

YOLY SOUZA RAMOS

**EROSÃO LAMINAR, ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO
E ESTRUTURA TRÓFICA DA NEMATOFUNA EM ÁREAS DO
RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUIZ GONZAGA**

RECIFE

Maio de 2009

YOLY SOUZA RAMOS

**EROSÃO LAMINAR, ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO
E ESTRUTURA TRÓFICA DA NEMATOFUNA EM ÁREAS DO
RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUIZ GONZAGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Engenharia de Água e Solo.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

Prof.^a Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa – Orientadora

Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim – Co-Orientador

Prof. Dr. Abelardo Antônio de Assubção Montenegro – Co-Orientador

RECIFE

Mai de 2009

**EROSÃO LAMINAR, ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO
E ESTRUTURA TRÓFICA DA NEMATOFUNA EM ÁREAS DO
RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUIZ GONZAGA**

YOLY SOUZA RAMOS

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em _____

ORIENTADORA:

Prof.^a. Dr.^a. Elvira Maria Régis Pedrosa

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro (UFRPE)

Prof.^a. Dr.^a. Izabel Cristina Luna Galindo (UFRPE)

Dr.^a. Andréa Cristina Baltar Barros (CETENE)

RECIFE-PE

Mai de 2009

DEDICO

Aos meus familiares e ao meu noivo,
pelo amor e dedicação concebidos a
mim e pela lição de caráter e
moralização frente a algumas
adversidades da vida.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo preciso dizer que meus agradecimentos não são formais. Eu não me reconheceria neles se assim fora. Quero agradecer a todas as pessoas que se fizeram presentes que se preocuparam, que foram solidárias e que torceram por mim. Mas bem sei que agradecer não é fácil. Posso cometer mais injustiças esquecendo pessoas que me ajudaram do que fazer jus a todas que merecem. Também, caso o resultado daquilo pelo qual se agradece seja ruim, posso passar a impressão de distribuir a culpa entre todos aqueles mencionados neste item. Minha intenção não jaz em nenhum desses dois pontos. Apesar de dever muito a todas as pessoas mencionadas aqui, intelectual e emocionalmente, as idéias contidas nesta dissertação são de minha inteira responsabilidade.

De qualquer forma, todos os que realizam um trabalho de pesquisa sabem que não o fazem sozinhos, embora seja solitário o ato da leitura (em nossos tempos) e o do escrever. O resultado de nossos estudos foi possível apenas pela cooperação e pelo esforço de outros antes de nós.

Sendo assim, agradeço a Deus pelo dom da vida.

Aos colegas da pós-graduação em especial a Thiciano Leão que me fizeram aprender com seus conhecimentos.

A minha orientadora Professora Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa pela paciência e ensinamentos.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pelo incentivo e conhecimentos repassados.

A FACEPE pelo apoio financeiro.

A minha família e ao meu noivo Emanuel Augusto merecem poucas palavras, mas aquelas que me são mais caras. Sei que vocês se orgulham por eu ter atingido uma etapa, mas este orgulho que sentem por mim converto numa obrigação de a cada dia ser mais digna de representá-los.

Por fim, a Companhia Hidrelétrica do São Francisco pelo apoio material para a realização desse estudo, em especial a gerente do Departamento de Geração de Meio Ambiente a Dra. Valéria Vanda e ao Geólogo Dr. Antônio Hélio Muniz Fernandez.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO I – Revisão bibliográfica	15
CAPÍTULO II – Erosão laminar e atributos físico-químicos de solos localizados próximos às bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga/PE	43
Resumo.....	44
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	46
Resultados e Discussão	49
Referências Bibliográficas.....	59
CAPÍTULO III – Relações entre a nematofauna e atributos físico-químicos do solo em áreas degradadas por erosão laminar	62
Resumo.....	63
Summary.....	64
Introdução.....	65
Material e Métodos.....	66
Resultados e Discussão.....	69
Literatura Citada.....	71
CAPÍTULO IV – Conclusões	80

RESUMO

A erosão natural ou associada à ação antrópica é um grave problema ambiental. No caso específico dos reservatórios, a degradação ambiental gerada pelo processo erosivo coloca em risco a disponibilidade e o fornecimento de água, a geração de energia elétrica, o abastecimento e a navegação. O presente estudo objetivou caracterizar e correlacionar os atributos físicos e químicos de solos com diferentes estágios de erosão laminar em áreas próximas as bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, no Estado de Pernambuco, e analisar relações entre a diversidade trófica de nematóides e os atributos físico-químicos de solos. De maneira geral, os solos apresentaram textura arenosa. As áreas com processos erosivos em estágio inicial apresentaram horizontes A e C mais profundos, menor acidez do solo e alto número de correlações entre as variáveis físicas e químicas avaliadas, destacando-se a relação dos teores de argila com Ca e com Mg e dos teores de H com C e com matéria orgânica. Ao contrário, as áreas com processo de erosão em estágio intermediário apresentaram baixo número de correlações, destacando-se a correlação de argila com Al. As áreas com processo de erosão em estágio severo apresentaram alto teor de Na, particularmente no Luvissole Crômico Órtico, alto teor de matéria orgânica e altos coeficientes de correlação de Na e de H com os teores de C, N e matéria orgânica. Nas áreas com processos em estágio inicial os nematóides bacteriófagos (Rhabditidae e Cephalobidae) foram mais abundantes, com dominância de 36,83%, destacando-se os Cephalobidae (26,82%). Os onívoros, em particular os Dorilaymidae, foram mais abundantes em processos intermediário e severo de erosão, com dominância de 39,87% e 48,17%, respectivamente. Nas áreas em processo intermediário ocorreu fraco grau de correlação

entre a nematofauna e as variáveis físico-químicas do solo. Ao contrário, nas áreas em processo inicial e severo as correlações foram mais consistentes, destacando-se a de argila natural com *Helicotylenchus* e a saturação por alumínio com Mononchidae, Aphelenchidae e *Trichodorus*, respectivamente.

