



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DOUGLAS CAVALCANTE DO CARMO

**FUNDAÇÃO SOBRE SOLO MELHORADO COM CIMENTO: ESTUDO DE
CASO DO BLOCO DE SALA DE AULA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ARARUNA
Junho - 2015**

DOUGLAS CAVALCANTE DO CARMO

**FUNDAÇÃO SOBRE SOLO MELHORADO COM CIMENTO: ESTUDO DE
CASO DO BLOCO DE SALA DE AULA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduação em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leidimar Bezerra.

**ARARUNA
Junho - 2015**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

C287f Carmo, Douglas Cavalcante do
Fundação sobre solo melhorado com cimento [manuscrito] :
estudo de caso do bloco de sala de aula do curso de Engenharia
Civil / Douglas Cavalcante do Carmo. - 2015.
58 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências
Tecnologia e Saúde, 2015.
"Orientação: Dr. Raimundo Leidimar Bezerra, Departamento
de Engenharia Civil".

1. Engenharia Civil. 2. Fundações. 3. Cimento. I. Título.
21. ed. CDD 624

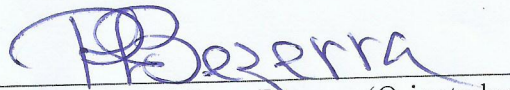
FUNDAÇÃO SOBRE SOLO MELHORADO COM CIMENTO: ESTUDO DE CASO DO
BLOCO DE SALAS DE AULA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

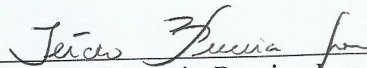
Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leidimar
Bezerra.

Aprovada em: 18/06/2015.

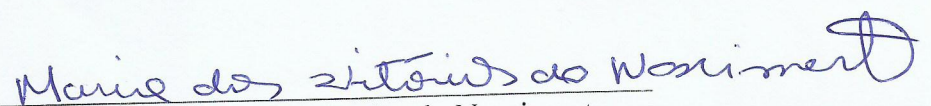
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Raimundo Leidimar Bezerra (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Tércio Pereira Jovem
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Maria das Vitórias do Nascimento
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

À Maria José de Lima Cavalcante (in memoriam),
minha avó materna, por seu apreço a família, por
todo amor, carinho, cuidado e incentivo que me
foi dedicado durante a infância, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por me conceder o dom da vida e por me conduzir por toda minha trajetória me guardando e livrando de todo acidente e incidente durante os cinco anos de curso, onde me deslocava de João Pessoa a Araruna todas as semanas

Aos meus pais Dornier Barbosa e Iris Conceição pelo esforço e participação que tiveram na realização deste sonho, pelo carinho amor e palavras de ânimo e conforto nos momentos de agonia.

Aos meus irmãos Diego e Davi pela compreensão por minha ausência nas reuniões familiares.

A minha adorável e querida namorada Thassia Mayara, que me apoiou e deu força durante todo o curso dessa jornada que agora conclui sua primeira etapa.

Aos meus amigos e companheiros Alan Victor, Luan Moraes, Lucas Leitão, Pedro Leitão, Marcus Vinícius e Thiago Araújo, pela paciência, conversas e risadas que tivemos durante o período que estivemos juntos na briosa Araruna.

Aos Engenheiros Civis: Anderson Rodrigues, Aderson Rodrigues, Chirlyne Cristina, Francisco Batista (Netinho) e Vitor Pontes, que contribuíram de forma impar para a realização deste trabalho.

Aos professores do Curso de Graduação da UEPB, em especial, Raimundo Leidimar, meu orientador, assim como José Jamilton, Laércio Leal e Cláudio Pereira, que contribuíram ao longo do curso, por meio das disciplinas e debates.

Aos funcionários da UEPB, Isabella Belmiro e Joaline Costa, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio.

“A estabilização de um solo consiste em dotá-lo de condições para resistir a deformações e ruptura durante sua vida útil, Senço, 2001.”

RESUMO

O presente trabalho se destina a análise do melhoramento de solo com cimento, ou solo-cimento, para base de fundação. Solução adotada na construção do bloco de sala de aula do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, campus VIII, onde o projeto de fundação foi realizado sem à análise previa das condições de suporte do solo. O estudo deteve-se no redimensionamento das sapatas a partir do perfil geotécnico do solo, assim como a investigação dos parâmetros de resistências do solo natural e melhorado, através de ensaios de cisalhamento direto e compressão simples respectivamente, para amostras indeformadas. Devido ao traço utilizado na execução do melhoramento, este atingiu alta resistência a compressão dando ao solo a capacidade de suporte excedente à necessária para suportar os esforços solicitantes de tensão.

Palavras-Chave: Fundação. Melhoramento. Solo-cimento.

ABSTRACT

This paper is intended to analysis of soil improvement with cement to the foundation base. Solution adopted in the construction of Civil Engineering Course of classroom block at the State University of Paraíba, campus VIII, where the foundation project was carried out without the analysis provided of ground support conditions. The study stopped in the resizing of shoes from the geotechnical soil profile, as well as the investigation of the natural and improved soil resistance parameters through direct shear tests and compressive respectively for undisturbed samples. Due to the stroke used in the implementation of improvement, this reached high resistance to compression giving the soil a surplus carrying capacity would be needed to support the internal forces of tension.

Keywords: Foundation. Soil cemente. Improvement.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1 – | Vista em planta das dimensões das valas das fundações..... | 14 |
| Figura 2 – | Corte esquemático da fundação..... | 14 |
| Figura 3 – | Fundações superficiais e profunda..... | 16 |
| Figura 4 – | Etapa de execução de sondagem a percussão..... | 21 |
| Figura 5 – | Caixa bipartida de placas para ensaio de cisalhamento..... | 21 |
| Figura 6 – | Prensa equipada com motor e sistema de transmissão de carga pendural.... | 22 |
| Figura 7 – | Curva de distribuição granulométrica..... | 22 |
| Figura 8 – | Perfil de resistência do solo natural..... | 26 |
| Figura 9 – | Resultados dos ensaios de cisalhamento direto..... | 27 |
| Figura 10 – | Critério de ruptura de Coulomb..... | 27 |
| Figura 11 – | Amostra indeformada de solo-cimento..... | 28 |
| Figura 12 – | Regularização das faces das amostras para realização do ensaio..... | 28 |
| Figura 13 – | Prensa manual..... | 29 |
| Figura 14 – | Sapata isolada..... | 32 |
| Figura 15 – | Sapata com pilar circular assente..... | 32 |
| Figura 16 – | Sapata com pilar em L..... | 33 |
| Figura 17 – | Sapata associada..... | 34 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|------------|---|----|
| Quadro 1 – | Análise granulométrica do solo..... | 24 |
| Quadro 2 – | Índices de plasticidade do solo..... | 25 |
| Quadro 3 – | Resultado do ensaio de compressão simples..... | 29 |
| Quadro 4 – | Dimensões dos pilares, sapatas e cargas do projeto executivo..... | 35 |
| Quadro 5 – | Dimensões das sapatas a partir do perfil geotécnico do solo..... | 38 |
| Quadro 6 – | Áreas das sapatas e variação percentual obtida entre elas..... | 40 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|--|
| AASHTO | American Association of State Highway and Transportation Officials |
| ATECEL® | Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior |
| IP | Índice de Plasticidade |
| LL | Limite de Liquidez |
| LP | Limite de Plasticidade |
| NBR | Norma Brasileira Regulamentadora |
| Nspt | Valor médio do número de golpes do ensaio SPT |
| PB | Paraíba |
| SC | Sand Clay |
| SPT | Standard Penetration Test |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|----|
| 1.0 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2.0 | OBJETIVO | 15 |
| 3.0 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 3.1 | Fundação | 16 |
| 3.1.1 | <i>Fundação superficial</i> | 17 |
| 3.1.2 | <i>Fundação profunda</i> | 17 |
| 3.2 | Estabilização de Solo | 18 |
| 3.2.1 | <i>Estabilização com cimento</i> | 19 |
| 3.3 | Ensaio de Resistência | 20 |
| 3.3.1 | <i>Sondagem à percussão</i> | 20 |
| 3.3.2 | <i>Cisalhamento direto</i> | 21 |
| 4.0 | CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS | 23 |
| 4.1 | Localização | 23 |
| 4.2 | Ensaio de Caracterização do Solo Natural | 23 |
| 4.2.1 | <i>Análise granulométrica</i> | 23 |
| 4.2.2 | <i>Limites de Atterberg</i> | 24 |
| 4.3 | Classificação do Solo | 25 |
| 4.4 | Ensaio de Resistência do Solo | 25 |
| 4.4.1 | <i>Sondagem à percussão com medida de SPT</i> | 25 |
| 4.4.2 | <i>Ensaio de cisalhamento direto</i> | 26 |
| 4.5 | Ensaio de Resistência do Solo Melhorado | 28 |
| 4.5.1 | <i>Ensaio de compressão simples</i> | 28 |
| 5.0 | DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES | 30 |
| 6.0 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 43 |
| 7.0 | CONCLUSÕES | 45 |
| | REFERÊNCIAS | 46 |
| | ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO | 48 |
| | ANEXO II – RELATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO NATURAL | 53 |
| | ANEXO III – PLANTA DE LOCAÇÃO | 54 |

1.0 INTRODUÇÃO

A construção civil é um elemento formatador da sociedade. Em virtude do seu crescimento e expansão novos empreendimentos são erguidos todos os anos, onde nem sempre são alocados em áreas que possuem um solo com uma boa capacidade de suporte.

O material mais utilizado na Engenharia Geotécnica é o solo e este apresenta características muito complexas e variáveis (Rosa, 2009). Os solos são um dos elementos mais importante no setor da construção, tanto no seu estado natural ou quando utilizado como material de construção. Porém, é muito frequente encontrar solos naturais que não atendem os requisitos necessários para cumprir adequadamente a função a qual são destinados.

Mediante a esta problemática pode-se optar pela realização de fundações profundas até uma camada competente, ou a substituição do material de baixa qualidade, assim como alterar as características do solo natural de tal modo que melhore seu comportamento, tornando-o capaz de atender de forma satisfatória às solicitações, através da estabilização química deste com a adição de cimento.

A estabilização química de solos com cimento, ou a utilização de solo cimento é o ponto de partida deste trabalho, tendo em vista que esta técnica foi utilizada na estabilização das bases das fundações do bloco de sala de aula do Curso de Engenharia Civil, da Universidade Estadual da Paraíba. O projeto executivo das fundações foi concebido sem a análise prévia do solo, adotando uma tensão admissível arbitrária para o dimensionamento das fundações de 200 kPa.

Após a execução das sondagens à percussão e a análise do perfil geotécnico do solo, as soluções adotadas para garantir a estabilidade das fundações e dar continuidade a execução dos serviços, a profundidade da escavação das valas foi alterada de 2,00 para 3,00 m de profundidade, feito um reaterro com solo-cimento com 0,50 m de espessura e sendo as sapatas executadas sobre essa camada de solo-cimento, dosado na proporção de 1:25. Durante a execução do solo-cimento, mediante a aprovação do fiscal da obra, o traço foi executado na proporção de 1:5, o que configura uma dosagem excessiva para esta finalidade. Normalmente em aplicações desta natureza, adota-se o traço de 1:20.

Figura 1 – Vista em planta das dimensões das valas das fundações.

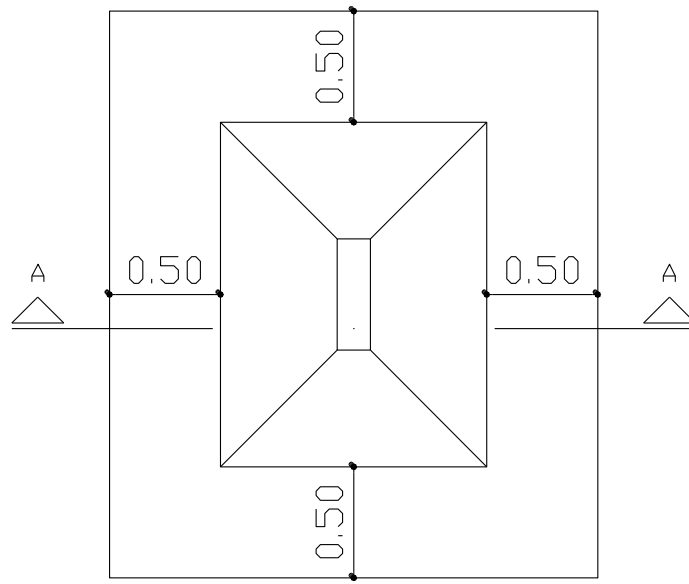
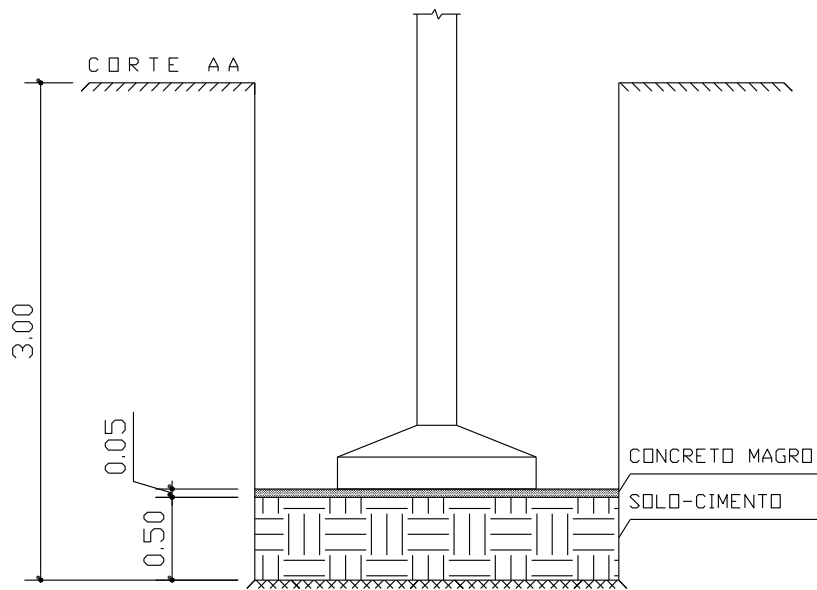


Figura 2 – Corte esquemático da fundação.



2.0 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a solução adotada para as fundações superficiais do prédio do Curso de Engenharia Civil do Campus VIII da UEPB e compará-la com o dimensionamento dessas fundações realizadas neste trabalho.

3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

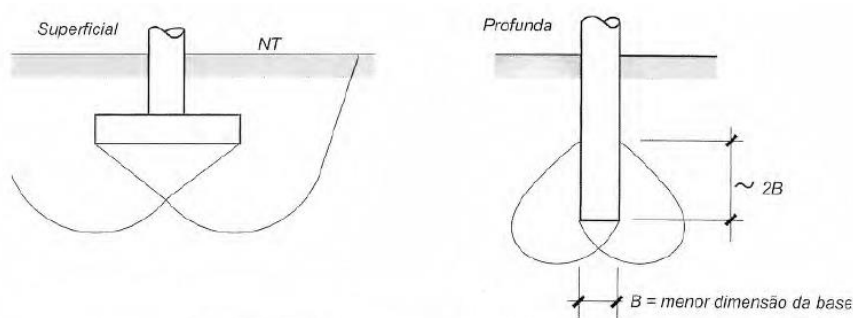
Neste capítulo é apresentada uma revisão dos principais tópicos abordados no estudo de caso, envolvendo aspectos relacionados às fundações, sua definição e classificação, estabilização do solo para fins de fundação com ênfase na estabilização com solo-cimento.

