



**Universidade Federal do Cariri – UFCA**  
**Centro de Ciências e Tecnologia**  
**Curso de Engenharia Civil**

Equipe:

Paloma Moraes de Souza 357159  
Rafaelly Beserra Peixoto 361070  
Rayanne Bezerra de Melo 366348  
Ruan Carlos Candido de Macedo 369966

**Método de Lagrange Aplicado ao Ensaio de SPT**

Juazeiro do Norte

2017

## Sumário

1 - Introdução .....	2
2 – Objetivos .....	4
2.1. Objetivos Gerais .....	6
2.2. Objetivos Específicos.....	6
3 - Conclusão .....	6
4 - REFERÊNCIAS.....	7

## 1. INTRODUÇÃO

No decorrer de uma construção é de suma importância conhecer o tipo e as principais características do solo em estudo, como o nível do lençol freático. Para isso é importante fazer algum tipo de sondagem e uma das mais conhecidas e utilizadas no Brasil é a SPT. Essa sondagem é caracterizada por ser a mais popular e econômica nessa área.

A execução da sondagem SPT é realizada através de trado ou lavagem, no qual, um amostrador padrão é cravado no solo para a obter a medida de resistência à penetração para coletar amostras e para a determinar o nível de água.

Consequentemente, a resistência do solo é obtida pelo número de golpes aplicados para cravar um amostrador padrão, obtendo a medida conhecida como  $N_{spt}$ . Além disso, é possível realizar uma análise tátil e visual da amostra que é coletada metro a metro.

Com a realização deste ensaio, é possível ter o conhecimento de alguns parâmetros do solo, como a resistência do solo. Na construção civil, este ensaio é muito usado para a execução de projetos de fundações rasas, considerando-se rasas fundações com até 6m de profundidade.

Uma maneira de correlacionar a profundidade do solo com a sua resistência consiste em utilizar o método de Lagrange de maneira a realizar interpolações até atingir uma aproximação da sua resistência de acordo com a dada camada de solo.

O polinômio de interpolação de Lagrange é simplesmente uma reformulação do polinômio de Newton, que evita o cálculo das diferenças divididas. Pode ser representado de forma concisa como:

$$f_n(x) = \sum_{i=0}^n L(x)f(x_i)$$

Onde  $L_i(x) = \prod_{j=0}^n \frac{x-x_j}{x_i-x_j}$ , para  $j \neq i$

Para questões didáticas, analisaremos o método ao seguinte exemplo:

X	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Y	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$

Considerando os 4 pontos tabelados acima, deseja-se encontrar um polinômio de grau 3, a partir do método Lagrangiano constrói-se 4 polinômios auxiliares de 3 grau, sendo eles:

$$L_0 = \frac{x-x_1}{x_0-x_1} \times \frac{x-x_2}{x_0-x_2} \times \frac{x-x_3}{x_0-x_3}$$

$$L_1 = \frac{x-x_0}{x_1-x_0} \times \frac{x-x_2}{x_1-x_2} \times \frac{x-x_3}{x_1-x_3}$$

$$L_2 = \frac{x-x_0}{x_2-x_0} \times \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \times \frac{x-x_3}{x_2-x_3}$$

$$L_3 = \frac{x-x_0}{x_3-x_0} \times \frac{x-x_1}{x_3-x_1} \times \frac{x-x_2}{x_3-x_2}$$

