

Referências Bibliográficas

ADLER, M.; MADER, U. & WABER, N. – Experiment vs modeling diffusive and advective interaction of high-pH solution in argillaceous rock at 30 °C. In: V. M. Goldschmidt Abstracts. Toulouse, France. 1998. p. 15-16.

AGNELLI, N. e ALBIERO, J. - Aspectos Físicos Químicos e Mecânicos de um Solo Colapsível, Inundado com Diferentes Líquidos. Solos e Rochas. Revista Brasileira de Geotecnia, v. 18, no 1, p.77-95, 1997.

AL-KHAFRAF, S. & HANKS, R. J. – Evaluation of the filter paper method for estimating soil water potential. Soil Science, v. 117, n. 4, p. 194-199. 1974.

ANADARAJAH, A. & ZHAO, D. – Triaxial behavior of kaolinite in different pore fluids. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v. 126, n. 2, p. 148-156, Feb. 2000.

ASTM 5298-92 – Standard test method for measurement of soil potential (suction) using filter paper. In: ASTM Standards, v.15.09, p.264-268, 1992.

AZEVEDO, I. D.; AZEVEDO, R.F. & CARVALHO, C. A. – A numerical study of heavy metal transport in the dump área of the Municipal District of Viçosa, MG, Brazil. In: 4th. ICEG – Environmental Geotechnics, v. 1. A. A. Balkema Publishers. August 2002. p. 27-32.

BACHMANN, J. & VAN DER PLOEG, R. R. – A review on recent developments in soil water retention theory: interfacial tension and temperature effects. J. Plant Nutr. Soil Sci., n. 165, p. 468-478, 2002.

BARBOUR, S. L. – Nineteenth Canadian Geotechnical Colloquim: The soil-water characteristic curve: a historical perspective. Canadian Geotechnical Journal, v. 35, n. 5, p. 873-894, Oct. 1998.

BAUER, A. & BERGER, G. – Kaolinite and smectite dissolution rate in high molar KOH solutions at 35 a 80 °C. Applied Geochemistry, n. 13, p. 905-916, 1998.

BAUER, A.; VELDE, B. & BERGER, G. – Kaolinite transformation in high molar KOH solutions. Applied Geochemistry, n. 13, p. 619-629, 1998.

BEAR, J. - Dynamics of Fluids in Porous Media. American Elsevier Publishing Company, Inc., U.S. 1972. p. 764.

BEWICK, D. – The mobility of pesticides in soil – Studies to prevent groundwater contamination. In: Pesticides in groundwater and surface water. H. Börner (ed.). Chemistry of Plant Protection 9. Springer-Verlag, Germany, p. 57-86. 1994.

BOYD, S. A.; MIKESSELL, M. D. & LEE, J. F. – Chlorophenols in soils. In: Reactions and movement of organic chemicals in soils. B. L. Sawhney & K. Brown (ed.). SSSA Special Publication No. 22. American Society of Agronomy. Inc. Cap. 8, p. 209-228. 1989.

BROOKS, R. H. & COREY, A. T. – Hydraulic properties of porous medium. Colorado State University (Fort Collins), Hydrology Paper 3. 1964.

BULUT, R.; LYTTON, R. & WRAY, W. K. – Soil suction measurements by filter paper. In: Expansive Clay Soils and Vegetative Influence on Shallow Foundations. ASCE Geotechnical Special Publication No. 115. Eds. C. Vipulanandan, M. B. Addison and M. Hasen, ASCE. 2001. p. 243-261.

CAMAPUM de CARVALHO, J., NUNES, P. M., BERBERIAN, D. e FERREIRA, E. S. - Influencia del pH del líquido de saturación en la colapsividad. In: Anais do VIII Congreso Panamericano de Mec. de Suelos e Ing. de Fundaciones, Colombia, v. 2, p 1-8. 1987.

CARSEL, R. F. – Hydrologic processes affecting the movement of organic chemicals in soils. In: Reactions and movement of organic chemicals in soils. B. L. Sawhney & k. Brown (ed.) SSSA Special Publication N° 22. American Society of Agronomy, Inc. Cap. 17, p. 439-445. 1989.

CARROLL, D. & STARKEY, H. C. – Reactivity of clays minerals with acid and alkalis. Clays Clay Mins, n. 19, p. 321-333, 1971.

CHANDLER, R. J.; CRILLY, M. S. & MONTGOMERY-SMITH, G. – A low cost method of assessing clay desiccation for Low-Rise Buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, v. 92, n. 2, p. 82-89. 1992.

CERATO, A. B. & LUTENEGGER, A. J. - Determination of surface area of fine-grained soils by the Ethylene Glycol Monoethyl Ether (EGME) Method. Geotechnical Testing Journal, v. 25, n. 3, p. 1-7, 2002.

CHEN, J.; ANADARAJAH, A. & INYANG, H. – Pore fluid properties and compressibility of kaolinite. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v. 126, n. 9, p. 798-807, Sep. 2000.

CHERMAK, J. A. – Low temperature experimental investigation of the effect of high pH NaOH solutions on the Opalinus Shale, Switzerland. *Clays Clay Mins*, n. 40, p. 650-658, 1992.

CHERMAK, J. A. – Low temperature experimental investigation of the effect of high pH KOH solutions on the Opalinus Shale, Switzerland. *Clays Clay Mins*, n. 41, p. 365-372, 1993.

CHIOU, C. T.; PETERS, L. J. & FREED, V. H. – A physical concept of soil-water equilibria for nonionic organic compounds. *Science*, n. 206, p. 831-832, 1979.

CHIOU, C. T.; PORTER, P. E. & SCHMEDDING, W. – Partition equilibria of nonionic organic compounds between soil organic matter and water. *Environ. Sci. Technol.*, v. 17, n. 4, p. 227-231, 1983.

CHIOU, C. T. – Theoretical considerations of the partition uptake of nonionic organic compounds by soil organic matter. In: *Reactions and movement of organic chemicals in soils*. B. L. Sawhney & K. Brown (ed.). SSSA Special Publication No. 22. American Society of Agronomy, Inc. Cap. 1, p. 1-29. 1989.

CLARET, F.; BAUER, A.; SCHÄFER, T.; GRIFFAULT, L. & LANSON, B. - Experimental investigation of the interaction of clays with high-pH solutions: A case study from the Callovo-Oxfordian formation, Meuse-Haute Marne underground laboratory (France). *Clays and Clay Minerals*, v. 50, n. 5, p. 633-646, 2002.

CLIFTON, A. W.; WILSON, Q. W. & BARBOUR, S. L. – The emergence of Unsaturated Soil Mechanics: Fredlung Volume. NRC Research Press. 1999.

COLLARES, A. C. e VILAR, O. M. – La influencia de características químicas del fluido de inundación en el colapso de los suelos. In: *Anales do XV Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*, v.1, p.107-114, 2000.

COSTA JUNIOR, F. A. – Estudo da influência da infiltração de soda cáustica nas características de resistência de um solo laterítico. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro. 2001.

CRONEY, D. & COLEMAN, J. D. – Pore pressure and suction in soils. In: *Proceedings of the Conference on Pore Pressure and Suction in Soils*. Butterworths, London, p. 31-37. 1961.

D'APPOLONIA, D. - Soil-Bentonite slurry trench cutoffs. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, v. 106, n. 4, p. 399-417, 1980.

DE CAMPOS, T. M. P.; DELGADO, C. C.; TIBANA, S.; SAENZ AGUILAR, S.A. e FONSECA, E. C. – Determinação da curva característica de sucção em laboratório. In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (1ª. COBRAE), Rio de Janeiro, Brazil, 1992. p. 835-851.

DE CAMPOS, T. M. – Aspectos teóricos e práticos de contaminação de águas subterrâneas: Estudos de Campo e Laboratorio. In: Seminário sobre Geotecnia Ambiental: Contaminação de Solos e Águas Subterrâneas, Porto, Portugal. 2001. CD-Room/SPG/FEUP.

Di MAIO, C. - Exposure of bentonite to salt solution: Osmotic and mechanical effects, *Géotechnique*, n. 26, v.4, p. 695-707, 1996.

