

Caracterização Geotécnica dos Solos da Voçoroca da Avenida Contorno – Anápolis,GO

Antônio Lazaro Ferreira

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, Brasil, antoniolazaros@gmail.com

Leandro Gonçalves Corrêa

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, Brasil, correa_eng.civil@hotmail.com

Antônio Joaquim Pereira Viana Fonseca

Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, viana@fe.up.pt

Jaqueline Costa Souza

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, Brasil, jaquelinecosta575@gmail.com

Rafael Veloso Moura

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, Brasil, rafaelv.go@gmail.com

Marcos Henrique Damasceno Silva

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, Brasil,
marquedamasceno@hotmail.com

Emílio Farias Vaz

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO, Brasil, emilio-vaz@hotmail.com

Janine Rodrigues Figueredo

Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, janinefigueiredo_minas@yahoo.com.br

RESUMO: Um dos grandes problemas gerados nas áreas urbanas é o surgimento de processos erosivos capazes de destruir habitações e obras de infra-estrutura. Falta de planejamento no uso e ocupação do solo, junto as margens de mananciais, são fatores determinantes para o surgimento de erosões lineares, como sulcos, ravinas e voçorocas. Os processos erosivos conhecidos como voçorocas, que atingem a cidade de Anápolis, são responsáveis por importantes perdas de solo. Este trabalho objetiva a caracterização geotécnica com o intuito de auxiliar à identificação das vulnerabilidades, em um perfil de solo inserido na Voçoroca Contorno. Para isso, foram realizados ensaios de laboratório, tais como: granulometria, massa específica dos grãos de solo (ρ_s), massa específica natural (ρ), limites de Atterberg (liquidez e plasticidade) e determinação das características mineralógicas com MEV, a partir das amostras coletadas na área em estudo, conforme procedimentos das normas da ABNT. Os resultados obtidos nos ensaios, associados a fatores como relevo, topografia e falta de vegetação nas cercanias da área em estudo, comprovam tendências a processos erosivos na área em estudo. Recomenda-se a determinação dos parâmetros de cisalhamento direto e erodibilidade para melhor entendimento dos processos erosivos com formulações de soluções.

PALAVRAS-CHAVE: Erosões Lineares, Voçoroca, Caracterização Geotécnica.

1 INTRODUÇÃO

Em ambientes de clima tropical, de média a elevada precipitação anual, os processos erosivos devido a ação da água em movimento são mais intensos. Condicionantes como o clima, o relevo, o tipo, o uso e a ocupação do solo pelo homem são determinantes no entendimento da suscetibilidade de um terreno aos processos erosivos hídricos. Quanto ao tipo de solo, a textura, a estrutura do solo e a permeabilidade são consideradas as características mais relevantes na erodibilidade do material. No entanto, alguns estudos mostram a importância do teor de umidade e, consequentemente, da sucção na resistência do solo a perda de massa e a desestruturação devido aos processos erosivos (Camapum de Carvalho, et. al., 2006). A compreensão desta dinâmica, todavia, decorre pelo entendimento dos processos que atuam na formação da erosão linear (ravinas e voçorocas), como o escoamento superficial e a formação de sulcos.

A voçoroca resulta de alterações do equilíbrio morfo-hidro-pedológico, causados por intervenção humana, especialmente por meio do desmatamento, das atividades agrícolas e urbanas. Pode-se caracterizá-las como feições íngremes compostas por cabeceira e regiões de variadas inclinações, apresentando grandes profundidades e pouco escoamento durante eventos de chuva (Morgan, 1995).

A ocupação do meio físico através da expansão urbana tem revelado problemas de relativa gravidade, em função do não conhecimento dos fatores físicos que regem o comportamento frente à ocupação. No caso específico do município de Anápolis, os processos erosivos lineares mais avançados, atingem o município por décadas, e são responsáveis por importantes perdas de solo e consequentes assoreamentos na rede de drenagem da região, acarretando prejuízos para a infraestrutura local.

Em alguns bairros da cidade de Anápolis a intensidade dos processos erosivos, além de gerar riscos de queda de pessoas, também dificulta e/ou inviabiliza o trânsito, prejudicando a acessibilidade dos moradores.