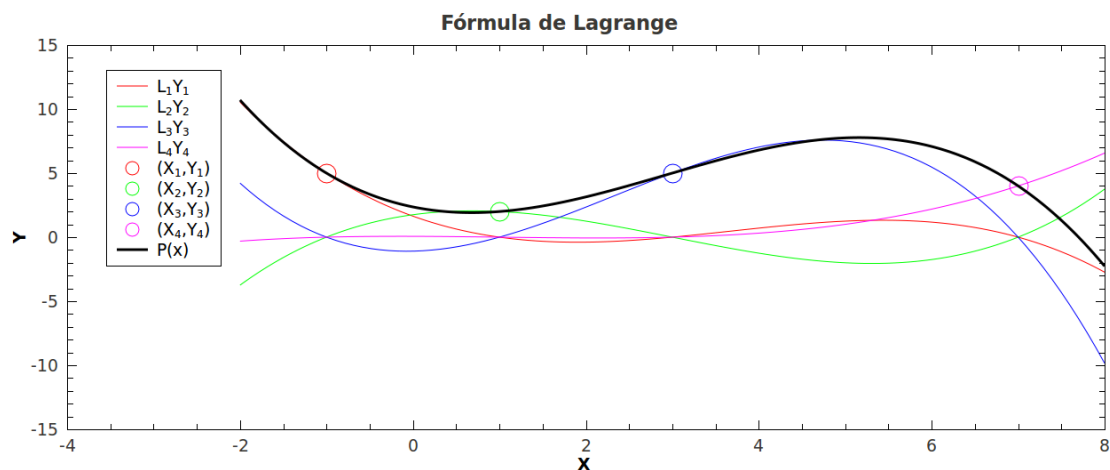


Figura 1

Observa-se que no  $L_0$  para os valores de  $x = x_1$ ,  $x = x_2$  e  $x = x_3$ , o polinômio vale 0 (zero). Enquanto que se  $x = x_0$ , o polinômio vale 1 (um). Isso aplica-se forma análoga à  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ . Dessa forma, obteremos o polinômio interpolante de Lagrange que é representado por:

$$P(x) = y_0 * L_0(x) + y_1 * L_1(x) + y_2 * L_2(x) + y_3 * L_3(x)$$

Pois:

$$P(x_0) = y_0 * L_0(x) + y_1 * L_1(x) + y_2 * L_2(x) + y_3 * L_3(x) = y_0$$

Sendo:  $L_0(x_0) = 1, L_1(x_0) = 0, L_2(x_0) = 0$  e  $L_3(x_0) = 0$

Da mesma forma  $P(x_1) = y_1, P(x_2) = y_2$  e  $P(x_3) = y_3$

Conclui-se que o polinômio  $P(x)$  gerado pela soma de quatro polinômios de terceiro grau, será necessariamente de grau menor ou igual a três.

Na Figura 1 pode-se observar um exemplo de como a equação  $P(x)$  se ajusta aos pontos.

## 2. OBJETIVOS

- Objetivos Gerais:

O objetivo deste trabalho é apresentar a interpolação polinomial como forma de se obter uma aproximação para uma função  $f(x)$  que descreve a relação entre a profundidade do solo e a resistência de cada camada, obtida pelo cálculo da tensão admissível dos solos.

O cálculo da tensão admissível é dado pela expressão de Terzaghi, aplicável para solos argilosos.

$$q_a = 1,3N \left( 1 + \frac{0,3B}{L} \right) t/m^2$$

Onde:

$q_a$  = tensão admissível no solo

$N$  = número de golpes dos 30 cm finais do SPT

$B$  = menor dimensão da fundação em metros

$L$  = maior dimensão da fundação em metros

Embasando-se em um ensaio realizado na construção de um condomínio localizado na cidade de Aracaju SE, e considerando uma profundidade de 20m a ser analisada, foi obtido o perfil de sondagem mostrado na *Figura 2*.

