

Análise e Tratamento de Erosão na Base de uma Fundação da Linha de Transmissão Recife II/Joairam

Quental, J.C.

UFPE/Chesf, Recife, Pernambuco, Brasil, jamilyq@chesf.gov.br

Ferreira, S.R.M

UFPE/UPE/UNICAP, Recife, Pernambuco, Brasil, sr.mf@hotmail.com

Resumo: Processos construtivos como desmatamentos, escavações, mudança do sistema de escoamento das águas superficiais provocam alterações no meio onde serão implantados, acarretando a degradação do solo e movimento de massas. A erosão causa a degradação do solo trazendo prejuízos ambientais com reflexos sociais e econômicos. Tal processo é muitas vezes observado em obras de Linhas de Transmissão. Estudos realizados na LT Recife II/Joairam indicaram a ocorrência de erosões na base da fundação de uma estrutura. Para a investigação e mitigação do problema foram realizados ensaios de caracterização física, química e de dispersão rápida conforme norma da ABNT e Metodologia estabelecida pela EMBRAPA. Com os resultados pode-se avaliar que a argila é dispersiva e que o plantio de vegetação e construção de canaletas para desviar o curso das águas superficiais são ações cabíveis para a eliminação do processo erosivo.

Abstract: Constructive processes such as deforestation, excavation, and changes in the disposing of surface water system may cause soil degradation and mass movement. The erosion causes soil degradation causing environmental damage with social and economic consequences. This process has been observed in transmission lines works. Studies were carried out in Recife II / Joairam transmission line and it was observed the occurrence of erosion at the basis of the foundation of a tower. For analysis and mitigation of the problem physical and chemical characterization tests and Crumb-tests were carried out in accordance with standard methodology established by ABNT and EMBRAPA. With these tests it can be shown that the clay is dispersive and the planting of vegetation and construction of channels to divert the course of surface water would be appropriate actions to eliminate the erosive process.

1 INTRODUÇÃO

Durante a construção de uma Linha de Transmissão diversas medidas de preservação das condições ambientais são tomadas. Porém essas ações não são capazes de suprimir completamente as ações antrópicas utilizadas para a implantação das obras. No caso das Linhas de Transmissão (LT) uma problemática que tem se tornado bastante frequente é o surgimento de erosões nas áreas próximas as torres.

A erodibilidade causa o desprendimento e o transporte das partículas do solo causando a sua degradação. Vários fatores influenciam na erodibilidade de um solo: tamanho e distribuição das partículas, resistência ao cisalhamento (coesão), índice de plasticidade, teor de argila, porcentagem de areia, silte e argila, tipo de argila, dispersividade da argila, valência e tamanho dos íons absorvidos,

porcentagem e tipo de solos dissolvidos, temperatura, orientação das partículas, umidade natural antes da chuva, área exposta, intensidade de chuva, declividade do terreno, taxa de escoamento, profundidade e velocidade de escoamento e características da cobertura vegetal, Vanoni (1966).

Para exemplificar esta condição foi analisada a LT Recife II/Joairam durante a montagem de três novas estruturas metálicas. O surgimento das erosões foram decorrentes de períodos chuvosos na região com escoamento desorganizado das águas superficiais em solos com propriedades dispersivas. Para a verificação e minimização do problema foram realizados ensaios de caracterização física e química para a análise do solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos iniciaram-se com a coleta de amostras deformadas realizados em períodos não chuvosos. A coleta procedeu-se de forma manual entre as profundidades de 0,00 a 2,50 m e de 2,50 a 6,50 m as amostras foram coletadas com o auxílio do trado, (Figuras 1).