A voçoroca Contorno ilustra muito bem essa realidade, e dá-se início por atingir o horizonte C nas vertentes inferiores, pela remoção dos horizontes A+B (solum), ali menos espessos. Erodido o solum, o horizonte C é muito mais rapidamente erodido por causa da sua maior friabilidade. Com a incisão no horizonte C até o lençol freático, a erosão começa a evoluir de forma remontante, por descalçamento e solapamento dos taludes. A fim de identificar os mecanismos que determinam o processo erosivo, a avaliação experimental indireta da erodibilidade tem sido feita a partir de ensaios que conduzem a caracterização física, química, mineralógica e estrutural do solo. Os ensaios de caracterização física, utilizados na avaliação indireta da erodibilidade, são os limites de Atterberg, granulometria, teor de umidade, curvas características, absorção, porosidade e análise microestrutural. Na caracterização química, são determinados os valores de pH, o teor de matéria orgânica, sais solúveis, cátions trocáveis, óxidos totais e amorfos. A caracterização mineralógica é feita por análise termo-diferencial (ATD), difratometria de raios X ou microscopia de varredura-MEV-EDS. Camapum de Carvalho & Fácio (1994), ao estudarem processos erosivos do Distrito Federal, determinaram a erodibilidade de diversos tipos de solos, todos associados a ocorrência de ravinas e voçorocas. Esses pesquisadores verificaram que o grau de lateritização dos solos é um fator interveniente na susceptibilidade a erosão e incluíram as relações sílica/sesquióxidos e sílica/óxido de alumínio como indicadores desta propriedade nos modelos matemáticos por eles propostos.

Bender (1985) verificou que quanto menor o grau de saturação do solo (maior sucção), maior é a erosão quando este é submetido às chuvas, sendo mais intensa nos instantes iniciais com redução gradativa ao longo do tempo. Bastos (1999) sugere para a avaliação da erodibilidade dos solos, a realização de ensaios de cisalhamento direto, que são mais simples e mais adequados à obtenção dos parâmetros de resistência necessários. Fácio (1991) mostrou, ao estudar solos provenientes de erosões do Distrito Federal, que quanto maior o grau de

saturação, menor a erodibilidade do solo, o que aponta para a importância da observação feita.

Guimaraes (2002), ao realizar ensaio de cisalhamento direto e triaxiais para o perfil de intemperismo de um solo do Distrito Federal, verificou que os valores de coesão são marcadamente distintos ao se comparar os resultados obtidos de ensaios realizados sobre amostras naturais nos estados não saturados e inundados. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a tendência dos processos erosivos, por meio da caracterização geotécnica e mineralógica em um perfil de solo inserido na Voçoroca Contorno.

Os resultados dos estudos realizados serviram também como subsídio a uma adequada gestão da ocupação urbana do solo no município de Anápolis-GO.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A ocupação do meio físico através da expansão urbana é certamente um problema, em função do não conhecimento dos fatores físicos que regem o comportamento e a resposta desse componente ambiental frente à ocupação. No caso específico do município de Anápolis, segundo o censo demográfico (IBGE, 2010) possuía em 2010 uma população de 334.613

habitantes, sendo que cerca de 97% dessa população habita a área urbana do município.

Segundo Jesus (2013), a certificação dessa relevante concentração populacional na área urbana de Anápolis aponta para a importância da compreensão da apropriação do solo para fins de urbanização, em virtude dos impactos ambientais que atingem a cidade e, mais especificamente no que se refere a erosão. Entretanto, o relevo e a própria forma de ocupação e implantação dos centros urbanos influenciam na intensidade dos processos erosivos que atinge a região. Com isso, a identificação dos mecanismos que determinam sulcos, ravinas e voçorocas é fundamental para a elaboração de projetos de controle de erosão.

2.1 Localização

A Voçoroca Contorno situa-se na margem leste da alta bacia urbana do Rio das Antas, e é assim denominada por atingir rua de mesmo nome localizado na porção sudoeste da cidade de Anápolis, situada no estado de Goiás (Figura 1). A região é limitada pelos paralelos 16°19'48"S e 48°58'23"W de Greenwich, com altitudes entre 800 e 1.160 m na zona fisiográfica do Mato Grosso Goiano, onde se inicia o Planalto Central, no sul do Estado de Goiás.

