) com o sistema de queda livre inglês do tipo *Pilcon Trip Monkey* e concluíram que quando apenas uma volta da corda no tambor é efetuada ambos dão os mesmos resultados em termos de número de golpes de SPT. Em contrapartida, quando o número de voltas foi aumentado para dois, encontrou-se uma diferença a favor do sistema norte americano em torno de 40%, claramente indicando uma maior perda de energia cinética do *cathead*.

Contudo, uma pesquisa sistemática de Kovacs et al. (1977) anunciou discordâncias com os resultados de Serota & Lowther (1973), a medida em que aqueles autores verificaram que para uma ou duas voltas da corda em torno do tambor não foi verificada nenhuma diferença significativa na energia cinética no ato do impacto. Entretanto, quando o número de voltas passou para três a diferença foi representativa. Num segundo momento, as pesquisas de Kovacs (1979; 1980) reforçaram as observações de Kovacs et al. (1977).

É importante ressaltar que Serota & Lowther (1973), ao contrário de Kovacs et al. (1977), não mensuraram diretamente a energia cinética do martelo no ato do impacto, mas sim efetuaram deduções partindo do resultado final do número de golpes. Conforme lembrado por Belincanta (1998), neste caso estão embutidas outras variáveis que por si só seriam capazes de explicar as diferenças.

O sistema de martelo que faz uso de cabo de aço e guincho tem sido largamente utilizado por algumas empresas, porém em contrapartida recebeu fortes críticas de pesquisadores como Fletcher (1965), devido ao fato de aumentar sensivelmente as perdas de energia cinética do martelo do SPT.

#### **2.4.7 Estado de conservação da corda**

Na execução dos ensaios de SPT os tipos mais comuns de cordas utilizadas são a de nylon (fibra sintética) e a de sisal. No Brasil a corda de sisal é largamente empregada. Infelizmente ainda não estudos comparando a influência destes dois tipos de corda nos resultados do ensaio.

Contudo, principalmente a partir dos trabalhos de Kovacs et al. (1977) tem sido estudada a influência da idade da corda de sisal nos resultados do SPT. Estudos do citado autor demonstram que, para duas e três voltas, a corda de mais idade tende a reduzir a velocidade de queda do martelo, contrariamente ao registrado quando apenas uma volta é dada.

Para analisar a influência exercida pela idade da corda, Kovacs et al. (1977) apresenta resultados interessantes, os quais estão reproduzidos na Figura 6. Nota-se nessa Figura que a corda velha tende a reduzir a velocidade de impacto na medida que são dadas duas ou mais voltas em torno do tambor. Essa redução se revela ainda mais acentuada quando são dadas três ou mais voltas.

A explicação para esse acontecimento reside no fato da corda nova ser mais rígida e resistente formando um círculo em torno do tambor e mantendo um grande raio de curvatura, facilitando o movimento da corda. Contudo, quando a corda é velha desgastada e flexível, há uma tendência dela aderir ao tambor, retardando a sua liberação.

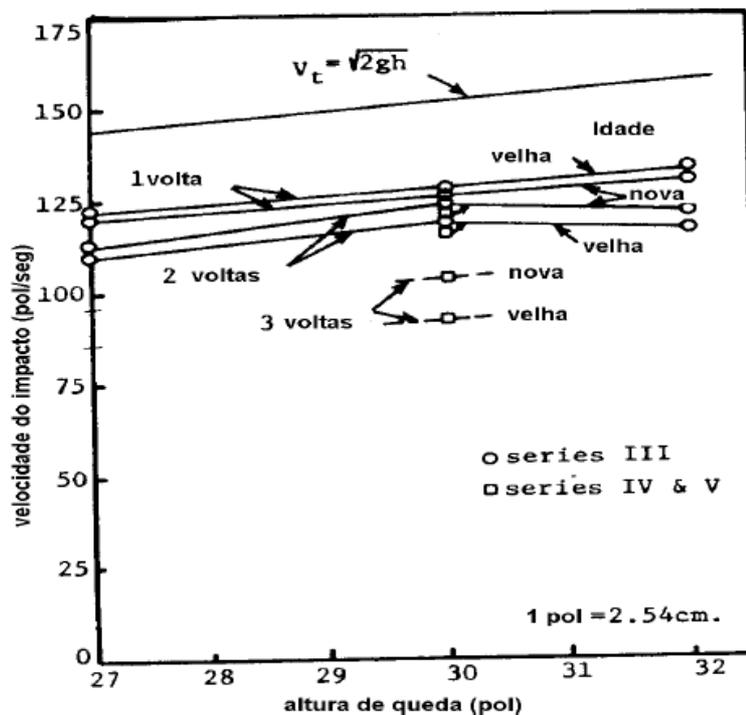


Figura 6 – Influência da altura de queda, do número de voltas da corda em torno do tambor do sistema “cathead” e da idade da corda na velocidade de impacto do martelo adaptado de KOVACS et al. 1977).

Belincanta (1998) ao realizar pesquisas nos Estados de: São Paulo, Paraná e Goiás, comparou resultados de eficiência de energia dinâmica transferida às hastes com martelo pino-guia com coxim de madeira, acionado manualmente com corda e com cabo de aço. Em seus estudos, o referido autor concluiu que o sistema que utilizou cabo de aço foi 1,7% a 3,0% mais eficiente do que o manual. Em seu trabalho o autor também noticiou que o acionamento realizado através de gatilho disparador manual tornou o sistema mais eficiente tanto com o uso do martelo cilíndrico vazado (tipo donut) quanto o pino-guia, sendo este mais eficiente que o primeiro como era de se esperar.

Evidências experimentais obtidas por Belincanta (1998) também indicam no sentido da redução da eficiência do sistema SPT se o diâmetro da corda é aumentado de 12 mm para 18 mm.

#### 2.4.8 Altura de queda

É normal que no início de uma jornada de trabalho os operadores do sistema de martelo com acionamento manual, amplamente utilizados no Brasil e nos Estados Unidos, levantem o martelo além do necessário. Da mesma forma, no final da jornada de trabalho, devido ao cansaço físico da equipe de sondagem, espera-se que ocorra o oposto. No primeiro caso o martelo cairá com maior velocidade e haverá uma maior transmissão de energia cinética as hastes, reduzindo o N do SPT. No segundo caso o martelo cairá com menor velocidade e haverá uma menor transmissão de energia cinética as hastes, aumentando o N do SPT.

De mello (1971) afirma que o sistema de martelo acionado por corda com tambor em rotação ou qualquer outro tipo de martelo que dependa de uma marca para controlar a altura de queda, tem resultado em altura de queda maior que a pré-determinada. Em seu trabalho o autor chama a atenção para o fato de que um erro de  $\pm 7,5$  cm na altura de queda é capaz de induzir a erros na energia total transmitida às hastes da ordem de  $\pm 10\%$ .

Também preocupados com o assunto Kovacs et al. (1977) efetuaram várias investigações para verificar a influência da experiência dos operadores na altura de queda do martelo. Suas conclusões apontam que, em média, tanto o operador experiente quanto o inexperiente cometiam os mesmos equívocos no que diz respeito à altura de queda do martelo.

Kovacs et al. (1977) também investigou a influência da altura de queda (h) e do número de voltas da corda em torno do tambor na velocidade de impacto do martelo (v) do SPT. Conforme se pode notar na Figura 7 a relação descrita entre h e v foi aproximadamente linear, sendo que v cresce a medida que h aumenta.

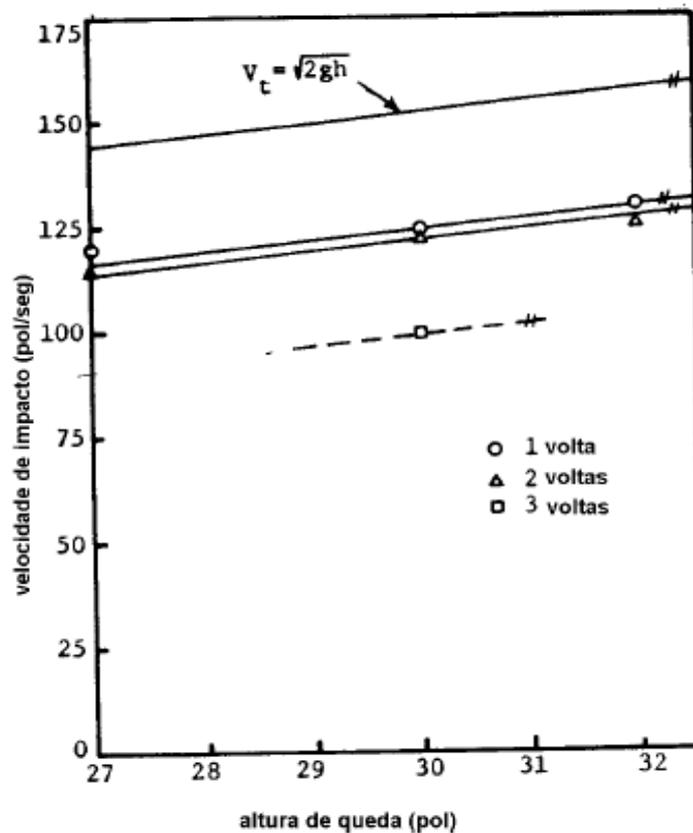


Figura 7 – Influência da altura de queda e do número de voltas da corda em torno do tambor do sistema “cathead” na velocidade de impacto do martelo (adaptado de KOVACS et al.1977).

Na Figura 7 também é apresentada a variação da velocidade teórica com a altura de queda. Observa-se o mesmo comportamento, sendo que para uma ou duas voltas da corda no tambor os valores da velocidade medidos são aproximadamente os mesmos, enquanto que para três voltas há uma notável redução na velocidade de impacto. De acordo com o autor a redução que ocorre na velocidade à medida que são dadas três voltas da corda no tambor pode ser devido ao aumento considerável no atrito entre a corda e o tambor, sendo necessário, portanto mais tempo para que o martelo percorra a distância correspondente a altura de queda pré-estabelecida.

#### **2.4.9 Cabeça de bater**

Estudos como o de Skempton (1986) e Belincanta (1998) são enfáticos ao afirmar a marcante influência da cabeça de bater no processo de transmissão de energia às hastes do SPT.

De acordo com Belincanta (1985), o ideal para se inferir a influência dessa variável, consiste na fixação dos demais fatores e fazer variar o peso da cabeça de bater. Essa prática se torna relevante uma vez que o tipo de martelo, tipo de hastes, equipe de operadores, etc, poderiam por si só justificar as diferenças observadas.

As conclusões preliminares de Belincanta (1985) mostram que uma cabeça de bater pequena apresentava eficiência menor do que as de maiores dimensões. Contudo, os dados apresentados por Skempton (1998) não relata essa diferença. Belincanta (1998) concluiu que a cabeça de bater pequena de 12N é 4% mais eficiente do que a cabeça de bater normal de 35N.

#### **2.4.10 Coxim de madeira**

A utilização do coxim de madeira dura no martelo tem o objetivo de melhorar as condições de contato entre o martelo e a cabeça de bater, evitando dessa forma o choque aço-aço e minimizando as vibrações em todo o sistema. A sua utilização não é largamente disseminada, mas existem alguns estudos sobre a sua influência.

De acordo com o trabalho de Belincanta (1985) a principal propriedade do coxim é o coeficiente de restituição, associado à sua capacidade de transmissão de energia. As madeiras mais utilizadas para esse fim possuem um coeficiente de restituição da ordem de 0,5. Existem indicações de que um valor de 0,85 é adequado face às perdas de energia decorrentes do impacto metal-metal (BELINCANTA, 1985).