3.1 Fundação

Fundação é um termo utilizado na engenharia para designar as estruturas responsáveis por transmitir as solicitações das construções ao solo. Existem diversos tipos de fundações e são projetadas levando em consideração a carga que recebem e as características geotécnicas dos solos que as suportarão (MILTON VARGAS, 2002).

A fundação de uma obra de engenharia é o elemento estrutural responsável por receber as cargas concentradas dos pilares e distribuí-las de forma uniforme no solo, divididas em dois grandes grupos: fundação superficial e fundação profunda. Segundo Veloso (2012), a distinção entre esses dois tipos é feita segundo o critério arbitrário de que uma fundação profunda é aquela cujo mecanismo de ruptura de base não surgisse na superfície do terreno. Como os mecanismos de ruptura de base atingem, acima dela, tipicamente duas vezes sua menor dimensão.

Figura 3 – Fundações superficial e profunda.



Fonte: Veloso e Lopes 2010.

Os parâmetros para a escolha da fundação são condicionados por: topografia da área, características do maciço de solo, dados da estrutura e construções vizinhas, além dos aspectos econômicos.

No caso de fundações superficiais, abordagens de natureza semi-empírica são frequentemente utilizadas devido à ausência de modelos construtivos apropriados à descrição do comportamento do solo, à falta de dados experimentais para estabelecer correlações entre deformidade e grau de

cimentação e à dificuldade de interpretação de resultados de ensaios de campo (Sales, 1998).

3.1.1 Fundação superficial

A NBR 6122 (2010) define a fundação superficial (rasa ou direta) como elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

De acordo com a NBR 6122 (2010), enquadram-se na descrição acima os seguintes elementos:

i. Sapata

Elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de amadura, espacialmente dispostas para esse fim.

ii. Bloco

Elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura.

iii. Radier

Elemento de fundação superficial que abrange parte ou todos os pilares de uma estrutura, distribuindo os carregamentos.

iv. Sapata associada

Sapata comum a mais de um pilar.

v. Sapata corrida

Sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares ao longo de um mesmo alinhamento.

3.1.2 Fundação profunda

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

i. Estaca

Elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operários. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto, pré-moldado, concreto moldado in loco ou pela combinação dos anteriores.

ii. Tubulão

Elemento de fundação profunda, escavado no terreno, em que pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoas, que faz necessária para executar o alargamento de base ou pelo menos a limpeza do fundo da escavação, uma vez que, neste tipo de fundação as cargas são transmitidas predominantemente pela ponta.

3.2 Estabilização de Solo

Alterar as características e propriedades do solo com a finalidade de aumentar sua resistência, reduzir a compressibilidade, assim como a sensibilidade à ação de variações externas com finalidade de melhorar seu comportamento, compõe o conjunto de características de um solo estabilizado.

A estabilização de um solo consiste em dotá-lo de condições para resistir a deformações e rupturas durante sua vida útil, segundo Senço (2001) e Lopes (2002) descreve que, quantitativamente, a estabilização está associada a valores numéricos de resistência e durabilidade.

O resultado da estabilização, é, portanto, um novo material geotécnico, com propriedades próprias, capaz de preencher de maneira adequada às exigências para sua utilização, (Sales, 1998).

As melhorias das propriedades físicas do solo podem ser obtidas de várias formas, como por exemplo, por compactação, drenagem, estabilização granulométrica, estabilização por processos físico-químicos, estabilização térmica, injeção de materiais estabilizantes, entre outras (Vendruscolo, 1996).

3.2.1 Estabilização com cimento

A estabilização de um solo por adição de cimento consiste na preparação de uma mistura homogênea de solo pulverizado, cimento e água, em proporções determinada, em que há a ação estabilizante do cimento (Pereira, 1970).

O solo-cimento é definido por Pitta (1985) como uma mistura compactada e endurecida composta de solo, cimento e água, em proporções tais que confirmam ao produto características de durabilidade e resistência mecânica.

Segundo Bauer (2001), o solo-cimento é uma mistura íntima e bem proporcionada de solo com aglomerante hidráulico artificial denominado cimento Portland, de tal modo que haja uma estabilização daquele por este, melhorando as propriedades da mistura.

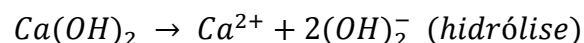
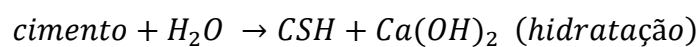
No início do processo de estabilização a primeira mudança notada é uma redução da plasticidade. Este fenômeno é relatado por Pitta (1995), como sendo causado, provavelmente, pela liberação de íons de cálcio no decorrer das reações iniciais de hidratação do cimento. Handy (1958) relatou que a cimentação resultante da adição de cimento Portland ao solo úmido, pode ser atribuída à combinação de ligações mecânicas do cimento como as superfícies minerais imperfeitas e ligações químicas estabelecidas entre o cimento e as superfícies minerais, sendo este processo o mais importante no caso dos solos finamente divididos, por causa da maior superfície específica envolvida (Lima et al).

As reações que ocorrem no sistema solo-cimento podem ser divididas em reações primárias e reações secundárias. Em solos muito granulares e sem argila, a ação cimentante se dá através dos produtos das reações primárias, já em solos predominantemente argilosos, a ação cimentante se dá através das reações secundárias (Vendruscolo, 1996).

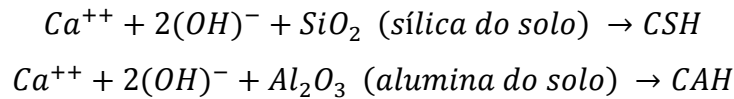
Moh (1965) estudou a natureza dos produtos de reações secundárias formadas a partir de quartzo, caulinita e silicato tricálcico e indentificou silicatos aluminatos de cálcio. Observou reduções nos picos de difração do quartzo e do hidróxido de cálcio, bem como a formação de CSH fracamente cristalizado. Essas observações parecem provar que as superfícies das partículas de quartzo são dissolvidas no meio alcalino e convertidas em gel silicato (Júnior, 1996).

Moh (1965) apresenta o seguinte balanceamento de reações para um sistema de solo-cimento:

Reações primárias:



Reações secundárias:



Bauer (2001) explica que a partir da hidratação do cimento (reações primárias), há uma mudança da carga elétrica no meio argiloso, através da troca de cátions, havendo uma tração entre as partículas, fazendo com que se reúnam, formando partículas maiores, determinando, desta forma, a perda da plasticidade da mistura, assim o produto final, caracteriza-se pela formação de cadeias hexagonais que isolam, em seu interior, partículas que não chegam a ser aglutinadas, impedindo sua dilatação pela impermeabilidade. Assegurando maior resistência devido a cimentação entre as partículas de solo.

Pode-se observar que na fase de hidratação, nas reações primárias, é produzida a cal. Nas reações secundárias, as substâncias cimentantes são formadas sobre a superfície das partículas de argila ou em sua vizinhança, causando a floculação dos grãos de argila cimentados nos pontos de contato (Sales, 1998).

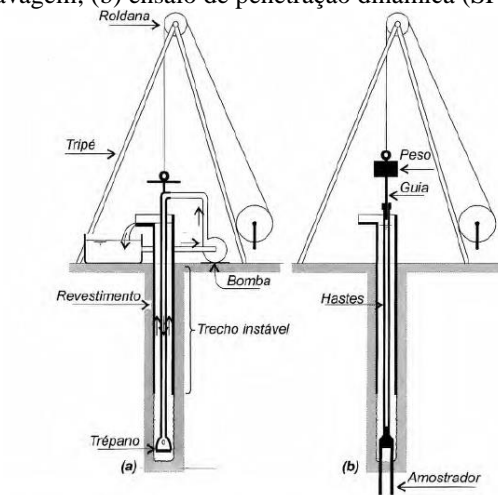
De acordo com Ingles e Metcalf (1972), para um solo estabilizado com cimento as propriedades da mistura dependem respectivamente do cimento e compactação, sendo que a compactação realizada após a hidratação do cimento torna-se praticamente ineficaz. Segundo o mesmo autor, a adição de pequenas quantidades de cimento, de até 2%, irá modificar as propriedades dos solos, enquanto que em quantidades maiores alterarão radicalmente as suas propriedades.

3.3 Ensaio de Resistência

3.3.1 Sondagem a percussão

A sondagem à percussão é um procedimento geotécnico de campo, capaz de amostrar o subsolo; quando associada ao ensaio de penetração dinâmica (SPT) mede a resistência do solo ao longo da profundidade perfurada. Ao se realizar uma sondagem à percussão pretende-se conhecer o tipo de solo, a resistência oferecida pelo solo à cravação do amostrador padrão e a posição do nível de água.

Figura 4 - Etapa de execução de sondagem à percussão (a) avanço da sondagem por desagregação e lavagem; (b) ensaio de penetração dinâmica (SPT).



Fonte: Lopes e Veloso 2012.

3.3.2 Cisalhamento direto

O ensaio de cisalhamento direto é o mais antigo procedimento para a determinação da resistência ao cisalhamento e se baseia diretamente no critério de Coulomb. Aplica-se uma tensão normal num plano e verifica-se a tensão cisalhante que provoca a ruptura (Pinto, 2006).

Para o ensaio de cisalhamento direto a amostra é acomodada na caixa bipartida, sendo a parte inferior fixa enquanto a superior pode movimentar-se aplicando tensões cisalhantes no solo, Figura 5, estando a caixa conectada à prensa (Figura 6).

Figura 5 - Caixa bipartida dotada de placas dentadas e perfuradas, pedras porosas de topo e base e quepe para transmissão de carga.



Figura 6 - Prensa equipada com motor e sistema de transmissão de carga pendural.



O critério de ruptura expressa matematicamente a envoltória de ruptura de um material. O critério de ruptura que melhor representa o comportamento dos solos é o de Mohr-Coulomb.

Segundo o critério de ruptura de Coulomb, não há ruptura se a tensão de cisalhamento não ultrapassar um valor dado pela expressão $c + f \cdot \sigma$, sendo c e f constantes do material e σ a tensão normal existente no plano de cisalhamento. Para Mohr não há ruptura enquanto o círculo representativo de tensões se encontrar no interior de uma curva, que é a envoltória dos círculos relativos a estados de ruptura, observados experimentalmente para o material (Pinto, 2006)

Ao se fazer uma reta como a envoltória de Mohr, seu critério de resistência fica análogo ao de Coulomb.

4 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Localização

O local de estudo situa-se nas dependências do Centro de Ciências Tecnologia e Saúde (campus VIII), da Universidade Estadual da Paraíba, situado no município de Araruna, PB, localizada na mesorregião do Agreste paraibano e na microrregião do Curimataú Oriental. O campus VIII está situado às margens da rodovia estadual PB 111, junto a subestação da concessionária de energia do município.

4.2 Ensaio de Caracterização do Solo Natural

Os ensaios de caracterização do solo natural foram realizados pela ATECEL® (Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior), para amostra de solo coletada a 3,00 m de profundidade, no nível do terreno regularizado.

4.2.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica é a determinação do tamanho das partículas presentes em um solo, expressa como uma porcentagem do peso seco total, sendo utilizado o método de peneiramento para determinar o diâmetro de partículas maiores que 0,075mm e o ensaio de sedimentação para partículas de solo com diâmetro inferior a 0,075mm.

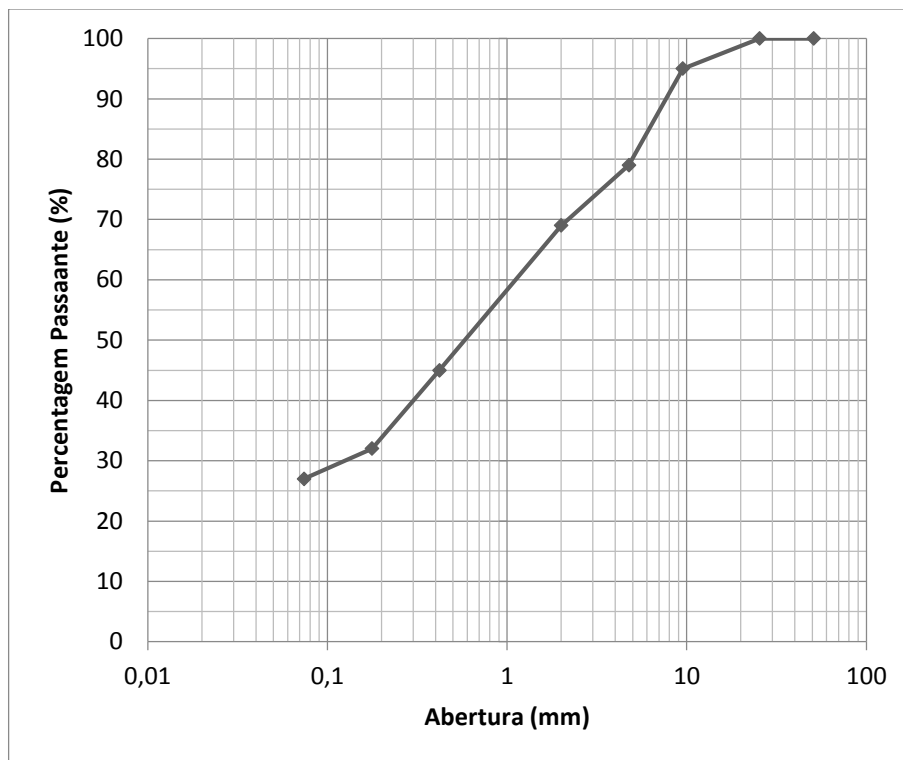
O método de peneiramento utilizado na caracterização do solo, o qual consiste em agitar a amostra de solo em um conjunto de peneiras que possuem furos progressivamente menores, segundo as especificações da NBR 7180.

Na Quadro 1 são apresentados os valores obtidos através da análise granulométrica, sendo apresentado na Figura 7 a curva de distribuição granulométrica da amostra.

Quadro 1 – Análise granulométrica do solo.

| Nº | Abertura mm | Percentagem Passante (%) |
|----------|----------------|-----------------------------|
| 2 pol. | 50,8 | 100 |
| 1 pol. | 25,4 | 100 |
| 3/8 pol. | 9,51 | 95 |
| 4 | 4,76 | 79 |
| 10 | 2 | 69 |
| 40 | 0,42 | 45 |
| 80 | 0,177 | 32 |
| 200 | 0,074 | 27 |

Figura 7 - Curva de distribuição granulométrica.