Palavras-chave: processos erosivos, degradação ambiental, fertilidade, comunidade de nematóides, diversidade trófica, reservatórios

ABSTRACT

Naturally occurring erosion or in association with anthrop action (mainly) is a serious environmental problem, particularly in reservoir, because environmental degradation generate by erosive process is a risk for water availability, electric power generation, water supply and navigation. The present study aimed to characterize and correlate physical and chemical attributes of soils in different stages of laminar erosion at sites around Luiz Gonzaga hydroelectric power station, in Pernambuco State, and evaluate relationships between nematode communities and physic-chemical soil attributes. In general, the sites were constituted by sandy soils. Sites with erosive process in initial stage presented deeper A and C horizons, lower soil acidity and the highest number of correlations between physical and chemical variables, pointing out the amount of C correlation with both Ca and Mg, and the H correlation with both C and organic matter. In contrast, a low number of correlations occurred in sites in intermediate erosive process, pointing out the loan and Al correlation. Sites in severe process presented high amount of Na, mainly in the Luvisolo Crômico Órtico soil, high amount of organic matter and high number of correlations, pointing out the correlation of Na and H with C, N, and organic matter amounts. Sites in initial erosive processes showed higher density of bacteria feeding nematodes (Rhabditidae e Cephalobidae) with relative abundance of 36.83%, especially Cephalobidae (26.82%). The omnivores, particularly Dorilaymidae, were more abundant in intermediary and severe process, 39.87% and 48.17%, respectively. In areas with intermediary processes there were weak correlations between nematodes and soil attributes. In contrast, sites in initial and severe process showed stronger correlations, pointing out natural argyle with *Helicotylenchus*

density in initial process, and aluminum saturation with Mononchidae, Aphelenchidae and *Trichodorus* density in severe process.

Key words: Erosive processes, environmental degradation, soil fertility, nematode community, trophic diversity, reservoirs.

INTRODUÇÃO GERAL

Erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela água e pelo vento; entre os fatores que influenciam na magnitude do processo erosivo, estão fatores climáticos, a infiltração, a topografia do terreno, a cobertura vegetal e a tipo do. A erosão do solo, portanto, é um processo complexo que envolve vários fatores, de forma e magnitude variáveis, conforme o local de ocorrência.

A erosão natural ou associada à ação antrópica é um grave problema ambiental que causa vários tipos de danos à sociedade. Devido ao seu alto poder destrutivo, promove situações de risco à população, causando prejuízos em diversas áreas das relações humanas. Os efeitos da erosão no solo sobre o meio ambiente variam de acordo com os diferentes pontos de vista ou campo específico. A principal preocupação para a ciência do solo é a degradação do solo em termos físicos e químicos e para a ecologia é a contaminação da água devido aos sedimentos produzidos pela erosão que podem provocar também o assoreamento de reservatórios e cursos d'água gerando perdas na capacidade de armazenamento e causando inundações no período de chuvas intensas. Além desses efeitos, a erosão pode ainda causar deslizamento de encostas, redução de áreas disponíveis para a agricultura ou urbanização, entre outros.

No caso específico dos reservatórios, a degradação ambiental gerada pelo processo erosivo coloca em risco a disponibilidade e o fornecimento de água, bem como a geração de energia elétrica. Constitui um problema com graves conseqüências hidráulicas e econômicas, colocando em risco o desempenho da geração de energia elétrica, de abastecimento e de navegação.

A preocupação com os impactos decorrentes da erosão em reservatório não é recente. Na verdade, esta apreensão veio à tona quando os primeiros reservatórios passaram a ter

sua operação alterada por este fenômeno. Atualmente, o problema é tratado, na maioria das vezes, através de ações corretivas, não sendo vislumbradas as ações preventivas como o melhoramento da qualidade dos solos, recomposição da mata ciliar e práticas conservacionistas nas bordas dos reservatórios, as quais minimizariam os impactos negativos, inclusive econômicos, trazidos pelo processo erosivo que gera o assoreamento do reservatório.

Um das principais estratégias para evitar a degradação de novas áreas são reincorporar as áreas em algum estágio de degradação ao processo produtivo ou melhorar a qualidade das áreas que estão sendo utilizadas. As exigências de uma agricultura competitiva e a preocupação com a integridade do meio ambiente têm estimulado uma demanda crescente para identificação de parâmetros que avaliem, precocemente e de modo eficaz, as alterações ambientais, indicando o nível de qualidade do solo e da sustentabilidade da produção agrícola. Há indicações de que parâmetros ecológicos normalmente detectam alterações provocadas por diferentes manejos do solo em estágios interior ao das mudanças nos parâmetros físicos e químicos.

Pesquisas sobre biodiversidade e estrutura de comunidades em solos ainda são incipientes no Brasil. Trabalhos que visam investigar o uso da biodiversidade em solos para o desenvolvimento de indicadores ecológicos de qualidade ambiental dos agroecossistemas, particularmente no Brasil são fundamentais para identificar os efeitos dos sistemas de manejo sobre a diversidade nos solos; definir estratégias de manejo para subsidiar estudos sobre impactos de sistemas agrícolas nas propriedades físico-químicas, na ciclagem de nutrientes e na dinâmica da matéria orgânica em solos.

A Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga está localizada no Estado de Pernambuco, na divisão fisiográfica chamada de Submédio São Francisco, 25 km a jusante da cidade de Petrolândia/PE. Esta usina tem como principal função é a geração de energia elétrica, bem

como regularização das vazões afluentes diárias e semanais do Complexo Paulo Afonso (CHESF, 2008).

A altitude da bacia na região varia de 200 a 800 metros e se caracteriza por uma topografia ondulada, com vales muito abertos devido a menor resistência à erosão dos xistos e outras rochas de baixo grau de metamorfismo, onde sobressaem formas abauladas esculpidas em rochas graníticas, gnáissicas e outros tipos de alto metamorfismo. Na extremidade oeste da fronteira norte, tem-se a Chapada Cretácea do Araripe com altitudes de 800 metros, que se prolonga para leste através da Serra dos Cariris esculpida em rochas graníticas e gnáissicas de idade pré-cambriana. Do lado sul, ressaltam-se as formas tabulares do Raso da Catarina, esculpidas em sedimentos da Bacia de Tucano, com altitude de 200 a 300 metros. A precipitação média anual chega a 450 mm e a temperatura média anual é de 27 °C. A evaporação é da ordem de 3.000 mm anuais e o clima é tipicamente semi-árido, com duas estações sazonais definidas (CHESF, 2008). A estação chuvosa está concentrada principalmente nos meses de maio, junho e julho, enquanto que a época mais seca concentra-se no período entre setembro e novembro. A reduzida pluviosidade, elevada e intensa radiação solar e altas temperaturas médias resultam em déficit hídrico durante todo o ano (CHESF, 2008). O bioma característico é a Caatinga com vegetação xerófila, de ecótipos e florista variada.

O reservatório da usina apresenta ocupações urbanas e áreas agrícolas em suas margens, sendo a agropecuária a atividade produtiva predominante da bacia. São observados na região atividades de pecuária extensiva, predominantemente, caprinocultura e bovinocultura de leite e corte em pequena escala. As atividades agrícolas estão relacionadas à agricultura irrigada, representadas principalmente pelos projetos de irrigação implantados às margens do reservatório (CHESF, 2008).