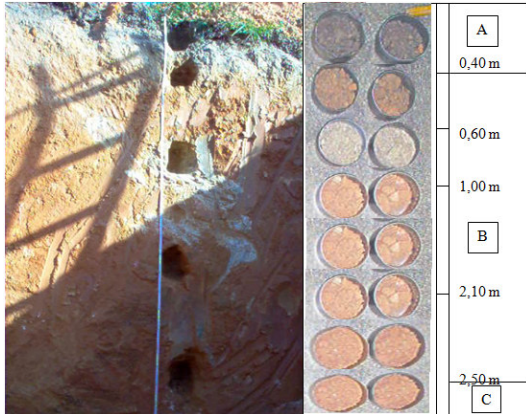


Figura 1 – Coleta de amostra manual

A caracterização física foi realizada pelas normas da Associação Brasileira de Normas técnicas: Granulometria – NBR 7181, Limites de Liquidez e Plasticidade – NBR 6459 e 7180 e Peso Específico dos Grãos – NBR 6508.

Os ensaios de caracterização química dos solos foram realizados no Laboratório de Química da Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), segundo as metodologias estabelecidas pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos e pelo Manual de Métodos de Análise de Solos da EMBRAPA (Empresas Brasileiras de Pesquisa e Agropecuária, 1979).

A análise da dispersividade foi realizada por dois critérios: Comparativo de Granulometria Dispersão Rápida e Ensaio Químico. O método Comparativo de Granulometria consiste em realizar o ensaio de granulometria conforme a norma ABNT NBR- 7181 (com defloculante) e sem o uso do defloculante. Analisa-se a dispersividade do solo pela relação entre a porcentagem dos grãos a 0,005mm sem defloculante pela porcentagem com defloculante.

O ensaio químico relaciona o teor de Na⁺ extraível no extrato de saturação com o valor total de sais dissolvidos, seguindo os critérios de Scherard (1972).

A comparação dos resultados obtidos por meio de ensaios com a análise das características geotécnicas em mapas de pedologia também pode ser constatada e validada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização Física

O solo analisado possui textura fina, tendo percentuais elevados de areia fina, argila e silte (Tabela 1).

Nas primeiras profundidades o solo apresentou uma textura areno-argilosa, com redução do percentual de argila e aumento no de silte com o aumento da profundidade (Figura 2).

Tabela 1 - % de solo

Tipo de Solo	%
Pedregulho	3 – 3
Areia	64 – 77
Silte	12 – 31
Argila	5 – 41

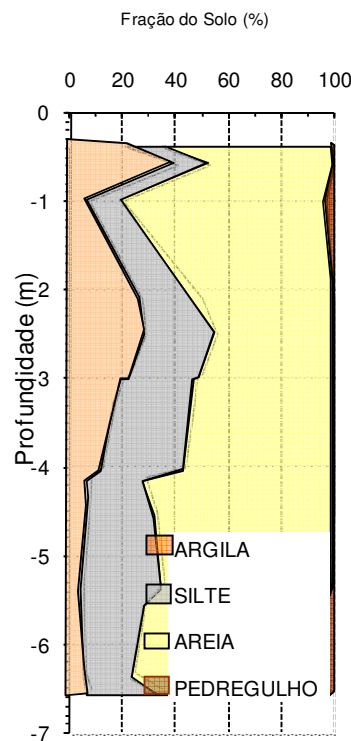


Figura 2 – Distribuição dos grãos com a profundidade

Os valores de IP e WL situaram-se acima da Linha-A e a esquerda da Linha-B na Carta de Plasticidade de Casagrande. A fração argila é inativa até 2,50 m de profundidade e ativa de 2,50 a 6,50 m, segundo Skempton (1953) e predominantemente de baixa atividade, pelo critério de Van der Merwe (1964), Figura 3.

Os resultados também permitiram a classificação no SUCS, onde a fração argila apresentou-se como um CL (argila de baixa compressibilidade) até 4,50m de profundidade e um SM nas profundidades de 4,50m a 6,50m.