4.2.2 Limites de Atterberg

Os solos podem apresentar diferentes tipos de consistência a depender da quantidade de água que possuam. Essa consistência pode ser sólida, semi-sólida, plástica ou a de um fluido denso. Existem valores de teor de umidade que separam um estado de consistência de outro, são os limites de consistência. Estes limites são determinados empiricamente e são utilizados nos diversos sistemas de classificação do solo e refletem

uma série de propriedades dos solos finos, como tipo do argilo-mineral, sua atividade, estrutura, superfície específica, etc.

O teor de umidade que separa o estado plástico do estado líquido é chamado de limite de liquidez (LL). É o valor de umidade abaixo do qual o solo tem comportamento plástico. A umidade que delimita o estado semi-sólido do plástico é conhecido como limite de plasticidade (LP). O índice de plasticidade (IP) é definido como a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade do solo. A Quadro 2 mostra os índices de plasticidades do solo.

Quadro 2 - Índices de plasticidade do solo.

| LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-----------|-----------|-----------|
| 26 | 18 | 8 |

4.3 Classificação do Solo

A maioria dos sistemas de classificação de solos que foram desenvolvidos para fins de engenharia (classificação textural, AASHTO, sistema unificado de classificação) tem como base propriedades da distribuição granulométrica e a plasticidade. A partir dos parâmetros de classificação do sistema unificado o solo em estudo é identificado como uma areia bem graduada com argila e pedregulho inserido no grupo SC de classificação de solos, devido mais de 50 % da fração grossa ensaiada estar retida na peneira de número 4, mais de 12% passar na peneira 200 e mais de 15% da amostra formada de pedregulho.

4.4 Ensaio de Resistência do Solo

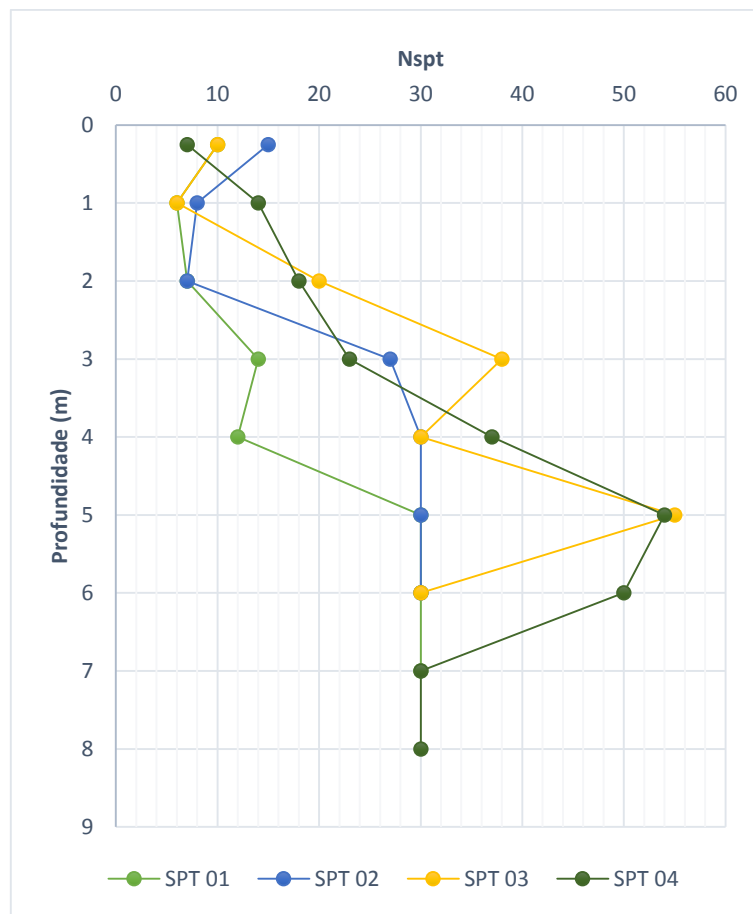
4.4.1 Sondagem à percussão com média de SPT

Para a análise e investigação do subsolo foram realizados quatro ensaios de Sondagem SPT (*Standard Penetration Test*) na forma de perfis geotécnicos individuais, executados pela CONCRESOLO durante o período de 31 de julho a 01 de agosto de 2014.

O método de execução dos ensaios segue os critérios da NBR 6484/2001 para Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT.

No Figura 8 são apresentados os quatro perfis de resistência do solo natural, obtidos através dos resultados dos golpes resultantes para cravação de 30 cm do amostrador padrão no solo natural. Os resultados dos ensaios e sua localização estão apresentados no Anexo I.

Figura 8 - Perfil de resistência do solo natural.



4.4.2 Ensaio de cisalhamento direto

O ensaio foi realizado para o conjunto de três amostras de solo indeformadas, extraídas a três metros de profundidade, no nível do terreno regularizado, sendo este realizado no Laboratório de Engenharia de Pavimentos da Universidade Federal de Campina Grande.

As Figuras 9 e 10 mostram os resultados dos ensaios de cisalhamento direto realizados com as amostras de solo extraídas dos blocos indeformados coletados na profundidade de assentamento das sapatas. Na Figura 10, observa-se que os parâmetros do solo obtidos são:

$$c = 0,58 \text{ kPa}$$

$$\phi = 17,9^\circ$$

Figura 9 - Resultados dos ensaios de cisalhamento direto.

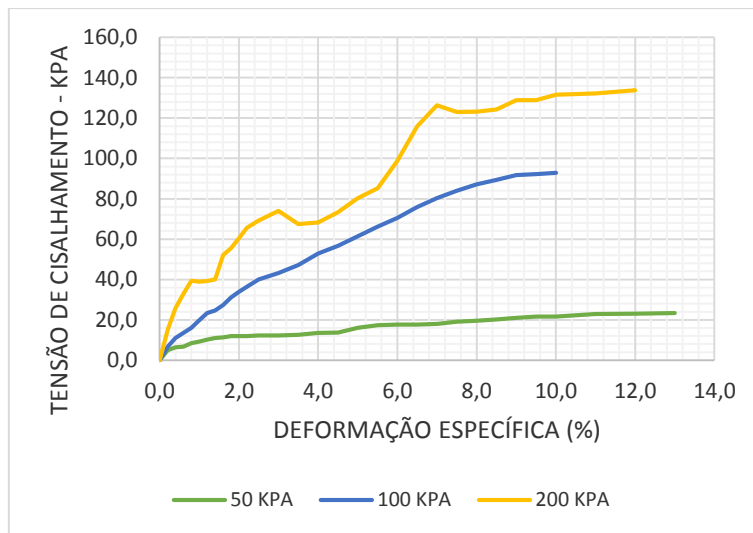
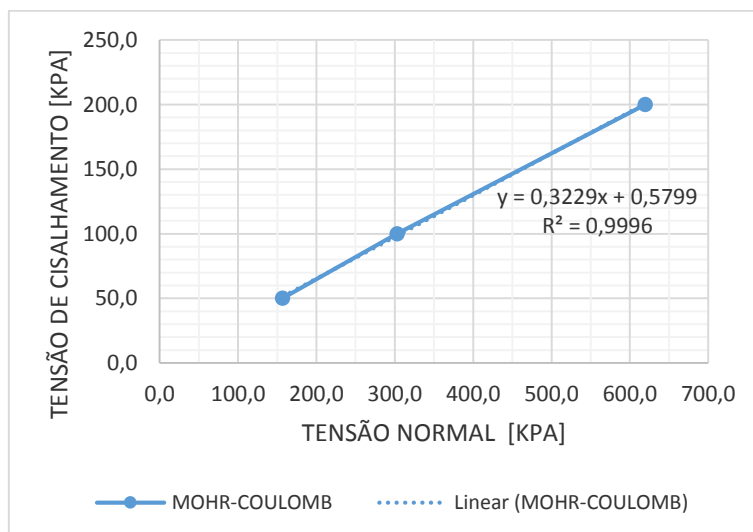


Figura 10 - Critério de ruptura de Coulomb.



4.5 Ensaio de Resistência do Solo Melhorado

4.5.1 Ensaio de compressão simples

O ensaio de compressão simples visa à determinação da resistência à compressão não confinada (ou simples) de corpos de prova, mediante aplicação de carga axial. A resistência à compressão é o valor da carga máxima de ruptura do material ou o valor da tensão correspondente à carga na qual ocorre deformação específica do corpo de prova.

O ensaio de compressão simples foi realizado para o conjunto de quatro amostras indeformadas de solo-cimento embebidas durante vinte quatro horas. Os resultados obtidos através do ensaio de compressão simples são mostrados na Quadro 3.

Figura 11 - Amostra indeformada de solo-cimento.



Figura 12 - Regularização das faces das amostras para realização do ensaio.



Figura 13 - Prensa manual.



Quadro 3 - Resultados dos ensaios de compressão simples.

| AMOSTRA | ALTURA cm | DIÂMETRO cm | ÁREA cm ² | TENSÃO DE RUPTURA MPa |
|---------|--------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 | 9,00 | 7,00 | 38,47 | 2,60 |
| 2 | 9,50 | 7,00 | 38,47 | 2,45 |
| 3 | 11,50 | 7,00 | 38,47 | 2,29 |
| 4 | 11,00 | 7,00 | 38,47 | 3,14 |

5 DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

A Quadro 4 apresenta os dados das sapatas executadas, no projeto das fundações do edifício.

Para a realização do novo dimensionamento das sapatas, considerou-se que elas estariam assentes na profundidade de 2,50 m, sobre uma camada de solo-cimento com 0,5 m de espessura (Figura 2)

Esta camada de solo-cimento têm as dimensões das cavas de fundação executadas, ou seja, tem as suas dimensões acrescentadas em 0,50 m em cada direção (Figura 1), com relação à projeção das sapatas executadas.

Admite-se, agora, para o cálculo da tensão admissível, que a largura da fundação é aquela dada pela largura da camada de solo-cimento, ou seja, $B_i + 0,50$ m. Assim determina-se o valor médio do N_{spt} dentro do bulbo de influência que é $B^* = 2(B_i + 0,50)$ e calcula-se σ_{adm} de acordo com a Equação (1). Com esta nova tensão admissível, recalcula-se as dimensões das sapatas, utilizando as Equações (6) e (4). Na Quadro 5 estão apresentados os resultados obtidos com o novo dimensionamento.

As tensões que as sapatas propagam no solo, o bulbo de tensões, atuam a profundidade de duas vezes a menor dimensão da sapata, sendo está determinada a partir das dimensões especificadas no projeto.

A tensão admissível do solo utilizada no dimensionamento (Equação 1) é determinada a partir do perfil geotécnico do solo, apresentado no primeiro furo do ensaio SPT (Anexo I).

$$\sigma = \frac{N_{spt}}{50} \text{ (MPa)} \quad (1)$$

Através dos valores da tensão admissível, carregamentos nos pilares e fator de segurança, a área da sapata é determinada pela Equação (2).

$$A = \frac{1,1P}{\sigma} \quad (2)$$

Em que:

A – área da sapata;

P – carga no pilar;

σ – tensão admissível do solo na região do bulbo de tensões.

Após determinadas as áreas das sapatas pode-se calcular suas dimensões, a e b , sendo: a o comprimento da sapata e b sua largura.

$$A = axb \quad (3)$$

Para que se tenha um dimensionamento econômico das sapatas, faz-se com que as bielas comprimidas sejam iguais. Assim:

$$a - b = a_0 - b_0 \Leftrightarrow a = (a_0 - b_0) + b \quad (4)$$

Substituindo (4) em (3),

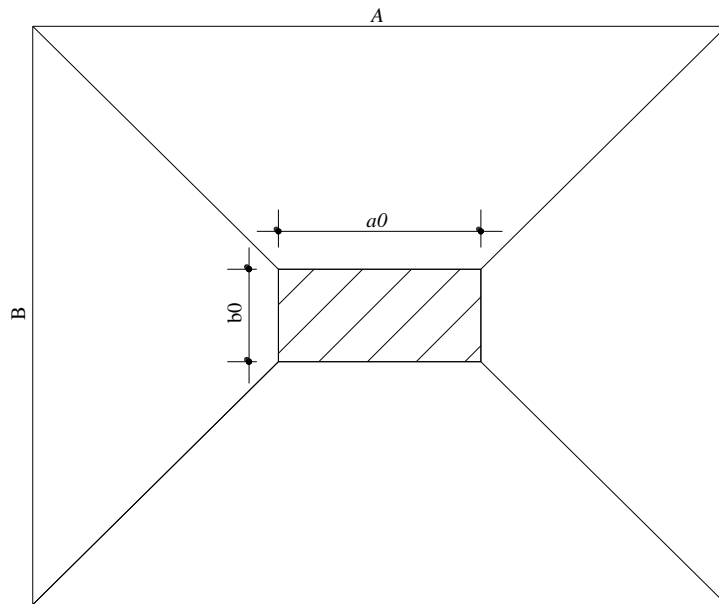
$$A = [(a_0 - b_0) + b]xb \quad (5)$$

Sendo a_0 e b_0 as seções do pilar assente a sapata.

Combinando as Equações (4) e (5), obtém-se uma equação de segundo grau, solucionada pelo teorema de Bhaskara, sendo sua raiz positiva o valor da base da sapata.

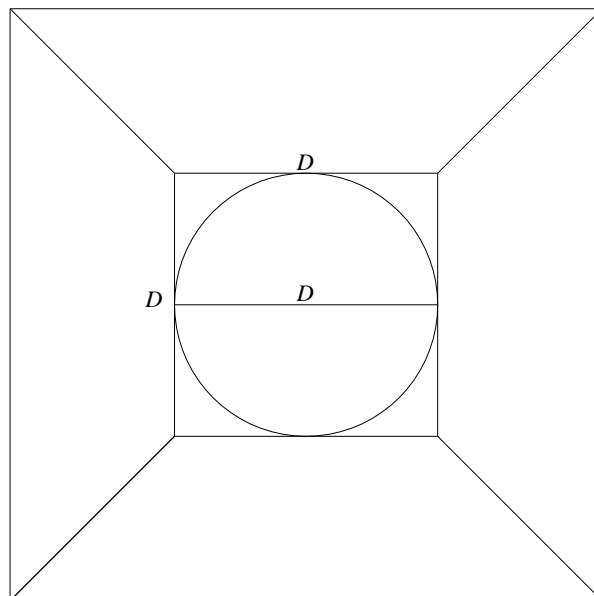
$$b = \frac{1}{2}(b_0 - a_0) + \sqrt{\frac{1}{4}(b_0 - a_0)^2 + A} \quad (6)$$

Figura 14 - Sapata isolada



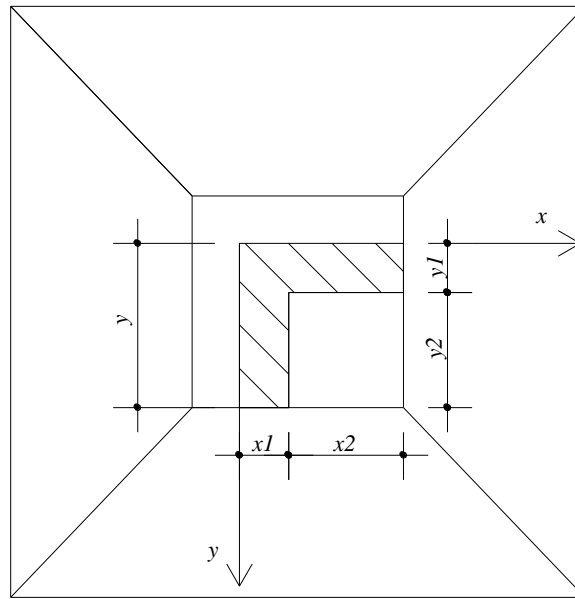
O dimensionamento das sapatas dos pilares circulares, S6, S9 e S71, assumem a mesma base de cálculo das demais sapatas, porém dimensionadas para pilares com seção quadrada, sendo as arestas de igual dimensão ao diâmetro do pilar.