O presente estudo objetivou caracterizar e correlacionar os atributos físicos e químicos de solos com diferentes estágios de erosão laminar em áreas próximas as bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, no Estado de Pernambuco, e analisar relações entre a diversidade trófica de nematóides e os atributos físico-químicos de solos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Erosão

Tal como a agricultura, a erosão tem raiz no passado. É um problema que acompanha a humanidade desde os seus primórdios, sendo que, em alguns momentos da história, se ela não foi o principal dizimador de uma civilização certamente foi um dos mais importantes. Os desertos do Norte da China, Pérsia (Irã), Turquia, Mesopotâmia e Norte da África contam a mesma história do gradual esgotamento do solo à medida que as exigências crescentes, pela progressiva civilização, excediam seu poder recuperativo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

As principais investigações científicas sobre a erosão do solo foram produzidas por Wollny, entre os anos 1877 e 1895, sendo cognominado de “o pai da conservação do solo”. Ele associou a obstrução dos poros do solo, resultante do impacto da gota da chuva, em solo desprovido de cobertura vegetal, com o aumento da enxurrada. Após os trabalhos de Wollny foram realizadas várias pesquisas, dentre elas as desenvolvidas por Laws (1940) que retratou o salpico como o estágio inicial da erosão.

Os primeiros lampejos relacionados a estudos de erosão em reservatórios começaram a aparecer com regularidade na literatura internacional na década de 30, através de trabalhos de Fiock (1934), Grover e Howards (1938) e Eakin (1939). No Brasil, a partir de 1981, foi dada ênfase ao problema, através de trabalhos desenvolvidos por Ponçano et al.(1981); Gimenez et al. (1981) e Carlstron Filho et al. (1981), que apresentaram resultados de estudos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em convênio com a Eletrobrás, nos reservatórios de Capivari (PR), Passo Real e Ernestina (RS) e onde apresentaram um modelo de assoreamento de reservatórios. Maia (2006)

verificou as conseqüências da erosão na operação de reservatórios formados por hidrelétricas e (CARNEIRO, 2007) estudou a erosão laminar na área do reservatório da Usina Hidrelétrica Cana Brava-Minaçu, em Goiás.

Dentro das ciências ambientais, define-se erosão como o desgaste e/ou arrastamento da superfície da terra pela água corrente, vento, gelo ou outros agentes geológicos, incluindo processos como arraste gravitacional (ACIESP, 1987). Nos estudos ligados às Ciências da Terra, o termo é aplicado aos processos de desgastes da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da água, do vento, do gelo e de organismos (plantas e animais), além da ação do homem (CARVALHO, 2006). Do ponto de vista agrícola, Ferreira (1979), Porto (1986), Almeida Filho & Junior (2001) entre outros, definem a erosão como sendo a desagregação e remoção das partes constituintes do solo, através da ação da água, clima, gelo ou organismos. Para Amorim (2004), a erosão consiste no processo de desprendimento e transporte das partículas do solo, sendo responsável por grandes prejuízos, não só para a exploração agropecuária, mas também para diversas atividades econômicas e para o próprio meio ambiente. Foi decisivo para os estudos de erosão o conceito de que este é um processo mecânico, cuja energia necessária vem grande parte do impacto da queda da gota da chuva e do declive do solo.

A erosão hídrica é um processo físico que se inicia a partir do momento em que as gotas de chuva atingem a superfície do solo e destroem os agregados, e finalizam com as três etapas seguintes (CARVALHO et al., 2002; CASSOL; LIMA, 2003; PANACHUKI et al., 2006; PINESE JÚNIOR, 2008): desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, provocado pela ação da água das chuvas e do escoamento superficial e afetada pela ação antrópica, sendo resultado da interação de vários fatores que se manifesta em intensidade variável (SCHICK, et al., 2000), a depender, do clima, tipo de solo, topografia, vegetação, rugosidade superficial, porcentagem de cobertura do solo existente e à época da

ocorrência da chuva (PEREIRA et al., 2003). Portanto, a erosão do solo é um processo complexo que envolve vários fatores, de forma e magnitude variáveis, conforme o local de ocorrência.

1.1 Processos Erosivos

O solo é muito importante para explicar os fenômenos de erosão. Tal fenômeno, na área rural, está intimamente ligado à agricultura, que por sua vez altera fortemente o ambiente, suscitando a presença de sérios impactos que rompem o equilíbrio natural do meio (SANTOS, 2004).

Os processos erosivos constituem-se numa forma natural de modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos. De maneira geral, sob condições naturais, estes dois processos atuam equilibradamente, havendo certa equivalência entre a quantidade do solo erodida e a quantidade produzida. Comumente, denomina-se este fenômeno de erosão natural ou geológica (CARVALHO, 2006). Ainda segundo o mesmo autor, quando se dá o rompimento devido à interferência do homem não é permitido ao solo a recuperação natural, dá-se origem à erosão acelerada ou erosão antrópica. Na erosão antrópica, o homem interfere nos fatores relacionados à erosão natural, acelerando o processo, muitas vezes impedindo a recuperação natural da área impactada e causando enormes prejuízos financeiros (CARNEIRO, 2007). Surge nos dias atuais como uma variância da erosão antrópica, aquela oriunda das mudanças climáticas propiciadas pelas atividades não ligadas diretamente a ocupação e ao uso do solo.

Destaca-se também que a dinâmica dos processos erosivos está intimamente ligada à própria dinâmica de variáveis causais como clima e uso do solo, sendo que, por exemplo, o fato da primeira, clima, depender da segunda, o uso do solo, refletindo essa complexidade.

Grande parte dos processos erosivos ocorre de modo direto e previsível, como consequência da intervenção antrópica no meio ambiente. São exemplo dessa aplicação no meio rural, o plantio e manejo do solo de modo inapropriado como a não-observância de práticas conservacionistas vegetativas e edáficas, e o desmatamento de matas ciliares. Em meio urbano, têm-se práticas impróprias com a impermeabilização superficial excessiva com concentração de fluxos e lançamento indevidos das drenagens de águas pluviais (CARVALHO et al., 2001; CARVALHO, 2006).

O manejo inadequado do solo e a erosão hídrica são apontados por Martins et al. (2003), como os principais causadores da constante redução da produtividade dos solos os quais destacam, ainda, outro aspecto de grande relevância, ou seja, o fato de que o aporte de sedimentos oriundos de áreas que sofrem erosão, promove o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, principalmente pela eutrofização das águas.

1.2 Tipos de Erosão

As erosões são classificadas segundo, Almeida Filho & Rezente Júnior (2001), em dois tipos principais conforme suas características e processos associados: erosão laminar e erosão linear. Neste estudo foi considerado apenas a erosão laminar.