DOMENICO, P. A. & SCHWARTZ, F. W. – Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, Inc., Singapore. 1990.

EL-KADI, A. I. – On estimating the hydraulic properties of soil, Part 1. Comparison between forms to estimate the soil-water characteristic function. *Adv. Water Resources*, v. 8, p. 136-147, Sep. 1985.

FERREIRA, L.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; DE LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N. e VITORINO, A. C. T. – Tipos de dispersantes, formas de agitação e sua relações com a erodibilidade de solos com altos teores de óxidos de ferro. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v. 26, n. 2, p. 342–353, mar./abr., 2002.

FETTER, C. W. - Contaminant Hydrogeology. Macmillan Publishing Company, U.S. 1993. p. 458.

FONTOURA, S. A. B.; DE CAMPOS e T. M. P.; NOBRE, M. M. M. – Migração de poluentes através de meios porosos. In: Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos Industriais e de Mineração. Novembro 1987. p. 39 – 60.

FREDLUND, D. G. – How negative can pore-water pressures get?. *Geotechnical News*, v. 9, n. 3, p. 44-46. 1992.

FREDLUND, D. G. & RAHARJO, H. – Soil mechanics for unsaturated soils. John Wiley & Sons Inc. 1993. p.517.

FREDLUND, D. G. & XING, A. – Equations for the soil-water characteristic curve. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 31, n. 4, p. 521-532, August 1994.

FREDLUND, D. G.; XING, A. & HUANG, S. – Predicting the permeability function for unsaturated soils using the soil-water characteristic curve. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 31, n. 4, p. 533-546, August 1994.

FREDLUND, D. G., GAN, J. K.-M. & GALLEN, P. – Suction measurements on compacted till specimens and indirect filter paper calibration technique. In: *The emergence of unsaturated soil mechanics: Fredlund Volume*. Clifton, A. W.; Wilson, Q. W.; Barbour, S. L. (ed.). NRC Research Press. p. 96 – 103. 1999.

FREDLUND, D. G. & RAHARDJO, H. – State-of-development in the measurement of soil suction. In: *The emergence of unsaturated soil mechanics: Fredlund Volume*. Clifton, A. W.; Wilson, Q. W.; Barbour, S. L. (ed.). NRC Research Press. p. 96 – 103. 1999.

FREDLUND, D. G. – The 1999 R. M. Hardy Lecture: The implementation of unsaturated soil mechanics into geotechnical engineering. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 37, n. 5, p. 963-986, Oct. 2000.

FREEZE, R. A. & CHERRY, J. A. - *Groundwater*. Prentice Hall, Inc. U.S. 1979. p. 604.

GARDNER, W. R. – Some steady state solutions of unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water-table. *Soil Science*, n. 85, p. 228-232. 1958.

GILLMAN, G. P. & SUMPTER, E. A. - Modification to the compulsive exchange method for measuring exchange characteristics of soils. *Austr. J. Soil. Res.*, n. 24, p. 61-66, 1986.

GOLDEN, D. C.; DIXON, J. B., SHADFAN, H., KIPPENBERGER, L. A. – Palygorskite and sepiolite alteration to smectite under alkaline conditions. *Clays Clay Mins.*, n. 33, p. 44-50, 1985.

HAJRA, M. G.; REDDI, L. N.; GLASGOW, L.A.; XIAO, M. & LEE, M. I. – Effects of ionic strength on fine particle clogging of soil filters. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v. 128, n. 8, p. 631-639, August 2002.

HAMBLIN, A. P. – Filter-paper method for routine measurement of field water potential. *Journal of Hydrology*, v. 53, n. 3-4, p. 355-360, 1981.

HASSETT, J. J. & BANWART, W. L. - The Sorption of Nonpolar Organics by Soils and Sediments. In: *Reactions and Movement of Organic Chemicals in Soils*,

B. L. Sawhney & K. Brown (ed.). SSSA Special Publication N° 22. American Society of Agronomy, Inc. cap 2, pp.31-44.1989.

HAWORTH, A.; SHARLAND, S.M.; TASKER, P. W. & TWEED, C. J. – Evolution of the groundwater chemistry around a nuclear waste repository. In: Scientific Basis for Nuclear Waste Management XI. Mat. Res. Soc, p. 425 – 434. 1988.

HEAD, K. H. - Manual of Soil Laboratory Testing vol 2: Permeability, Shear Strength and Compressibility Tests. Pentech Press Ltd., London. 1988. p. 747.

HIGGS, N.B. - Methylene blue adsorption as a rapid and economical method of detecting smectite. Geotechnical Testing Journal, v. 11, n.1, p.68-71, 1988.

HOUSTON, S. L.; HOUSTON, W. N. & WAGNER, A. M. – Laboratory filter paper suction measurements. Geotechnical Testing Journal, v. 17, n. 2, p. 185-194, June 1994.

IGNATIUS, S. G. e SOUZA PINTO, C. - Aspectos do comportamento de um solo em presença de efluente químico a base de soda cáustica. In: _II Simpósio sobre barragens de rejeitos e disposição de resíduos. Rio de Janeiro, Brasil. 1991. p. 233-241.

JEFFERIES, N. L.; TWEED, C. J. & WISBEY, S. J. – The effects of changes in pH within a clay surrounding a cementitious repository. In: Scientific Basis for Nuclear Waste Management XI, Mat. Res. Soc., p. 43-52. 1988.

JO, H. Y.; KATSUMI, T.; BENSON, H. C. & EDIL, T. B. – Hydraulic conductivity and swelling of nonprehydrated GCLs permeated with single-species salt solutions. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v. 127, n. 7, p. 557-567, Jul. 2001.

JOZEFACIUK, G.; MURANYI, A. & ALEKSEEVA, T. - Effect of extreme acid and alkali treatment on soil variable charge. Geoderma, n.109, p. 225-243, 2002.

KLUTE, A. – Methods of soil analysis , Part 1: Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. SSSA. USA, 1986. p. 1188.

KOVACS, G. – Seepage Hydraulics. Developments in water science 10. Elsevier Scientific Publishing Company, Budapest, p. 730. 1981.

KUHN, E. P. & SUFLITA, J. M. – Dehalogenation of pesticides by Anaerobic Microorganisms in soils and groundwater – A review. In: Reactions and Movement of Organic Chemicals in Soils. B. L. Sawhney & K. Brown (ed.). SSSA

Special Publication N° 22. American Society of Agronomy, Inc. Cap. 6. p. 111-180. 1989.

KUMAPLEY, N. K. & ISHOLA, A. - The effect of chemical contamination on soil strength. In: Proceedings of the Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, v. 3. San Francisco. 1985. p. 1199-1201.

KRAHN, J. & FREDLUND, D. G. – On total, matric and osmotic suction. In: The emergence of unsaturated soil mechanics: Fredlund Volume. Clifton, A. W.; Wilson, Q. W.; Barbour, S. L. (ed.). NRC Research Press. p. 35 – 41. 1999.

LaGREGA, M. D.; BUCKINGHAM, P. L. & EVANS, J.C. – Hazardous waste management. Mc Graw – Hill, Inc., Singapore. 1994. p. 1146.

LEE, H.C. & WRAY, W.K. – Techniques to evaluate soil suction – A vital unsaturated soil water variable. In: Proceedings of the First International Conference on Unsaturated Soils, v. 2. Paris, France. Balkema 1995. p. 615-622.

LENTZ, W. R.; HORST, W. D. & UPPOT, J.O. - The permeability of clay to acidic and caustic permeants. In: Hydraulic Barriers in Soil and Rock. Johnson/Frobel/Cavalli/Pettersson editors. ASTM STP874. 1985. p. 127-139.

LEONG, E.C.; HE, L. & RAHARDJO, H. – Factors affecting the filter paper method for total and matric suction measurements. Geotechnical Testing Journal, v. 25, n.3, p.1-12, Sept. 2002.

LIKOS, W. J. & LU, N. – Automated Humidity System for Measuring Total Suction Characteristics of Clay. Geotechnical Testing Journal, v. 26, n. 2, 2003.

MARINHO, F. A. M. – Medição de sucção com o método do papel filtro. In: Anais do X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações (X COBRAMSEF), v. 2. 1994. p. 515-522.