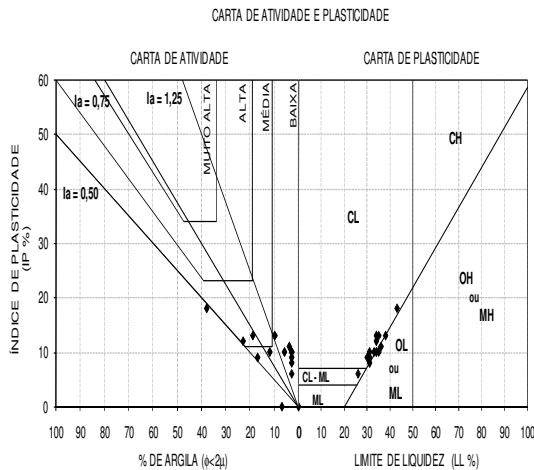


Figura 3 – Carta de atividade e plasticidade – Vargas (1990)

3.2 Caracterização Química

O solo é ácido ($pH < 7$), utilizando os três métodos de determinação (H_2O , KCL , $CaCl_2$).

A Saturação por Bases é baixa até a profundidade de 4,10 m, a partir desta profundidade até 6,50 m passa ser alta, Tabela 2.

Quanto à Retenção por Cátions, a Saturação por Alumínio e o Grau de Saturação por Bases verifica-se que de 0,0 a 4,50 m o solo é Acríco, passando a Eutrófico de 4,50 a 6,50 m.

A Condutividade Elétrica é alta e superior a 27 $cmol/kg$. Com base na Capacidade de Troca Catiônica a argila é de baixa atividade confirmando os critérios de Skempton (1953) e de Van der Merwe (1964).

3.3 Dispersividade da Argila

A Dispersividade da fração argila analisada pelos três métodos: Comparativo de Granulometria, Crumb-test e Análise Química são apresentadas na Tabela 3.

No ensaio Comparativo de Granulometria há uma redução da fração de argila do solo quando não se usa defloculante, indicando que o solo encontra-se naturalmente com sua estrutura floculada (Figura 4).

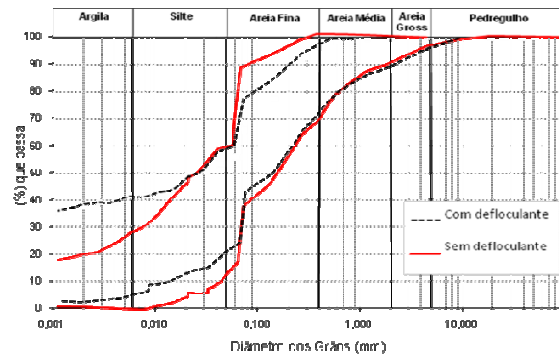


Figura 4 – Comparativo de Granulometria – com e sem defloculante

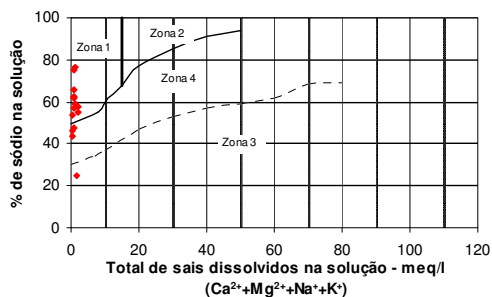
A Porcentagem de Dispersão do solo entre as profundidades de 0,60 a 1,00 m, 3,00 a 4,10 m e 6,30 e 6,50 m ficou compreendida entre 20 e 50 % indicando que o solo é moderadamente dispersivo, correspondendo a 33% dos resultados e nas demais profundidade o solos é não dispersivo.

No ensaio de Dispersão Rápida é um ensaios expedito, e foi realizado apenas na profundidade de 2,10 a 2,50 m (cota da fundação da torre de transmissão), o torrão de argila fragmentou-se, porém não coloriu a água e as partículas de argila não estavam suspensas no líquido indicando tratar-se de um solo de pouca dispersividade (Figura 5).



Figura 5 – Crumb-test – a) início do ensaio, b) após 1h.