1.2.1 Erosão Laminar ou Entressulcos

A erosão laminar ou entressulcos caracteriza-se por incidir na retirada de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial (SILVA et al., 2007). É uma das formas mais danosas, pois remove a camada

mais superficial do solo, onde se encontram a matéria orgânica, os nutrientes e os insumos agrícolas, que favorecem a produção agrícola, alterando também as condições para ocorrência dos processos microbianos que se refletem na fertilidade do solo, pela decomposição do material orgânico, disponibilizando os nutrientes para as plantas (CANTALICE, 2002).

2. Degradação

A degradação do solo pode ser definida como um processo que reduz a capacidade atual ou potencial do solo para produzir bens ou serviços (GALINDO et al., 2008).

O conceito oficial mais adotado pela United Nations Food and Agriculture Organization (FAO, 1995), define a degradação como a perda temporária ou permanente da capacidade produtiva da área. Para os Programas do Global Environment Facility (GEF, 2003) é entendida como qualquer forma de deterioração do potencial natural da área que afeta a integridade do ecossistema em termos de qualquer redução na produtividade e sustentabilidade ecológica ou em termos da riqueza biológica natural e manutenção da resiliência. Para Reis (2006) e Barbosa (2008), a degradação depende da intensidade do dano ao solo. Caso o ambiente não se recupere sozinho em um tempo razoável, diz-se que ele está degradado, e a intervenção humana é necessária. Se o ambiente mantém sua capacidade de regeneração ou depuração (resiliência), diz-se que ele está perturbado, e a intervenção humana apenas acelera o processo de recuperação. A degradação intensa, com perda de resiliência, resulta notadamente em áreas degradadas (CORRÊA et al., 2007).

Para GEF (2003) a degradação de áreas está relacionada a alterações na estrutura e à perda de nutrientes do solo, decorrentes de processos como a erosão eólica, escoamento superficial, alagamentos, salinização e compactação do solo. As principais causas da

degradação são os usos inapropriados da terra, principalmente as práticas de agricultura não sustentável, pastejo intensivo e desmatamento.

Dias e Griffith (1998) fazendo referência ao Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas, citam como os principais fatores de degradação de solos: o desmatamento ou remoção da vegetação nativa para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas, mineração e urbanização; o superpastejo da vegetação; as atividades agrícolas com uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo; exploração intensa da vegetação para fins domésticos, como combustível, cercas etc., expondo o solo à ação dos agentes de erosão; e atividades industriais, bioindustriais ou de mineração que causam a poluição do solo.

Segundo GEF (2003), no Brasil, assim como na maioria dos países pobres ou em desenvolvimento, as principais causas de degradação estão relacionadas ao baixo custo da terra, da água e de outros recursos naturais, associado à falta de acesso a terra pelas populações e ao baixo ou nenhum incentivo às práticas de manejo sustentável do solo e da água.

As conseqüências gerais da degradação segundo Noffs, Galli e Gonçalves (2000) são o empobrecimento do solo, acarretando perda da capacidade produtiva e maiores gastos com a produção agrícola ou com a recuperação; o assoreamento de rios com diminuição da profundidade dos leitos e da capacidade de transporte, aumento das cheias e impacto sobre a ictiofauna; o assoreamento de reservatórios e açudes, resultando em perda da capacidade de geração de energia e comprometimento da qualidade da água para os usos diversos; e o entulhamento de depressões e várzeas, através do acúmulo de material carreado e resultando na destruição dos ecossistemas de áreas úmidas e áreas agrícolas e propagação de doenças.

A degradação ambiental gerada pelo processo erosivo em reservatórios coloca em risco a disponibilidade e o fornecimento de água e a geração de energia elétrica, constituindo um problema com graves conseqüências hidráulicas e econômicas, pondo em risco o desempenho da geração de energia elétrica, de abastecimento de água e de navegação. De acordo com Morris & Fan (1997) e Carvalho (2000), os impactos provenientes da erosão nos reservatórios com o passar dos anos se tornam mais severos e mais fáceis de serem constatados, e de difícil solução.

A erosão nos reservatórios vem sendo tratada por ações corretivas, não sendo vislumbradas ações preventivas, a exemplo de melhoramento da qualidade dos solos, recomposição da mata ciliar e práticas conservacionistas nas bordas dos reservatórios, as quais minimizariam os impactos negativos, inclusive econômicos, trazidos pelo processo erosivo (MAIA, 2006).

3. Erosividade e Erodibilidade

A erosividade da chuva e a erodibilidade do solo são dois importantes fatores físicos que afetam a magnitude da erosão do solo. Mesmo que a chuva, a declividade do terreno e a cobertura vegetal sejam as mesmas, alguns solos são mais suscetíveis ao desagregamento e ao transporte de partículas pelos agentes de erosão que outros. Essa diferença, devido às propriedades do solo, é conhecida como erodibilidade.

Segundo Cassol et al. (2007), a erosividade é a capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo. Várias são as características da chuva que determinam a erosividade, porém três delas destacam-se no estudo do processo erosivo: intensidade, duração e frequência. A quantificação destes fatores é importante na previsão da erosão e

no planejamento do uso do solo. Entretanto, a erodibilidade dos solos tem sido o fator de maior interesse geotécnico.

A erodibilidade de um solo é definida como sua falta de capacidade de resistir aos processos erosivos e depende não só das características intrínsecas do solo, mas também de fatores subsidiários como ciclos de umedecimentos e secagem, além da composição química da água presente (VILAR; PRANDI, 1993). Desta feita, a forma mais comum de se analisar a erodibilidade dos solos tem sido através de suas características físicas e químicas e de alguns condicionantes externos.

4. Indicadores da Qualidade do Solo

O conceito de qualidade do solo surgiu no final da década de 70 e durante os 10 anos seguintes, esteve muito associado ao conceito de fertilidade (KARLEN et al., 2003). Acreditava-se que o solo quimicamente rico era aquele com alta qualidade, isto porque tinha a capacidade de prover a produção agrícola. Entretanto, a percepção de qualidade do solo evoluiu, para uma maior amplitude, percebe-se que não basta apenas o solo apresentar alta fertilidade, mas, também, possuir boa estruturação e abrigar uma alta diversidade de organismos (ZILLI et al., 2003). Dessa forma, a qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agroecossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (SPOSITO; ZABEL, 2003).

O conceito atual da qualidade de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN; SEMENOV, 2000; SPOSITO; ZABEL, 2003). Esse termo, muitas vezes utilizado como sinônimo de saúde do solo, refere-se à capacidade do solo sustentar a

produtividade biológica dentro das fronteiras do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e animais e do próprio ser humano (SPOSITO; ZABEL, 2003). Para avaliar a qualidade do solo se faz necessário considerar a capacidade do solo em suprir nutrientes para as plantas, para suportar o crescimento e desenvolvimento de raízes, para proporcionar uma adequada atividade biológica, em propiciar uma adequada estabilidade estrutural, para resistir a erosão e para reter água para as plantas, entre outros (CASALINHO et al., 2007).