MARINHO, F. A. M. – Shrinkage behavior of some plastic soils. 1994, PhD. Thesis, Imperial College, University of London. 1994

MARINHO, F. A. M. – Medição de sucção em solos. In: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados (Ñ Sat'97), v. 2. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1997. p. 373-397.

MATHESS, G. – Fate of pesticides in aquatic environments. In: Pesticides in groundwater and surface water. H. Börner (ed.). Chemistry of plant protection 9. Springer-Verlag, Germany, p. 191-246. 1994.

MITCHELL, J. K. - Fundamental of soil behavior. John Wiley & Sons Inc. 1976. p. 422.

McKEE, C. R. & BUMB, A. C. – Flow-testing coalbed methane production wells in the presence of water and gas. In: SPE Formation Evaluation, p. 599-608. December 1987.

McQUEEN, I. S. & MILLER, R. F. – Determination of a soil moisture potential. Water in the unsaturated zone, P. E. Rijtema and H. Wassink, Eds., International Association of Science and Hydrology Publication No. 82, p. 147-155. 1968.

MAULEM, Y. – Hydraulic conductivity of unsaturated soils: prediction and formulas. In: Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agronomy. Edited by A. Klute. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Society of America, Inc., Madison, Wis., U.S.A., p. 799-823. 1986.

PAVILONSKY, V. M. - Varying permeability of clayey soils linings. In: Proceedings of the Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, v. 3. San Francisco. 1985. p. 1213-1216.

PERES, D. V. e CASANOVA, F. J. - Avaliação de três métodos de determinação da superfície específica. Revista Brasileira de Ciências do Solo, n.18, p.151-153, 1994.

RAATS, P. A. C. – Developments in soil-water physics since the mid 1960s. Geoderma Sp. Iss., v. 100, n. 3-4, p. 355-387, 2001.

RAO, M. S. & SUBBA RAO, K.S. - Ground heave from caustic soda solution spillage – A case study. Soils and Foundations, v. 34, n. 2, p. 13-18, June 1994.

REGINATTO, A. R. & FERRERO, J. C. – Collapse potential of soils and soil-water chemistry. In: Proceedings of VIII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, v. 2, p. 177-183, 1973.

RIDLEY, A. M.; DINEEN, K.; BURLAND, J. B. & VAUGHAN, P.R. – Soil matrix suction: some examples of its measurement and application in geotechnical engineering. Géotechnique, v. 53, n. 2, p. 241-253, 2003.

RICHARDS, B. G. – Measurement of the free energy of soil moisture by the psychrometric technique using thermistors. In: Moisture equilibria and moisture changes in soils beneath covered areas. Edited by G. D. Aitchison. Butterworth & Co. Ltd., Sydney, Australia, p. 39-46. 1965.

SANTAMARINA, J. C.; KLEIN, K. A.; WANG Y. H., & PRENCKE, E. - Specific surface: determination and relevance. *Canadian Geotechnical Journal*, n. 39, p. 233-241, 2002.

SAVAGE, D.; NOY, D. & MIHARA, M. - Modelling the interaction of bentonita with hyperalkaline fluids. *Applied Geochemistry*, n. 17, p. 207-223, 2002.

SETA, A. K. & KARATHANASIS, A. D. – Water dispersible colloids and factors influencing their dispersibility from soil aggregates. *Geoderma*, n. 74, p. 255-266, 1996.

SIMONS, H. & REUTER, E. - Physical and chemical behavior of clay-based barriers under percolation with test liquids. *Engineering Geology*, n. 21, p. 301-310, 1985.

SOLER, J. M. – Reactive transport modelling of the interaction between a high pH plume and fractured marl. In: V. M. Goldschmidt Abstracts. Toulouse, France. 1998. p. 1427-1428.

SHACKELFORD, C. D.; MALUSIS, M. A.; MAJESKI, M.J. & STERN R. T – Electrical Conductivity Breakthrough Curves. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, v. 125, n. 4, p. 260-270, April 1999.

SHACKELFORD, C. D – Critical Concepts for Column Testing. *Journal of Geotechnical Engineering*, v. 120, n. 10, p. 1804-1828, October 1994.

SHACKELFORD, C. D – Laboratory diffusion testing for waste disposal – A review. *Journal of Contaminant Hydrology*, n. 7, p. 177-217, 1991.

SHIDHARAN, A.; RAO, S. M. & GAJARAJAN, V. S. – Effect of Sulfate Contamination on Volume Change Behavior of Bentonite. In: *Physico-chemical Aspects of Soil Related Materials*. Haddinnott/Lamb editors. ASTM STP1095. 1990. p. 60-68.

SHIDHARAN, A.; RAO, S. M. & MURTHY, N. S. – Physico-Chemical Effect on Compressibility of Tropicals Soils. *Soils and Foundations*, v. 32, n. 4, p. 156-163, Dec. 1992.

STEEFEL, C. I. & LICHTNER, P. C. – Multicomponent reactive transport in discrete fractures II: Infiltration of hyperalkaline groundwater at Maqarin, Jordan, a natural analogue site. *Journal of Hydrology*, n. 209, p. 200 – 224, 1998.

SWARBRICK, G. E. – Measurement of soil suction using the filter paper method. In: Proceedings of the First International Conference on Unsaturated Soils, v. 2. Paris, France. Balkema 1995. p. 653-658.

SYKES, J. F.; SOYUPAK, S. & FARQUHAR, G. J. – Modeling of leachate organic migration and attenuation in groundwaters below sanitary landfills. Water Resour. Res., v. 18, n. 1, p. 135-145. 1982.

TAUBALD, H.; BAUER, A.; SCHÄFER, T.; GECKEIS, H.; SATIR, M. & KIM, J.I. - Experimental investigation of the effect of high-pH solutions on the Opalinus Shale and Hammerschmiede Smectite. Clay Minerals, n. 35, p. 515-524, 2000.

TRUONG, H.V. P. & HOLDEN, J. C. – Soil suction measurement with transistor phychrometer. In: Proceedings of the First International Conference on Unsaturated Soils, v. 2. Paris, France. Balkema 1995. p. 659-665.

VAN GENUCHTEN, M. T. – A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, n. 44, p. 892-898. 1980.

VILLAR, L.F. e de CAMPOS, T. M. – Obtencao de uma curva característica de succao pelo uso combinado de técnicas diversas. In: Anais 4º Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, Porto Alegre, RS., Brasil, p. 337-353. 2001.

VILLAR, L.F. – Estudo do Adensamento e Ressecamento de Resíduos de Mineração e Processamento de Bauxita. Tese de Doutorado. Pontificia Universidade Católica de Rio de Janeiro. 2002.

VOYUTSKY, S. – Colloid Chemistry. Mir Publishers, Russia, p. 560. 1978.

WILLIAMS, J.; PREBBLE, R. E., WILLIAMS, M. T. & HIGNETT, C. T. – The influence of texture, structure and clay mineralogy on the soil moisture characteristic. Australian Journal of Soil Research, n. 21, p. 15-32. 1983.

WOODBURN, J. A. & LUCAS, B. – New approaches to the laboratory and field measurement of soil suction. In: Proceedings of the First International Conference on Unsaturated Soils, v. 2. Paris, France. Balkema 1995. p. 667-671.

YIACOUMI, S. & TIEN, C. – A model of organic solute uptake from aqueous solutions by soils. Water Resour. Res., v. 30, n. 2, p. 571-580. 1994.

YONG, N. R.; MOHAMED A. M. O. & WARKENTIN, B. P. - Principles of contaminant transport in soils. Elsevier. 1992. p. 327.

YONG, N. R. - Geoenvironmental engineering: contaminated soils, pollutant fate and mitigation. CRC Press LLC. 2001.