Figura 15 - Sapata com pilar circular assente.



Já o dimensionamento das sapatas dos pilares em formato L , S69 e S74 exigem uma preparação, o qual consiste no cálculo das coordenadas do centro de carga do pilar que, neste caso, coincide com o centro de gravidade (7) e (8).

Figura 16 - Sapata com pilar em L.



$$X_G = \frac{\frac{1}{2}x_1^2y + y_1x_2x_1 + \frac{y_1x_2^2}{2}}{x_1y + x_2y_1} \quad (7)$$

$$Y_G = \frac{\frac{1}{2}(x_1y^2 + x_2y_1^2)}{x_1y + x_2y_1} \quad (8)$$

Por conseguinte, o retângulo circunscrito ao pilar possui o mesmo centro de gravidade com as calculadas de acordo com as Equações (9) e (10)

$$a_0 = 2(y - Y_G) \quad (9)$$

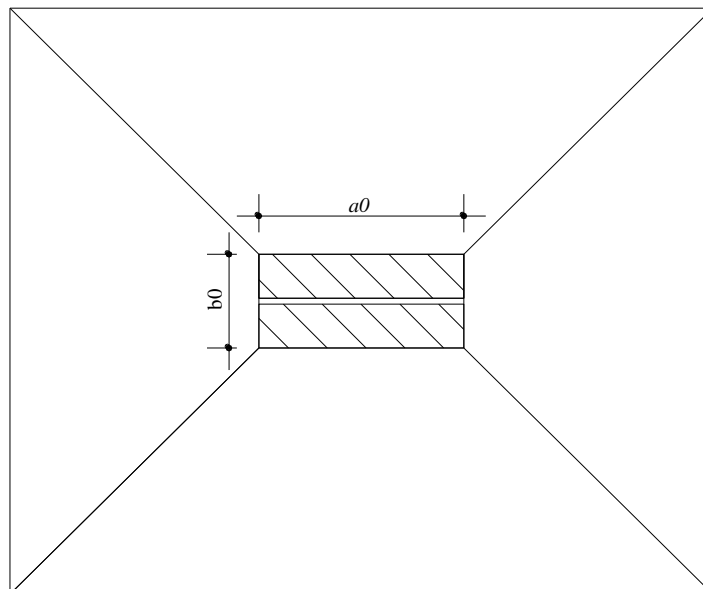
$$b_0 = 2(x - X_G) \quad (10)$$

Devido ao comprimento horizontal do prédio sua estrutura é dividida em cinco blocos estruturais independentes, separados por juntas de dilatação com 0,02 m de espaçamento, resultando na associação das sapatas dos pilares justaposto, com forme a planta em anexo.

As sapatas dos pilares: 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 59, 60, 61, 62, 63, 63, 65, 66, 76, 77, 78, 82, 79, 80, 98, 99, 100, 101, 102 e 103. Foram dimensionadas a

partir dos valores das arestas do polígono circunscrito aos pilares justaposto e calculadas pela mesma rotina das sapatas isoladas.

Figura 17 - Sapata associada.



Quadro 4 - Dimensões dos pilares, sapatas e cargas do projeto.

| PILAR | SEÇÃO DO PILAR | | CARGA (KN) | SAPATA | SEÇÃO DA SAPATA | | |
|-------|----------------|------------|---------------|--------|-----------------|-----------|----------------------------|
| | b0 (cm) | a0 (cm) | | | B (cm) | A (cm) | Área (cm ²) |
| P1 | 15 | 70 | 165 | S1 | 105 | 160 | 16800 |
| P2 | 15 | 50 | 307 | S2 | 130 | 165 | 21450 |
| P3 | 15 | 50 | 403 | S3 | 145 | 180 | 26100 |
| P4 | 15 | 50 | 254 | S4 | 120 | 155 | 18600 |
| P5 | 15 | 70 | 518 | S5 | 165 | 220 | 36300 |
| P6 | 40 | 40 | 839 | S6 | 235 | 235 | 55225 |
| P7 | 15 | 70 | 436 | S7 | 160 | 215 | 34400 |
| P8 | 20 | 60 | 1227 | S8 | 265 | 305 | 80825 |
| P9 | 40 | 40 | 475 | S9 | 180 | 180 | 32400 |
| P10 | 15 | 30 | 135 | S10 | 90 | 105 | 9450 |
| P11 | 15 | 70 | 491 | S11 | 165 | 220 | 36300 |
| P12 | 15 | 50 | 489 | S12 | 165 | 200 | 33000 |
| P13 | 15 | 30 | 203 | S13 | 115 | 130 | 14950 |
| P14 | 15 | 70 | 433 | S14 | 160 | 215 | 34400 |
| P15 | 20 | 50 | 1094 | S15 | 255 | 285 | 72675 |
| P16 | 15 | 50 | 222 | S16 | 120 | 155 | 18600 |
| P17 | 15 | 30 | 260 | S17 | 125 | 140 | 17500 |
| P18 | 15 | 30 | 115 | S18 | 90 | 105 | 9450 |
| P19 | 15 | 70 | 416 | S19 | 160 | 215 | 34400 |
| P20 | 20 | 50 | 789 | S20 | 215 | 245 | 52675 |
| P21 | 15 | 50 | 205 | S21 | 110 | 145 | 15950 |
| P22 | 15 | 30 | 227 | S22 | 120 | 135 | 16200 |
| P23 | 15 | 30 | 124 | S23 | 90 | 105 | 9450 |

Quadro 4 (cont.) - Dimensões dos pilares, sapatas e cargas do projeto.

| PILAR | SEÇÃO DO PILAR | | CARGA KN | SAPATA | SEÇÃO DA SAPATA | | |
|-------|-------------------|------------|-------------|--------|-----------------|-----------|----------------------------|
| | b0 (cm) | a0 (cm) | | | B (cm) | A (cm) | Área (cm ²) |
| P34 | 15 | 70 | 416 | S34 | 165 | 220 | 36300 |
| P35 | 20 | 50 | 798 | S35 | 215 | 245 | 52675 |
| P36 | 15 | 50 | 210 | S36 | 110 | 145 | 15950 |
| P37 | 15 | 30 | 225 | S37 | 115 | 130 | 14950 |
| P38 | 15 | 30 | 120 | S38 | 90 | 105 | 9450 |
| P39 | 15 | 70 | 425 | S39 | 165 | 220 | 36300 |
| P40 | 20 | 50 | 829 | S40 | 220 | 250 | 55000 |
| P41 | 15 | 50 | 178 | S41 | 105 | 140 | 14700 |
| P42 | 15 | 30 | 231 | S42 | 120 | 135 | 16200 |
| P43 | 15 | 30 | 113 | S43 | 90 | 105 | 9450 |
| P44 | 15 | 70 | 406 | S44 | 160 | 215 | 34400 |
| P45 | 20 | 50 | 789 | S45 | 215 | 245 | 52675 |
| P46 | 15 | 50 | 183 | S46 | 105 | 140 | 14700 |
| P47 | 15 | 30 | 233 | S47 | 120 | 135 | 16200 |
| P48 | 15 | 30 | 113 | S48 | 90 | 105 | 9450 |
| P49 | 15 | 70 | 424 | S49 | 160 | 215 | 34400 |
| P50 | 20 | 50 | 820 | S50 | 220 | 250 | 55000 |
| P51 | 15 | 50 | 179 | S51 | 105 | 140 | 14700 |
| P52 | 15 | 30 | 235 | S52 | 120 | 135 | 16200 |
| P53 | 15 | 30 | 116 | S53 | 85 | 95 | 8075 |
| P54 | 15 | 70 | 420 | S54 | 160 | 215 | 34400 |
| P55 | 20 | 50 | 805 | S55 | 215 | 245 | 52675 |
| P56 | 15 | 50 | 216 | S56 | 110 | 145 | 15950 |
| P57 | 15 | 30 | 248 | S57 | 120 | 135 | 16200 |
| P58 | 15 | 30 | 135 | S58 | 90 | 105 | 9450 |
| P67 | 15 | 50 | 573 | S67 | 180 | 215 | 38700 |
| P68 | 15 | 50 | 537 | S68 | 180 | 215 | 38700 |
| P69 | L 50 50 x 15 x 15 | | 349 | S69 | 170 | 170 | 28900 |
| P70 | 15 | 70 | 299 | S70 | 130 | 185 | 24050 |
| P71 | 80 | 80 | 406 | S71 | 245 | 245 | 60025 |
| P72 | 15 | 50 | 693 | S72 | 205 | 235 | 48175 |
| P73 | 15 | 50 | 658 | S73 | 200 | 230 | 46000 |
| P74 | L 50 50 x 15 x 15 | | 349 | S74 | 170 | 170 | 28900 |
| P75 | 15 | 70 | 339 | S75 | 140 | 195 | 27300 |
| P81 | 15 | 50 | 510 | S81 | 180 | 215 | 38700 |
| P83 | 15 | 70 | 426 | S83 | 160 | 215 | 34400 |
| P84 | 20 | 50 | 843 | S84 | 220 | 250 | 55000 |
| P85 | 15 | 70 | 132 | S85 | 105 | 160 | 16800 |
| P86 | 15 | 70 | 397 | S86 | 160 | 215 | 34400 |
| P87 | 20 | 50 | 728 | S87 | 205 | 235 | 48175 |
| P88 | 15 | 70 | 125 | S88 | 105 | 160 | 16800 |
| P89 | 15 | 70 | 377 | S89 | 150 | 205 | 30750 |
| P90 | 20 | 50 | 703 | S90 | 200 | 230 | 46000 |
| P91 | 15 | 70 | 133 | S91 | 105 | 160 | 16800 |
| P92 | 15 | 70 | 397 | S92 | 150 | 205 | 30750 |
| P93 | 20 | 50 | 738 | S93 | 205 | 235 | 48175 |
| P94 | 15 | 70 | 124 | S94 | 105 | 160 | 16800 |
| P95 | 15 | 70 | 399 | S95 | 150 | 205 | 30750 |
| P96 | 20 | 50 | 717 | S96 | 205 | 235 | 48175 |

Quadro 4 (cont.) - Dimensões dos pilares, sapatas e cargas do projeto.

| PILAR | SEÇÃO DO PILAR | | CARGA KN | SAPATA | SEÇÃO DA SAPATA | | |
|------------|----------------|------------|-------------|----------|-----------------|-----------|----------------------------|
| | b0 (cm) | a0 (cm) | | | B (cm) | A (cm) | Área (cm ²) |
| P97 | 15 | 70 | 158 | S97 | 105 | 160 | 16800 |
| P104 | 15 | 70 | 565 | S104 | 175 | 230 | 40250 |
| P105 | 15 | 70 | 567 | S105 | 175 | 230 | 40250 |
| P106 | 15 | 70 | 568 | S106 | 175 | 230 | 40250 |
| P107 | 15 | 70 | 584 | S107 | 175 | 230 | 40250 |
| P108 | 15 | 70 | 532 | S108 | 175 | 230 | 40250 |
| P109 | 15 | 70 | 559 | S109 | 175 | 225 | 39375 |
| P110 | 15 | 70 | 576 | S110 | 175 | 230 | 40250 |
| P111 | 15 | 70 | 597 | S111 | 175 | 225 | 39375 |
| P112 | 15 | 70 | 633 | S112 | 180 | 235 | 42300 |
| P113 | 15 | 70 | 624 | S113 | 180 | 235 | 42300 |
| P114 | 15 | 70 | 157 | S114 | 105 | 160 | 16800 |
| P115 | 15 | 50 | 301 | S115 | 130 | 165 | 21450 |
| P116 | 15 | 50 | 340 | S116 | 135 | 170 | 22950 |
| P117 | 15 | 70 | 147 | S117 | 100 | 150 | 15000 |
| P24 + 25 | 32 | 70 | 558 | S24-25 | 250 | 210 | 52500 |
| P26 + 27 | 20 | 72 | 1036 | S26-27 | 235 | 290 | 68150 |
| P28 + 29 | 15 | 72 | 137 | S28-29 | 85 | 145 | 12325 |
| P30 + 31 | 15 | 62 | 254 | S30-31 | 115 | 165 | 18975 |
| P32 + 33 | 15 | 62 | 109 | S32-33 | 75 | 125 | 9375 |
| P59 + 60 | 32 | 70 | 484 | S59-60 | 235 | 200 | 47000 |
| P61 + 62 | 32 | 50 | 878 | S61-62 | 250 | 235 | 58750 |
| P63 + 64 | 30 | 47 | 361 | S63-64 | 155 | 170 | 26350 |
| P65 + 66 | 15 | 62 | 247 | S65-66 | 110 | 155 | 17050 |
| P76 + 77 | 32 | 70 | 487 | S76-77 | 235 | 195 | 45825 |
| P78 + 82 | 32 | 50 | 975 | S78-82 | 260 | 245 | 63700 |
| P79 + 80 | 32 | 70 | 779 | S79-80 | 270 | 230 | 62100 |
| P98 + 99 | 32 | 70 | 539 | S98-99 | 230 | 195 | 44850 |
| P100 + 101 | 32 | 50 | 1006 | S100-101 | 265 | 250 | 66250 |
| P102 + 103 | 32 | 70 | 226 | S102-103 | 190 | 150 | 28500 |

O resultado do dimensionamento geométrico para as sapatas sob a mesma condição de carregamento alterando-se apenas as condições geotécnicas, são apresentados na Quadro 5.