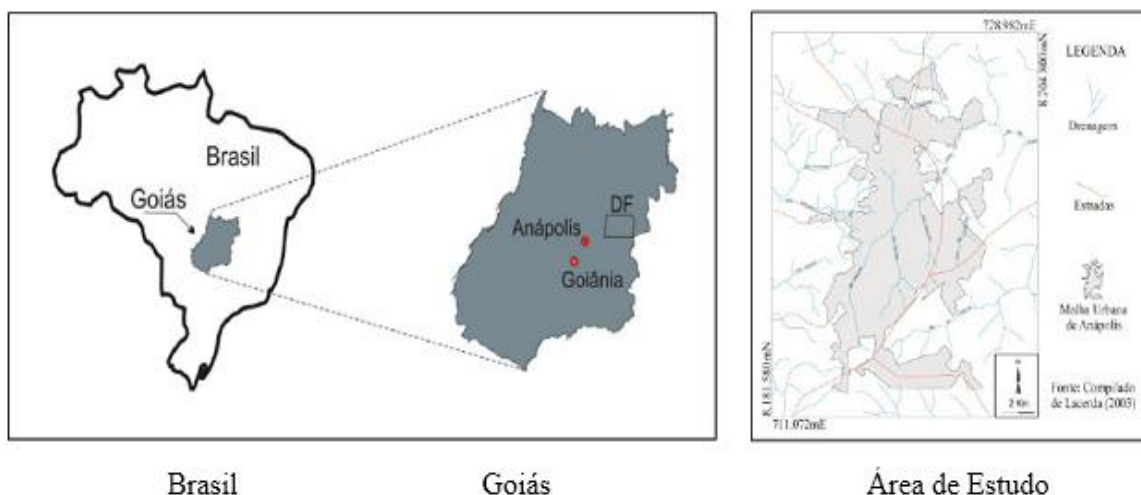


Figura 1 . Localização da área de estudo

3 MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização física do solo atingido pelo processo de voçorocamento foi feita através de

ensaios realizados em amostras indeformadas e deformadas com umidade de campo preservada.

As amostras foram coletadas no talude, na porção mais a jusante, onde a altura do talude

permitia a coleta de material em todos os horizontes de interesse.

Um perfil de solo pode ser descrito, quanto aos seus horizontes, de diversas maneiras. Na engenharia, cada horizonte do perfil pode ser considerado como um solo distinto. As amostras foram coletadas na perspectiva da engenharia geotécnica que considera os horizontes A e B como manto de alteração, residual ou transportado, e o horizonte C corresponderia a um solo residual jovem ou solo saprolítico. Deste modo, foram coletadas três amostras distintas uma no horizonte B, outra no horizonte C e outra na faixa de transição entre os horizontes anteriores (Figura 2). No perfil em questão o manto de alteração transportado (HB) possui cerca de 1 m de espessura, podendo alcançar em outros locais do talude até 1,30 m. A faixa de transição denominada neste trabalho de horizonte de transição (HT) possui espessura variável que não ultrapassa 50 cm.



Figura 2. Perfil do solo da área de estudo

O saprólito, identificado no texto como horizonte C (HC), no perfil onde foi coletado possui cerca de 50 cm, mas chega a atingir aproximadamente 4 m de espessura em outros pontos do talude da voçoroca.

As coletas das amostras em cada ponto foram realizadas com testemunhadores metálicos que foram encaminhados para a câmara úmida do laboratório de solos da UEG onde

permaneceram até realização dos ensaios de caracterização, cujos procedimentos metodológicos serão, respectivamente, descritos a seguir; a partir das amostras coletadas entorno da voçoroca, foram realizados os seguintes ensaios de caracterização: tátil visual, análise granulométrica, massa específica dos grãos de solo (ρ_s), limites de Atterberg (limite de liquidez e plasticidade). A análise granulométrica foi realizada conforme procedimentos da norma da ABNT (NBR-7181/84). A escala granulométrica utilizada para a classificação textural dos solos seguiu a norma da ABNT (NBR-6502/95). Os limites de Atterberg (limites de liquidez e limites de plasticidade) foram realizados segundo recomendações da norma da ABNT (NBR-6459/84 e NBR 7180/84) e a textura a partir dos ensaios de granulometria por peneiramento e sedimentação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de caracterização granulométrica por sedimentação (Tabela 1) demonstrou que a amostra HB ao ser submetida à sedimentação, utilizando-se do defloculante, apresentou um percentual de areia de 69,59%, silte de 10,39% e da fração argila de 20,02%. É importante destacar que esta amostra apresentou uma quantidade considerável de fração grossa, que muito provavelmente se incorporou ao solo por contribuição coluvionar. Isso se deve ao fato de, embora o solo analisado seja considerado residual, o perfil onde foi feita a coleta das amostras localiza-se, na baixa vertente, subordinado ao aporte de material de montante.

Para a amostra HC, como uso de defloculante os percentuais de areia diminuíram em média cerca de 50%, e os percentuais de fração silte passaram para 44,58%, ou seja, aumentaram cerca de 4 vezes mais em relação aos teores da amostra HB.