Apêndice 1

Equações para calcular o índice de vazios da fração fina

Partindo da relação

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_{vf} + V_{vg}}{V_{sf} + V_{sg}} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde o sub-índice f, identifica os parâmetros da fração de solo passante na peneira # 200, e o sub-índice g para os parâmetros da fração grossa, e:

$$e_f = \frac{V_{vf}}{V_{sf}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$e_g = \frac{V_{vg}}{V_{sg}} \quad (\text{Eq. 3})$$

De (1)

$$V_{vf} = e \times (V_{sf} + V_{sg}) - V_{vg}$$

reemplazando em (2)

$$\begin{aligned} e_f &= \frac{e \times V_s - V_{vg}}{V_{sf}} = \frac{e \times V_s - V_{vg}}{V_s - V_{sg}} = \frac{e \times V_s}{V_s - V_{sg}} - \frac{V_{vg}}{V_s - V_{sg}} = \\ &= \frac{e \times V_s}{V_s - V_{sg}} - \frac{V_{vg}}{V_{sg} \times \left(\frac{V_s}{V_{sg}} - 1 \right)} = \frac{e \times V_s}{V_s - V_{sg}} - \frac{e_g \times V_{sg}}{V_s - V_{sg}} \end{aligned}$$

$$e_f = \frac{e \times V_s - e_g \times V_{sg}}{V_s - V_{sg}} \quad (\text{Eq. 4})$$

ou

$$\begin{aligned} e &= \frac{e_f \times (V_s - V_{sg}) + e_g \times V_{sg}}{V_s} = \frac{e_f \times V_s - e_f \times V_{sg} + e_g \times V_{sg}}{V_s} = \\ &= \frac{e_f \times V_s + V_{sg} \times (e_g - e_f)}{V_s} = e_f + \frac{V_{sg}}{V_s} \times (e_g - e_f) \end{aligned}$$

$$e = e_f + \frac{V_{sg}}{V_s} \times (e_g - e_f) \quad (\text{Eq. 5})$$

ou

$$e = e_f \times \left(1 - \frac{V_{sg}}{V_s} \right) + \frac{V_{sg}}{V_s} \times e_g \quad (\text{Eq. 6})$$

Na equação (5) os dados conhecidos são e e V_s , e as incógnitas são V_{sg} , V_s , e_g e e_f . Temos mais incógnitas que equações, pelo tanto precisamos de uma outra relação.

Tomando a relação de densidade total do solo

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{(1+w) \times (Mf + Mg)}{V} = \frac{(1+w) \times (Vsf \times Gf + Vsg \times Gg)}{V} =$$

$$= \frac{(1+w) \times (Vsf \times Gf + Vsg \times Gg)}{V}$$

$$\frac{\rho \times V}{1+w} = Vsf \times Gf + Vsg \times Gg = (Vs - Vsg) \times Gf + Vsg \times Gg =$$

$$= Vs \times Gf + Vsg \times (Gg - Gf)$$

com

$$\rho d = \frac{\rho}{1+w} \quad (\text{Eq. 7})$$

obtemos

$$\rho d \times V = Vs \times Gf + Vsg \times (Gg - Gf) \quad (\text{Eq. 8})$$

ou

$$Vsg = \frac{\rho d \times V - Vs \times Gf}{(Gg - Gf)} \quad (\text{Eq. 9})$$

e

$$Vsf = Vs - Vsg \quad (\text{Eq. 10})$$

$$Vv = Vvf + Vvg \quad (\text{Eq. 11})$$

com as equações (2) e (3), fica,

$$Vv = ef \times Vsf + eg \times Vsg \quad (\text{Eq. 12})$$

Resumindo com as seguintes equações podemos calcular o valor do ef, conhecendo por ensaios os valores de Gsg e Gsf, ρd , V, e Vs