A partir dos resultados dos ensaios químicos, obteve-se a relação entre o total de sais no extrato de saturação e a porcentagem total de sódio, nota-se que a maioria dos resultados (80%) encontrava-se na Zona 1, indicando tratar-se de argilas altamente dispersivas e 20% dos resultados encontram-se na Zona 4 de argilas pouco dispersivas, (Figura 6) considerando o critério de classificação de Sherard (1972).



Zonas 1 e 2 - Argilas altamente dispersivas.
 Zona 3 - Argilas normalmente não dispersivas.
 Zona 4 - Argilas pouco dispersivas - o limite inferior não está bem definido.

Figura 6 - Relação entre o total de sais dissolvidos na solução e a porcentagem % de sódio na solução Sherard (1972)

Tabela 1 - Resultados dos ensaios químicos

Profundidade (m)	Cátions Trocáveis meq/100g de solo					S meq/100g de solo	T meq/100g de solo	V (%)	pH		
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺				H ₂ O	KCl 1N	CaCl ₂ 0,01M
0,0 a 0,4	0,001	0,13	6,65	19,99	0,01	6,78	26,77	25,33	4,32	3,27	3,43
0,4 a 0,6	0,001	0,02	5,3	12,78	0,02	5,32	18,10	29,40	4,24	3,07	3,15
0,6 a 1,0	0,001	0,02	4,73	6,79	0,01	4,75	11,54	41,17	4,78	3,79	4,19
1,0 a 2,1	0,001	0,11	5,35	5,39	0,01	5,46	10,85	50,33	4,57	2,80	3,35
2,1 a 2,5	0,001	0,03	5,75	5,19	0,01	5,78	10,97	52,69	4,62	3,02	2,56
2,5 a 2,9	0,001	0,11	5,2	23,18	0,02	5,31	28,49	18,64	3,98	2,81	3,09
2,9 a 3,0	0,001	0,11	6,65	19,17	0,03	6,76	25,93	26,07	4,12	2,41	2,99
3,0 a 3,2	0,001	0,11	6,00	24,57	0,03	6,11	30,68	19,92	4,24	2,35	2,89
3,2 a 4,0	0,001	0,11	6,65	7,78	0,02	6,76	14,54	46,50	4,89	2,40	3,23
4,0 a 4,1	0,001	0,08	5,75	6,59	0,01	5,83	12,42	46,94	4,15	2,55	3,36
4,1 a 4,5	0,001	0,11	6,3	0,99	0,01	6,41	7,40	86,62	5,20	2,70	3,73
4,5 a 5,3	0,05	0,18	7,40	1,19	0,01	7,63	8,82	86,51	5,26	2,34	3,73
5,3 a 5,5	0,27	0,23	14,6	1,76	0,04	15,10	16,86	89,56	5,35	1,79	3,59
5,5 a 6,3	0,09	0,14	8,82	0,39	0,01	9,05	9,44	95,87	5,07	2,51	3,83
6,3 a 6,5	0,23	0,14	12,02	0,93	0,01	12,39	13,32	93,02	5,16	2,47	4,07

S- Soma das Bases T- Capacidade de Troca Catiônica, V- Grau de Saturação por Bases.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios: Comparativo de Granulometria, Crumb-test e Análise Química

Profund. (m)	Comparativo de Granulometria			Análise Química - Sherard (1972)		
	% <0,005mm		% de dispersão	Total de sais meq/ L de extrato.	Na ⁺ meq/ L de extrato.	% de Na ⁺
	com defloc.	sem defloc.				
0,0 a 0,4	29	0	0	1,63	0,4	24,54
0,4 a 0,6	41	2	4	0,95	0,59	62,11
0,6 a 1,0	7	2	29	0,32	0,14	43,75
1,0 a 2,1	27	3	11	0,87	0,57	65,52
2,1 a 2,5	29	0	0	0,52	0,28	53,85
2,5 a 2,9	23	0	0	1,44	0,85	59,03
2,9 a 3,0	20	2	9	0,88	0,42	47,73
3,0 a 3,2	17	8	47	0,73	0,45	61,64
3,2 a 4,0	12	5	42	0,65	0,37	56,92
4,0 a 4,1	7	2	29	0,43	0,2	46,51
4,1 a 4,5	7	0	0	0,69	0,43	62,32
4,5 a 5,3	5	0	0	1,04	0,78	75,00
5,3 a 5,5	6	0	0	1,16	0,89	76,72
5,5 a 6,3	6	0	0	1,98	1,14	57,58
6,3 a 6,5	8	2	25	2,28	1,26	55,26