Tabela 1. Percentuais granulométricas dos horizontes amostrados e atividade da argila.

Amostras	Granulometria (%)					A _t
	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila	
HB	38,12	23,44	8,03	10,39	20,02	0,59
HC	16,01	8,92	5,51	44,58	24,98	0,58

Obs. At, representa atividade da argila

De acordo com a plotagem dos valores de limite de plasticidade e índice de plasticidade na carta de plasticidade foi possível classificar as amostras segundo a sistema de classificação unificada dos solos (SUCS). De acordo com esta classificação a amostra HB seria classificada como SC, areia argilosa com alta plasticidade (Tabela 2). Já a amostra HC também pode ser considerada como uma amostra siltosa de valor de plasticidade 17,52, mas o valor de limite de liquidez ficou muito próximo de 30%. Já a amostra HC pode ser considerada como ML, ou seja, uma areia siltosa com baixa plasticidade.

Tabela 2. Classificação SUCS com base nos limites de Atterberg.

Amostras	Limites de Atterberg (%)			Classificação (SUCS)
	WL	WP	IP	
HB	29,40	17,52	11,88	SC (areia argilosa)
HC	47,10	32,60	14,50	ML com areia

Em relação a textura dos solos, constitui-se um dos principais aspectos físicos que distinguem os solos tropicais lateríticos dos demais tipos de solo. Enquanto, de um modo geral, nos demais tipos de solos é possível pensar na textura como a granulometria das partículas individualizadas dos minerais (argilas), ou de um grupo de minerais solidamente ligados, em se tratando de solos lateríticos, as partículas individualizadas, mesmo no caso das argilas, dificilmente se

apresentam com propriedades e comportamentos que refletem a própria individualidade. É observado na Figura 3 uma imagem da estrutura típica dos solos residuais intemperizados e na figura 4, o solo saprolítico do horizonte C. Os horizontes B e C, os solos encontram-se estruturalmente formado por agregados possuindo macroporos entre eles e microporos em seu interior (Figura 3).

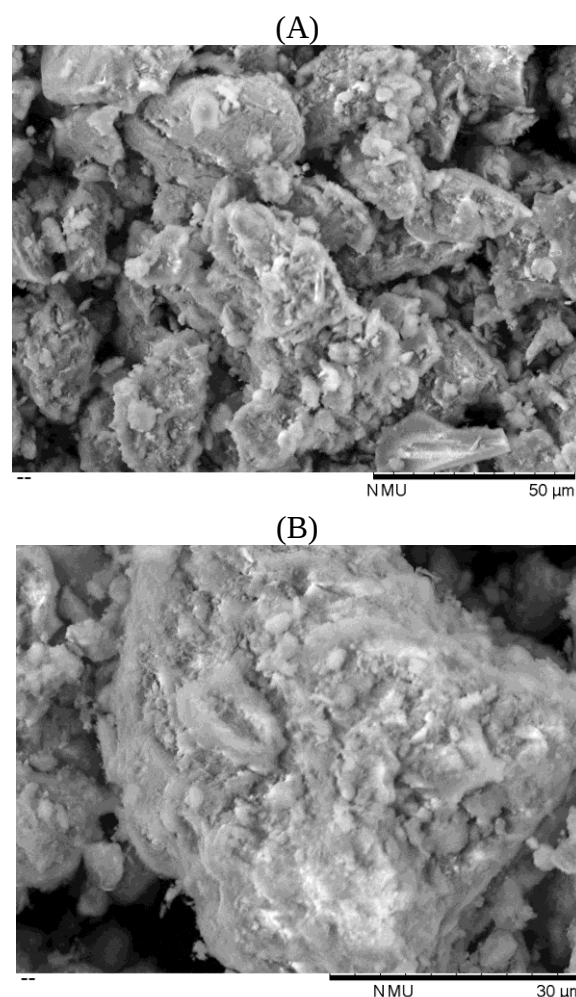


Figura 3. Micro estrutura de um solo residual, do horizonte HB, em A, aumento de 1200 e em B, aumento de 2500.