Segundo Costa et al. (2006), avaliar a qualidade do solo não é tarefa fácil; a dificuldade advém do fato de que a qualidade do solo depende de suas propriedades intrínsecas, de suas interações com o ecossistema e, ainda, de prioridades de uso, influenciadas inclusive, por aspectos socioeconômicos e políticos. A mensuração da qualidade do solo é realizada através do uso de indicadores. Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO, 2007).

O termo indicador origina-se do verbo em latim *indicare* que significa apontar ou proclamar. Em português, indicador significa aquilo que indica, torna patente, revela, propõe, sugere, expõe, menciona, aconselha (DEPONTI, 2002). Para os mesmos autores um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, podendo sintetizar um conjunto complexo de informações e servir como um instrumento de previsão. Ainda, segundo Figueira (2008), os indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos.

4.1 Indicadores Físicos

Os atributos físicos do solo são de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, devido aos constituintes sólidos do solo interagirem com os fluidos água e ar, essenciais às plantas.

Um dos atributos mais importantes para se avaliar a qualidade do solo é a sua estrutura, porque complementa o estudo de avaliação do arranjo entre sólidos e vazios. Reflete a natureza de seus componentes primários e a extensão com que estes se agregam; determina a distribuição do tamanho de poros; estabilidade de agregados; e, como o uso afeta o fluxo de água e o potencial de erosão, o comportamento da fauna e microbiano e a dinâmica de matéria orgânica (MELLONI et al., 2008).

Segundo Andrade et al. (2005), entre os vários atributos do solo que interferem no manejo de irrigação e crescimento vegetal, a densidade do solo pode ser considerada a principal, sendo muito importante sua medição em projetos de irrigação e drenagem. A densidade reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez definem as características do sistema poroso, sendo um importante indicativo das condições de manejo e, conseqüentemente, da porosidade, permeabilidade e capacidade de armazenamento de água do solo. Além de ser um indicador da qualidade, a densidade é utilizada para determinar a quantidade de água e de nutrientes que existam no perfil do solo com base no volume, além de apresentar estreita correlação com a umidade do solo Melloni et al. (2008).

A porosidade representa a porção do solo, em volume, não ocupada por sólidos e varia em função da estrutura deste solo. É fundamental no estudo que envolve armazenamento e movimento de água e gases do solo, fluxo e retenção de calor, resistência mecânica e desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Segundo Correia et al. (2004), os poros maiores, também chamados de macroporos ($> 0,05$ mm de diâmetro), são responsáveis pela aeração do solo, podendo ainda serem preenchidos com água, matéria

orgânica e raízes de plantas; os poros menores (microporos) ($<0,05$ mm de diâmetro) são responsáveis pela retenção de água no solo.

A textura do solo constitui um dos atributos físicos mais estáveis e representa a distribuição quantitativa das partículas primárias quanto ao tamanho. A grande estabilidade faz com que a textura seja considerada elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo, refletindo em suas propriedades (MELLONI et al., 2008).

O tipo de cobertura vegetal implica em distintos comportamentos no que diz respeito às propriedades físicas do solo. A vegetação influencia ativamente nos processos de formação dos solos, propiciando condições favoráveis às atividades biológicas e, conseqüentemente, dá origem a diferentes ecossistemas. Ressalta-se, o fato da cobertura do solo ser importante agente de controle da erosão, tendo em vista o efeito do impacto da gota de chuva é bem menor (se não existente) em solos constantemente cobertos, do que em solos expostos (MELLONI et al., 2008).

O conceito quantitativo e/ou qualitativo da alteração dos atributos físicos do solo evidenciará seus melhores indicadores de impacto, quando forem comparados a diferentes ecossistemas em relação a um ecossistema natural. Ainda, segundo Melloni et al. (2008) inferem que quanto maior o processo degradacional do solo, maiores serão as diferenças nos atributos do solo em relação as condições naturais.

4.2 Indicadores Químicos

O monitoramento da qualidade dos solos por meio de indicadores químicos é freqüentemente, relacionado aos atributos descritos numa análise convencional de fertilidade do solo.

Entre os atributos químicos, a matéria orgânica do solo é um dos melhores indicadores de qualidade do solo, pois se relaciona com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas (RICHART, 2005). A matéria orgânica do solo atua como: reservatório de nutrientes para as plantas, de lenta liberação, especialmente de N; solubilizante de nutrientes de minerais insolúveis presentes no solo; alta capacidade sortida de cátions e ânions; contribuindo para o aumento da densidade de organismos no solo e, com isso, aumentando o controle biológico de doenças e pragas; atenuante dos efeitos das chuvas, reduzindo os processos erosivos; aumento da capacidade de retenção de água; estabilizante dos agregados e do diâmetro geométrico e; alto poder de adsorção de substâncias naturais ou antropogênicas, reduzindo o impacto de substâncias tóxicas ao desenvolvimento de plantas e organismos do solo.

O pH do solo é outro parâmetro importante, notadamente, para solo de regiões tropicais. Grande parte dos solos brasileiros apresenta problemas de acidez e, como principal consequência pode ocorrer a presença de alumínio e manganês em quantidades tóxicas para as culturas (MELLONI et al.,2008). A acidez do solo é também limitante a atividade biológica de microorganismos livre ou que vivem em simbiose com as plantas e na decomposição de materiais orgânicos por microorganismos heterotróficos. Esses aspectos fazem do pH um dos mais importantes indicadores de qualidade do solo, por possuir capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações (BRANDÃO; LIMA, 2002).

4.3 Indicadores Ecológicos

A maioria dos estudos de qualidade do solo até recentemente estava relacionada à utilização exclusiva de indicadores físicos e químicos. Porém, os atributos físicos e

químicos de um solo, que permitem o simples desenvolvimento vegetal, são afetados pelos processos bióticos (MELLORI et al., 2008).

Um indicador ecológico pode ser uma espécie vegetal ou animal que indica, pela sua presença em determinada área, a existência de uma condição ambiental. Na maioria dos casos, uma espécie representativa é selecionada e mudanças nesta espécie são utilizadas para substituir a avaliação de outros componentes biológicos do sistema. Muitos organismos ou grupos de organismos têm sido utilizados como indicadores ecológicos, incluindo os nematóides, traças, pássaros, protozoários cupins e minhocas (GUERRA; CUNHA, 2007).