Outros estudiosos sobre o assunto como About-Matar e Goble (1997), ao realizarem estudos mais refinados tratando do uso ou não desse componente mostram

que uma determinada combinação entre o martelo, coxim, cabeça de bater e hastes pode atuar como um amplificador de tensões.

Belincanta (1998), em sua tese de doutorado, apenas registrou uma pequena influência do uso ou não do coxim de madeira nos valores do N do SPT. Em termos práticos de engenharia, seja usando o martelo pino-guia ou cilíndrico vazado, essa influência poderá até ser desprezada de acordo com os dados apresentados por Belincanta (1998).

#### **2.4.11 Frequência dos golpes**

Um fator importante a ser observado nos ensaios de SPT e que na prática é desprezado pelas empresas que realizam sondagem, refere-se a frequência dos golpes de martelo. Utilizando um martelo de queda livre tipo *borros* Kovacs (1979) estudou este efeito e observou que a altura de queda tende a aumentar a mediada que se eleva a frequência dos golpes. Conforme evidenciado em seus estudos aquele autor não recomenda frequência maior do que 15 golpes por minuto.

Sobre essa mesma matéria Décourt et al. (1988) e o Issmfe (1989) discorrem a esse respeito recomendando em média 30 golpes para o SPT “padrão”. Por sua vez, Skempton (1986) mostra que uma frequência média de 35 golpes/minuto torna desnecessária a correção de N devido a este efeito.

Essa questão foi discutida por Seed et al. (1985), que confrontou a prática japonesa com a americana. No sistema adotado nos EUA é usual uma frequência entre 30 e 40 golpes por minuto, ao passo que os sistemas japoneses *tombi* e de corda roldana, as frequências normalmente são na faixa de 10 a 25 e de 17 a 20 golpes por minuto, respectivamente.

Portanto, mesmo que as eficiências de energia transferida às hastes sejam as mesmas, os valores de N poderão ser diferenciados em função da frequência dos golpes e da compactação da areia. Em areias fofas, as poro-pressões são positivas. Uma baixa frequência faz com que mais poro-pressões seja dissipada entre golpes sucessivos

aumentando as tensões efetivas e resultando em maior valor de N. Em areias compactas acontece ao contrário.

Essa questão foi largamente abordada por Fujita e Ohno (2000), os quais ponderam que seja adotado uma frequência de golpes compatível com cada tipo de solo.

#### **2.4.12 Intervalo de Penetração**

Costumeiramente a resistência à penetração medida nos 30 cm iniciais tende a ser menor do que aquela medida nos 30 cm finais de penetração do amostrador. Isso ocorre em virtude da perturbação do solo logo abaixo do fundo do furo causada pelo processo empregado na perfuração, e/ou pelo alívio de tensões, e/ou pela migração d'água intersticial nessa posição e pelo embuchamento do amostrador a partir dos 30 a 35 cm de penetração.

De acordo com o relatado por Teixeira (1977), para um determinado número de golpes fazer penetrar o amostrador 45 cm no solo, aproximadamente 23 % do total dos golpes é responsável pela penetração dos 15 cm iniciais, 33% pelos 15 cm intermediários e 44% pelos 15 cm finais. A literatura relata ainda o comportamento não-linear dessa relação até os 15 cm iniciais, ao passo que desse ponto em diante a relação pode ser aproximadamente representada por uma reta. A relação existente entre o número de golpes medido para os primeiros 30 cm e os 30 cm finais é de aproximadamente 1,4. Essa constatação reforça a idéia de que a resistência representativa do solo (77%) é obtida nos 30 cm finais da penetração do amostrador.

#### **2.4.13 Imperfeições do amostrador**

Com o tempo de uso é natural o desgaste dos componentes de amostrador. Contudo, quando mal empregados ou quando excessivamente desgastados devido ao efeito abrasivo das areias e pedregulhos ou por deformações e atritos de qualquer espécie, o amostrador, a sapata e todo o equipamento de sondagem, exibirão imperfeições que poderão dificultar sua penetração no solo. Naturalmente, isso causará um aumento da resistência à cravação do amostrador, elevando conseqüentemente o N do SPT.

#### **2.4.14 Excentricidade do martelo**

Obviamente, estando o martelo excêntrico em relação às hastes, ocorrerá durante sua queda maior atrito, resultando uma inevitável redução da velocidade de impacto além de um contato irregular do martelo com a cabeça de bater. Por sua vez, isso contribuirá para uma redução no valor da energia cinética e muito provavelmente na energia transferida às hastes, aumentando conseqüentemente o N do SPT. Infelizmente não há muitos estudos nesse campo.

De acordo com a citação de Palacios (1977), ao relatar uma investigação realizada por Kovacs et al. (1975) foi verificada que para ângulos de inclinação da haste de até 3° com a vertical não há influência significativa na velocidade de impacto do martelo.

Fujita e Ohno (2000) avaliaram o efeito do ângulo compreendido entre o plano horizontal do topo da cabeça de bater e a base do martelo. Em seus experimentos esse ângulo variou de 0° a 3°. Os resultados mostraram que à medida que o ângulo da superfície de impacto aumentou ocorreu uma redução na eficiência de energia transferida às hastes.

#### **2.4.15 Influência das hastes**

O aumento do comprimento da composição tende a causar dois efeitos: a elevação da força de cravação e o aumento da possibilidade de deflexão lateral das hastes. O primeiro efeito tende a ocorrer devido ao aumento do peso da composição, que faz com que a força vertical estática na ponta do amostrador seja maior para comprimentos mais elevados. Contudo, sob o ponto de vista dinâmico, o aumento do comprimento da composição poderá gerar perdas significativas na onda de tensão que se propaga ao longo dela.

Por sua vez, o segundo efeito está associado à flambagem da composição, que resulta que a haste entre em contato com as paredes laterais do furo ocasionando atrito com o solo e conseqüentemente reduzindo a energia transferida ao amostrador, aumentando o N.

Na comunidade científica tem sido polêmica a discussão sobre o efeito não apenas do tipo mas também do comprimento da composição de hastes do SPT. Para Fletcher (1965), após estudos realizados por Albert Cuming, em 1949, conclui-se que sondagens de até 30 metros de profundidade, utilizando hastes de 25,4 mm e revestimento de 63,5 mm de diâmetro interno, respectivamente, as perdas de energia devido a oscilações transversais eram desprezíveis.

Por sua vez, Gibbs & Holtz (1957) mostraram que, até 20 metros, o efeito do aumento do comprimento é aceitável para o grau de acurácia do SPT.

Em seus estudos Fletcher (1965) indica que o efeito do comprimento da composição não é importante até 42 metros. Porém, acima de 60 metros os resultados passam a ser duvidosos. Ele sistematicamente critica e desaconselha o uso de hastes do tipo N no SPT, o que posteriormente foi evidenciado por Teixeira (1977).

Como demonstrado por Palacios (1977), uma simulação de computador baseada na equação da onda, apresentada por McLean et al. (1975), indicou que o efeito do comprimento da composição depende do tipo de cabeça de bater. Sem ofertar maiores detalhes, eles verificaram que fazendo o uso do martelo cilíndrico oco o efeito é maior

em solos de baixa resistência. Por sua vez, a haste do tipo N produziu um número de golpes levemente maior do que a haste do tipo A.

Teixeira (1977) após efetuar 4560 medições de N do SPT fazendo uso hastes de 25,4 mm (32N/m) e hastes do tipo N (72,8 N/m) verificou sensível diferença nos valores do índice de resistência à penetração, tanto utilizando o amostrador Raymond quanto o Mohr-Geotécnica. Em seus estudos o autor também verificou que o erro crescia a medida que o solo era mais fraco quando ele utilizou hastes de 25,4 mm pesando 22 N/m e 32 N/m respectivamente.

Conclusões conflitantes com as de Teixeira (1977) haviam sido obtidas por Palmer e Stuart (1957). De Godoy (1971) analisou diversos ensaios realizados com o SPT da Geotécnica S.A por ele solicitados, utilizando três tipos de hastes (1" de 32N/m, A de 57 N/m e B de 83 N/m). Por fim ele concluiu que praticamente não houve diferença nos resultados dos índices de resistência à penetração medidos. Brown (1977) também chegou à mesma conclusão, após ter efetuado ensaios com hastes do tipo A e N.

Abou-Matar & Goble (1997) após realizar inúmeras simulações numéricas concluíram que a resistência à penetração do SPT é substancialmente aumentada à medida que se eleva não apenas o peso e o comprimento, mas também a área da seção transversal das hastes.

Resultados experimentais obtidos por Boulanger & Idriss (1999), embora limitados a pequenos comprimentos de hastes (de 4 m a 7,2 m), indicaram que praticamente não existem influência na resistência à penetração do SPT se são utilizadas hastes AW ou NW. Contudo, esta conclusão foi posteriormente contestada por Abou-Matar e Goble (1999).

De fato, conforme constatação experimental realizada pelos últimos autores, para comprimentos de composição até 9 metros não há diferença relevante no N do SPT quando se utiliza outro tipo de haste. Porém para comprimentos acima de 12 metros a resistência à penetração começa a divergir significativamente.

Em seus estudos os autores também chegaram a conclusão de que com 35 metros, a haste do tipo NW produziu valores de N 50% maiores do que as hastes do tipo

AW (65 N/m), indicando que ocorreu provavelmente uma maior perda de energia na composição mais pesada.

Schertman e Palacios (1979) ao tratarem especificamente do efeito do comprimento da composição fizeram um estudo teórico-experimental e verificaram que o efeito do comprimento da composição de hastes na transmissão para o amostrador se mostra desprezível para profundidades inferiores a 21 metros.

Nixon (1982) afirma que o efeito devido ao comprimento da composição de hastes parece ser praticamente desprezível, muito embora Mello (1971) tenha levantado algumas dúvidas quanto a esse fenômeno.

No Oriente a comunidade geotécnica japonesa expressa sinais de discordância. Matsumoto & Matsubara (1982) afirmaram ser desnecessária a utilização de hastes com diâmetro interno superior ao da haste do tipo A. Ademais, após proceder investigações de campo, eles não noticiaram influência significativa do comprimento da composição no N do SPT.

Por outro lado, Uto e Fuyuki (1981), citados nos estudos de Nixon (1982), observaram significativa perda de energia transferida às hastes quando o comprimento da composição ultrapassou o limite de 20 metros. Por esse motivo, eles sugeriram um fator de correção para N em função do comprimento (NIXON, 1982).

#### **2.4.16 Líner**

O líner é um tubo de latão com o comprimento do amostrador e parede de 1,5 mm. Sua utilização tem a finalidade de tornar a operação de retirada da amostra mais fácil e prática.

A literatura nos relata que a utilização do líner tem sido defendida por alguns pesquisadores, como Seed et al. (1985), e encontrado oposição em outros como Kovacs (1994).

O uso de líner no amostrador ocasiona uma redução no diâmetro interno. Os amostradores dotados de líner possuem diâmetro interno de 35 mm, enquanto sua

supressão aumenta o diâmetro para 38 mm. Com a redução do diâmetro interno, uma quantidade menor de solo irá penetrar no amostrador e maior será a força necessária à cravação. Por outro lado, sua remoção reduz o atrito interno do amostrador, e permite a recuperação quase que total da amostra. Porém altera sobremaneira as porcentagens parciais de golpes de cada intervalo de penetração em relação ao total e conseqüentemente o N do SPT (SCHEMERTMANN, 1979).

#### **2.4.17 Alívio de tensões do solo**

As questões relacionadas a influência do alívio das tensões do solo devido à perfuração nos resultados do SPT tem sido relativamente investigadas e discutidas. Gibbs e Holtz (1957) foram os precursores nessa matéria inaugurando o enfrentamento dessa questão. Posteriormente, outras investigações e discussões a respeito desse assunto também foram realizadas por Fletcher (1965), De mello (1971), Yoshimi e Tokimatsu (1983), Skempton (1986) e Liao & Whitman (1986).