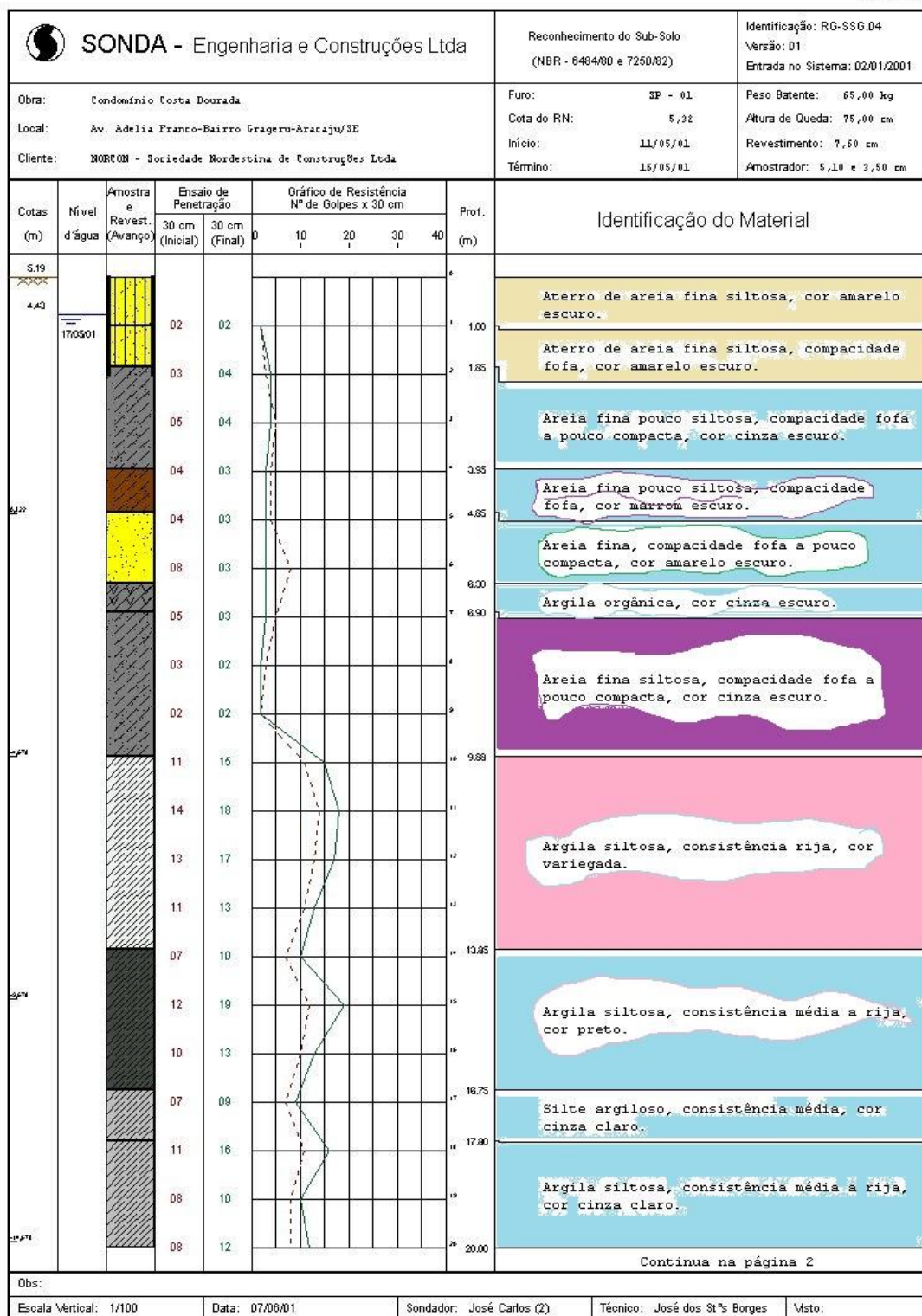


Figura 2

- Objetivos Específicos:

A análise dos dados aplicados ao método em busca da maior aproximação da resistência em uma dada profundidade dentro do intervalo mostrado na *Tabela 1*.

Profundidade (m)	1	4	6
Tensão de Cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.2	0.54	0.56

*Tabela 1*

Abaixo está representada a tabela com os dados obtidos pelo código desenvolvido pelo scilab.