Entre os animais multicelulares, os nematóides são os mais abundantes, possuindo diversos hábitos alimentares e diferentes papéis ecológicos no solo. Segundo Freckman & Caswell (1985), Sánchez-Moreno & Ferris (2007), os nematóides possuem vários atributos que os tornam úteis como indicadores ecológicos. São amplamente distribuídos na fauna do solo, apresentam comunidades poliespecíficas constituídas por diversas espécies classificadas em cinco grupos funcionais, que estão presentes em posições estratégicas na cadeia alimentar no solo: os parasitas de planta que se nutrem de raízes ou parte aérea; os bacteriófagos e micófagos que consomem bactérias e fungos e estão inteiramente envolvidos no processo de decomposição e mineralização do nitrogênio (INGHAM et al., 1985); predadores que se alimentam de nematóides e outros invertebrados do solo; e onívoros que possuem mais de uma fonte de alimentação, incluindo bactérias, fungos, algas, protozoários e rotíferos (NEHER; CAMPBELL, 1994). Os três primeiros grupos funcionais são considerados os mais importantes por constituírem a maioria da comunidade dos nematóides na maior parte dos ecossistemas (FRECKMAN; CASWELL, 1985).

As estruturas tróficas das comunidades de nematóides podem ser alteradas por

práticas agrícolas, tais como sistema de cultivo, uso de pesticidas, adubação, uso de matéria orgânica ou aração. Os nematóides da ordem Dorylaimida, por exemplo, são considerados indicadores de perturbação do ecossistema, apresentando baixas densidades em solos cultivados (FERRIS, V.R.; FERRIS, Y J.M., 1974). Já a maioria dos membros da superfamília Criconematoidea é encontrada em solos com plantas nativas, desaparecendo em solos cultivados com plantas anuais (CARES; HUANG, 1991; HUANG *et al.*, 1996). As populações de bacteriófagos são altas em áreas com plantas perenes ou em solos pouco cultivados, enquanto que a densidade dos micófagos é mais alta em áreas com plantas anuais (FERRIS, V.R.; FERRIS, Y J.M., 1989).

A estrutura da comunidade de nematóides é mais afetada pelo tipo de vegetação do que pelo tipo de solo (HUANG; CARES, 1995). Estudos sobre o papel dos nematóides na ciclagem de nutrientes no solo têm sugerido que estes, através de suas interações com bactérias e fungos, funcionam como reguladores da microflora do solo, geralmente aumentando o crescimento das plantas, uma vez que facilitam a disponibilidade de N mineral e outros nutrientes como o fósforo (INGHAM *et al.*, 1985; COLEMAN *et al.*, 1991).

O papel dos nematóides como bioindicadores ecológicos tem sido amplamente enfatizado (NEHER, 2001; FIGUEIRA, 2002; NEILSON, 2005; CARES, 2006), devido ao curto ciclo de vida, capacidade de sobrevivência e mudanças na abundância das espécies e estrutura trófica em função da perturbação do ambiente (COLEMAN *et al.*, 1991; WASILEWSKA, 1994). Assim, a composição da comunidade de nematóides pode rapidamente refletir as trocas na cadeia alimentar no solo (INGHAM *et al.*, 1985), os efeitos de correção da acidez do solo (HYVONEN; HUHTA 1989), recuperação de áreas perturbadas (YEATS *et al.*, 1991; ETTEMA; BONGERS, 1993), a densidade de plantas por área (MCSORLEY; FREDERICK, 1996), o nível de cobertura vegetal (FRECKMAN;

HUANG, 1998) e o uso e manejo do solo (FRECKMAN; ETTEMA, 1993; NEHER, 1999).

Portanto, por desempenharem um papel importante na decomposição e ciclagem de nutrientes (FERRIS et al., 2004; FERRIS; MATUTE, 2003), como reguladores de comunidades microbianas do solo, bem como responder rapidamente a mudanças em condições que afetem esse ambiente, variações na abundância de nematóides e composição trófica podem ser uma ferramenta importante para se definir as condições gerais do solo, ou as condições de "sanidade" do solo (YEATS; BONGERS, 1999; YEATS, 2003; GARCIA-ALVAREZ et al. 2004; NEHER et al. 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Glossário de Ecologia*. 1ª edição (definitiva). Publicação ACIESP n. 57 – ACIESP/CNPq/FAPESP/Secretaria da Ciência e Tecnologia, 1987.

ALMEIDA FILHO, G. S; RIDENTE JÚNIOR. J. L; Diagnóstico, prognóstico e controle de erosão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão. (7: 2001: Goiânia). Anais. Goiânia: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2001.

AMORIM, R. S. S. Avaliação dos modelos para predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas brasileiras. 2004. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, UFV.

ANDRADE, A. R. S.; GUERRINI, I. V. A.; GARCIA, C. J. B.; KATEZ, I.; GUERRA, H. O. G. Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação. *Agrotécnica de Lavras*, v. 29, nº. 2, p.322-329. 2005.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

BARBOSA, A. C. C. Recuperação de área degradada por mineração através da utilização de sementes e mudas de três espécies arbóreas do Cerrado, no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, UNB, DF, 88 p, 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 355p. 1999.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e Cerrado na Chapada, em Uberlândia (MG). *Caminhos de Geografia*, 3:(6), 46-56p. 2002.

BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology*, v. 15, n.1, p.13-24, 2000.

CANTALICE, J. R. B. Escoamento e erosão em sulcos e entressulcos em distintas condições de superfície do solo. 2002. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.UFRG, 2002.

CARES, J. H.; HUANG, S. P. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of central Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 16: 199-209, 1991.

CARES, J. E. Effects of the land-use systems on the abundance and diversity of the nematode community in the region of Upper Solimões River. *Nematologia Brasileira*, v.30, n.1, p.113-114, 2006.

CARLSTRON FILHO, C.; GIMENEZ, A. F.; PIRES NETO, A.G; PRADINI, L. F.; MELO, M. S.; FULFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. *Metodologia para estudo de assoreamento de reservatórios (II) Reservatório de Passo Real e Ernestina (RS)*. In: CBGE, 3, Itapema (SC). Anais – São Paulo. ABGE. p.143-162. 1981.

CARNEIRO, G. T. Suscetibilidade à erosão laminar na área do reservatório da usina hidrelétrica de Cana Brava - Minaçu – Goiás: impactos ambientais e saúde. 2007.59 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde). Universidade Católica de Goiás, Minaçu. UCG, 2007.

CARVALHO, N. O. Assoreamento de reservatórios – consequências e mitigação dos efeitos. In: *Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos*, 4, 2000. Santa Maria.

CARVALHO, J. C. *Processos erosivos no centro-oeste Brasileiro*. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006.