O alívio de tensões do solo na extremidade inferior do furo está relacionado diretamente tanto com a profundidade quanto com o diâmetro do furo, pois além do forte alívio das tensões verticais, há também o considerável alívio das tensões horizontais, muito importante para os solos arenosos.

Quanto mais é alargado um furo maior será o alívio de tensões na cota de assentamento do amostrador. Esse efeito que poderá ser desprezado em solos coesivos poderá reduzir sensivelmente a resistência à penetração nas areias, visto que a resistência a penetração nesses solos depende prioritariamente das tensões de confinamento (SKEMPTON, 1986).

De posse das considerações de Gibbs e Holtz (1957), começaram a emergir propostas de correções para levar em conta o efeito do alívio da tensão vertical efetiva.

Quanto mais compacta for uma areia maior também será a sua resistência à penetração, entretanto, considerando a compacidade constante essa resistência aumenta com o aumento da tensão vertical efetiva. Este aspecto não deve ser desprezado,

principalmente quando o SPT é realizado antes de uma cravação, face ao forte alívio de tensões nas cotas de assentamento das fundações.

#### **2.4.18 Pedregulhos e seixos**

A presença de pedregulhos esparsos em areias sedimentares e seixos ou fragmentos de rochas em solos residuais pode conduzir a índices de resistência à penetração com alterações significativas. Devido o diâmetro do pedregulho ser, em geral, maior que o diâmetro do amostrador, a penetração é impossibilitada. O mesmo cenário não se repete no caso da utilização do SPT-T (Standard Penetration Test - Torcion), conforme relata em seus trabalhos Décourt e Quaresma Filho (1991).

Este fator que influencia sensivelmente os resultados do SPT tem sido abordado por vários autores, dentre eles Terzaghi & Peck (1948), Teixeira (1974), Décourt (1989; 1996) e Décourt e Quaresma e Filho (1991).

#### **2.4.19 Solo**

A própria natureza do solo tem a capacidade de influenciar o índice de resistência à penetração medido. Além da já comentada presença de pedregulhos, existem outros aspectos peculiares ao tipo de solo que devem ser considerados.

De acordo com a abordagem de Teixeira (1974) quando se realiza sondagem com SPT em depósitos de areias muito finas e submersas, o efeito dinâmico da penetração pode causar localmente, nas proximidades da ponta do amostrador, o fenômeno da liquefação. Esse fenômeno que tende a reduzir a resistência à penetração também pode ser observado em argilas muito sensíveis, devido ao amolgamento causado pelo amostrador.

#### **2.4.20 Erros de contagem, medidas e anotações**

Por não existir no SPT um sistema que oportunize a contagem automática do número de golpes e pela baixa qualidade da mão-de-obra geralmente utilizada, é natural que ocorram erros durante a contagem dos golpes, da medida de comprimentos de hastes e tubos de revestimentos e das anotações do boletim de campo.

Além do baixo grau de escolaridade dos operadores, o cansaço físico nos finais de jornadas e a ausência de fiscalização convergem para que esses erros ocorram.

Erros na medida do comprimento ou das hastes de perfuração poderão fazer com que o revestimento seja colocado abaixo da posição de assentamento do amostrador, o que já é suficiente para mascarar o número de golpes medido (FLETCHER, 1965). Além disso, o operador que anota os golpes, pode cometer erros na contagem se por algum motivo sua atenção seja desviada.

#### **2.4.21 Considerações sobre os fatores que influenciam os resultados do SPT**

Como já visto, Fletcher (1965) inaugurou os relatos sobre os fatores de interviência aos resultados do SPT. Outros fatores foram adicionados por Mohr (1966). Essa lista complementar apresentada por Mohr (1966) versa predominantemente sobre a questão comercial-econômica das empresas executoras de sondagens, em que a produtividade e o lucro tem prioridade sobre os demais aspectos. Esse fato foi abordado por Teixeira (1974) como sendo de caráter moral-policial.

Tendo como base os fatores apontados por Fletcher (1965) e os demais adicionados por Mohr (1966), este último questiona a acurácia de um projeto de engenharia a partir dos dados fornecidos pelo SPT.

De fato, mesmo utilizando elevadas tecnologias computacionais, é impossível obter soluções que associem economia e segurança ao projeto se o equipamento utilizado para obter os parâmetros não foi devidamente avaliado.

Parte dos fatores apresentados e discutidos anteriormente já tiveram sua influência avaliada através do emprego de teorias refinadas que modelam a transmissão de energia num meio contínuo a partir do impacto entre elementos metálicos, ao passo que outros ainda carecem desse estudo.

O fato é que o SPT de hoje, apesar de persistir a falta de padronização, já é bem diferente do SPT de há vinte anos, pelo menos no que se refere ao conhecimento dos fatores responsáveis pela variabilidade dos N (número de golpes) medidos.

Belincanta (1998) obteve resultados que ratificam a influência dos seguintes fatores no N do SPT: tamanho da cabeça de bater, dispositivo de queda do martelo, uso de roldana móvel, tipo de martelo, estado de conservação da composição de hastes e processo de avanço do amostrador.

No Quadro 5 apresenta-se um resumo dos fatores associados ao equipamento e procedimento que podem influenciar na resistência à penetração do SPT, de acordo com o relato de Décourt (1989).

<b>FATOR</b>	<b>EFEITO no N<sub>spt</sub></b>
Sistema de martelo	Aumenta/Diminui
Variações de altura exata (76 cm)	Aumenta/Diminui
Uso de cabo de aço em vez de corda	Aumenta
Falta de lubrificação da roldana	Aumenta
Atitude dos operadores	Aumenta/Diminui
Peso incorreto do martelo	Aumenta/Diminui
Excentricidade da cabeça de bater	Aumenta
Não utilização de haste-guia	Aumenta
Leitura imprecisa do número de golpes	Aumenta/Diminui
Limpeza mal feita do furo	Diminui
Falta de cuidado com o nível da lama/água no Furo	Diminui

Diâmetro do furo acima do recomendado (65-150 mm)	Diminui
Dimensionamento da bomba	Aumenta/Diminui
Estabilização apenas com lama ao invés de revestimento (em areias)	Aumenta
Comprimento da haste	Aumenta
Peso da haste	Aumenta/Diminui
Amostrador deformado ou dentro do revestimento	Aumenta
Peso da cabeça de bater	Aumenta
Pedregulhos “engasgando” o amostrador	Aumenta
Frequência dos golpes 30-40 Golpes/Min Se $N_1 60 < 20$ . 10-20 Se $N_1 60 > 20$ . 10-20	Não Influi Aumenta Diminui
Coxim: Sem Usar Novo Velho	Não Altera Aumenta Diminui
Intervalo de penetração 0-30 cm ao invés de 15-45	Diminui
30-60 cm	Aumenta
Diâmetro do amostrador	Aumenta
Não utilização do “liner” no amostrador	Diminui

Quadro 5 – Resumo dos fatores associados ao equipamento e procedimentos e sua influência no N do SPT (adaptado de DÉCOURT, 1989).

### **3. PROPOSTA PARA CERTIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE SONDAGENS À PERCUSSÃO – TIPO SPT**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Após explanar sobre os principais problemas que ocorrem em torno da execução das sondagens à percussão tipo SPT, bem como pontuar as consequências advindas desses problemas, o presente capítulo apresenta proposta para a certificação das empresas que executam esse tipo de serviço.

O objetivo dessa certificação é propiciar a melhoria da qualidade das sondagens através da qualificação da mão de obra, da verificação dos equipamentos utilizados e da padronização dos procedimentos operacionais, necessários à realização do ensaio.

A presente proposta visa alcançar esta melhoria através de intervenções realizadas nos itens que concentram os maiores níveis de incerteza da operação: os equipamentos utilizados e os procedimentos de execução do ensaio. As incertezas relacionadas à qualificação dos sondadores está contemplada no rol dos procedimentos de execução do ensaio.

Além das melhorias advindas pela certificação, a referida padronização se justifica pelo fato de apesar da existência da NBR – 6484/2001 e do Manual de Especificação da Associação Brasileira de Empresas de Fundações e Geotecnia, parte das sondagens SPT executadas no Brasil são negligentes e não obedecem ao prescrito na Norma em vigor. Essas sondagens são geralmente executadas por empresas conduzidas por chefes de equipes ou sondadores, via de regra, sem a devida qualificação e preparo para executar um serviço de qualidade.

Fruto dessas deficiências, há um freqüente desencontro de informações entre as sondagens e as verificações de campo ocorridas durante a execução das obras. Soma-se a isso o fato dos diferentes procedimentos adotados pelas empresas de execução elevar

as dificuldades de interpretação das sondagens, gerando uma margem de incertezas nos projetos conforme relata Rocha (2011).

Em que pese o processo de certificação minimizar as distorções presenciadas nos ensaios, esta não é de modo algum uma garantia de sondagens bem executadas. Contudo, a capacitação de sondadores e de supervisores traz à lume o conhecimento da norma e das influências que os procedimentos alternativos geram na interpretação dos resultados de sondagem.

A certificação proposta é composta por três eixos que abrangem os três grupos de problemas observados em campo e relatados na literatura conforme demonstrado nos capítulos anteriores. A Figura 8 ilustra graficamente como foi concebida a certificação.

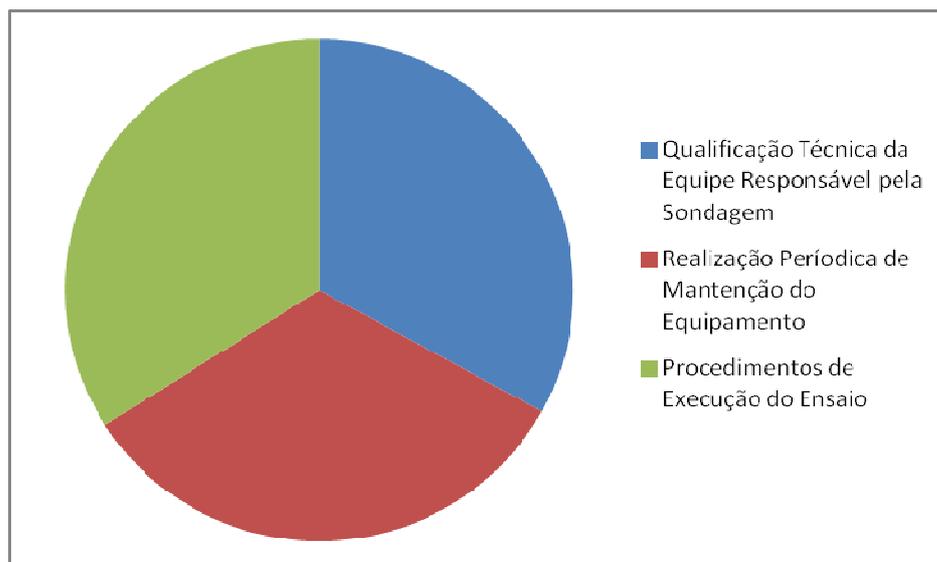


Figura 8 – Eixos de avaliação no esquema de certificação proposto.

## 3.2 CERTIFICAÇÃO

A presente proposta de certificação busca distinguir as empresas que possuem em seu quadro funcional sondadores qualificados e certificados pelo MEC/MTE, realizam periodicamente a manutenção de seus equipamentos e que executam seus serviços de acordo com uma padronização operacional estabelecida pela NBR 6484/2001.