$$e = ef \times \left(1 - \frac{Vsg}{Vs}\right) + eg \times \frac{Vsg}{Vs}$$

$$Vv = ef \times Vsf + eg \times Vsg$$

com

$$Vsg = \frac{\rho d \times V - Vs \times Gf}{Gg - Gf}$$

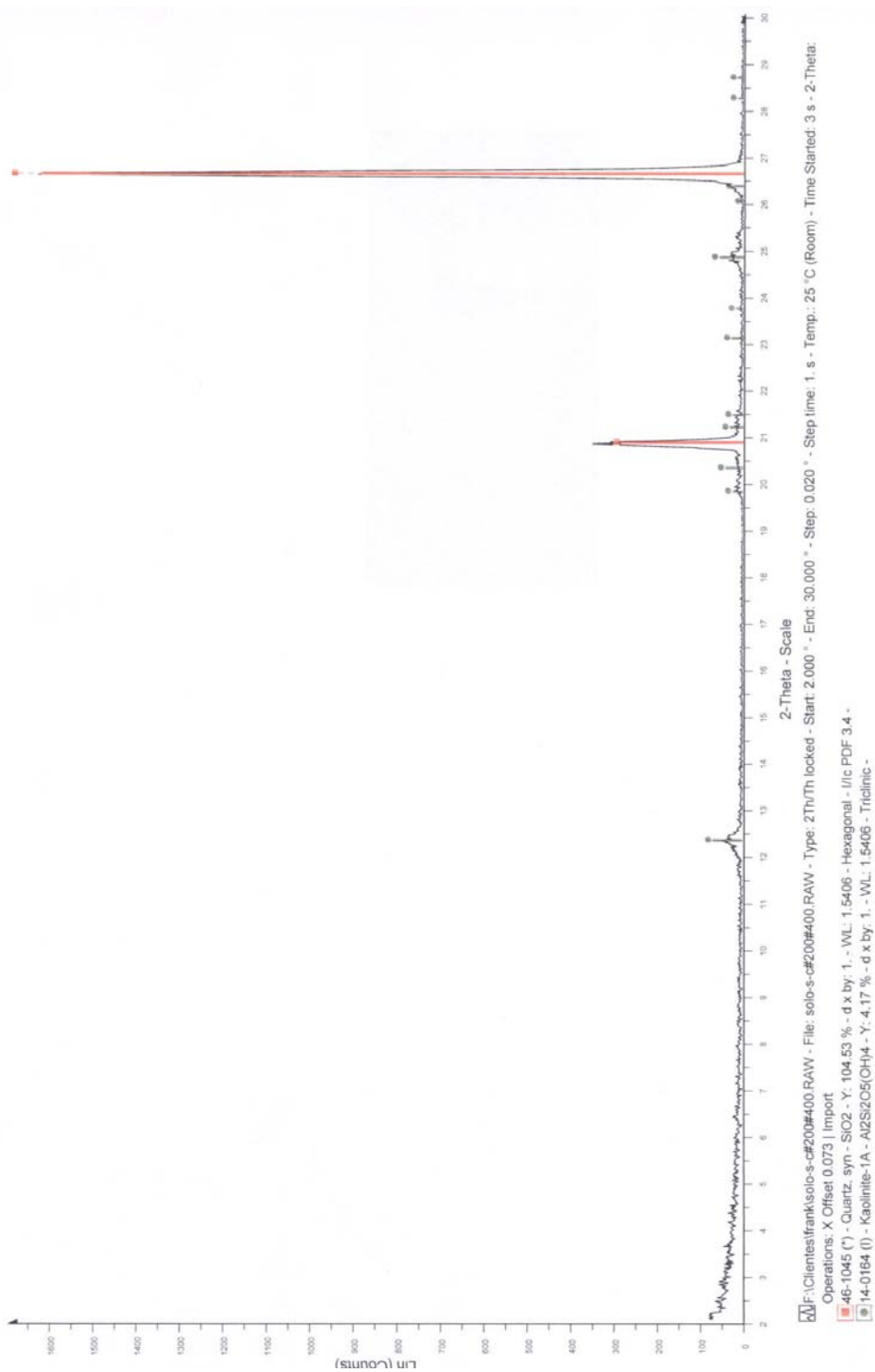
e

$$Vsf = Vs - Vsg$$

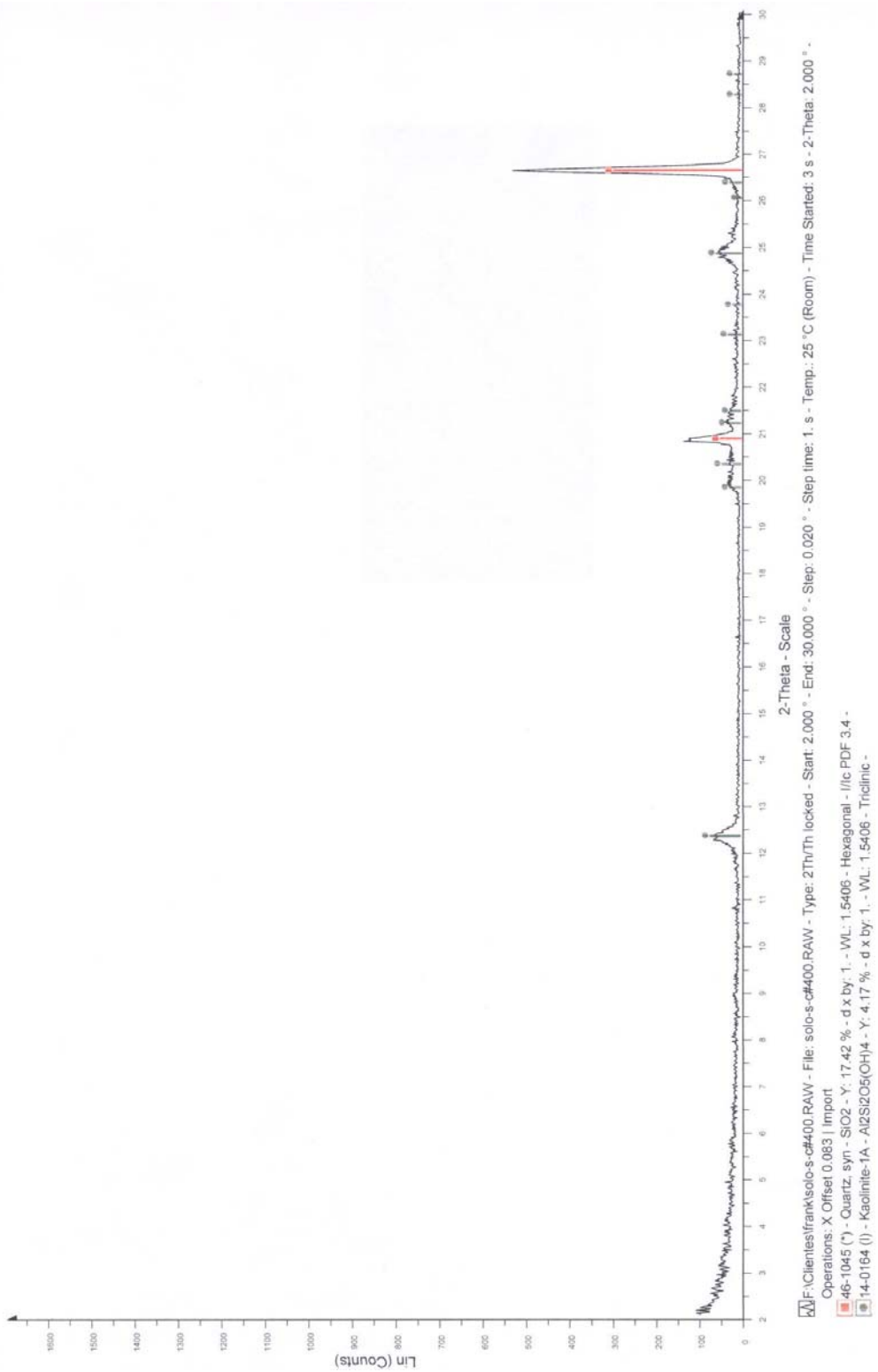
Apêndice 2

Difratogramas Ensaio Tipo 1 - C₂.