CARVALHO, J. C.; LIMA, M. C.; MORTARI, D. *Considerações sobre controle e prevenção de voçorocas*. 7º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Goiânia, GO, 2001.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; CRUZ, E. S.; CEDDIA, M. B.; LANA, A. M. Q. Perda de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.385-389, 2002.

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. M.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. A qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Agrociências*, v. 13, n. 2, p. 195-203, 2007.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.1, p.117-124, 2003.

CASSOL, E. A., MARTINS, D., ELTZ, F. L. F., LIMA, V. S. de, BUENOS, A. C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. 15:3, p. 220-231, 2007.

CORRÊA, R. S.; MELO FILHO, B.; BAPTISTA, M. M. Avaliação fitossociológica da sucessão autogênica em áreas mineradas no Distrito Federal. *Cerne*, Lavras - MG, v. 13, n. 4, p. 406-415, 2007.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2º ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

COLEMAN, D. C.; EDWARDS, A. L.; BELSKY, A. J.; MWONGA, Y. S. The distribution and abundance of soil nematodes in East Africans savannas. *Biology Fertility and Soils*. v.12:67-72. 1991.

COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. *Mapeamento e Monitoramento dos Processos Erosivos nas Encostas do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaparica*. 154p. 2008.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, 2006

DEPONTI, C. M. Indicadores para avaliar a sustentabilidade em agroecossistemas. In: V Simpósio Latino-Americana sobre Investigação e Extensão em Sistemas Agropecuários - IESA e V Encontro da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção - SBSP, 2002, Florianópolis. V Simpósio Latino-Americana sobre Investigação e Extensão em Sistemas Agropecuários - IESA e V Encontro da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção - SBSP. Florianópolis, 2002. p. 228-228.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas de degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). *Recuperação de Áreas Degradadas*. Viçosa:

UFV/DS/SOBRADE, p.1-7. 1998.

EAKIN, H. M. Silting of reservoirs, revised by Carl Brow.C.B. US Dept Agricultura, *Tech Bulletin* (524). 90-167p. 1939.

ETTEMA, C. H.; BONGERS, Y. T. Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the maturity index. *Biology Fertility and Soils*, v.16: 79-85. 1993.

FERRIS, V. R.; FERRIS, Y. J. M. Inter-relationship between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. *Agroecosystems*, v. 1: 275-299. 1974.

FERRIS, V. R.; FERRIS, Y. J. M. Why ecologists need systematists: Importance of systematics to ecological research. *Journal of Nematology*, v.21: 308-314, 1989.

FERRIS, H.; MATUTE, M. Structural and functional succession in the nematode fauna of a soil food web. *Applied Soil Ecology*. v.23: 93-110, 2003.

FERRIS, H.; VENETTE, R. C.; SCOW, K. M. Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization function. *Applied Soil Ecology*. v.24:19-35, 2004.

FERREIRA, P. H. M. Erosão. In: *Princípios de manejo e de conservação do solo*. São Paulo: Nobel, 1979. p.57-70.

FIGUEIRA, A. F. Dinâmica da população de nematóides do solo em quatro sistemas de uma unidade de produção agroecológica. 2002. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. Seropédica: UFRRJ, 2002.

FIGUEIRA, A. F. Nematóides como indicadores de qualidade do solo em agroecossistemas no Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul. 2008. 63p. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica: UFRRJ, 2008.

FIOCK, L. R. Records of silt carried by the Rio Grande and its accumulation in elephant butte reservoir. *Transactions Geophysical American Union*: v.15. 468-473p. 1934.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Forest Resources Assessment 1990: Global Synthesis*. FAO Forestry, Paper 124. Rome: FAO, 1995.

FRECKMAN, D.W.; ETTEMA, C.H. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 45: 239-261, 1993.

FRECKMAN, D.; CASWELL, E. P. The Ecology of Nematodes in Agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, v. 23: 275-296. 1985.

FRECKMAN, D.; HUANG, S. P. Response of the soil nematode community in a

shortgrass steppe to long-term and short-term grazing. *Applied Soil Ecology*, v. 9: 39-44. 1998.

GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Relações solo-vegetações em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 3, p. 1283-1296, 2008.

GARCIA-ALVAREZ, A., ARIAS, M., DIEZ-ROJO, M. A., BELLO, A. Effect of agricultural management on soil nematode trophic structure in a Mediterranean cereal system. *Applied Soil Ecology*, v.27: 197-210, 2004.

GIMENEZ, A. F.; CARLSTRON FILHO, C.; CARNEIRO, C. D. R.; STEIN, D. P.; PRADINI, L. F.; MELO, M.S.; FULFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. (1981). Metodologia de estudo de assoreamento de reservatórios (I) Reservatório de Capivari (PR). In: CBGE, 3, Itapema (SC). *Anais – São Paulo*. ABGE. 205-224p.

GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY - GEF. Operational Program on Sustainable Land Management. Disponível: em: http://gefweb.org/Operational_Policies/Operational_Programs/OP_15_English.pdf. GEF, 2003, 14 p. Acesso em agosto de 2008.

GROVER, H. G; HOWARDS, C. S. The passage of turbid water through lake mead. *Transactions ASCE*. 720-736p. 1938.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. In: *Processos erosivos nas encostas*. 7^a ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, p.149-209, 2007

HUANG, S. P.; FREIRE, H. C. A.; CARES, J. E. Grupos composicionais e tróficos dos nematóides associados à sucupira branca (*Pterodon pubescens*) em cerrado nativo. *Fitopatologia Brasileira*, v. 21: 156-160, 1996.

HYVONEN, R.; HUHTA, V. Effects of lime, ash and nitrogen fertilizers on nematode populations in Scots pine forest soils. *Pedobiologia*, v. 33: 129-143, 1989.

INGHAM, R. E.; TROFYMOOW J. A.; INGHAM, E. R.; COLEMAN, D. C. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs*, v. 55:19-140, 1985.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? *Geoderma*, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 145-156, 2003.

LAWS, J. O. Recent studies in raindrops and erosion. *Agriculture Engineering*, St. Joseph, v. 21, p.431-433, 1940.

MAIA, A. G. As conseqüências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens. 2006. 271p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo, São Carlos: USP, 2006.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.395-403, 2003.

MCSORLEY, R.; FREDERICK, J. J. Nematode community structure in rows and between rows of a soybean field. *Fundamental and Applied Nematology*, v. 19: 251-261, 1996.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. Indicadores da qualidade do solo. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v.29, n.244, p.17-29, 2008.

MORRIS, G.L; FAN, J. Reservoir sedimentation handbook. New York: Mcgraw-HILL, 1997.

NEHER, D.A. Nematode communities in organically and conventionally managed agricultural soil. *Journal of Nematology*, v. 31: p.142-154, 1999.