Os três eixos de avaliação, mostrados na Figura 8, constituem a base do processo de certificação e, portanto, as análises realizadas se debruçaram sobre esses aspectos. Por razões didáticas e organizacionais, a presente proposta de certificação foi segmentada em três etapas, cada uma delas objetiva verificar se a empresa postulante a certificação, no que diz respeito à etapa analisada, está apta ou não para tal.

Ressalta-se que para a obtenção da certificação é necessário que a empresa seja aprovada nos três eixos que compõem o processo. A não aprovação em qualquer um destes eixos implica automaticamente na não certificação da empresa.

A certificação proposta se materializará através de um selo, holográfico, adesivo, que será inserido em cada relatório de sondagem emitido pelas empresas certificadas.

### 3.2.1 - Eixo 1 - Procedimento operacional de execução de ensaio

Nessa etapa é verificado o *modus operandi* da empresa na execução dos serviços prestados. Por questões de similaridade os critérios analisados foram reunidos em grupos. Os grupos por sua vez foram ordenados de forma a reproduzir cronologicamente a execução do ensaio, possibilitando a verificação dos procedimentos à medida que se desenvolve o ensaio. O Quadro 6 mostra o esquema dos grupos que compõem o eixo “Procedimento operacional de execução de ensaio”. Este eixo é composto por 16 grupos de quesitos.

Eixo 1 – Procedimento operacional de execução do ensaio		
Grupo	Descrição	Nº de quesitos que compõem o Grupo
Grupo 01	Das ações preliminares	3
Grupo 02	Do processo de perfuração com trado	3
Grupo 03	Do processo de perfuração através de circulação de água (1)	3
Grupo 04	Das precauções com a estabilidade da parede do furo	4
Grupo 05	Das verificações pré operacionais do ensaio	7
Grupo 06	Das verificações operacionais do ensaio	8
Grupo 07	Da anotação dos resultados	2
Grupo 08	Das amostras coletadas	6
Grupo 09	Do processo de perfuração por circulação de água (2)	2
Grupo 10	Dos critérios de paralisação	2
Grupo 11	Do nível do lençol freático	2
Grupo 12	Da identificação das amostras	7
Grupo 13	Do relatório de campo	19
Grupo 14	Do relatório definitivo	7
Grupo 15	Das representações gráficas	3
Grupo 16	Das informações do perfil individual ou seções do sub-solo	13

Quadro 6 - Grupos que Compõem o Eixo 1.

Como já dito, cada grupo é formado por itens. A análise desses itens determinará o atendimento ou não do grupo verificado. Cada grupo possui um número mínimo de itens a serem atendidos sendo que alguns desses itens, necessariamente devem ser atendidos para a aprovação do grupo. A verificação de cada item se dará através da resposta ao questionamento formulado sendo admitida apenas duas respostas: sim ou não. Para que a empresa reúna condições de ser certificada é necessária a aprovação em todos os grupos que compõem o eixo 1.

### **3.2.1.1 Análise dos grupos – Eixo 1**

Delatim (2011) relata em seu trabalho inúmeras inconformidades apresentadas pelas empresas que executam sondagem a percussão do tipo SPT. Em seus estudos analisou a qualidade dos serviços prestados por mais de vinte empresas de diferentes regiões do país que atuam nesse setor. Entre os pontos relevantes de sua obra apresenta uma informação que indica que 44% dos dados apresentados no Boletim de Sondagem são de responsabilidade da equipe de campo, ilustrando a incontestável importância dessa atividade.

As idéias apresentadas por Delatim (2011) reforçam o cenário apresentado por Menezes (1996) que na década de 1990 já alertava em seus estudos sobre o desrespeito as normas técnicas e sobre a baixa qualidade das sondagens executadas a época.

Entre os fatores críticos apontados por Delatim (2011) destacam-se entre outros:

- a) cotas e coordenadas;
- b) a altura de queda do peso;
- c) a contagem e a anotação do número de golpes;
- d) motivo de paralisação de sondagem;
- e) qualidade da anotação nos boletins de campo;
- f) execução da sondagem a seco até o N. A;
- g) estabilização do N. A;
- h) circulação de água para eliminar o material solto durante;

- i) composição do amostrador descendo livremente;
- j) posição das amostras;
- k) identificação da amostra coletada;
- l) classificação das amostras coletadas.

Essas necessidades apontadas por Delatim (2011) além de reforçar o cenário apresentado por Menezes (2006), trazem a lume um sem fim de inconsistências relatadas pela literatura desde a década de 1960.

Dessa forma Fletcher (1965) aponta precauções sobre o desequilíbrio hidrostático do ensaio SPT e sobre os erros de contagem, medidas e anotações, Mohr (1966) faz ponderações sobre o uso de circulação de água acima do lençol freático, Teixeira (1977) tece recomendações sobre a limpeza adequada do furo de sondagem, Belincanta e Cintra (1998) alerta sobre os fatores intervenientes correlatos ao uso do martelo, e About-Matar e Goble (1997) relata suas experiências sobre o uso do coxim de madeira.

Os estudos citados embasam a proposta de certificação que segue. Ademais, os grupos e itens que compõem essa proposta estão em consonância com a NBR 6484/2001. A seguir segue o Quadro 7 que apresenta os critérios de certificação do eixo – Procedimento operacional de execução do ensaio

<b>EIXO 1 - PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE EXECUÇÃO DE ENSAIO</b>			
<b>LOCAL:</b>			
<b>SONDAGEM:</b>			
<b>DATA INÍCIO E TÉRMINO:</b>			
<b>SONDADORA:</b>			
<b>AVALIADOR:</b>			
<b>Grupo 1 – Das ações preliminares</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	Os furos foram marcados com piquetes de madeira ou material apropriado, que contém a identificação do furo e servem de referência de nível para a execução da sondagem e determinação da cota?		
2	As cotas dos furos foram determinadas através de nivelamento?		
3	A sondagem foi iniciada com o emprego de trado-concha ou cavadeira manual até a profundidade de 1 m ± 5 cm?		
<b>A</b>	<b>Critério de Aprovação:</b> É necessário o atendimento de 2 itens, sendo obrigatório o atendimento do item de número 3.		

<b>Grupo 2 – Do processo de perfuração com trado</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	Nas operações subseqüentes de perfuração, foi utilizado trado helicoidal até atingir o nível d'água ou houve justificativa para a sua não utilização?		
2	A perfuração com trado helicoidal ocorreu sem que o mesmo fosse cravado dinamicamente?		
3	A perfuração através do método de circulação de água iniciou-se apenas quando a perfuração com trado helicoidal se mostrou inferior a 50 mm após 10 minutos ininterruptos de operação ou na ocorrência de aderência do solo ao trado?		
A	Critério de Aprovação: Todos os Itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 3 – Do processo de perfuração através de circulação de água (1)</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	Nas operações de perfuração por circulação de água a queda da composição de perfuração se deu acompanhada de movimentos de rotação alternados (vai e vem)?		
2	Quando se atinge a cota de ensaio e amostragem, manteve-se a circulação de água por tempo suficiente, até que todos os detritos da perfuração tenham sido removidos do interior do furo?		
3	Sempre que descida a composição de perfuração com trépano ou instalado novo segmento de tubo de revestimento, estes foram medidos com erro máximo de 10 mm?		
A	Critério de Aprovação: É necessário o atendimento de 2 itens, sendo obrigatório o atendimento do item de número 3.		
<b>Grupo 4- Das precauções com a estabilidade da parede do furo</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	Durante as operações de perfuração, quando a parede do furo se mostra instável, ocorreu a descida do tubo de revestimento até onde se faz necessário?		
2	Quando necessária à garantia da limpeza do furo e da estabilização do solo na cota de ensaio usou-se além do revestimento lama de estabilização?		
3	Excetuando os casos em que ocorre fluência do solo para o interior dos furos, nas operações de ensaio e amostragem o tubo de revestimento ficou a uma distância mínima de 50 cm do fundo do furo?		
4	A substituição do tubo de revestimento por lamas de estabilização se deu somente em casos especiais de sondagens profundas em solos instáveis, onde a descida ou posterior remoção de revestimento se mostrou problemática?		
A	Critério de Aprovação: O atendimento de todos os itens que se fizeram necessário na execução do ensaio.		
<b>Grupo 5 – Das verificações pré-operacionais do ensaio</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	Durante a operação de avanço por lavagem foram anotadas as profundidades de transição de camadas detectadas por exame tátil-visual e pela mudança de coloração dos materiais trazidos à boca do furo?		
2	O controle de profundidade foi realizado a cada novo acréscimo à composição?		
3	Foi coletada para exame posterior, uma parte representativa do solo colhido pelo trado-concha durante a perfuração, até 1 m de profundidade?		
4	A cada metro de perfuração, a partir de 1 m de profundidade foram colhidas amostras dos solos por meio do amostrador- padrão?		
5	O amostrador- padrão, conectado à composição de cravação, desceu livremente no furo de sondagem e foi realizada a medida correspondente de sua profundidade?		
6	Após o posicionamento do amostrador-padrão foi utilizado o tubo de revestimento como referência para a marcação na haste, com giz, de um segmento de 45 cm dividido em três trechos iguais de 15 cm?		
7	Antes de se iniciar o processo dinâmico de cravação o martelo foi apoiado suavemente sobre a cabeça de bater e foi anotada a eventual penetração do amostrador no solo?		
A	Critério de Aprovação: Todos os Itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 6– Das verificações operacionais do ensaio</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	O processo de cravação dinâmico se deu através de impactos sucessivos do martelo padronizado sem aplicação de qualquer movimento de rotação nas hastes?		

2	O martelo padronizado caiu livremente de uma altura de 75 cm?		
3	Foi realizada a anotação em separado do número de golpes necessários à cravação de cada segmento de 15 cm do amostrador- padrão?		
4	Além do número de golpes necessários para vencer cada segmento foi realizada a anotação da penetração efetivamente ocorrida com erro de 5 mm?		
5	A corda utilizada para elevação do martelo padronizado se encaixou com folga no sulco da roldana da torre?		
6	Os eixos longitudinais do martelo e da composição de cravação com amostrador eram coincidentes com tolerância de 5 mm?		
7	A cravação do amostrador padrão sempre foi interrompida antes dos 45 cm de penetração quando: em qualquer dos três segmentos de 15 cm, o número de golpes ultrapassou 30, um total de 50 golpes foi aplicado durante a cravação ou não se observou o avanço do amostrador durante a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo?		
8	Os ensaios se desenvolveram com a utilização de EPI's por parte dos funcionários?		
A	Critério de Aprovação: O atendimento de todos os itens que se fizeram necessário na execução do ensaio.		
<b>Grupo 7 – Da anotação dos resultados</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	O número de golpes foi anotado corretamente?		
2	A produtividade diária média dos trabalhos foi inferior a 15 metros?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos		
<b>Grupo 8 - Das amostras coletadas</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	As amostras colhidas foram imediatamente acondicionadas em recipientes que permitam receber pelo menos um cilindro de solo colhido do bico do amostrador-padrão?		
2	Os casos em que não houve recuperação de amostra pelo amostrador-padrão foram anotados claramente no relatório?		
3	Os recipientes de amostra são providos de etiquetas que constam, registradas em tinta indelével e letra legível, minimamente as seguintes informações: designação ou número do trabalho, local da obra, número da sondagem, número da amostra, profundidade da amostra, número de golpes e respectivas penetrações do amostrador?		
4	Os recipientes das amostras foram acondicionados em caixas ou sacos de forma a não abrirem ou rasgarem impedindo a mistura de amostras distintas?		
5	Nas caixas ou sacos utilizados constam a designação da obra e o número da sondagem?		
6	As amostras foram conservadas pela empresa executora, à disposição dos interessados por um período mínimo de 30 dias, a contar da data da apresentação do relatório?		
A	Critério de Aprovação: O atendimento de todos os itens que se fizeram necessário na execução do ensaio.		
<b>Grupo 9 - Processo de perfuração por circulação de água (2)</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	O ensaio de perfuração por circulação de água tem duração de 30 minutos?		
2	São anotados os avanços do trépano a cada período de 10 min?		
A	Critério de Aprovação: O atendimento de todos os itens que se fizeram necessários na execução do ensaio.		
<b>Grupo 10 - Critérios de paralisação</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	A sondagem foi dada como encerrada quando no ensaio de avanço por circulação de água foi obtido avanços inferiores a 50 mm em cada período de 10 minutos ou quando, após a realização de quatro ensaios consecutivos, não foi alcançada a profundidade de execução do SPT?		
2	Quando a cravação do amostrador- padrão foi devidamente interrompida antes dos 45 cm de penetração e não foi atingida a profundidade estimada do projeto, houve o deslocamento da sondagem, no mínimo duas vezes para posições diametralmente opostas, a 2m da sondagem inicial?		