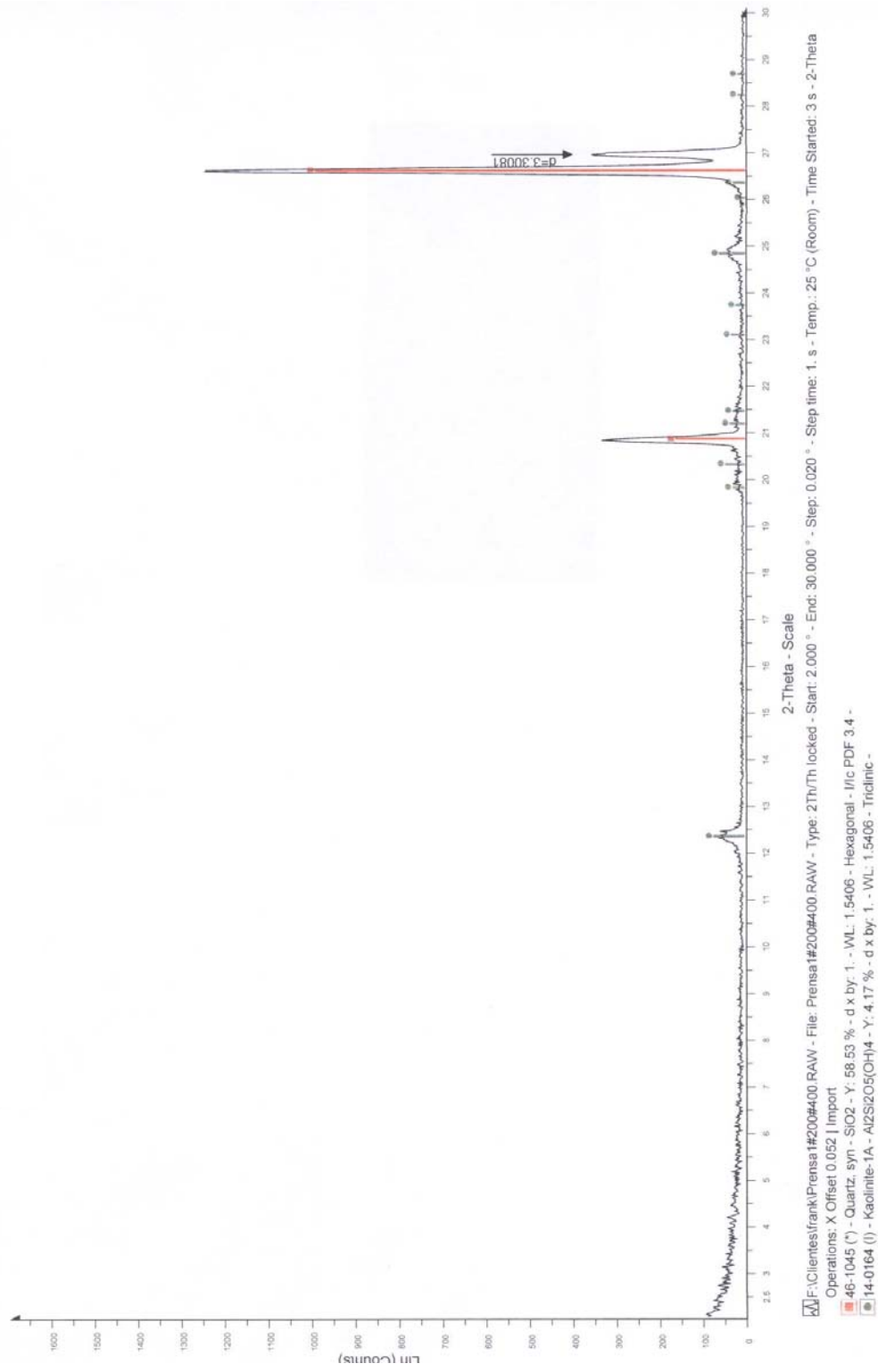
Solo natural E2-CN3 – Passante # 200



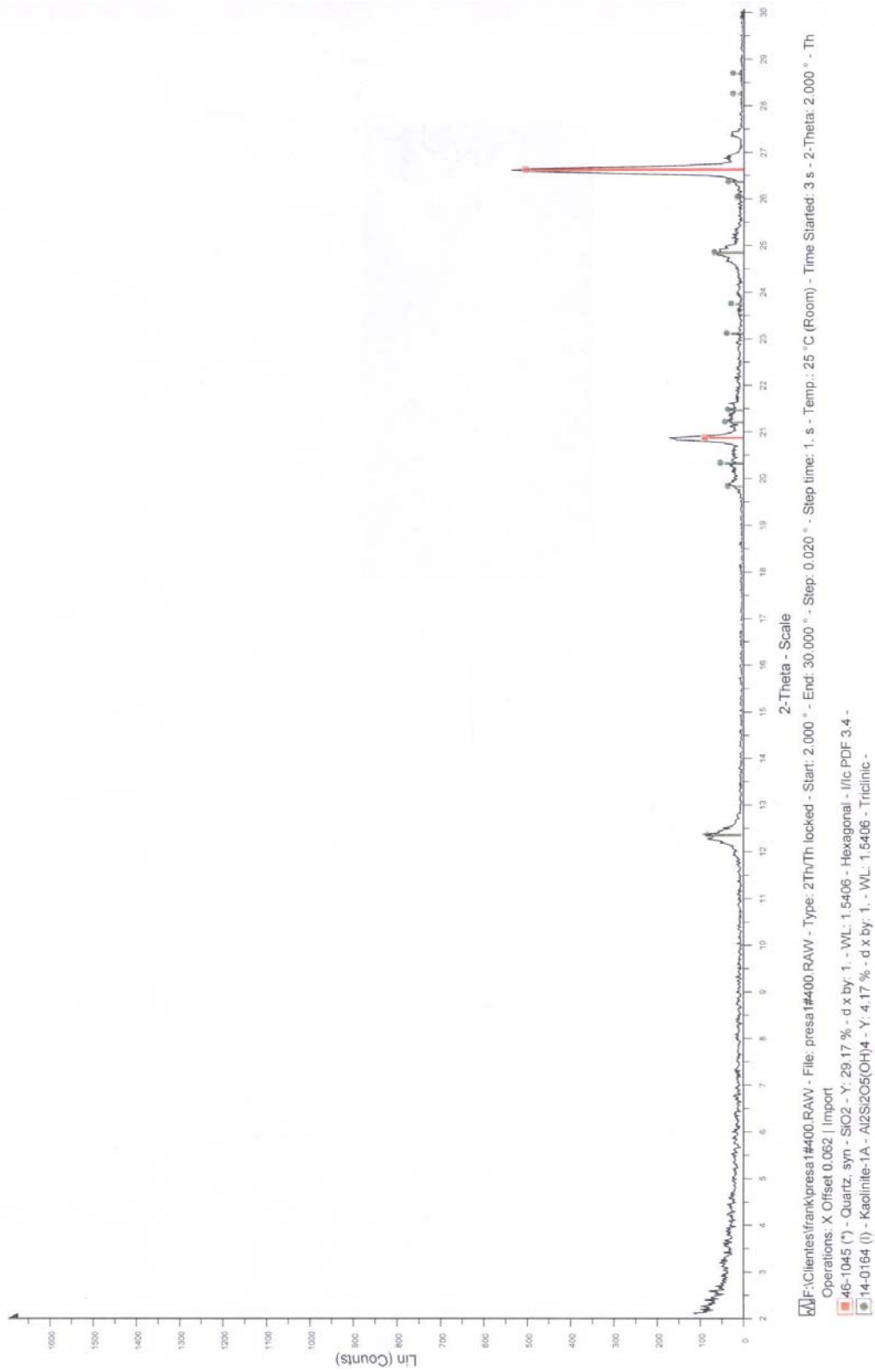
Solo natural E2-CN3 – Passante # 400



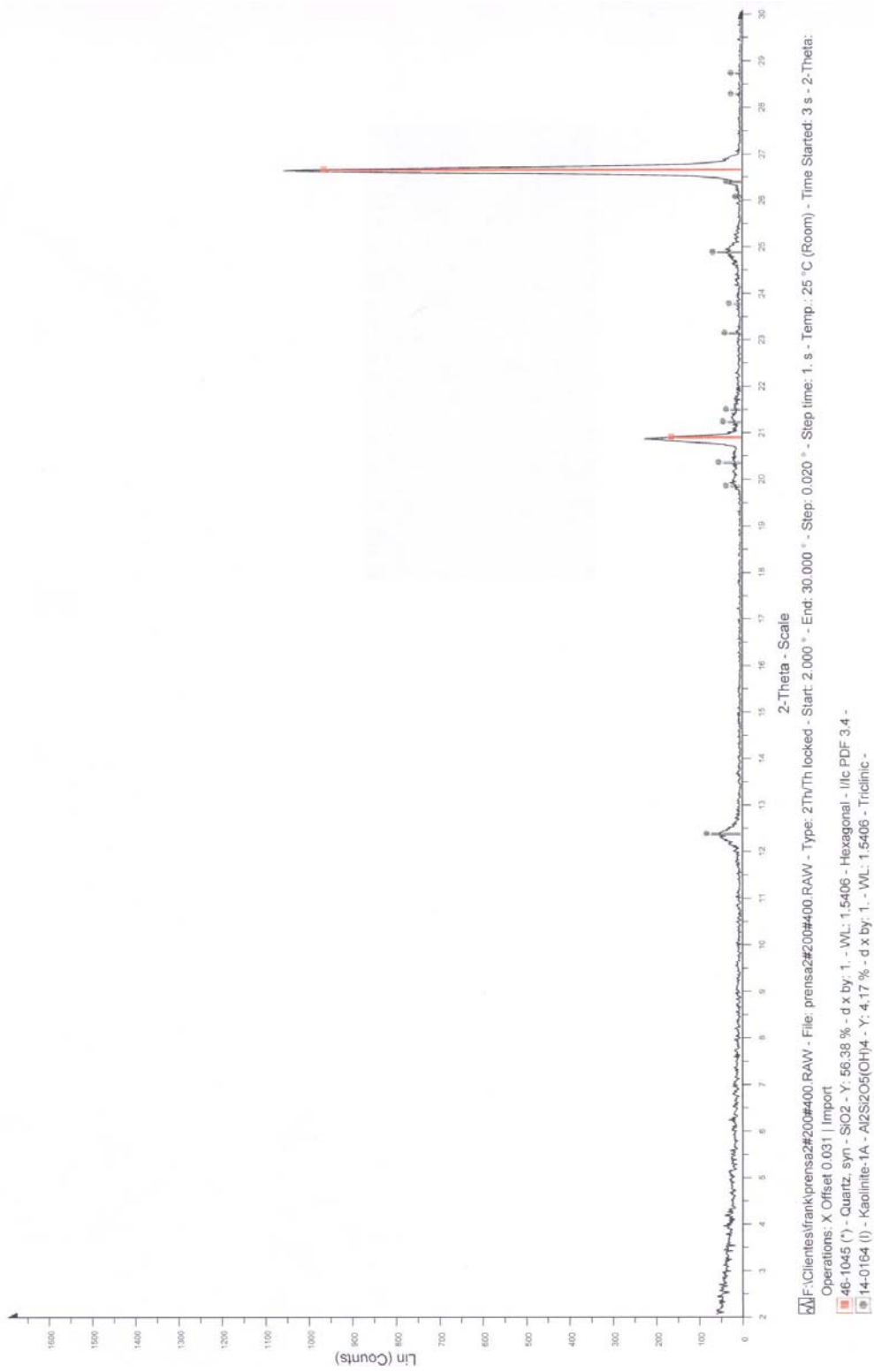
Solo contaminado - C₂ (i=4,0) – Passante # 200