Quadro 1 - Dimensionamento das sapatas a partir do perfil geotécnico do solo.

| SAPATA | 2B (cm) | N _{spt} | σ (kN/m ²) | CARGA (KN) | AREA (cm ²) | SEÇÃO DA SAPATA | |
|--------|------------|------------------|---------------------------|---------------|----------------------------|-----------------|-----------|
| | | | | | | B (cm) | A (cm) |
| S1 | 210 | 13,00 | 260,0 | 165 | 6981 | 60 | 115 |
| S2 | 260 | 18,67 | 373,3 | 307 | 9046 | 80 | 115 |
| S3 | 290 | 18,67 | 373,3 | 403 | 11874 | 100 | 130 |
| S4 | 240 | 13,00 | 260,0 | 254 | 10746 | 90 | 125 |
| S5 | 330 | 18,67 | 373,3 | 518 | 15263 | 100 | 155 |
| S6 | 470 | 18,67 | 373,3 | 832 | 24514 | 160 | 160 |
| S7 | 320 | 18,67 | 373,3 | 436 | 12846 | 90 | 145 |
| S8 | 530 | 18,67 | 373,3 | 1227 | 36153 | 175 | 215 |
| S9 | 360 | 18,67 | 373,3 | 475 | 13996 | 120 | 120 |
| S10 | 180 | 13,00 | 260,0 | 135 | 5712 | 70 | 85 |
| S11 | 330 | 18,67 | 373,3 | 491 | 14467 | 100 | 155 |
| S12 | 330 | 18,67 | 373,3 | 489 | 14408 | 105 | 140 |
| S13 | 230 | 13,00 | 260,0 | 203 | 8588 | 85 | 100 |
| S14 | 320 | 18,67 | 373,3 | 433 | 12758 | 90 | 145 |
| S15 | 510 | 18,67 | 373,3 | 1094 | 32234 | 165 | 195 |
| S16 | 240 | 13,00 | 260,0 | 222 | 9392 | 85 | 120 |
| S17 | 250 | 13,00 | 260,0 | 260 | 11000 | 100 | 115 |
| S18 | 180 | 13,00 | 260,0 | 115 | 4865 | 65 | 80 |
| S19 | 320 | 18,67 | 373,3 | 416 | 12257 | 90 | 145 |
| S20 | 430 | 18,67 | 373,3 | 789 | 23247 | 140 | 170 |
| S21 | 220 | 13,00 | 260,0 | 205 | 8673 | 80 | 115 |
| S22 | 240 | 13,00 | 260,0 | 227 | 9604 | 95 | 110 |
| S23 | 180 | 13,00 | 260,0 | 124 | 5246 | 65 | 80 |
| S34 | 330 | 18,67 | 373,3 | 416 | 12257 | 90 | 145 |
| S35 | 430 | 18,67 | 373,3 | 798 | 23513 | 140 | 170 |
| S36 | 220 | 13,00 | 260,0 | 210 | 8885 | 80 | 115 |
| S37 | 230 | 13,00 | 260,0 | 225 | 9519 | 90 | 105 |
| S38 | 180 | 13,00 | 260,0 | 120 | 5077 | 65 | 80 |
| S39 | 330 | 18,67 | 373,3 | 425 | 12522 | 90 | 145 |
| S40 | 440 | 18,67 | 373,3 | 829 | 24426 | 145 | 175 |
| S41 | 210 | 13,00 | 260,0 | 178 | 7531 | 75 | 110 |
| S42 | 240 | 13,00 | 260,0 | 231 | 9773 | 95 | 110 |
| S43 | 180 | 13,00 | 260,0 | 113 | 4781 | 65 | 80 |
| S44 | 320 | 18,67 | 373,3 | 406 | 11963 | 85 | 140 |
| S45 | 430 | 18,67 | 373,3 | 789 | 23247 | 140 | 170 |
| S46 | 210 | 13,00 | 260,0 | 183 | 7742 | 75 | 110 |
| S47 | 240 | 13,00 | 260,0 | 233 | 9858 | 95 | 110 |
| S48 | 180 | 13,00 | 260,0 | 113 | 4781 | 65 | 80 |
| S49 | 320 | 18,67 | 373,3 | 424 | 12493 | 90 | 145 |
| S50 | 440 | 18,67 | 373,3 | 820 | 24161 | 145 | 175 |
| S51 | 210 | 13,00 | 260,0 | 179 | 7573 | 75 | 110 |
| S52 | 240 | 13,00 | 260,0 | 235 | 9942 | 95 | 110 |
| S53 | 170 | 13,00 | 260,0 | 116 | 4908 | 65 | 80 |
| S54 | 320 | 18,67 | 373,3 | 420 | 12375 | 90 | 145 |
| S55 | 430 | 18,67 | 373,3 | 805 | 23719 | 140 | 170 |
| S56 | 220 | 13,00 | 260,0 | 216 | 9138 | 80 | 115 |
| S57 | 240 | 13,00 | 260,0 | 248 | 10492 | 95 | 110 |
| S58 | 180 | 13,00 | 260,0 | 135 | 5712 | 70 | 85 |
| S67 | 360 | 18,67 | 373,3 | 573 | 16883 | 115 | 150 |
| S68 | 360 | 18,67 | 373,3 | 537 | 15822 | 110 | 145 |

Quadro 5 (cont.) - Dimensionamento das sapatas a partir do perfil geotécnico do solo.

| SAPATA | 2B (cm) | Nspt | σ (kN/m ²) | CARGA (KN) | AREA (cm ²) | SEÇÃO DA SAPATA | |
|--------|------------|-------|----------------------------------|---------------|----------------------------|-----------------|-----------|
| | | | | | | B (cm) | A (cm) |
| S69 | 340 | 18,67 | 373,3 | 349 | 10283 | 105 | 105 |
| S70 | 260 | 18,67 | 373,3 | 299 | 8810 | 70 | 125 |
| S71 | 490 | 18,67 | 373,3 | 406 | 11963 | 110 | 110 |
| S72 | 410 | 18,67 | 373,3 | 693 | 20419 | 130 | 165 |
| S73 | 400 | 18,67 | 373,3 | 658 | 19388 | 125 | 160 |
| S74 | 340 | 18,67 | 373,3 | 349 | 10283 | 105 | 105 |
| S75 | 280 | 18,67 | 373,3 | 339 | 9988 | 80 | 135 |
| S81 | 360 | 18,67 | 373,3 | 510 | 15027 | 110 | 145 |
| S83 | 320 | 18,67 | 373,3 | 426 | 12552 | 90 | 145 |
| S84 | 440 | 18,67 | 373,3 | 843 | 24838 | 145 | 175 |
| S85 | 210 | 13,00 | 260,0 | 132 | 5585 | 60 | 110 |
| S86 | 320 | 18,67 | 373,3 | 397 | 11697 | 85 | 140 |
| S87 | 410 | 18,67 | 373,3 | 728 | 21450 | 135 | 165 |
| S88 | 210 | 13,00 | 260,0 | 125 | 5288 | 60 | 105 |
| S89 | 300 | 18,67 | 373,3 | 377 | 11108 | 85 | 140 |
| S90 | 400 | 18,67 | 373,3 | 703 | 20713 | 130 | 160 |
| S91 | 210 | 13,00 | 260,0 | 133 | 5627 | 60 | 110 |
| S92 | 300 | 18,67 | 373,3 | 397 | 11697 | 85 | 140 |
| S93 | 410 | 18,67 | 373,3 | 738 | 21745 | 135 | 165 |
| S94 | 210 | 13,00 | 260,0 | 124 | 5246 | 60 | 105 |
| S95 | 300 | 18,67 | 373,3 | 399 | 11756 | 85 | 140 |
| S96 | 410 | 18,67 | 373,3 | 717 | 21126 | 135 | 165 |
| S97 | 210 | 13,00 | 260,0 | 158 | 6685 | 60 | 115 |
| S104 | 350 | 18,67 | 373,3 | 565 | 16647 | 105 | 160 |
| S105 | 350 | 18,67 | 373,3 | 567 | 16706 | 105 | 160 |
| S106 | 350 | 18,67 | 373,3 | 568 | 16736 | 105 | 160 |
| S107 | 350 | 18,67 | 373,3 | 584 | 17207 | 110 | 165 |
| S108 | 350 | 18,67 | 373,3 | 532 | 15675 | 105 | 160 |
| S109 | 350 | 18,67 | 373,3 | 559 | 16471 | 105 | 160 |
| S110 | 350 | 18,67 | 373,3 | 576 | 16971 | 110 | 165 |
| S111 | 350 | 18,67 | 373,3 | 597 | 17590 | 110 | 165 |
| S112 | 360 | 18,67 | 373,3 | 633 | 18651 | 115 | 170 |
| S113 | 360 | 18,67 | 373,3 | 624 | 18386 | 115 | 170 |
| S114 | 210 | 13,00 | 260,0 | 157 | 6642 | 60 | 115 |
| S115 | 260 | 18,67 | 373,3 | 301 | 8869 | 80 | 115 |
| S116 | 270 | 18,67 | 373,3 | 340 | 10018 | 85 | 120 |
| S117 | 200 | 13,00 | 260,0 | 147 | 6219 | 60 | 115 |
| S24-25 | 500 | 18,67 | 373,3 | 558,0 | 16441 | 115 | 150 |
| S26-27 | 470 | 18,67 | 373,3 | 1036,0 | 30525 | 155 | 205 |
| S28-29 | 170 | 13,00 | 260,0 | 137,0 | 5796 | 60 | 110 |
| S30-31 | 230 | 13,00 | 260,0 | 254,0 | 10746 | 85 | 130 |
| S32-33 | 150 | 13,00 | 260,0 | 109,0 | 4612 | 60 | 95 |
| S59-60 | 470 | 18,67 | 373,3 | 484,0 | 14261 | 105 | 140 |
| S61-62 | 500 | 18,67 | 373,3 | 878,0 | 25870 | 155 | 170 |
| S63-64 | 310 | 18,67 | 373,3 | 361,0 | 10637 | 95 | 115 |
| S65-66 | 220 | 13,00 | 260,0 | 247,0 | 10450 | 85 | 130 |
| S76-77 | 470 | 18,67 | 373,3 | 487,0 | 14349 | 105 | 140 |
| S78-82 | 520 | 18,67 | 373,3 | 975,0 | 28728 | 165 | 180 |
| S79-80 | 540 | 18,67 | 373,3 | 779,0 | 22953 | 135 | 175 |

Quadro 5 (cont.) - Dimensionamento das sapatas a partir do perfil geotécnico do solo.

| SAPATA | 2B (cm) | N _{spt} | σ (kN/m ²) | CARGA (KN) | AREA (cm ²) | SEÇÃO DA SAPATA | |
|----------|------------|------------------|---------------------------|---------------|----------------------------|-----------------|-----------|
| | | | | | | B (cm) | A (cm) |
| S98-99 | 460 | 18,67 | 373,3 | 539,0 | 15881 | 110 | 150 |
| S100-101 | 530 | 18,67 | 373,3 | 1006,0 | 29641 | 165 | 185 |
| S102-103 | 380 | 18,67 | 373,3 | 226,0 | 6659 | 65 | 105 |

Apresenta-se no Quadro 6 as áreas das sapatas calculadas pelo projetista das fundações (Ap) e as áreas calculadas neste trabalho (At) e a variação percentual obtida sobre as áreas das sapatas.

Quadro 6 – Áreas das sapatas e variação percentual obtida entre elas.

| SAPATA | Ap (m ²) | At (m ²) | Ap/At x 100 (%) | SAPATA | Ap (m ²) | At (m ²) | Ap/At x 100 (%) |
|--------|----------------------|----------------------|--------------------|--------|----------------------|----------------------|--------------------|
| S1 | 1,68 | 0,69 | 243 | S48 | 0,95 | 0,52 | 182 |
| S2 | 2,15 | 0,92 | 233 | S49 | 3,44 | 1,31 | 264 |
| S3 | 2,61 | 1,30 | 201 | S50 | 5,50 | 2,54 | 217 |
| S4 | 1,86 | 1,13 | 165 | S51 | 1,47 | 0,83 | 178 |
| S5 | 3,63 | 1,55 | 234 | S52 | 1,62 | 1,05 | 155 |
| S6 | 5,52 | 2,56 | 216 | S53 | 0,81 | 0,52 | 155 |
| S7 | 3,44 | 1,31 | 264 | S54 | 3,44 | 1,31 | 264 |
| S8 | 8,08 | 3,76 | 215 | S55 | 5,27 | 2,37 | 222 |
| S9 | 3,24 | 1,44 | 225 | S56 | 1,60 | 0,91 | 175 |
| S10 | 0,95 | 0,60 | 159 | S57 | 1,62 | 1,05 | 154 |
| S11 | 3,63 | 1,55 | 234 | S58 | 0,95 | 0,60 | 159 |
| S12 | 3,30 | 1,47 | 224 | S67 | 3,87 | 1,73 | 224 |
| S13 | 1,50 | 0,86 | 174 | S68 | 3,87 | 1,60 | 243 |
| S14 | 3,44 | 1,31 | 264 | S69 | 2,89 | 1,10 | 262 |
| S15 | 7,27 | 3,22 | 225 | S90 | 4,60 | 2,07 | 222 |
| S16 | 1,86 | 1,02 | 182 | S91 | 1,68 | 0,66 | 255 |
| S17 | 1,75 | 1,15 | 152 | S92 | 3,08 | 1,19 | 258 |
| S18 | 0,95 | 0,52 | 182 | S93 | 4,82 | 2,23 | 216 |
| S19 | 3,44 | 1,31 | 264 | S94 | 1,68 | 0,63 | 267 |
| S20 | 5,27 | 2,38 | 221 | S95 | 3,08 | 1,19 | 258 |
| S21 | 1,60 | 0,92 | 173 | S96 | 4,82 | 2,23 | 216 |
| S22 | 1,62 | 1,05 | 155 | S97 | 1,68 | 0,69 | 243 |
| S23 | 0,95 | 0,52 | 180 | S104 | 4,03 | 1,68 | 240 |
| S34 | 3,63 | 1,31 | 278 | S105 | 4,03 | 1,67 | 241 |
| S35 | 5,27 | 2,38 | 221 | S106 | 4,03 | 1,67 | 241 |
| S36 | 1,60 | 0,92 | 173 | S107 | 4,03 | 1,82 | 222 |
| S37 | 1,50 | 0,95 | 157 | S108 | 4,03 | 1,68 | 240 |
| S38 | 0,95 | 0,52 | 182 | S109 | 3,94 | 1,68 | 234 |
| S39 | 3,63 | 1,31 | 278 | S110 | 4,03 | 1,82 | 222 |
| S40 | 5,50 | 2,54 | 217 | S111 | 3,94 | 1,82 | 217 |
| S41 | 1,47 | 0,83 | 178 | S112 | 4,23 | 1,96 | 216 |
| S42 | 1,62 | 1,05 | 155 | S113 | 4,23 | 1,96 | 216 |
| S43 | 0,95 | 0,52 | 182 | S114 | 1,68 | 0,69 | 243 |
| S44 | 3,44 | 1,20 | 288 | S115 | 2,15 | 0,92 | 233 |
| S45 | 5,27 | 2,38 | 221 | S116 | 2,30 | 1,02 | 225 |
| S46 | 1,47 | 0,83 | 178 | S117 | 1,50 | 0,69 | 217 |
| S47 | 1,62 | 1,05 | 155 | S24-25 | 5,25 | 1,73 | 304 |

Quadro 6 (cont.) – Áreas das sapatas e variação percentual obtida entre elas.