A	Critério de Aprovação: O atendimento de todos os itens que se fizeram necessário na execução do ensaio.		
<b>Grupo 11 - Nível do lençol freático</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	Durante a perfuração com o auxílio do trado helicoidal, comprovado ter sido atravessado um nível de água, foi realizada a observação da elevação do nível d'água no furo, efetuando-se leituras a cada 5 minutos, durante pelo menos 15 minutos?		
2	Após o encerramento da sondagem e a retirada do tubo de revestimento, decorridas no mínimo 12 horas, e estando o furo desobstruído, foi realizada a medida da posição do nível d'água, bem como a profundidade até onde o furo permanece aberto?		
A	Critério de Aprovação: O atendimento de todos os itens que se fizeram necessário na execução do ensaio.		
<b>Grupo 12 - Identificação das amostras</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	As amostras foram examinadas pelo método tátil-visual de modo a identificá-las através de suas características de granulometria, plasticidade, cor e origem?		
2	Após sua ordenação por profundidade, as amostras foram examinadas individualmente?		
3	A classificação granulométrica realizada foi adjetivada com as frações de solo que podem ser identificadas usando-se nomenclatura onde aparecerem, no máximo, três frações de solos?		
4	A nomenclatura das amostras dos solos foi acompanhada pela indicação da cor, feita logo após a coleta das mesmas, utilizando-se no máximo de duas designações de cores?		
5	Quando as amostras apresentam mais de duas cores foi utilizado o termo variegado?		
6	Quando da especificação das cores foram utilizadas as designações branco, cinza, preto, marrom, amarelo, vermelho, roxo, azul e verde, alternativamente complementadas pelas designações claro e escuro?		
7	A designação da origem dos solos e aterros foram acrescentadas a sua nomenclatura?		
A	Critério de Aprovação: O atendimento de todos os itens que se fizeram necessário na execução do ensaio.		
<b>Grupo 13 - Boletim de campo</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
	Nas folhas de anotação de campo foram registradas as seguintes informações:		
1	Nome da empresa e do interessado?		
2	Número do trabalho?		
3	Local do terreno?		
4	Número da sondagem?		
5	Data e hora de início e término da sondagem?		
6	Métodos de perfuração empregados e profundidades respectivas?		
7	Avanços do tubo de revestimento?		
8	Profundidades das mudanças das camadas de solo e do final da sondagem?		
9	Numeração e profundidade das amostras coletadas no amostrador-padrão e/ou trado?		
10	Anotação das amostras colhidas por circulação de água, quando da não recuperação pelo amostrador-padrão?		
11	Descrição tátil visual das amostras, na sequência: granulometria principal e secundária, origem e cor?		
12	Número de golpes necessários à cravação de cada trecho nominal de 15 cm do amostrador em função da penetração correspondente?		
13	Resultados dos ensaios de avanço de perfuração por circulação de água?		
14	Anotação sobre a posição do nível d'água, com data, hora, profundidade aberta do furo e respectiva posição do revestimento, quando houver?		
15	Nome do operador e vistos do fiscal?		
16	Procedimentos especiais utilizados?		

17	Os relatórios de campo são conservados à disposição dos interessados por um período mínimo de um ano, a contar da data da apresentação do relatório definitivo?		
18	A data e hora de início e término do furo estão registradas no boletim?		
19	Existe facilidade de leitura dos boletins de campo, preenchidos pelos sondadores?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 14 –Relatório definitivo</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
	O relatório definitivo contém:		
1	Nome do interessado contratante?		
2	Local e natureza da obra?		
3	Descrição sumária do método e dos equipamentos empregado na realização das sondagens?		
4	Total perfurado em metros?		
5	Declaração de que foram obedecidas as normas brasileiras relativas ao assunto?		
6	Referências aos desenhos constantes no relatório?		
7	Os relatórios são apresentados numerados, datados e assinados por responsável técnico pelo trabalho, perante o CREA e acompanhado da emissão da ART?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 15- Das representações Gráficas</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
	Está anexo ao relatório um desenho que contém:		
1	Planta do local da obra, cotada e amarrada à referências facilmente encontráveis (logradouros públicos, acidentes geográficos, marcos topográficos etc...) de forma a não deixar dúvidas quanto à sua localização?		
2	Planta contendo a posição da referência de nível tomada para nivelamento das bocas do furos de sondagem, bem como a descrição sumária do elemento físico tomado como RN (referência de nível)?		
3	Localização das sondagens cotadas e amarradas a elementos físicos e bem definidos no terreno?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos		
<b>Grupo 16 - Das informações do perfil individual ou seções do sub-solo</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
	Os resultados das sondagens são apresentados em desenhos que contém o perfil individual de cada sondagem ou seções do sub-solo, nos quais contém:		
1	Nome da firma executora das sondagens, o nome do interessado ou contratante, local da obra, indicação do número do trabalho e os vistos do desenhista, engenheiro civil ou geólogo, responsável pelo trabalho?		
2	Diâmetro do tubo de revestimento e do amostrador-padrão empregados na execução das sondagens?		
3	Número das sondagens?		
4	Cota da boca do furo de sondagem, com precisão centimétrica?		
5	Linhas horizontais cotadas a cada 5 m em relação à referência de nível?		
6	Posição das amostras colhidas, indicando as amostras não recuperadas e os detritos colhidos na circulação de água?		
7	As profundidades, em relação à boca do furo, das transições das camadas e do final da sondagem?		
8	Índice de resistência à penetração N ou relações do número de golpes de penetração do amostrador?		
9	Identificação dos solos amostrados e convenção gráfica dos mesmos conforme NBR 13441?		
9	Posição do nível de água encontrado e as respectivas datas de observações, indicando se houve pressão ou perda de água durante a perfuração?		
10	Datas de início e término de cada sondagem?		
11	Indicação dos processos de perfuração empregados e respectivos trechos, bem como as posições sucessivas do tubo de revestimento e uso de lama de estabilização quando utilizada?		
12	Procedimentos especiais utilizados, previstos em norma?		
13	Resultados dos ensaios de avanço de perfuração por circulação d'água?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		

Quadro 7- Critérios de Certificação do Eixo 1- Procedimento operacional de execução do ensaio.

### 3.2.2 Eixo 2 Verificação do Equipamento Utilizado

Nessa etapa são verificadas as condições dos equipamentos utilizados pela empresa para a execução dos serviços prestados. Do mesmo modo que na Etapa 1, os critérios analisados foram reunidos em grupos.

O Quadro 8 mostra o esquema dos grupos que compõem o eixo “Verificação do equipamento utilizado”, sendo o mesmo composto por 5 grupos de quesitos.

Eixo 2 – Verificação do equipamento utilizado		
Grupo	Descrição	Nº de quesitos que compõem o Grupo
Grupo 01	Dos Componentes que compõem a aparelhagem-padrão	16
Grupo 02	Da Torre, tubo de revestimento e composição de perfuração	4
Grupo 03	Do Trado concha, do trado helicoidal e do trépano ou peça de lavagem	5
Grupo 04	Do amostrador-padrão	4
Grupo 05	Da cabeça de bater e do martelo padronizado	5

Quadro 8 - Grupos que Compõem o Eixo 2.

Como já explanado, cada grupo é formado por quesitos. A análise desses quesitos determinará o atendimento ou não do grupo verificado. A aprovação em cada um dos grupos que constituem o eixo 2 está vinculada ao atendimento, sem exceção, de todos os itens do grupo. A verificação de cada item se dará através da resposta ao questionamento formulado sendo admitida apenas duas respostas: sim ou não. Para que a empresa reúna condições de ser certificada é necessária a aprovação em todos os grupos que compõem o eixo 2.

### 3.2.2.1 Análise dos grupos – Eixo 2

Em seu trabalho Delatim (2011) também alerta sobre as interveniências nos resultados dos ensaios de SPT advindas das inconformidades do equipamento utilizado.

Segundo esse autor o que se observa nas empresas são equipamento antigos que operam a mais de 30 anos sem nenhuma manutenção seja ela preventiva ou corretiva. O descaso com o equipamento empregado é tão acentuado, que chega ao extremo de sondadores sequer conhecerem a relação dos equipamentos utilizados no processo executivo.

Teixeira (1977) também relata a existência de recorrentes “improvisos” no intuito de se manter o equipamento em uso. Na maioria das vezes as alterações realizadas não são precedidas de nenhum estudo e fatalmente causam interferências nos resultados encontrados.

No final da década de 1970 Kovacs et al. (1977) publicou um relevante trabalho tecendo considerações sobre o tipo, idade e diâmetro da corda utilizada para levantar o martelo de bater.

Nessa mesma época Serota e Lowther (1973) realizaram verificações sobre a redução de velocidade decorrentes de atritos na haste-guia e no sistema de corda-rolana.

Anos mais tarde os estudos de Kovacs (1994) apresentam uma série de considerações sobre as dimensões, massa e material do peso do martelo de bater. Nesse trabalho são apontadas as interferências advindas dessas variações.

Muito tempo antes Gibbs e Holtz (1957) e Fletcher (1965) estudavam os efeitos nos resultados do ensaio de SPT provenientes do tipo, comprimento e estado de conservação das hastes.

Mais recentemente avaliações sobre o efeito do ângulo compreendido entre o plano horizontal do topo da cabeça de bater e a base do martelo foram realizadas por Fujita e Ohno (2000).

Dessa maneira delimitação dos grupos, bem como os quesitos selecionados para compô-los foi embasada no prescrito na literatura, além de estar em consonância com a

norma vigente. A seguir o Quadro 9 apresenta o critério de certificação proposto no tocante ao eixo 2.

<b>EIXO 2 – VERIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO</b>			
<b>LOCAL:</b>			
<b>SONDAGEM:</b>			
<b>DATA INÍCIO E TÉRMINO:</b>			
<b>SONDADORA:</b>			
<b>AVALIADOR:</b>			
<b>Grupo 1 - Dos componentes da aparelhagem-padrão</b>			
Item	Critério: A aparelhagem padrão contem os seguintes equipamentos em estado de utilização:	Avaliação	
		Sim	Não
1	Torre com roldana?		
2	Tubos de Revestimentos?		
3	Composição de perfuração ou cravação?		
4	Trado-concha ou cavadeira?		
5	Trado helicoidal?		
6	Trépano de lavagem?		
7	Amostrador-padrão?		
8	Cabeças de bater?		
9	Martelo padronizado para a cravação do amostrado?		
10	Baldinho para esgotamento do furo?		
11	Medidor de nível d'água?		
12	Trena metálica graduada em milímetros com capacidade de 5 m?		
13	Sacos plásticos para coleta de amostras com dimensões mínimas de 10 cm x 10 cm?		
14	Bomba d'água centrifuga motorizada?		
15	Caixa d'água ou tambor com divisória interna para decantação?		
16	Ferramentas gerais?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 2 - Da torre, tubo de revestimento e composição de perfuração</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	A roldana da torre foi suficientemente lubrificada para reduzir ao máximo o atrito no seu eixo?		
2	Os tubos de revestimento são de aço, com diâmetro externo de 76,1 mm $\pm$ 5 mm e diâmetro interno de 68,8 mm $\pm$ 5mm?		
3	Quando necessário os tubos de revestimentos são emendados por luvas, com comprimento de 1,00 m e/ou 2,00 m?		
4	A composição de perfuração e cravação do amostrador-padrão é constituído de hastes de aço com diâmetro externo de 33,4 mm $\pm$ 2,5 mm e diâmetro interno de 24,3 mm $\pm$ 5 mm com peso teórico de 32 N/m, acopladas por roscas e luvas em bom estado, devidamente atarraxadas, de modo a formar um conjunto retilíneo, em segmentos de 1,00 m e/ou 2,00 m?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 3 - Do trado concha, do trado helicoidal e do trépano ou peça de lavagem</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	O trado concha tem diâmetro de 100 mm $\pm$ 10 mm?		