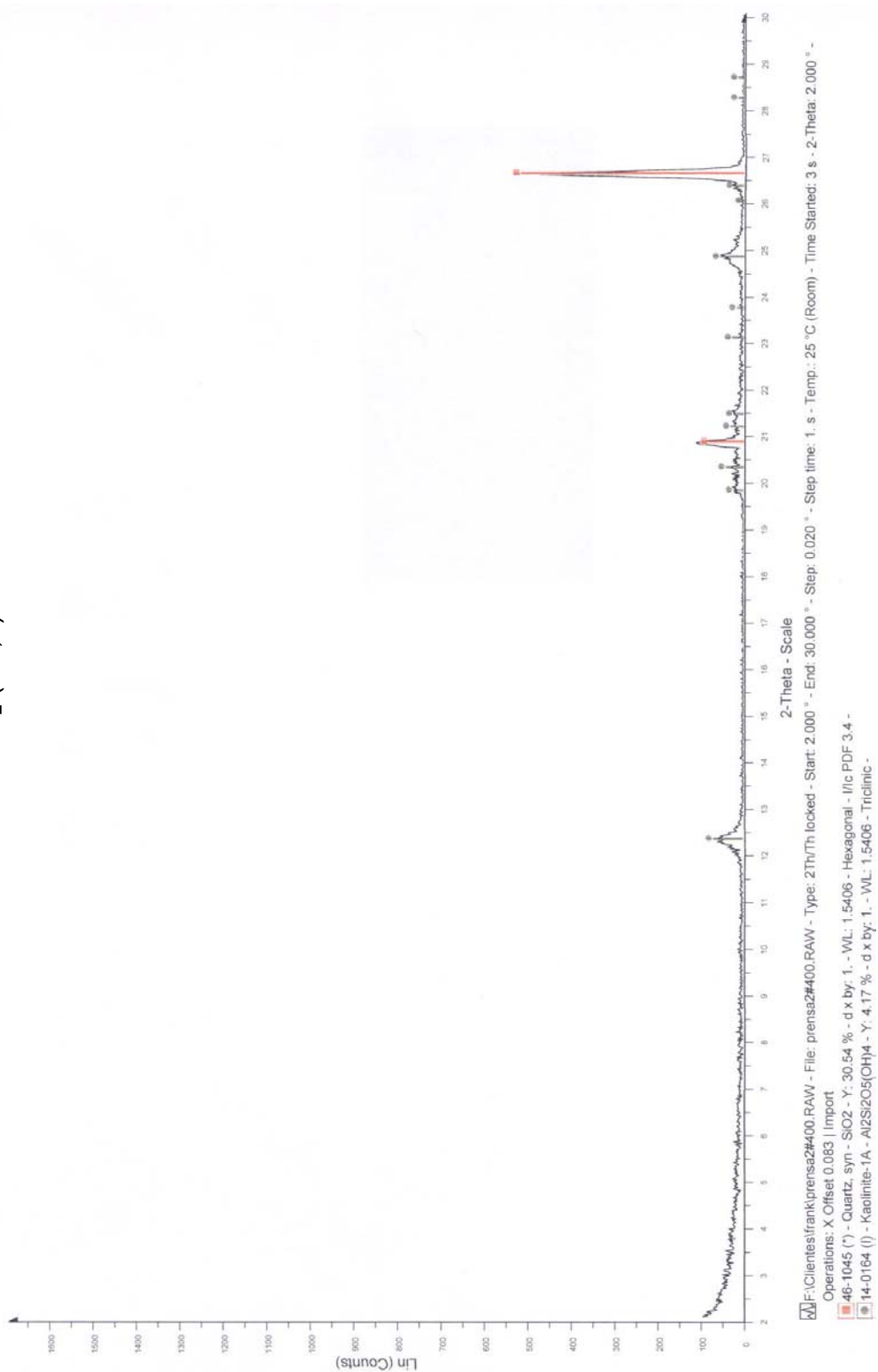
Solo contaminado - C₂ (i=4,0) – Passante # 400



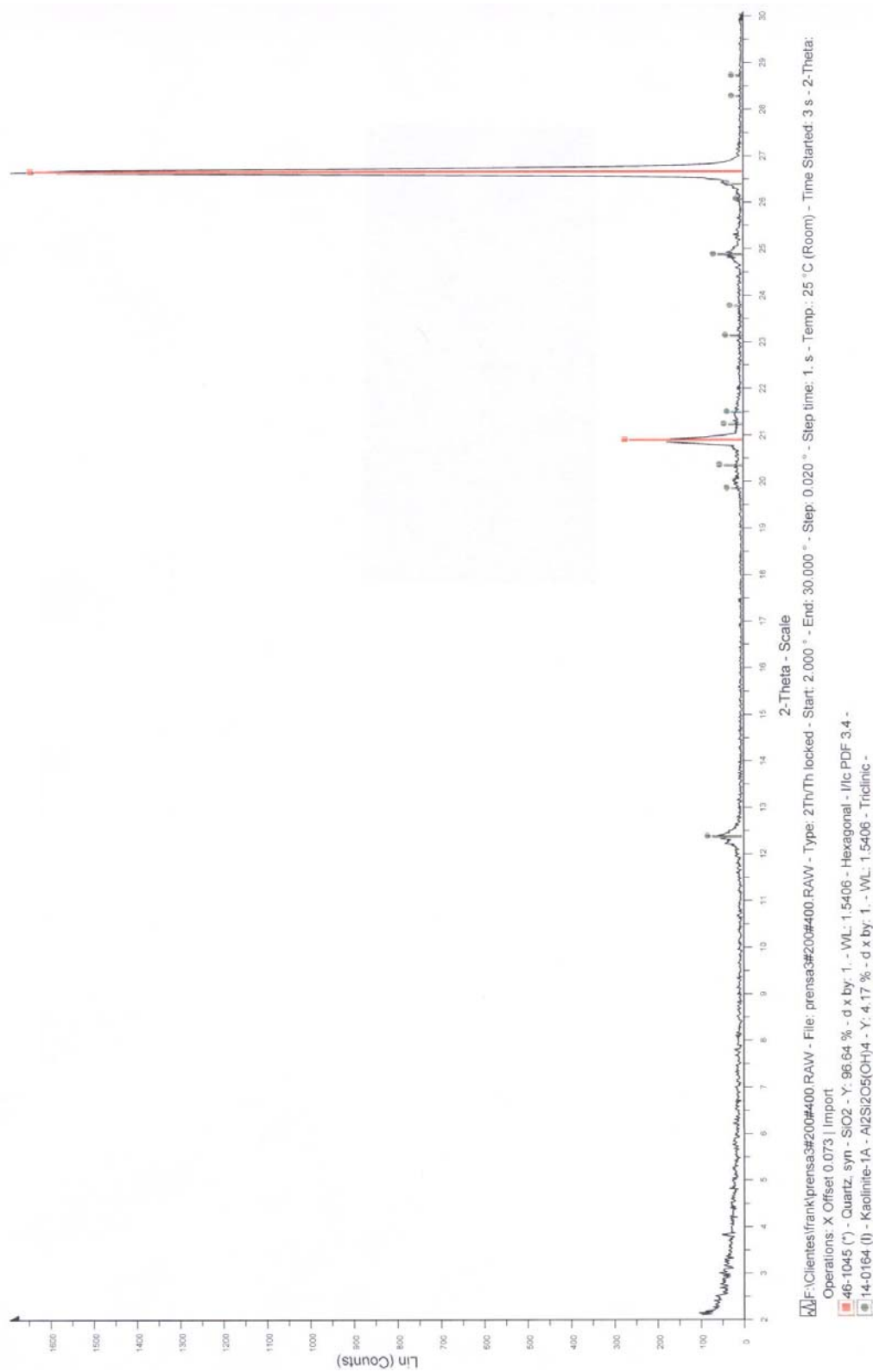
Solo contaminado - C₂ (i=2,0) – Passante # 200