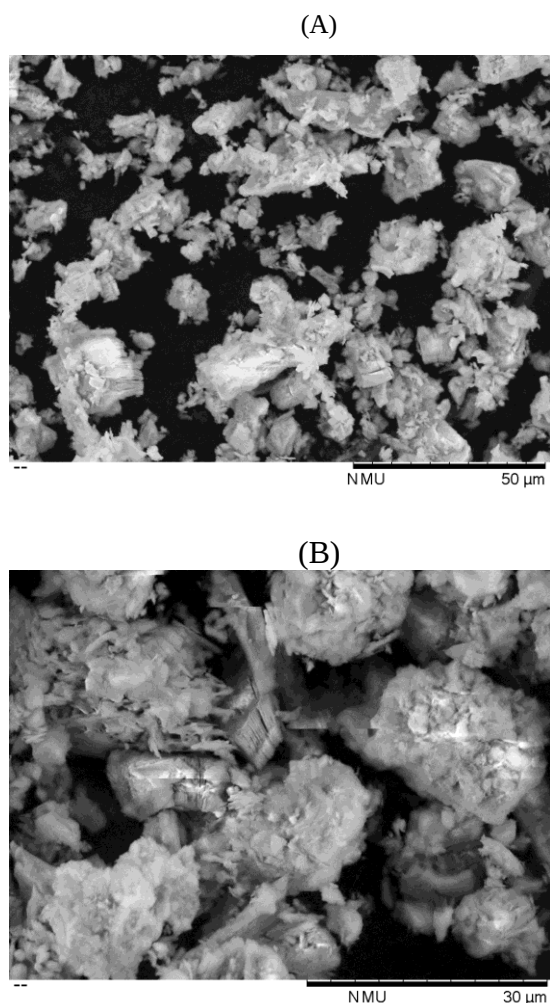


Figura 4. Micro estrutura de um solo residual, do horizonte HC, em A, aumento de 1200 e em B, aumento de 2500.

Os estudos realizados por Camapum de Carvalho et. al., 2016, já mencionavam a importância da textura, aliada a presença de macro poros interferindo diretamente no comportamento do solo, afetando parâmetros hidráulicos e mecânicos, assumindo grande influência e importância no surgimento e evolução dos processos erosivos em áreas de Voçorocas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização geotécnica indica que o comportamento granulométrico dos solos é arenoso em campo, sendo suscetíveis a erosão superficial. Aliada as características intrínsecas do solo, a ocupação do meio físico por meio da expansão urbana tem revelado problemas de relativa gravidade.

Recomenda-se para uma melhor avaliação que sejam realizados ensaios de perda de massa, desagregação e inderbitzen. Em relação aos solos saprolítico, por sua vez, observando-se o padrão de comportamento, verifica-se que a estrutura, disposição mineralógica e sistema de falhamentos, podem exercer grande influência nos mecanismos de deflagração e evolução dos processos erosivos.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1984b). NBR 7181. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, RJ, 13p. 12/1984.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1984c). NBR 6459 Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, RJ, 6p. 10/1984.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1984d). NBR 7180 Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, RJ, 3p. 10/1984.
- Bastos, C.A.B. (1999). *Estudo Geotecnico sobre a erodibilidade de solos residuais nao saturados*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Federal do Rio Grande do Sul, 269 p.
- Bender, H. (1985). *Erosion, um probleme de resistance au cisaillement em fonction du chemin des contraintes pendant l'infiltration*. International Conference on Tropical Soils, I, Brasilia, Proceedings, Vol. 2, p. 15-25.
- Camapum de Carvalho, J. & Fácio, J.A. (1994). *Estudo da erodibilidade de solos do Distrito Federal*. 10º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, ABMS, Foz do Iguaçu, PR, CD-ROM.
- Camapum de Carvalho, J., Sales, M.M., Mortari, D., Fázio, J.A., Motta, N.O. & Francisco, R.A. (2006). *Processos erosivos*. Camapum de Carvalho, J. et al. (Org.). Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro, Finattec, Brasília, DF, 464p.
- Camapum de Carvalho, J.; Goutte, M.; Júnior, G. de F.N. G.; Mascarenhas, M.M. dos A.; Guimarães, R.C.; Luz, M.P (2004). *A sucção no contexto dos processos erosivos*. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, ABMS, Goiânia, CD-ROM.
- Fácio, O. J.A. (1991). *Proposicao de uma metodologia de estudo da erodibilidade dos solos do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-0002A/1991, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 120p.
- Guimarães, R.C. (2002). *Análise das propriedades e comportamento de um perfil de solo laterítico aplicada ao estudo do desempenho de estacas escavadas*. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-091A/2002, Programa de Pós-Graduação em

- Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 183p.
- IBGE, 2010. Censo Demográfico de 2010. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, dados referentes ao município de Anápolis, fornecidos em meio eletrônico.
- MORGAN, R.P.C. Soil erosion and its control. 2nd ed. Longman. Nova York. 198p. 1995.