2	A diferença entre o diâmetro do trado helicoidal, mínimo de 56 mm, e o diâmetro do tubo de revestimento é compreendida entre 5 mm e 7 mm?		
3	O trépano ou peça de lavagem é constituído por peça de aço, com diâmetro nominal de 25 mm, terminada em bisel e dotada de duas saídas laterais para água?		
4	A largura da lâmina do trépano apresenta uma folga de 3 mm a 5 mm em relação ao diâmetro do tubo de revestimento utilizado?		
5	A distância máxima entre os orifícios de saída da água e a extremidade em forma de bisel é de no mínimo 200 mm e no máximo 300 mm?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 4 - Do Amostrador- padrão</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	O amostrador- padrão, de diâmetro externo de 50,8mm ± 2 mm e diâmetro interno de 34,9 mm, tem a forma e dimensões indicadas na NBR6484-2001?		
2	A cabeça do amostrador- padrão possui dois orifícios laterais para saída de água e de ar e contém em seu interior uma válvula constituída por esfera de aço recoberta de material inoxidável?		
3	O corpo do amostrador- padrão está perfeitamente retilíneo, isento de amassamentos, ondulações, denteamentos, estriamentos, rebordos ou qualquer outra deformação que altere a seção e a rugosidade superficial?		
4	A sapata ou bico do amostrador- padrão é de aço temperado e está isenta de trincas, amassamentos, ondulações, denteações rebordos ou qualquer outro tipo de deformação que altere sua seção?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		
<b>Grupo 5 - Da Cabeça de bater e do martelo padronizado</b>			
Item	Critério	Avaliação	
		Sim	Não
1	A cabeça de bater da composição de cravação é constituída de tarugo de aço de 83 mm ± 5 mm de diâmetro, 90 mm ± 5 mm de altura e massa nominal entre 3,5 kg e 4,5 Kg?		
2	O martelo padronizado consiste em uma massa de ferro de forma prismática ou cilíndrica, tendo encaixado, na parte inferior, um coxim de madeira dura perfazendo um total de 65 Kg?		
3	Em sendo maciço o martelo possui uma haste-guia de 1,20 m de comprimento fixado à sua face inferior, no mesmo eixo de simetria longitudinal, com marca visível distando de 0,75 m da base do coxim de madeira?		
4	Em sendo vazado o martelo possui um furo central de 44 mm de diâmetro, e é utilizada uma cabeça de bater dotada, na sua parte superior, de uma haste-guia de 33,4 mm de diâmetro e 1,20 m de comprimento, com marca visível distando de 0,75m do topo da cabeça de bater?		
5	A haste-guia do martelo é retilínea e perpendicular a superfície que vai receber o impacto do martelo?		
A	Critério de Aprovação: Todos os itens devem ser atendidos.		

Quadro 9- Critérios de certificação do eixo 2- Verificação do equipamento utilizado

### 3.2.3 Eixo 3 - Da qualificação dos profissionais

O eixo 3, do processo de certificação, objetiva verificar se o sondador responsável pelos serviços de sondagem tipo percussão – SPT, reúne competências para efetuar as atividades correlatas ao serviço.

Para tal a empresa postulante a certificação deverá apresentar documentos que comprovem que seus sondadores estão qualificados e certificados pelo Ministério de Educação e Cultura (MEC) e/ou pelo Ministério de Trabalho e Emprego (MTE).

Além desse requisito, a empresa em questão deve possuir em seu quadro, desenvolvendo atividade de supervisão, profissional de nível superior capacitado pelo MEC ou MTE.

### **3.2.3.1 Do Treinamento dos Profissionais**

O catálogo brasileiro de ocupações (CBO) define o sondador como um profissional que desempenha tarefas de prospecção de solos, rochas e cuja formação se dá em serviço.

Delatim (2011) afirma que a técnica de execução do ensaio de SPT é repassada pelos próprios sondadores, normalmente para aquele ajudante que se mostra mais interessado e, como não há uma interface entre a norma e a prática, os procedimentos executivos vão sendo abreviados

Para o MTE este profissional não carece de formação técnica ou de qualificação profissional. No entanto, conforme relato de Conciani (2011) uma demanda considerável de associações de trabalhadores e patronais vem requerendo ao MTE programas de qualificação para atender as necessidades do mercado.

Conciani (2011) também afirma que essa demanda vem sendo atendida através de ações de qualificação financiadas pelo Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) e parcerias com os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF).

Desse modo a qualificação exigida para a obtenção da certificação será obtida através de treinamento específico aos profissionais. O treinamento consiste na conscientização e qualificação dos sondadores através de cursos, viabilizados por convênio entre instituições de ensino públicas ou privadas e a ABMS/ABGE ou mediante cursos coordenados por profissionais vinculados e indicados pela ABMS ou ABGE.

Ressalta-se que essas duas modalidades já foram utilizadas pelo ABMS - NRCO com sucesso, no caso do convênio firmado entre o Instituto Federal de Brasília e a ABMS-NRCO. Além das aulas teóricas e práticas, foram ministradas aulas de

alfabetização e matemática que totalizaram 205 horas-aulas, realizadas durante o período noturno e aos sábados.

A qualificação, educação profissional, é também um instrumento para o desenvolvimento da cidadania destes operários que não possuem na sua maioria mais de seis anos de escolaridade básica com poucas chances de voltarem à escola ou se capacitar.

No intuito de regular os convênios firmados entre as instituições públicas ou privadas de ensino e a ABMS, associação responsável pelo processo de certificação, apresenta-se a seguir nos Quadros 10, 11 e 12 os requisitos mínimos que devem ser observados pelas instituições que se responsabilizarão pela qualificação dos sondadores.

<b>Ocupação:</b>	Sondador
<b>Nível escolar</b>	Médio
<b>Campo de atuação:</b>	Execução de obras civis, rodoviárias e hidráulicas
<b>Descrição do perfil:</b>	Atua na coleta e identificação de amostras de solo, com emprego de diferentes instrumentos e técnicas de modo a permitir a estimativa do perfil do terreno destinado a obras em geral.

Quadro 10 – Ocupação, nível de escolaridade, campo de atuação e descrição do perfil necessário ao Profissional sondador.

<b>Perfil de atribuição mínimo</b>	
<b>Atividade</b>	<b>Critérios e avaliação:</b>
<b>1- Obter as dimensões e arranjos da obra no projeto;</b>	1.1 - Identificar as partes da obra, suas posições com um acerto de 100%; 1.2 - Usar a escala descrita para obter as dimensões de todas as partes da obra ; 1.3 - Obter a posição das sondagens de acordo com a descrição do projeto.
<b>2 - Planejar a execução dos serviços;</b>	2.1 - Escolher a técnica de execução adequada; 2.2 - Distribuir os materiais no local do serviço de modo a não haver perdas, não causar acidentes e agilizar o serviço; 2.3 - Solicitar o número de ajudantes necessários para o serviço; 2.4 - Prever a duração do trabalho; 2.5 - Listar os possíveis imprevistos; 2.6 - Solicitar ferramentas e equipamentos de apoio; 2.7 - Planejar o acesso de máquinas e equipamentos necessários.
<b>3 - Calcular a quantidade de materiais necessários à execução dos serviços;</b>	3.1 - Pedir as quantidades de materiais com margem de segurança; 3.2 - Listar todos os materiais necessários.
<b>4 - Manter o local de trabalho limpo e organizado;</b>	4.1 - Promover a limpeza do local antes e durante o serviço; 4.2 - Coletar os restos de materiais em locais de destino para reciclagem; 4.3 - Manter as ferramentas limpas, sem defeitos e organizadas em local adequado.
<b>5 - Adotar postura preventiva em relação às questões de saúde e prevenção de acidentes</b>	5.1 - Empregar os EPI's adequados ao serviço; 5.2 - Usar as estruturas coletivas de prevenção de acidentes; 5.3 - Adotar posturas corporais que previnam as doenças ocupacionais; 5.4 - Praticar ginástica laboral.
<b>6 - Coletar amostras amolgadas para identificação do solo</b>	6.1 - Coletar a amostra na quantidade pedida; 6.2 – Acondicionar as amostras em embalagens adequadas; 6.3 – Etiquetar as embalagens.
<b>7 - Identificar as amostras de solo</b>	7.1 identificar as amostras pelo método tátil – visual de acordo com a NBR 7280.
<b>8 - Executar sondagens a trado</b>	8.1 - Locar as sondagens no terreno e indicá-lo em um croqui; 8.2 - Executar as sondagens de acordo com a NBR 9603; 8.3 - Coletar as amostras e acondicioná-las adequadamente; 8.4 - Encerrar as sondagens de acordo com os critérios da norma; 8.5 - Preencher corretamente o boletim de campo;
<b>9 – Executar sondagens tipo SPT</b>	9.1 - Locar as sondagens no terreno e indicá-las em um croqui; 9.2 - Executar as sondagens de acordo com a NBR 6484;

	<p>9.3 - Coletar as amostras e acondicioná-las adequadamente;</p> <p>9.4 - Encerrar as sondagens de acordo com os critérios da norma;</p> <p>9.5 - Preencher corretamente o boletim de campo;</p> <p>9.6 - Pescar os equipamentos quando necessário;</p> <p>9.7 - Anotar o número de golpes corretamente;</p> <p>9.10 - Anotar o nível freático;</p> <p>9.11 - Anotar as profundidades de instalação do revestimento;</p> <p>9.12 - Decidir pelo uso ou não de lama bentonítica.</p>
<b>10 - Executar sondagens rotativas</b>	<p>10.1 - Locar as sondagens no terreno e indicá-lo em um croqui;</p> <p>10.2 - Executar as sondagens de acordo com a boa técnica;</p> <p>10.3 - Coletar as amostras e acondicioná-las adequadamente;</p> <p>10.4 - Encerrar as sondagens de acordo com os critérios da norma;</p> <p>10.5 - Preencher corretamente o boletim de campo;</p> <p>10.6 - Pescar os equipamentos quando necessário;</p> <p>10.7 - Anotar a profundidade de recuperação das amostras corretamente;</p> <p>10.8 - Anotar o nível freático;</p> <p>10.9 - Decidir pelo uso ou não de lama bentonítica;</p> <p>10.10 - Anotar as profundidades e tempos de manobra.</p>
<b>11 - Coletar amostras indeformadas de solo em poços</b>	<p>11.1 – Recortar as amostras no tamanho adequado;</p> <p>11.2 – Proteger as amostras contra perdas de umidade e impactos;</p> <p>11.3 – etiquetar as amostras corretamente;</p> <p>11.4 – preparar as amostras para o transporte.</p>

Quadro 11 – Perfil de atribuição mínimo ao profissional sondador.