3.4 Análise das Características Pedológicas

Com base no georeferenciamento da torre e na consulta do mapa pedológico. O solo da estrutura analisada possui características Podzólicas. O que agrega características arenosas para o Horizonte A e argilosas para o Horizonte B. O Horizonte B textural possui uma alta suscetibilidade a erosão por ravinas e boçorocas com o fluxo de águas superficiais (Oliveira e Brito 1998).

Observações, de campo, durante a construção da fundação da torre da linha de transmissão, houve aparecimento de erosões nas proximidades da estrutura, após períodos chuvosos, Figuras 7a. Em campo, o caráter dispersivo da fração argila, no processo de degradação do solo, fica identificado. Como o processo de erosão encontrava-se no início, medidas corretivas foram tomadas como o plantio de gramíneas e a construção de canaletas para facilitar o escoamento das águas superficiais, reduzindo o efeito do impacto chuvas no solo e criando resistência a erosão pela cobertura vegetal, Figuras 7b.



Figura 7 - Degradação do solo e medidas mitigadoras: a) Degradação do solo, erosão no entorno da base da fundação, b) Cobertura vegetal de gramíneas, recuperação da área degradada.

Dos três métodos de identificação de argilas dispersivas utilizados no presente trabalho, que toma por base os resultados dos ensaios Comparativo de Granulometria, Dispersão Rápida (Crumb-test) e Químico, o que melhor identificou a suscetibilidade da argila de dispersar em água foi o que de baseia nos resultados do proposto por Sherard (1972) que permite quantificar total de sais dissolvidos na solução e a porcentagem % de sódio na solução.

4 CONCLUSÃO

1 - O solo é uma areia siltosa, fração argila é de baixa atividade e a relação entre o total de sais no extrato de saturação e a porcentagem total de sódio permitiu identificar que o solo tem argila altamente dispersiva que causou a erosão e degradação do solo.

2 - A reposição da cobertura vegetal no entorno da área da fundação e o controle da drenagem superficial solucionaram o processo de erosão do solo, em sua fase inicial.

3 - Recomenda-se a realização de ensaios para avaliar a dispersividade dos solos em projetos de fundações de Linhas de transmissão.

AGRADECIMENTOS

À Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) por contribuir com equipamentos e mão-de-obra para realizar a coleta de amostras.

5 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas, Normas NB-6459, Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, Normas NB-6508, Peso específico dos Grãos. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, Normas NB-7180, Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, Normas NB-7181, Granulometria. Rio de Janeiro 1984.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed, ver. Rio de Janeiro, 1997..

OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, (1998).

SKEMPTON, A. W. Soil-Mechanics in Relation to Geology. Proc. Yorkshire Geol. Soc, 29. 1953..

SCHERARD, J. L. Study of Piping Failures and Erosions Damage from Rain in Clay Dams in Oklahoma and Mississippi. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D.C. March, 1972.

VAN DER MERVE, D. H. The Prediction of Heave from the Plasticity Index and Percentage Clay Fraction of Soils. Trans. S. Afr. Inst. of Civ. Engrs. Vol. 6, nº 6, 1964.

VANONI V. Sediment Transport Mechanics. ASCE Journal of Hydraulics Division March. p.p. 291 – 314, 1966.

VARGAS, M. Collapsible and Expansive Soil in Brazil. Special Lecture. Geomechanics in Tropical Soil. Editors Publication Committee of Sicots School of Civil and Hanyony Technological Institute. Vol. 2, pp. 489-492, 1990.