| SAPATA | Ap (m ²) | At (m ²) | Ap/At x 100 (%) | SAPATA | Ap (m ²) | At (m ²) | Ap/At x 100 (%) |
|--------|----------------------|----------------------|-----------------|----------|----------------------|----------------------|-----------------|
| S70 | 2,41 | 0,88 | 273 | S26-27 | 6,82 | 3,18 | 214 |
| S71 | 6,00 | 1,21 | 496 | S28-29 | 1,23 | 0,66 | 187 |
| S72 | 4,82 | 2,15 | 225 | S30-31 | 1,90 | 1,10 | 172 |
| S73 | 4,60 | 2,00 | 230 | S32-33 | 0,94 | 0,57 | 164 |
| S74 | 2,89 | 1,10 | 262 | S59-60 | 4,70 | 1,47 | 320 |
| S75 | 2,73 | 1,08 | 253 | S61-62 | 5,88 | 2,64 | 223 |
| S81 | 3,87 | 1,60 | 243 | S63-64 | 2,64 | 1,09 | 241 |
| S83 | 3,44 | 1,31 | 264 | S65-66 | 1,71 | 1,11 | 154 |
| S84 | 5,50 | 2,54 | 217 | S76-77 | 4,58 | 1,47 | 311 |
| S85 | 1,68 | 0,66 | 255 | S78-82 | 6,37 | 2,97 | 214 |
| S86 | 3,44 | 1,19 | 289 | S79-80 | 6,21 | 2,36 | 263 |
| S87 | 4,82 | 2,23 | 216 | S98-99 | 4,49 | 1,65 | 272 |
| S88 | 1,68 | 0,63 | 266 | S100-101 | 6,63 | 3,05 | 217 |
| S89 | 3,08 | 1,19 | 258 | S102-103 | 2,85 | 0,68 | 419 |

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Analisando-se a Quadro 6, observa-se que houve uma redução significativa nas áreas das sapatas, ou seja, uma redução média de 54%. Ressalta-se que para o novo dimensionamento adotou-se o perfil geotécnico mais desfavorável entre todos os perfis. Isso significa que esta redução poderia ser maior se levássemos em consideração a influência da camada de solo-cimento e a utilização de um perfil geotécnico médio, em vez do mais desfavorável. Verificou-se que mesmo utilizando o perfil mais desfavorável as sapatas: 85, 88, 91, 94, 97, 114, 117; apresentaram dimensões em planta inferior a 0,60 m, onde o item 6.4.1 da NBR 6122 (2010) determina que em planta as sapatas ou blocos não devem ter dimensões inferior a 60 cm.

Desta maneira, conclui-se que o projeto das fundações do edifício foi superdimensionado, acarretando uma maior despesa na sua execução.

Por outro lado, constatou-se que o reforço com a camada de solo-cimento foi especificado no traço 1:25, mas durante sua execução seu traço foi modificado para 1:5. Ressalte-se que, normalmente com um traço de 1:20, que é suficiente para a camada melhorada de solo se comportar como um corpo semi-rígido, de forma a distribuir as tensões de forma espraçada para as camadas inferiores, ou seja, as tensões distribuídas nas camadas inferiores são minoradas.

De acordo com a Quadro 3, verificou-se que a mistura de solo-cimento proporcionou resistências à compressão simples muito elevadas. Isto se deu pelo alto teor de aglomerante na mistura, constatando o que foi proposto por Ingles e Metcalf que a adição de pequenas quantidades de cimento, de até 2%, irá modificar as propriedades dos solos, enquanto que em quantidades maiores alterarão radicalmente as suas propriedades. Para se ter uma ideia da melhoria proporcionada pela adição do cimento ao solo, basta verificar que solos argilosos rijos, sem adição de cimento, que tem o N_{spt} variando entre 8 e 15, têm suas resistências à compressão simples variando na faixa de 0,1 a 0,2 MPa.

Outra forma de avaliar-se a melhoria do solo com a adição do cimento é fazer-se uma comparação entre os resultados do ângulo de atrito interno do solo, ϕ , no seu estado natural e após a melhoria com cimento. No caso de solos naturais classificados como SC, que é o caso de estudo, o ângulo de atrito interno varia entre 30 e 35°, quando o N_{spt} varia entre 9 e 18. No caso analisado, o valor do ângulo de atrito do solo natural, apresentou-se abaixo do esperado, 17,9°, todavia os resultados com o solo natural são baixos quando comparados com o solo-cimento, visto que os resultados de resistência à

compressão simples foram muito alto, o que, com certeza, acarretaria um ângulo de atrito muito elevado.

Com base nos serviços executadas pela empresa, pode-se concluir que as ações tomadas acarretaram um maior consumo de mão de obra e insumos, ocasionando um impacto significativo no valor da obra. O simples redimensionamento das fundações com base no perfil geotécnico ou a execução do serviço conforme especificada inicialmente acarretaria uma possível redução do custo final da obra.

7 CONCLUSÕES

A análise efetuada nesta pesquisa com o estudo de caso analisado, permite-nos concluir:

- O melhoramento com solo-cimento, assegura ao solo a capacidade de suporte necessária para resistir as tensões solicitadas;
- A alta resistência a compressão do solo-cimento, deu-se devido ao traço executado na proporção de 1:5;
- A análise prévia dos parâmetros de resistência solo é indispensável ao projeto de fundação de qualquer edificação;
- A solução adotada e executada teve influência direta no custo final da obra.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 6122**: Projeto e execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. **NBR 6484**: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT. **NBR 7180**: Solo – Determinação do limite de plasticidade - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

BAUER, FALCÃO L. A. **Materiais de Construção**. Ed. Livros Técnicos e Científicos Ltda., 5. Ed., V 1 e 2, 2001.

DALLA ROSA, A. **Estudo dos paramentos-chave no controle da resistência de misturas solo-cinza-cal**. 2009. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DAS, M. Braja. **Fundamentos da engenharia geotécnica**. Cengage Learning, 7. Ed. São Paulo, 2013.

HANDY, R. L. **Cementation of soil, minerals with Portland cement or alkalies**. Highway Res. Board Bul. 198: 55-64. 1958.

INGLES, O. G.; METCALF, J. B. **Soil stabilizantion: principles and practice**. Melbourne: Butterwoeths Pty, 1972.

JÚNIOR, José Antonio Rohlfes. **Estudo do comportamento de um solo residual melhorado através de técnicas mecânicas e físico-químicas e sua aplicação à análise de fundações superficiais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS. Porto Alegre, 1996.

LIMA, Vicente Thiago et al. **Estudo da estabilização de um solo argiloso com adição de cimento**. Artigo científico. Instituto Federal de Ciências e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2006.

LOPES, W. G. R. **Solo-cimento reforçado com bambu: características físico-mecânicas**. Dissertação de Doutorado. UNICAMP. Campinas, SP: 2002.

MOH, Z. C. **Reactions of soil minerals with cement and chemicals**. Highway Research Record, Washington, d. c. 198: pp. 39-56, 1965.

PEREIRA, Orlando Almeida. **Estabilização de Solos**. Curso de especialização 108, LNEC, Lisboa, Portugal, 1970.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

PITTA, M. R. **Dimensionamento de pavimentos com camadas estabilizadas com cimento**. São Paulo, ABCP, 1985.

PITTA, M. R. **Estabilização com solo-cimento**. Revista Techné, n.17, jun./ago. São Paulo: Pinni, 1995.

SALES, Luís Fernando Pedroso. **Estudo do comportamento de fundações superficiais assentes em solos tratados**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS. Porto Alegre, 1998.


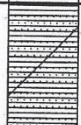
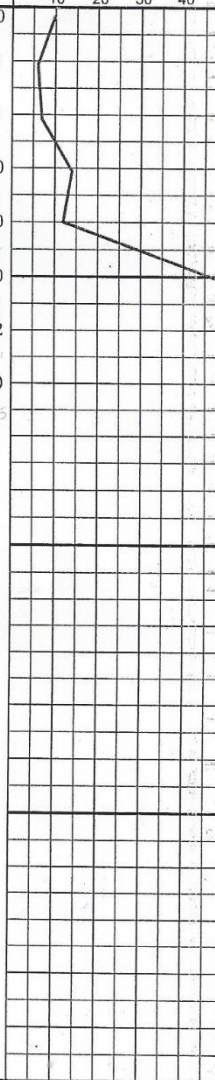
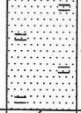
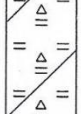

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Capítulo 4, v. II. São Paulo: Pini, 2001.

VARGAS, Milton. **Associação Brasileira De Geologia De Engenharia e Ambiental**. Evolução das Investigações geológicas: Os solos da cidade de São Paulo: Histórico das pesquisas. São Paulo: Paulo's, 2002.


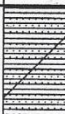
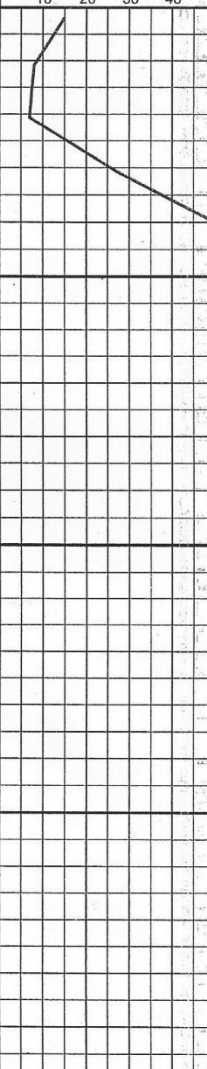


VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.


VENDRUSCOLO, M. A. **Análise numérica e experimental do comportamento de fundações superficiais assentes em solo melhorado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS. Porto Alegre, 1996.

ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO


| Sondagem de Reconhecimento com SPT | | | | REL. 291/2012 | | | | | | | | |
|--|---|--|------------------|--------------------|----------------------|---|-------|-------|--|----|----|----|
|  Consultoria em Concreto e Solos Ltda. R. Prof. Batista Leite, 229 - Róger - João Pessoa/PB Fone(fax): 55 83 3222 0100 / 55 83 3241 5944 homepage: www.solo.eng.br | | CLIENTE: A P ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA. OBRA: UEPB - CAMPUS VIII R. Coronel Pedro Targino, s/n, Centro - Araruna/PB. | | | | | | | | | | |
| FURO: SP 01 COTA: (+) 0,95 m RN: 0,00 m (Meio fio da R. Projetada dentro da UEPB) INÍCIO: 31/07/12 TÉRMINO: 31/07/12 | | | | | | | | | | | | |
| Prof. (m) | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO | Amostras | Prof. Camada (m) | Nível d'Água | ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | |
| | | | | | golpes/ 15 cm | | | NsPT | Gráfico | | | |
| | | | | | 1º | 2º | 3º | | | 10 | 20 | 30 |
| 1 | Aterro arenoso, pouco argiloso; cor variegada |  | 2,40 | Não Identificado | 3 | 5 | 5 | 10/30 |  | | | |
| 2 | | | | | 3 | 3 | 6/30 | | | | | |
| 3 | | | | | 2 | 3 | 4 | 7/30 | | | | |
| 4 | 4 | 7 | 7 | | 14/30 | | | | | | | |
| 5 | 5 | 5 | 7 | | 12/30 | | | | | | | |
| 6 | Areia fina, siltosa; cor marrom clara (medianamente compacta) |  | 4,50 | 20 | 30/10 | - | 30/10 | | | | | |
| 7 | | | | 20 | 30/12 | - | 30/12 | | | | | |
| 8 | Silte argiloso, com laterita; cor variegada (duro) |  | 7,10 | 30/10 | - | - | 30/10 | | | | | |
| 9 | | | | Limite de Sondagem | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| COMPOSIÇÕES DE PERFURAÇÃO Amostrador { ϕ ext: 50,8 mm Padrão { ϕ int: 34,9 mm Martelo { Peso: 65 kg Altura queda: 75 cm Revestimento ϕ ext: 76 mm | | PROCESSOS PERFURAÇÃO REVESTIMENTO: 0,0 - 2,0 m CIRCULAÇÃO DE ÁGUA (CA): 2,0 - 7,10 m ESCALA VERTICAL: 1/100 | | OBSERVAÇÕES: | | SONDADOR: ERIVAN FLORÊNCIO DESENHO: ERICA COSME REVISÃO: ERICA COSME ENG. RESP.:  | | | | | | |

ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

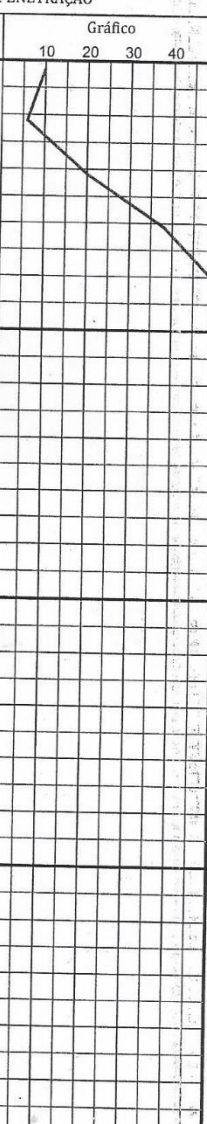
| Sondagem de Reconhecimento com SPT | | | | | | REL. 291/2012 | | | | | | | | |
|---|--|--|------------------|---|----------------------|---------------|------|-------|--|----|----|----|--|--|
|  | | Consultoria em Concreto e Solos Ltda. R. Prof. Batista Leite, 229 - Róger - João Pessoa/PB Fone(fax): 55 83 3222 0100 / 55 83 3241 5944 homepage: www.solo.eng.br | | CLIENTE: A P ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA. | | | | | | | | | | |
| | | | | OBRA: UEPB - CAMPUS VIII R. Coronel Pedro Targino, s/n, Centro - Araruna/PB. | | | | | | | | | | |
| URO: SP 02 COTA: (+) 0,95 m RN: 0,00 m (Meio fio da R. Projetada dentro da UEPB) INÍCIO: 31/07/12 TÉRMINO: 31/07/12 | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. (m) | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO | Amostras | Prof. Camada (m) | Nível d'Água | ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | | | |
| | | | | | golpes/ 15 cm | | | NsPT | Gráfico | | | | | |
| | | | | | 1ª | 2ª | 3ª | | 10 | 20 | 30 | 40 | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Aterro arenoso, pouco argiloso; cor variegada |  | | Não Identificado | 7 | 7 | 8 | 15/30 |  | | | | | |
| 2 | | | 3 | | 3 | 5 | 8/30 | | | | | | | |
| 3 | Areia fina, siltsosa, com pedregulho; cor variegada (compacta) |  | 2,20 | | 2 | 3 | 4 | 7/30 | | | | | | |
| 4 | | | 4,00 | | 8 | 10 | 17 | 27/30 | | | | | | |
| 5 | Silte argiloso, com laterita; cor variegada (duro) |  | | | 20 | 30/12 | - | 30/12 | | | | | | |
| 6 | | | 6,30 | | 20 | 30/10 | - | 30/10 | | | | | | |
| 7 | Limite de Sondagem | | | | 20 | 30 | - | 30/15 | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | |


| | | | |
|--|---|--------------|---|
| COMPOSIÇÕES DE PERFURAÇÃO mostrador { ϕ ext: 50,8 mm Padrão { ϕ int: 34,9 mm Martelo { Peso: 65 kg Altura queda: 75 cm revestimento ϕ ext: 76 mm | PROCESSOS PERFURAÇÃO REVESTIMENTO: 0,0 - 2,0 m CIRCULAÇÃO DE ÁGUA (CA): 2,0 - 6,30 m ESCALA VERTICAL: 1/100 | OBSERVAÇÕES: | SONDADOR: ERIVAN FLORÊNCIO DESENHO: ERICA COSME REVISÃO: ERICA COSME ENG. RESP.:  |
|--|---|--------------|---|

ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO



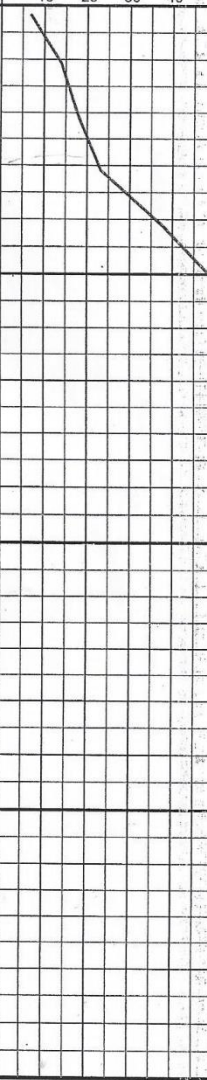

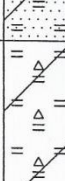

| | | |
|--|---|---------------|
| Sondagem de Reconhecimento com SPT | | REL. 291/2012 |
|  <p>Consultoria em Concreto e Solos Ltda. R. Prof. Batista Leite, 229 - Róger - João Pessoa/PB Fone(fax): 55 83 3222 0100 / 55 83 3241 5944 homepage: www.solo.eng.br</p> | CLIENTE: A P ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA. | |
| | OBRA: UEPB - CAMPUS VIII R. Coronel Pedro Targino, s/n, Centro - Araruna/PB. | |


PROJETO: **SP 03** COTA: (+) 0,95 m RN: 0,00 m (Meio fio da R. Projetada dentro da UEPB) INÍCIO: 31/07/12 TÉRMINO: 01/08/12

| | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO | Amostras | Prof. Camada (m) | Nível d'Água | ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | |
|---|--|------------|------------------|------------------|----------------------|----|----|-------|--|----|----|----|
| | | | | | golpes/ 15 cm | | | NsPT | Gráfico | | | |
| | | | | | 1º | 2º | 3º | | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 1 | Aterro arenoso, pouco argiloso; cor variegada | [diagrama] | 1,00 | Não Identificado | 5 | 5 | 5 | 10/30 |  | | | |
| 2 | Areia fina, siltosa, com pedregulho; cor variegada (pouco compacta a compacta) | [diagrama] | 2,80 | | 3 | 3 | 3 | 6/30 | | | | |
| 3 | | [diagrama] | | | 8 | 8 | 12 | 20/30 | | | | |
| 4 | Silte argiloso, com laterita; cor variegada (duro) | [diagrama] | | | 10 | 16 | 22 | 38/30 | | | | |
| 5 | | [diagrama] | | | 20 | 30 | - | 30/15 | | | | |
| 6 | | [diagrama] | 6,30 | | 19 | 26 | 29 | 55/30 | | | | |
| 7 | Limite de Sondagem | | | | 20 | 30 | - | 30/15 | | | | |

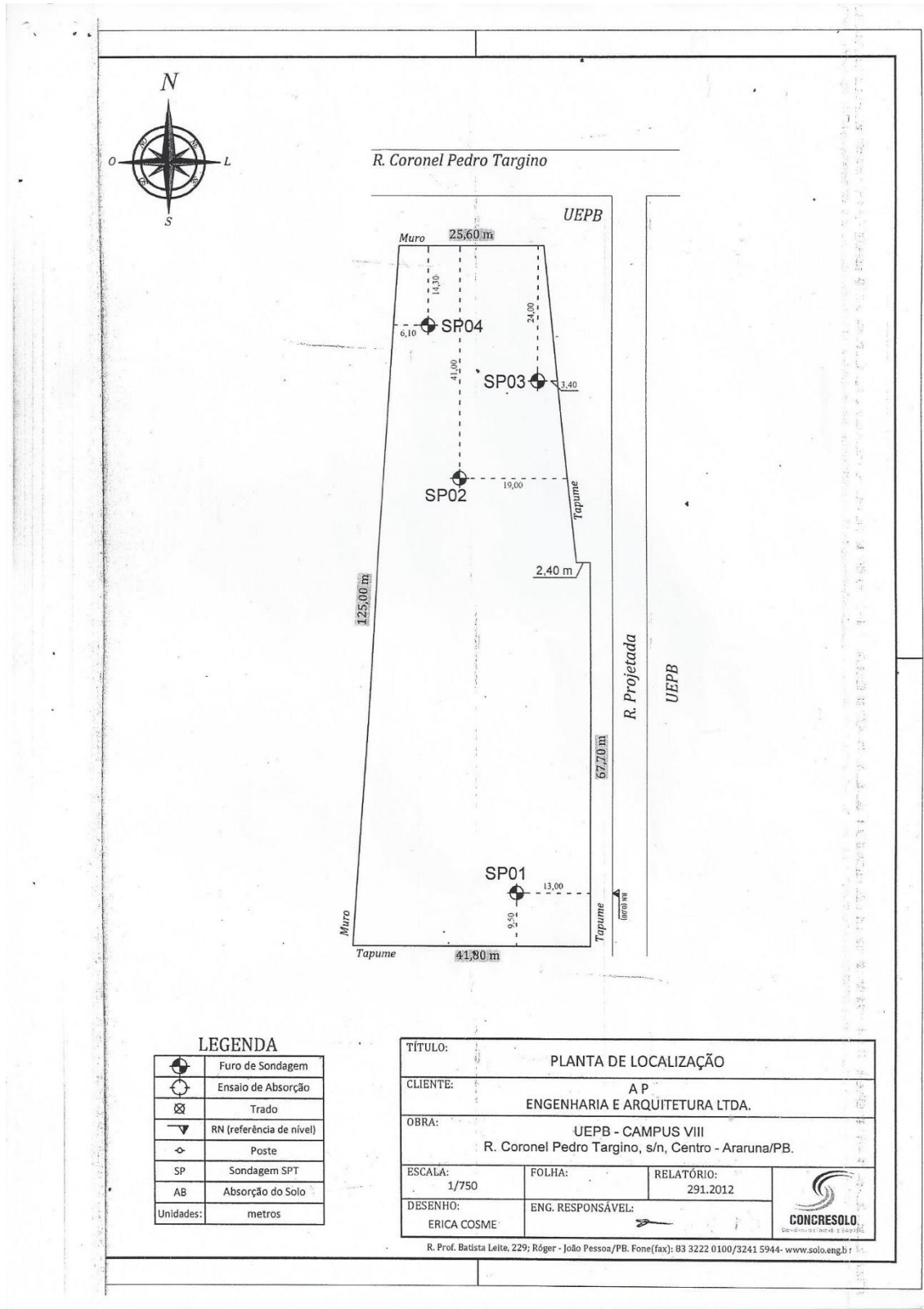
| | | | |
|---|--|--------------|---|
| COMPOSIÇÕES DE PERFURAÇÃO mostrador { \varnothing ext: 50,8 mm Padrão { \varnothing int: 34,9 mm Martelo { Peso: 65 kg Altura queda: 75 cm revestimento \varnothing ext: 76 mm | PROCESSOS PERFURAÇÃO REVESTIMENTO: 0,0 - 2,0 m CIRCULAÇÃO DE ÁGUA (CA): 2,0 - 6,30 m ESCALA VERTICAL: 1/100 | OBSERVAÇÕES: | SONDADOR: ERIVAN FLORÊNCIO DESENHO: ERICA COSME REVISÃO: ERICA COSME ENG. RESP.:  |
|---|--|--------------|---|

ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

| Sondagem de Reconhecimento com SPT | | | | | REL. 291/2012 | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|------------------|------------------|----------------------|-------|----|-------|---------|--|----|----|----|--|--|--|
|  Consultoria em Concreto e Solos Ltda. R. Prof. Batista Leite, 229 - Róger - João Pessoa/PB Fone(fax): 55 83 3222 0100 / 55 83 3241 5944 homepage: www.solo.eng.br | | CLIENTE: A P ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA. | | | | | | | | | | | | | | |
| | | OBRA: UEPB - CAMPUS VIII R. Coronel Pedro Targino, s/n, Centro - Araruna/PB. | | | | | | | | | | | | | | |
| URO: SP 04 COTA: (+) 4,40 m RN: 0,00 m (Meio fio da R. Projetada dentro da UEPB) INÍCIO: 01/08/12 TÉRMINO: 01/08/12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. (m) | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO | Amostras | Prof. Camada (m) | Nível d'Água | ENSAIO DE PENETRAÇÃO | | | | | | | | | | | |
| | | | | | golpes/ 15 cm | | | NSPT | Gráfico | | | | | | | |
| | | | | | 1º | 2º | 3º | | 4º | 10 | 20 | 30 | 40 | | | |
| 1 | Silte arenoso, pouco argiloso, com pedregulho; cor variegada (pouco compacto a medianamente compacto) |  | 1,80 | Não Identificado | 2 | 3 | 4 | | 7/30 |  | | | | | | |
| 7 | | | | | 7 | 7 | | 14/30 | | | | | | | | |
| 2 | Silte arenoso, pouco argiloso, com laterita; cor variegada (medianamente compacta a compacta) |  | 4,10 | Não Identificado | 8 | 8 | 10 | | 18/30 | | | | | | | |
| 10 | | | | | 10 | 13 | | 23/30 | | | | | | | | |
| 3 | Silte argiloso, com laterita; cor variegada (duro) |  | 8,25 | Não Identificado | 15 | 15 | 22 | | 37/30 | | | | | | | |
| 4 | | | | | 17 | 25 | 29 | | 54/30 | | | | | | | |
| 5 | | | | | 19 | 22 | 28 | | 50/30 | | | | | | | |
| 6 | | | | | 20 | 30 | - | | 30/15 | | | | | | | |
| 7 | Limite de Sondagem |  | 8,25 | Não Identificado | 20 | 30/10 | - | | 30/10 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 72 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 73 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 76 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 77 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--|--|--------------|---|
| COMPOSIÇÕES DE PERFURAÇÃO mostrador { Øext: 50,8 mm Padrão { Øint: 34,9 mm Martelo { Peso: 65 kg Altura queda: 75 cm revestimento Øext: 75 mm | PROCESSOS PERFURAÇÃO REVESTIMENTO: 0,0 - 2,0 m CIRCULAÇÃO DE ÁGUA (CA): 2,0 - 8,25 m ESCALA VERTICAL: 1/100 | OBSERVAÇÕES: | SONDADOR: ERIVAN FLORÊNCIO DESENHO: ERICA COSME REVISÃO: ERICA COSME ENG. RESP.:  |
|--|--|--------------|---|

ANEXO I – RELATÓRIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO



LEGENDA

| | |
|-----------|--------------------------|
| | Furo de Sondagem |
| | Ensaio de Absorção |
| | Trado |
| | RN (referência de nível) |
| | Poste |
| SP | Sondagem SPT |
| AB | Absorção do Solo |
| Unidades: | metros |

| | | |
|---|-------------------|---------------------|
| TÍTULO: PLANTA DE LOCALIZAÇÃO | | |
| CLIENTE: A P ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA. | | |
| OBRA: UEPB - CAMPUS VIII R. Coronel Pedro Targino, s/n, Centro - Araruna/PB. | | |
| ESCALA: 1/750 | FOLHA: | RELATÓRIO: 291.2012 |
| DESENHO: ERICA COSME | ENG. RESPONSÁVEL: | |



R. Prof. Batista Leite, 229; Róger - João Pessoa/PB. Fone(fax): 83 3222 0100/3241 5944- www.solo.eng.br


ANEXO II – RELATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO NATURAL



Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior
Apoio à Pesquisa e Extensão na Universidade Federal da Campina Grande