<b>Perfil de competência</b>	<b>Conteúdos técnicos</b>	<b>Conteúdos propedêuticos</b>
<p>Atua na coleta e identificação de amostras de solo, com emprego de diferentes instrumentos e técnicas de modo a permitir a estimativa do perfil do terreno destinado a obras em geral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organização do trabalho de campo;</li> <li>- Saúde do trabalhador em trabalhos de campo;</li> <li>- Localização espacial do ponto;</li> <li>- Identificar e conhecer os equipamentos de ensaio;</li> <li>- Ler e interpretar normas técnicas;</li> <li>- Norma e metodologia para coleta de amostras;</li> <li>- Norma e metodologia para identificação de amostras;</li> <li>- Norma e metodologia para sondagem a trado;</li> <li>- Norma e metodologia para sondagem SPT;</li> <li>- Operação e manutenção dos</li> </ul>	<p>Ciências Sociais</p> <p>Matemática</p> <p>Ciências</p> <p>Linguagens</p> <p>Negócios</p> <p>Educação Ambiental</p> <p>Cidadania</p>

	equipamentos de sondagem; - Norma e metodologia para sondagem rotativa; - Norma e metodologia para coleta de amostras indeformadas em poço ou trincheiras. - Identificar, interpretar e preencher planilhas de sondagem.	
--	---	--

Quadro 12 – Perfil de competência, conteúdos técnicos e conteúdos propedêuticos associados ao profissional sondador.

### **3.3 REQUERIMENTO DA CERTIFICAÇÃO**

Antes de apresentar-se como postulante a certificação, a empresa interessada deverá atender como pré-requisito as seguintes exigências:

- a) Ser associada à ABMS ou ABGE, e ter a totalidade de suas equipes certificadas pelo MEC/MTE;
- b) Possuir em seu quadro funcional profissional de nível superior capacitado pela MEC/MTE que realize a supervisão das equipes de trabalho.

#### **3.3.1 Procedimentos de certificação / renovação de certificação**

Atendidos os pré-requisitos necessários a empresa interessada deverá solicitar a certificação junto a ABMS. Até a efetiva certificação da empresa é necessário que seja respeitado o rito processual descrito a seguir:

- a) Solicitação de certificado através de formulário específico;

- b) Indicação, por parte da empresa dos sondadores Certificados e do Profissional de nível superior responsável pelo acompanhamento dos trabalhos;
- c) Designação, por parte da ABMS/ABGE de comissão avaliadora por parte do comitê gestor de certificação;
- d) Análise do processo para verificação da existência dos indicadores de qualidade;
- e) Visita *in loco*, da comissão técnica de avaliação para verificar a conformidade dos equipamentos e dos procedimentos de norma.

Em havendo conformidade o certificado será emitido no prazo de 30 dias e a nova certificada recebe um lote de selos conforme seu pedido.

Contados dois anos da certificação ou da recertificação a empresa certificada deverá ingressar com pedido de recertificação sob pena de perder seu *status* de empresa certificada.

### **3.3.2 Comissão técnica avaliadora**

Para fornecer certificado a uma empresa, será constituída uma comissão técnica, preferencialmente com profissionais vindos de estados diferentes daquele onde está a solicitante da certificação.

A comissão técnica avaliadora será constituída por 3 profissionais sendo um docente da área de Geotecnia, em instituição credenciada pelo MEC – preferencialmente do curso técnico de nível médio da área em questão; dois membros engenheiros ou geólogos filiado à ABMS/ ABGE e com experiência profissional em sondagens.

### **3.3.3 Comitê gestor de certificação**

A certificação será gerida por um comitê gestor constituído por profissionais da ABMS ou ABGE com o seguinte perfil:

- a) Profissionais com experiência profissional em sondagens reconhecidas por ART;
- b) Docentes da área de Geotecnia com atuação didática e de pesquisa em sondagens;
- c) Diretores da ABMS / ABGE.

O comitê gestor será composto por seis profissionais sendo três de cada associação. A presidência do comitê será exercida alternadamente pelas duas associações. O mandato do comitê gestor é de dois anos.

Caberá ao comitê gestor:

- a) Implementar os critérios de certificação ouvidos os associados;
- b) Receber os pedidos de certificação;
- c) Indicar as comissões técnicas de avaliação;
- d) Manter atualizado o cadastro das empresas certificadas;
- e) Receber as denúncias de mau uso ou de não cumprimento das condições de certificação;
- f) Apurar as irregularidades denunciadas;
- g) Estabelecer os custos do processo de certificação.

### **3.3.5 Financiamento**

A certificação será financiada pelas empresas demandantes. Na composição dos custos deve-se considerar:

- a) O custo da realização da reunião de análise do pedido;
- b) O custo da visita *in loco* da comissão de avaliação;
- c) O valor da gratificação da comissão avaliadora;
- d) O custo da secretaria do comitê gestor;
- e) O custo das reuniões do comitê gestor;
- f) O custo dos selos a serem apostos em cada relatório de sondagem.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de Certificação apresentada se apóia em alguns fatores entre os quais se destacam: a baixa qualidade das sondagens realizadas e o descumprimento ao prescrito nas normas técnicas vigentes. Além disso o relatado pela literatura sobre os fatores de interferência nos ensaios de SPT, a crescente demanda por serviços especializados, a necessidade de diferenciar as empresas que prestam bons serviços no âmbito abordado e os prejuízos econômicos, ambientais, sociais e humanos ocasionados por sondagens negligentes.

Levou-se em consideração que todo processo se engrandece com a participação dos entes envolvidos, dessa forma um espaço foi aberto para que empresários, técnicos, pesquisadores, professores, representantes classistas e sondadores se manifestassem sobre o assunto.

Fomentando esse processo o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília realizou um projeto piloto e compôs mesas redondas em que idéias foram expostas, realidades foram relatadas e experiências foram compartilhadas.

Algumas das sugestões encaminhadas foram palco de profundas reflexões, entre as quais se destaca a limitação da produtividade diária em 15 metros para os ensaios de SPT. Essa recomendação expressa no do grupo 7 item 2 do eixo 1 e exemplo da necessidade de convergir as necessidade dos envolvidos sem se furtar do dever de legislar pela boa prática da engenharia e a previsão normativa.

Neste mesmo intuito, todos os quesitos, grupos e eixos que compõem a presente proposta de certificação abraçam os preceitos legais e normativas técnicas vigentes sobre a matéria em tela.

#### **4.1 Recomendações para Trabalhos Futuros**

Ciente da necessidade da validação da presente proposta de Certificação é indiscutível a relevância de se colocar a prova o método ora apresentado. Uma ação dessa natureza produziria efeitos de duplo sentido, uma vez que ao mesmo tempo em que as idéias trazidas pela certificação estariam sido avaliadas, a NBR 6484/2001 estaria em no foco das avaliações, haja vista que seus preceitos são contemplados pela proposta aqui apresentada.

Vale ressaltar que apenas essa ação, trazer a lume a NBR 6484/2001, já traria muitos seus efeitos, tendo em vista que, o que se verifica na prática das empresas de sondagem é um discreto conhecimento sobre essa matéria. Desprovidos do saber que circunda essa norma e alheios a importância desse tema não se pode esperar muito além da realidade ora vivenciada.

Uma vez que essa realidade não é privilégio das atividades de sondagem a SPT, nem tampouco da NBR 6484/2001, trabalhos de mesmo cunho, que se propuserem a certificar os demais ensaios de campo e de laboratório, estariam imbuídos no mesmo sentido e no entendimento desse subscritor teriam considerável relevância.

Considerando que esse século se descortina pautado pelas ações de certificações, ações conjuntas que realizem intervenções nesse sentido são capazes de colocar o segmento certificado em outro patamar, uma vez que a certificação tende a ser cada dia mais uma exigência do mercado e não um selo de prateleira.

Nesse contexto, intervenções dessa envergadura podem manifestadamente elevar o reconhecimento da relevância de certos ensaios/trabalhos e recolocá-los no caminho da melhoria contínua.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF (1999), “Manual de especificações de Produtos e Procedimentos” *Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia – ABEF - 2ª ed.*

ABOU-MATAR, H.; GOBLE, G.G. SPT Dynamic Analysis and Measurements. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, ASCE. Vol. 123, n. 10, p. 1997.

\_\_\_\_\_. Closure by Discussion on SPT Dynamic Analysis and Measurements, **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, ASCE. Vol.125, n. 6. 1999.

AGUIRRE, M.F.; SOTELO, R.R.; SCHNAID, F. El Ensayo de Penetración Standard (SPT) en la Práctica de Ingeniería Del Mercosur, In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, Brasília-DF, vol. II, 1998.

AOKI, N.; VELLOSO, D.A. An Approximated Method to estimate the Bearing Capacity of Piles, In: **Proceedings of the V Pan-American Conference on Soil and Foundation Engineering**, Buenos Aires. Vol. 5, 1975.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1586-84: Standard Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils, In: **Annual Book of Standard**, Philadelphia, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA. **Manual de especificações de Produtos e Procedimentos**. ABEF - 2ª Ed, 1999.

BELINCANTA, A. **Energia Dinâmica no SPT - Resultados de uma Investigação Teórico-Experimental**. 1985. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, USP, São Paulo-SP. 1985.

\_\_\_\_\_. **Avaliação de Fatores Intervenientes no Índice de Resistência à Penetração do SPT**. 1998. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Paulo, USP, São Carlos-SP, 1998.

BELINCANTA, A.; CINTRA, J.C.A. Fatores intervenientes em variantes do método ABNT para Execução do SPT. **Revista Solos e Rochas**. ABMS, vol. 21, n.3. 1998

BOGOSSIAN, F.; RODRIGUES, L.B. Sondagem à Percussão, o Equipamento Motorizada. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos**. São Paulo - SP. Vol. 1, 1974.

BOULANGER, R.W.; IDRIS, I.M. Discussion on SPT Dynamic Analysis and Measurements, **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**. Vol. 125, n. 6. Jun. 1999.

BROMS, B.B.; FLODIN, N. History of Soil Penetration Testing In: **Proceeding of the Penetration Testing – ISOPT-1**, Orlando, J. DE RUITER Ed. 1988.

BROWN, R.E. Drill Rod Influence on Standard Penetration Test. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 103, n. GT11. 1977.

BURLAND, J.B.; BURBIDGE, M.C. Settlements of Foundations on Sand and Gravel. In: **Proceeding of the Institution of Civil Engineers**. Vol. 78, Part 1. 1985.

CACAES, Luiz F., “5S’s, **Cinco Alicerces para a Qualidade**” Florianópolis, 1999.

CASAGRANDE, A.; CASAGRANDE, L. Report to American Electric Power Service Corporation on Foundation Investigation for the Donald E. **Cook Nuclear Power Plant**, Appendix G of amendment 5, Cambridge, Massachusetts, Ago. 1968

CLAYTON, C.R.I. SPT Energy Transmission: Theory Measurement and Significance. **Ground Engineering**. Vol. 23, n. 10, p. 33-42. 1990

CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à Teoria Geral da Administração. 4. ed. São Paulo: **Makron**, 1993

CONCIANI, W. (2011), “A Formação de Sondadores – experiência do IFB”, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – **Mesa Redonda: Sondagens – Método, Procedimentos e Qualidade**. Nº1, São Paulo- SP

DANZIGER, B.R. **Análise Dinâmica de Cravação de Estacas**. 1991. 543 p. Tese de Doutorado, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 1991.

GODOY, N.S. de. Discussion of the Standard Penetration Test. by V.F.B. de MELLO, In: **Proceedings of the IV Panamerican Conference on Soil mechanics and Foundation Engineering**. Porto Rico, vol. 1. 1971.