Profundidade (m)	Tensão admissível do solo (kgf/cm <sup>2</sup> )
6	0,56
5	0,5706667
4	0,542857
3	0,468
2	0,3546667
1	0,2

*Tabela 2*

### 3. CONCLUSÃO

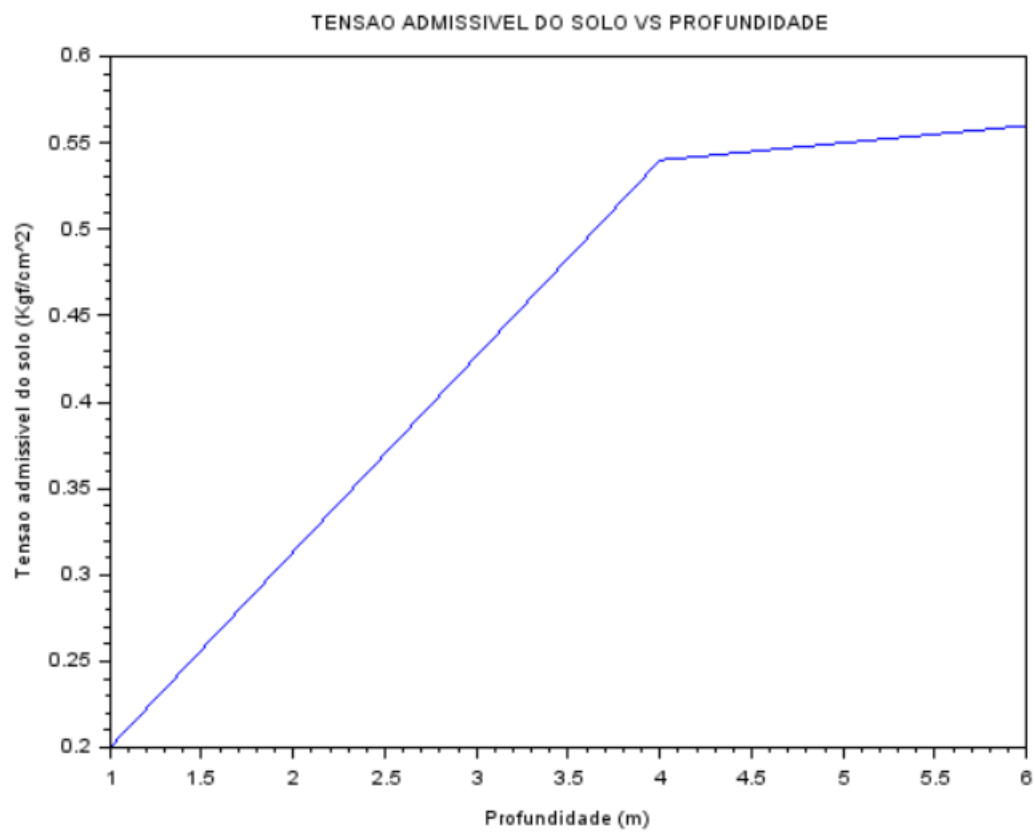
O ensaio permitiu uma boa correlação entre os valores obtidos na aplicação direta da fórmula e os resultados gerados pelo método. Abaixo estão ilustrados os resultados citados anteriormente.

Profundidade (m)	Tensão admissível do solo (kgf/cm <sup>2</sup> ) - <u>APLICAÇÃO DA FÓRMULA</u>	Tensão admissível do solo (kgf/cm <sup>2</sup> ) - <u>MÉTODO DE LAGRANGE</u>
6	0,56	0,56
5	0,555556	0,5706667
4	0,542857	0,542857
3	0,48	0,468
2	0,4	0,3546667
1	0,2	0,2

*Tabela 3*

Assim, podemos concluir que o método é preciso e leva a um erro de baixa significância.

A *Figura 3* representa o gráfico gerado pelo código, ele relaciona a profundidade e a tensão admissível do solo para os pontos em questão.



*Figura 3*

#### 4. REFERÊNCIAS

PINTO, Carlos de Souza. Curso Básico de Mecânica dos Solos

DAS, B.M., 2007. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. Thomsom Learning, tradução da 6ª edição norte-americana, São Paulo.