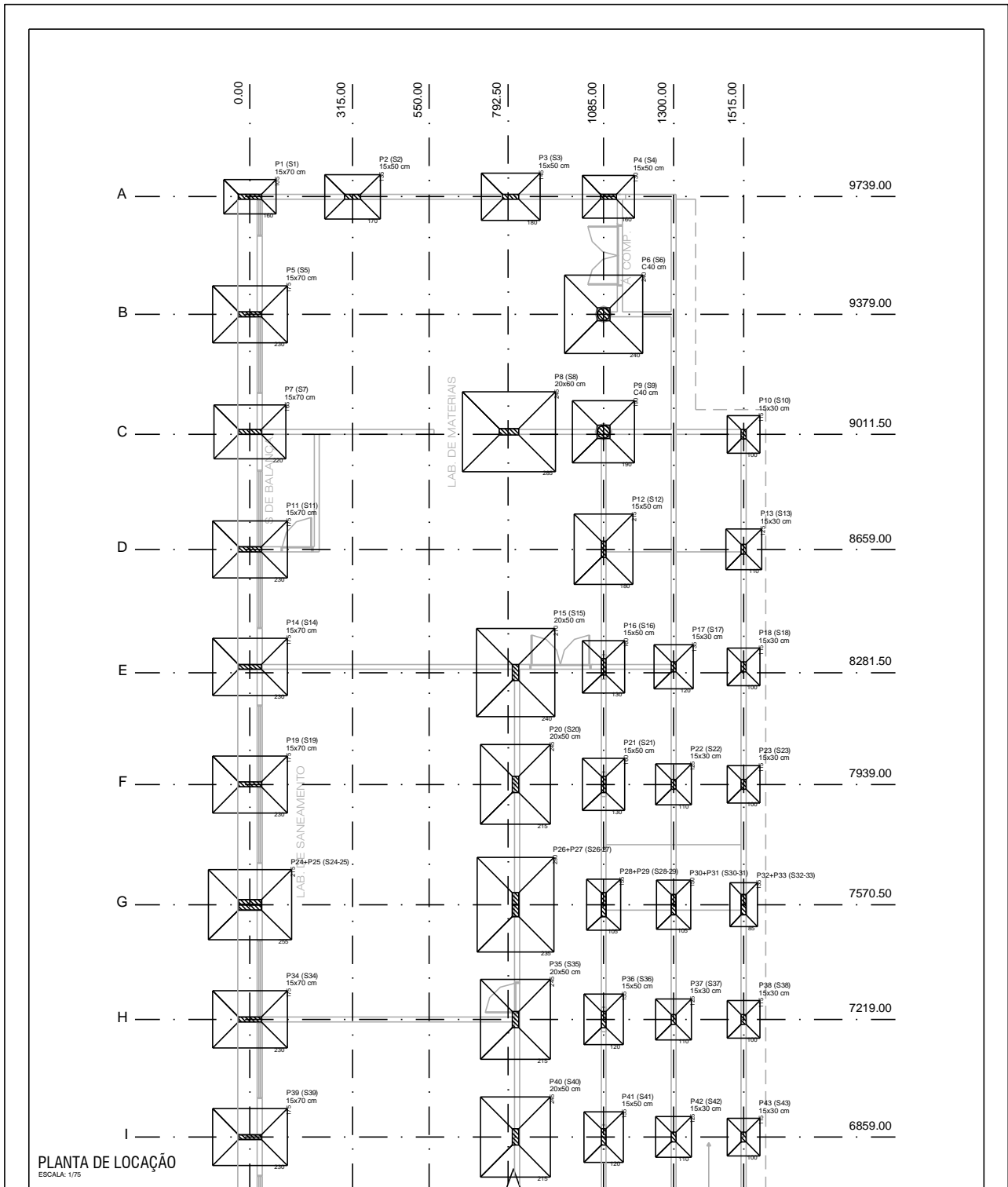
Fundada em 1967

| RESUMO DE ENSAIO | | | |
|---|-----------|---------------|------|
| Obra: Bloco de Sala de Aula do Curso de Eng° Civil | | | |
| Procedência: CCTS Campus VIII Araruna - PB | | | |
| Local: Araruna - PB | | | |
| Data: 21 de Novembro de 2014 | | | |
| Interessado: Universidade Estadual da Paraíba - PB | | | |
| Amostra N° | 1 | | |
| Estaca | | | |
| Coletor N° | | | |
| Lado: D X E | | | |
| Profundidade | | | |
| Granulometria | 2" | 100 | |
| | 1" | 100 | |
| | 3/8" | 95 | |
| | N° 4 | 79 | |
| | N° 10 | 69 | |
| | N° 40 | 45 | |
| | N° 80 | 32 | |
| | N° 200 | 27 | |
| Faixa AASHO | | | |
| LL | 26 | | |
| IP | 8 | | |
| EA | | | |
| IG | | | |
| Classificação Unificada | | | |
| SC | | | |
| Compactação e CBR | 12 Golpes | D. Máx. | 1976 |
| | | U. Ótima | 10,3 |
| | | CBR | |
| | Exp. | | |
| | 26 Golpes | D. Máx. | |
| | | U. Ótima | |
| | | CBR (%) | |
| | Exp. | | |
| | 56 Golpes | D. Máx. | |
| | | U. Ótima | |
| | | CBR | |
| | Exp. | | |
| | Campo | Densidade | |
| | | Umidade | |
| | | Compactação % | |
| OBS: | | | |

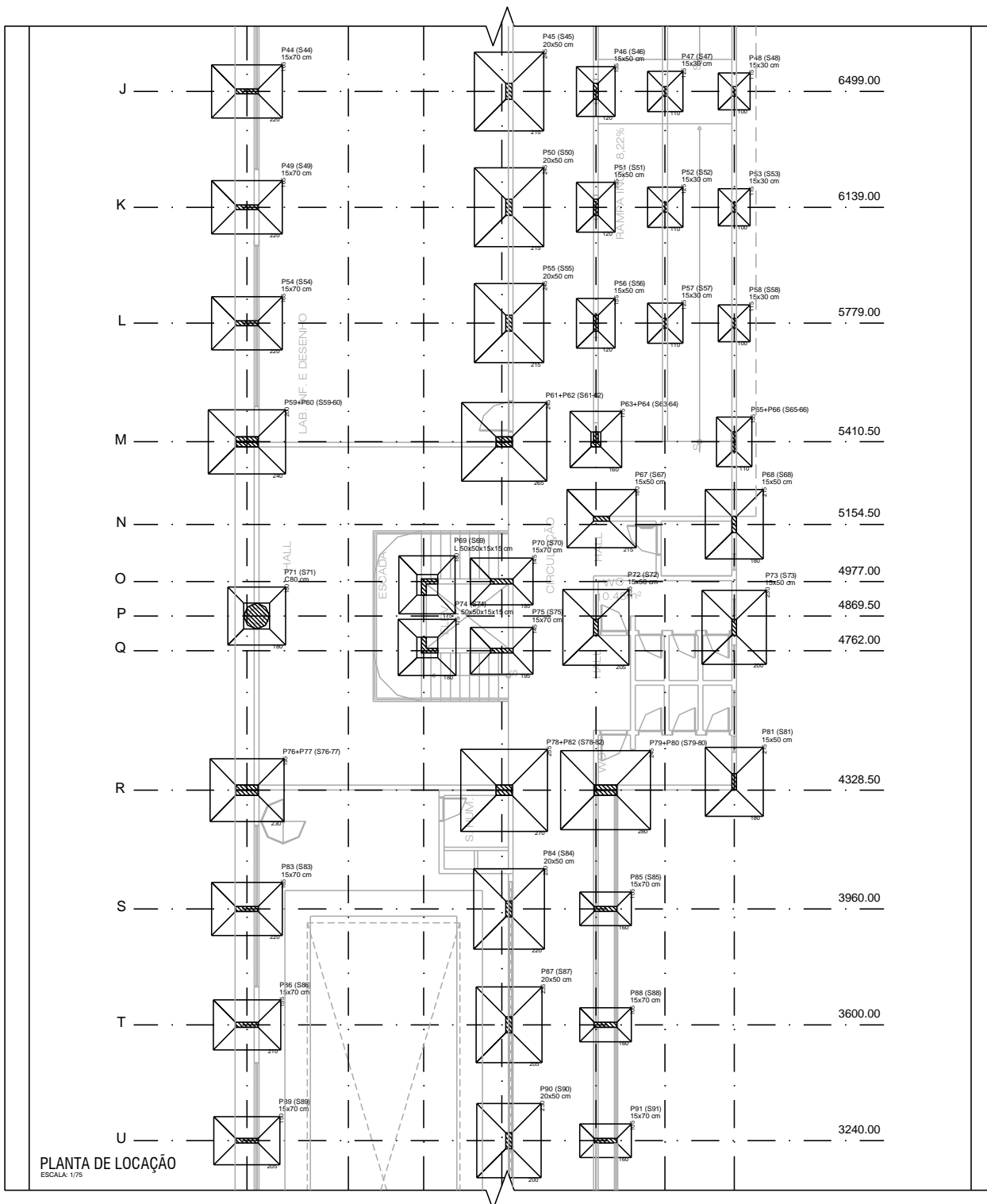

Francisco Barbosa de Lucena
 Eng° Consultor da ATECEL

Av. Aprígio Veloso, 882 - Caixa Postal, 10082 - CEP 58429-140 - Campina Grande - Paraíba
 Fone: (083) 333.1064 - FAX: (083) 333.1080 - C.G.C. 08.846.230/0001-88 - Inscrição Estadual: Isenta
 Site: www.atecel.ufpb.br - E-mail: atecel@atecel.org.br

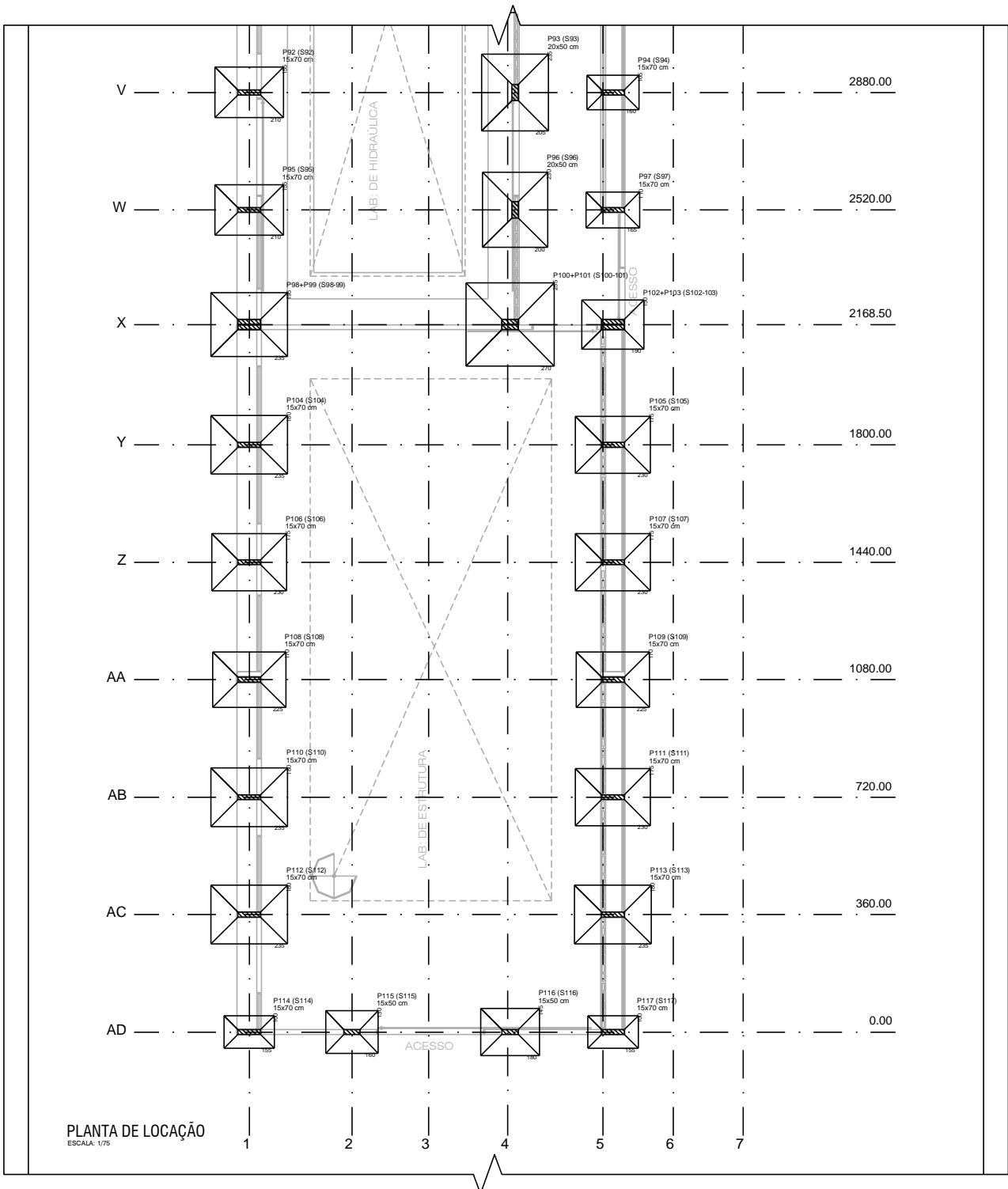
ANEXO III – PLANTA DE LOCAÇÃO



ANEXO III – PLANTA DE LOCAÇÃO

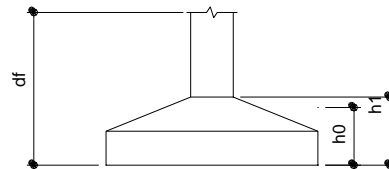


ANEXO III – PLANTA DE LOCAÇÃO



QUADRO DE CARGAS


| Nome | Seção (cm) | Pilar | | Fundação | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|---------|---------|-----------------|-----------------|------------|------------|---------|---------|----------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------|
| | | X (cm) | Y (cm) | Carga Máx. (tf) | Carga Mín. (tf) | Mx (kgf.m) | My (kgf.m) | Fx (tf) | Fy (tf) | Nome | Lado B (cm) | Lado H (cm) | h0 / ha (cm) | h1 / hb (cm) | df (cm) |
| P24+P25 | | 0.00 | 7570.50 | 55.8 | 44.8 | 400 | 13600 | 1.7 | 0.2 | S24-25 | 250 | 210 | 20 | 60 | 200 |
| P26+P27 | | 815.00 | 7570.50 | 103.6 | 73.4 | 1000 | 2200 | 1.6 | 0.3 | S26-27 | 235 | 290 | 25 | 75 | 200 |
| P28+P29 | | 1085.00 | 7570.50 | 13.7 | 9.1 | 600 | 1200 | 0.8 | 0.3 | S28-29 | 85 | 145 | 45 | 65 | 200 |
| P30+P31 | | 1300.00 | 7570.50 | 25.4 | 19.5 | 500 | 900 | 0.6 | 0.3 | S30-31 | 115 | 165 | 30 | 55 | 200 |
| P32+P33 | | 1515.00 | 7570.50 | 10.9 | 8.5 | 600 | 400 | 0.2 | 0.3 | S32-33 | 75 | 125 | 40 | 55 | 200 |
| P59+P60 | | 0.00 | 5410.50 | 48.4 | 40.8 | 800 | 10900 | 2.4 | 0.2 | S59-60 | 235 | 200 | 20 | 60 | 200 |
| P61+P62 | | 800.00 | 5410.50 | 87.8 | 59.8 | 2000 | 5600 | 3.4 | 0.3 | S61-62 | 250 | 235 | 25 | 70 | 200 |
| P63+P64 | | 1085.00 | 5410.50 | 36.1 | 16.9 | 1400 | 1300 | 0.9 | 0.2 | S63-64 | 155 | 170 | 15 | 45 | 200 |
| P65+P66 | | 1515.00 | 5410.50 | 24.7 | 16.2 | 800 | 300 | 0.1 | 0.2 | S65-66 | 110 | 155 | 30 | 55 | 200 |
| P76+P77 | | 0.00 | 4328.50 | 48.7 | 42.1 | 1000 | 9300 | 2.2 | 0.1 | S76-77 | 235 | 195 | 20 | 60 | 200 |
| P78+P82 | | 800.00 | 4328.50 | 97.5 | 67.7 | 1800 | 4400 | 3.3 | 0.3 | S78-82 | 260 | 245 | 25 | 75 | 200 |
| P79+P80 | | 1115.00 | 4328.50 | 77.9 | 42.3 | 5400 | 10200 | 2.7 | 0.3 | S79-80 | 270 | 230 | 25 | 70 | 200 |
| P98+P99 | | 0.00 | 2168.50 | 53.9 | 42.6 | 600 | 7800 | 1.5 | 0.2 | S98-99 | 230 | 195 | 20 | 60 | 200 |
| P100+P101 | | 800.00 | 2168.50 | 100.6 | 70.3 | 500 | 3600 | 2.7 | 0.3 | S100-101 | 265 | 250 | 25 | 75 | 200 |
| P102+P103 | | 1115.00 | 2168.50 | 22.6 | 13.1 | 600 | 7500 | 1.2 | 0.1 | S102-103 | 190 | 150 | 25 | 60 | 200 |



PROPRIETÁRIO

PROJETO

CONSTRUÇÃO

| | | | |
|---|--|--|------------------------|
|  | PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA OBRA: CONSTRUÇÃO DO BLOCO DE LABORATÓRIOS LOCAL: CAMPUS VIII - ARARUNA - PB | | |
| | DESENHOS: LOCAÇÃO | PROJETO: ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO | PRANCHA 01/26 |
| FLAVIA LIMA BARBOSA <small>ENG. CIVIL - CREA 10380993-3</small> | ESCALAS: INDICADAS | DATA DESENHO: DEZ/2010 COPIA VISTO | RESPONSÁVEL ADERSON |