MELLO, V.F.B. de. Standard Penetration Test. In: **Proceedings of the IV Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**. Porto Rico, vol. 1. 1971..

DECOURT, L. *The Standard Penetration Test – State of Art Report*: In: **XII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**. Rio de Janeiro - RJ, vol.4. 1989..

\_\_\_\_\_. O Ensaio SPT com Medida de Torque (SPT-T). In: **Simpósio de Ensaios de Campo aplicados à Engenharia geotécnica na UNICAMP**. Campinas - SP. 1991.

\_\_\_\_\_. Fundações e Interação Solo Estrutura, Relatório Geral. In: **X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**. Foz do Iguaçu - PR. 1994.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, A.R. Capacidade de Cargas de Estacas a partir de Valores do SPT. In: **Anais do VI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos**. Rio de Janeiro - RJ. 1978.

DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A.R. The SPT-CF, An Improved SPT, In: **Anais do SEFE II**. vol.1, São Paulo – SP. 1991.

DELATIM, G.I. J. , “a Qualidade dos Serviços de Sondagens executadas no Brasil”, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – Mesa Redonda: Sondagens – **Método, Procedimentos e Qualidade**. Nº1, São Paulo- SP

FLETCHER, G.F.A. Standard Penetration Test: It’s Uses and Abuses, Clousere at Discussion, **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 91, n. SM4. 1965.

\_\_\_\_\_. Standard Penetration Test: It’s Uses and Abuses, Clousere at Discussion. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 93, n. SM3. 1967.

FUJITA, K.; OHNO, M. Stress Wave Theory application to standard Penetration Test in Japan. In: **Proceedings of the Stress Wave 2000**. Balkema. 2000.

GAIOTO, N. Sondagem-Relato. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**. São Paulo – SP. Vol. 4, 1974.

GEISSER, R.F. Discussion of Standard Penetration Test: Its Uses and Abuses **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 92, n. SM2. 1966.

GERBER, I. Sondagens-Relato In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**, São Paulo – SP. Vol. 4. 1974.

GIBBS, H.J.; HOLTZ, W.G. Research on Determining the Density of Sands by Spoon Penetration Testing. In: **Proceedings of the IV International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**. Londres. Vol. 1. 1957.

GONTIJO DE PAULA, C. Sondagens-Relato. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**. São Paulo – SP. Vol. 4. 1974.

HVORSLEV, M.J. Sampling Methods and Requirements. **Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purpose**. 1 ed., Chapter 4, Vicksburg, Mississippi, USA, Waterways Experiment Station. 1949.

IRELAND, H.O.; MORETTO, O.; VARGAS, M. The Dynamic Penetration Test: A Standard That is not Standardized. **Géotechnique**. Vol. 20, n. 2. 1970.

International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering. International reference Test Procedure for the Standard Penetration test (SPT) In: **Report of the International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering– TC 16 – Technical Committee on Penetration testing of Soils, with Reference Test Procedures – CPT – SPT – DP – WST**. 1989.

KOVACS, W.D. Velocity Measurement of Free-Fall SPT Hammer. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 105, n. GT1. 1979.

\_\_\_\_\_. What Constitutes a Turn? **Geotechnical Testing Journal**. Vol. 3 n. 3. 1980.

\_\_\_\_\_. Results and Interpretation of SPT Practice study, Technical Note. **Geotechnical Testing Journal**. ASTM. Vol. 4. n.3. 1981.

\_\_\_\_\_. Effects of SPT Equipment and Procedures on the Design of Shallow Foundations on Sand”, In: Proceedings of the Settlement. ASCE. **Geotechnical Special Publication**. New York. Vol. 1, n. 40. 1994.

KOVACS, W.D.; EVANS, J.C.; GRIFFITH, A.H. Towards a More Standardized SPT. In: **Proceedings of the IX International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**. Tokyo. Vol. 2. 1977.

\_\_\_\_\_. An Alternative to the Catchhead and Rope for the Standard Penetration Test. **Geotechnical Testing Journal**. Vol. 1, n.2, Jun. 1978.

KOVACS, W.D.; SALOMONE, L.A. SPT Hammer Energy Measurement. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 108, GT4. 1982.

\_\_\_\_\_. Closure of Discussion on SPT Hammer Energy Measurements. **Journal of Geotechnical Engineering**. ASCE. Vol. 110, n.4. 1984.

- LIAO, S.S.C.; WHITMAN, R.V. Overburden Correction Factors for SPT in Sand. **Journal of Geotechnical Engineering**. ASCE. Vol. 112, n.3. 1986.
- LIKER, Jeffrey k. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: **Bookman, 2005**. ISBN 85-363-0495-2.
- LO PINTO, V.J. Discussion on Standard Penetration Test: It's Use and Abuse. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 92, n. SM1. 1966.
- LOPES, F.R. Uma proposta para avaliação da Resistência de Argilas Moles no Ensaio SPT. **Revista Solos e Rochas**. Vol. 18, n.3. 1995.
- MAXIMIANO, Antônio Cesar Amaru. Da escola científica à competitividade na economia globalizada. 2. ed. São Paulo : **Atlas, 2000**.
- MATSUMOTO, K.; MATSUBARA, M. Effects of Road Diameter in the Standard Penetration Test. In: **Proceedings of the ESOPT-2, Penetration Testing**. Amsterdam. Vol.1. 1982.
- McLEAN, F.G.; FRANKLIN, A.G.; DAHLSTRAND, T.K. Influence of Mechanical variables on the SPT. **Specialty Conference on the In Situ Measurement of Soil Properties**. ASCE. Vol. 1. 1975.
- MOHR, H.A. Discussion on "Standard Penetration Test: It's Use and Abuse. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 92. N. SM1. 1966.
- NAKAO, R. **Aplicação da equação da Onda na Análise do Comportamento de Estacas Cravadas**. 1981. Dissertação de Mestrado. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ. 1981.
- NÁPOLES NETO, A.D.F. **Medida de Resistência à Penetração dos Solos em Sondagens de Reconhecimento, Estado Atual do problema no Brasil e, em Particular, no IPT**. Relatório Interno, São Paulo - SP. 1961.
- NBR 6484. **Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio**. 2001.
- NIXON, I.K. Standard Penetration test State-of-the-Art Report", In: **Proceedings of the ESOPT-2, Penetration Testing**. Amsterdam. Vol.1. 1982.
- NIYAMA, S. **Medições dinâmicas na cravação de estacas**. 1983. Dissertação de Mestrado. EPUSP, São Paulo – SP. 1983.

OLIVEIRA, H.G. Sondagens- Relato. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**. São Paulo – SP. Vol.4. 1974.

PALACIOS, A. **Theory and Measurements of Energy Transfer During Standard Penetration Test Sampling**. 1997. Tese de Pós-Doutorado. University of Florida, Gainesville, USA. 1977.

PALMER, D.J.; STUART, J.G. Some Observations on the Standard Penetration Test and the Correlation of the Test in-site with a New Penetrometer. In: **Proceedings of the VI International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**, Londres. Vol.1.1957.

PECK, R.B.; HANSON, W.E.; THORNBURN, T.H. Techniques of Subsurface Investigation. **Foundation Engineering**, 1ª ed., Chapter 5, New York, John Willey & Sons, Inc. 1953

PEREIRA, M.B. Sondagem-Relato. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**. São Paulo – SP. Vol.4. 1974.

PETERSON, JIM & SMITH, ROLAND (1998), *O Guia de Bolso do 5S*, Productivity Press

QUARESMA, A. Sondagens-Relato. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**. São Paulo – SP. Vol.4. 1974.

RANZINI, S.M.T. SPT-F - Standard Penetration Test, with Friction Measurement, **Revista Solos e Rochas**. ABMS. Vol. 11. 1988.

REBELATO, M.G., OLIVEIRA, L.S. Um estudo comparativo entre a gestão da qualidade total (TQM), o Seis Sigma e a ISO 9000. **Revista Gestão Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Campus Ponta Grossa, v. 02, nº 1. 2006.

ROCHA, H.C. “ Proposta de um Sistema de Avaliação da Qualidade e de Aceitação das Sondagens de Simple reconhecimento para as Obras do Metrô de São Paulo”, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – **Mesa Redonda: Sondagens – Método, Procedimentos e Qualidade. Nº1**, São Paulo- SP

SCHMERTMAN, J.H. Static Cone to Compute Settlement over Sand. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 96, n. SM3. 1970.

SCHMERTMAN, J.H. **Interpreting the Dynamics of the Standard Penetration Test**. Final Report on Project D-636 to the Florida Department of Transportation, Research Division, Waldo Road, Gainesville. 1976.

\_\_\_\_\_. Use the SPT to Measure Dynamic Soil Properties? – Yes, But. **Dynamic Geotechnical Testing**. ASTM. SPT 654. 1978.

\_\_\_\_\_. Statics of SPT. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 105, n. GT5. 1979.

SCHMERTMAN, J.H.; HARTMAN, J.P.; BROWN, P.R. Improvement Stain Influence Factors Diagrams. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 104, n. GT8. 1978.

SCHMERTMAN, J.H. & PALACIOS A. Energy Dynamics of SPT. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 105, n. GT8. 1979.

SCHNABEL, J.J. Discussion of Standard Penetration Test: Its Uses and Abuses. **Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division**. ASCE. Vol. 92, n. SM2. 1966.

SEED, R.B.; HARBER, L.F.Jr.; YOUD, T.L. Effects of Borehole Fluid on Standard Penetration Test Results. **Geotechnical Testing Journal**. Vol. 11, n.4. 1988.

SEED, H.B.; TOKIMATSU, K.; HADER, L.F.; CHUNG, R.M. Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resultance Evaluations. **Journal of Geotechnical Engineering**. ASCE. Vol. 111, n. 12. 1985.

SEROTA, S.; LOWTHER, G. SPT Practice Meets Critical Review. **Ground Engineering**. Vol. 6 n. 1. 1973.

SKEMPTON, A.W. Standard Penetration test Procedures and Effects in Sands Of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation. **Géotechnique**. Vol.36, n.3. 1986.

SIMON, H. The new rythless economy. Work and Power in the digital age, **Oxford University Press**, Paperback Edition.

TAYLOR, F.W. *The Principles of Scientific Management*, New York, NY, USA and London, UK: **Harper & Brothers**, LCCN 11010339, OCLC 233134. *Also available from Project Gutenberg.*

TEIXEIRA, A.H. A Padronização de Sondagens de Simples Reconhecimento. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**. Vol. 3, São Paulo - SP. 1974.

\_\_\_\_\_. Sondagens: Metodologia, erros mais comuns, normas de execução. In: **Anais do I Simpósio de Prospecção do Subsolo**. ABMS. Núcleo Nordeste, Recife – PE. 1977.

\_\_\_\_\_. Um aperfeiçoamento das Sondagens de Simples Reconhecimento à Percussão. In: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, EESC/USP, **Solos do Interior de São Paulo**, Capítulo 4. São Carlos – SP. 1993.

TEIXEIRA, C.A.A. A Evolução da qualidade. *Banas Qualidade*, São Paulo, ano 10, nº 100. 2000

TERZAGHI, K.; PECK, R.B. Soil Exploration. **Soil mechanics in Engineering Practice**. New York. 1 ed., Chapter 7. John Willey & Sons, Inc. 1948.

UTO, K.; FUYUKI, M. Present State and Future trend of Penetration testing in Japan. **Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering**.

VARGAS, M. Heritage Lecture: Soil Mechanics in Brazil. In: **Proceedings of the XII ICSMF**. Rio de Janeiro - RJ. Vol.4. 1989.

YOSHIMI, Y.; TOKIMATSU, K. SPT Practice Survey and Comparative Test. **Soils and Foundations**. Vol.23, n.3. 1983.