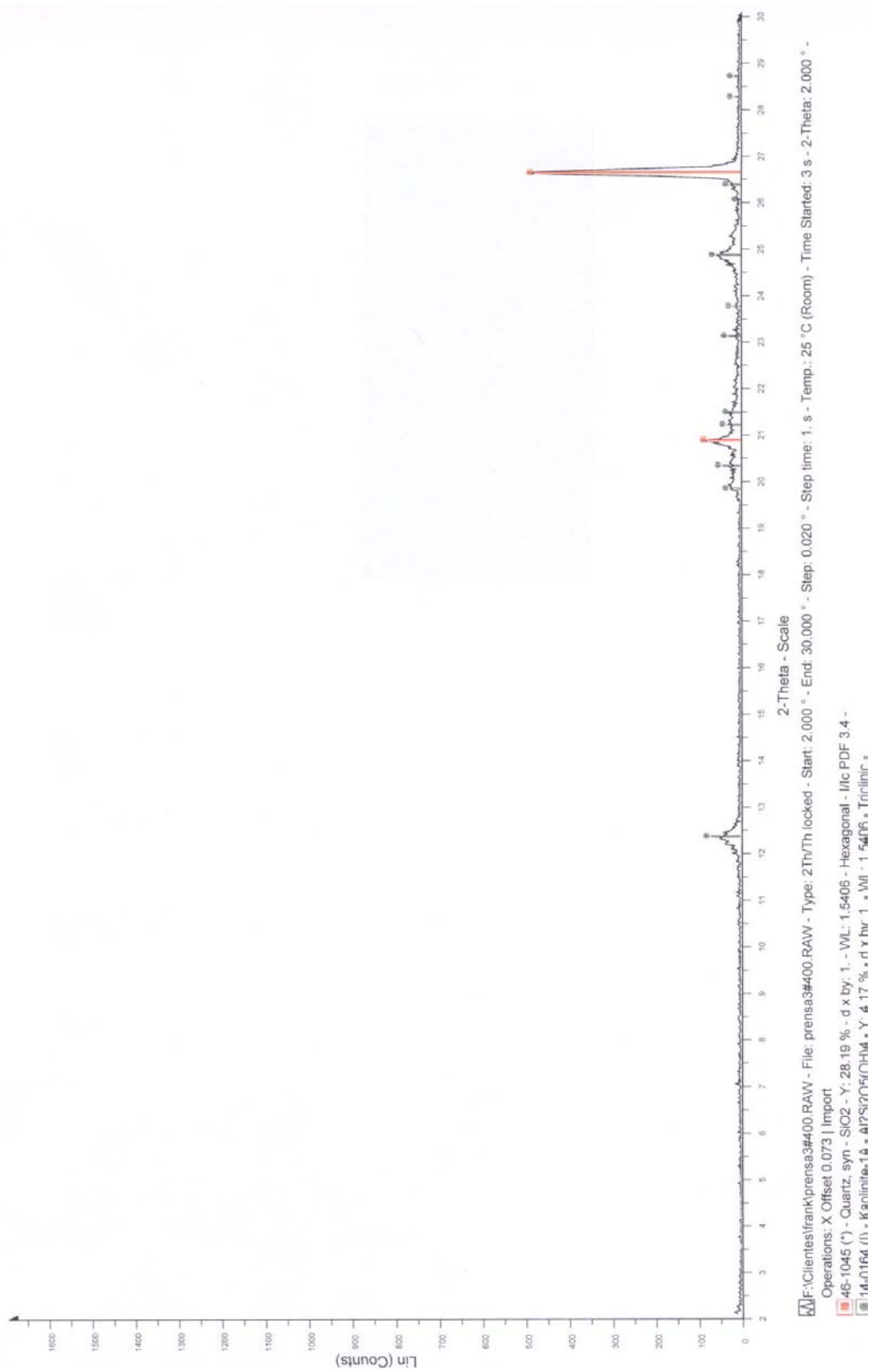
Solo contaminado - C₂ (i=2,0) – Passante # 400



F Solo contaminado - C₂ (i=1,0) – Passante # 200



Solo contaminado - C₂ (i=1,0) – Passante # 400



Anexo 1

Procedimentos de Ensaio

Determinação de pH nos solos

Material necessário:

- Água destilada ou KCL
- Béquers de 100 ml
- Bastão de vidro
- pHmetro
- Soluções tampão de pH 4 e 7

Procedimento:

1. Preparar uma suspensão 1:1 (solo : água ou KCL).
2. Misturar com o bastão de vidro.
3. Deixar em repouso por um período mínimo de 1 hora.
4. Calibrar o pH com as soluções tampão. Após a calibração com as soluções de pH conhecido, limpar o eletrodo com água destilada e deixá-lo na solução de estocagem.
5. Após de decorrido uma hora, misturar novamente a suspensão com o bastão e mergulhar o eletrodo na suspensão.
6. Fazer a leitura de pH
7. Limpar o eletrodo com água destilada, enxugar com papel fino e deixá-lo na solução de estocagem.

Determinação da condutividade elétrica dos solos

Material necessário:

- Água destilada
- Béquers de 50 ml ou similar
- Bastão de vidro
- pHmetro com sonda de condutividade
- Soluções de calibração
- Bomba de vácuo
- Papel Filtro Whatman 42
- Kitasato, funil e rola de borracha

Procedimento:

1. Preparar uma suspensão 1:1 (solo : água). Pode ser a mesma usada para determinar o pH.
2. Filtrar a suspensão por vácuo. Primeiro, colocar um papel filtro no funil. Segundo, umedecer o papel filtro com água destilada, para assegurar o contato com as paredes do funil.
3. Ligar a bomba.
4. Começar a sucção, e colocar a suspensão no funil.
5. Continuar a filtração até que o solo, no funil, comece a mostrar trincas.
6. Se o filtrado não é transparente, o procedimento de filtração deve ser repetido.
7. Transferir o filtrado à um béquer de 50 ml. , e mergulhar a sonda de condutividade.
8. Anotar a leitura.
9. Remover a célula da solução, limpar com água destilada, enxugar cuidadosamente com papel absorvente.
10. Antes de iniciar as leituras convém sempre fazer a calibração da sonda com uma solução de condutividade elétrica conhecida.

Determinação da CTC dos solos, pelo método compulsivo de BaCl_2

Equipamento necessário:

- Centrifuga e tubos de centrifuga de 30 ml
- Agitador para tubos de centrifuga
- Balança de precisão (0,001)
- pHmetro com eletrodo e sonda de condutividade elétrica

Reagentes

- Solução 0.1 M $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: dissolver 24.428 g de Cloreto de Bário ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) em 800 ml de água destilada, armazenar em um balão volumétrico de 1000 ml.
- Solução 2 mM $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: diluir 20 ml da solução de 0.1M $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ em um litro de água destilada.
- Solução 0.1 M $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: dissolver 24.648 g de Sulfato de Magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) em 800 ml de água destilada, armazenar em um balão volumétrico de 1000 ml.
- Solução 1.5 e 5 mM $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: diluir 15 e 50 ml da solução 0.1M MgSO_4 , respectivamente, em 1 litro de água destilada.
- Acido Sulfúrico 0.05M: Agregar 2.8 ml de acido sulfúrico concentrado a um litro de água destilada, armazenar em um balão volumétrico de 1000 ml.

Procedimento:

1. Pesar os tubos de centrifuga, com uma precisão de mg.
2. Colocar em cada tubo 2,00 g de solo, 20 ml da solução 0.1M $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, tampar e agitar por duas horas.
3. Centrifugar a 10.000 rpm
4. Adicionar 20 ml da solução 2mM $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, tampar e agitar por 1 hora.
5. Centrifugar e descartar o sobrenadante
6. Repetir os passos 4 e 5 mais duas vezes. Depois da terceira centrifugação, medir o pH.
7. Antes da terceira decantação da solução 2mM $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, adicionar 10,00 ml de 5mM MgSO_4 e agitar por uma hora.

8. Determinar a condutividade elétrica da solução 1.5 mM MgSO₄ (deve ser aproximadamente de 300 S ou mhos). Se a condutividade elétrica da solução não for 1,5 vezes este valor, agregar incrementos de 0,100 ml da solução 0.1M MgSO₄ até atingir este valor (anotar a quantidade adicionada)
9. Determinar o pH da solução. Se for diferente em 0,1 unidades à medida previa, agregue solução 0.05 M H₂SO₄ até que o pH atinga o valor anterior.
10. Agregue água destilada, misturando, até que a condutividade da solução a mesma que da solução 1.5 mM MgSO₄. Ajuste o pH e a condutividade da solução alternativamente até que os pontos finais sejam obtidos.
11. Limpe e enxugue a parte externa do tubo, e pese-o.

Calculo da CTC

1. Solução total (ml)=peso final do tubo (g) – tara do tubo (g) – 2g.
[peso de solo utilizado]
2. Mg em solução=Solução Total (ml) x 0,003 (meq/ml)
3. Total Mg adicionado (meq)=0,1 meq+meq adicionados em 0.1 M MgSO₄ [ml de 0.1 M MgSO₄ x 0,2 meq/ml]
4. CEC (meq/100g)=(3-2) x 50 [Total Mg adicionado – Mg em solução].