NEHER, D. A; CAMPBELL, C. L. Nematode communities and microbial biomass in soil with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, Dublin, v. 1, p. 17-28, 1994.

NEHER, D. A.; WU, J.; BARBERCHECK, M. E.; ANAS, O. Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. *Applied Soil Ecology*, v.30: p.47-64, 2005.

NEILSON, R. Nematode ecology: a current perspective. Congresso Brasileiro de Nematologia, 25, 2005. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBN, 2005, p.18-23.

NOFFS, P. S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, S. Recuperação de Áreas Degradadas da Mata Atlântica: uma experiência da CESP Companhia Energética de São Paulo. Série Cadernos da Reserva da Biosfera, n. 3, 2. ed. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000, 48 p.

PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.2, p.261-268, 2006.

PEREIRA, S.; PRUSKI, F.; SILVA, D. D. S.; MATOS, A. T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.423-429, 2003.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, M. L.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos. *Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 20(2): 157-175, 2008.

PONÇANO, W. L.; GIMENES, A. F.; LEITE, A. A. G.; CARLSTRON FILHO, C.; PRADINI, F. L.; MELO, M. S. de. *Metodologia para estudo de assoreamento de reservatório (III): roteiro para estudo de reservatórios no sul e sudeste brasileiro*. In: CBGE, 3, Itapema (SC), anais, São Paulo, ABGE, v.2: 331-353. 1981.

PORTO, R. P. A erosão dos solos no Rio Grande do Sul. In: *Política e meio ambiente*. Porto Alegre: Mercado Aberto, p. 49-55, 1986.

REIS, L. L. Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, 2006, 156p. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica: UFRRJ, 2006.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

SANCHEZ-MORENO S.; FERRIS, H. Suppressive service of the soil food web: effects of environmental management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.119, p.75-87, 2007.

SANTOS, R. F. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p. 437-447, 2000.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: Editora RIMA, 2ª Edição. 2007.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. *Geoderma*, Amsterdam, v.114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

VILAR, O. O.; PRANDI, E. C. Erosão dos solos. Solos do interior de São Paulo. ABMS e USP. São Carlos, SP.

ZELLI, J. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHOS, H. L. C.; NEVES, M. C. P. 2003. Diversidade microbiana como indicador de qualidade de solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.20, n. 3, p. 391-411.

WASILEWSKA, L. The effects of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. *Pedobiologia*. v. 38: 1-11. 1994.

YEATES, G. W., BAMFORTH, S. S.; ROSS, D. J.; TATE, K. R.; SPARLING, G. Recolonization of methyl bromide sterilized soil under four different field conditions. *Biology and Fertility of Soils*, v. 11:181-189, 1991.

YEATES, G. W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 74: 113-135. 1999.

YEATS, G. W. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility Soils*, v.37: 199-210, 2003.

**EROSÃO LAMINAR E ATRIBUTOS FÍSICO-
QUÍMICOS DE SOLOS LOCALIZADOS PRÓXIMOS
ÀS BORDAS DO RESERVATÓRIO DA USINA
HIDRELÉTRICA LUIZ GONZAGA/PE**

CAPÍTULO 2

Erosão laminar e atributos físico-químicos de solos localizados próximos às bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga/PE¹

Yoly S. Ramos², Elvira M.R. Pedrosa³, Antônio H. M. Fernandes⁴, José Q. Neto⁵, Mário M. Rolim⁶

Resumo: Visou-se, neste estudo, caracterizar e correlacionar os atributos físicos e químicos de solos com diferentes estágios de erosão laminar em áreas próximas as bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga. De maneira geral, os solos apresentaram textura arenosa. As áreas com processos erosivos em estágio inicial apresentaram horizontes A e C mais profundos, menor acidez do solo e alto número de correlações entre as variáveis físicas e químicas avaliadas, destacando-se a relação dos teores de argila com Ca e com Mg e dos teores de H com C e com matéria orgânica. Ao contrário, as áreas com processo de erosão em estágio intermediário apresentaram baixo número de correlações, destacando-se a correlação de argila com Al. As áreas com processo de erosão em estágio severo apresentaram alto teor Na, particularmente no Luvissole Crômico Órtico, alto teor de matéria orgânica e altos coeficientes de correlação do Na e do H com os teores de C, N e matéria orgânica.

Palavras Chave: processos erosivos, degradação ambiental, fertilidade.

Laminar erosion and physic-chemical attributes of soils in Luiz Gonzaga hydroelectric power station

Abstract: The aim of this study was to characterize and correlate physical and chemical attributes of soils in different stages of laminar erosion at sites around Luiz Gonzaga hydroelectric power station. In general, the sites were constituted by sandy soils. Sites with

¹ Parte da dissertação de mestrado apresentada pela primeira autora à UFRPE.

² Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife-PE. Fone: (81) 3273-3334, fax: (81) 3320-6205, E-mail: yolysramos@gmail.com.

³ Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife-PE, fax: (81) 3320-6205. E-mail: elvira.pedrosa@dtr.ufrpe.br.

⁴ Departamento de Meio Ambiente, Companhia Hidrelétrica do São Francisco, Rua Delmiro Gouveia, 333, Bongi, CEP: 50761-901, Recife-PE, fax: (81) 3229-2000. Email: aheliom@chesf.gov.br.

⁵ Departamento de Meio Ambiente, Planejamento em Transporte e Consultoria Ltda, SBS, Quadra 02, Bloco S – Edifício Empire Center, sala 1303, CEP: 70070-904, Brasília – DF, fax (61) 3212-2727. Email: quadrelli@petcon.com.br.

⁶ Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife-PE, fax: (81) 3320-6205. E-mail: rolim@dtr.ufrpe.br

erosive process in initial stage presented deeper A and C horizons, lower soil acidity and the highest number of correlations between physical and chemical variables, pointing out the amount of C correlation with both Ca and Mg, and the H correlation with both C and organic matter. In contrast, a low number of correlations occurred in sites with erosive process in intermediate stage, pointing out the loan and Al correlation. Sites with erosive process in severe stage presented high amount of Na, mainly in the Luvisolo Crômico Órtico soil, high amount of organic matter and high number of correlations, pointing out the correlation of Na and H with C, N, and organic matter amounts.

Key words: Erosive processes, environmental degradation, soil fertility.

INTRODUÇÃO

A erosão laminar ou entressulcos caracteriza-se por incidir na retirada de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial (Silva et al., 2007). É uma das formas mais danosas, pois remove a camada mais superficial do solo, onde se encontram a matéria orgânica, os nutrientes e os insumos agrícolas, que favorecem a produção agrícola, alterando também as condições para ocorrência dos processos microbianos que refletem na fertilidade do solo, decomposição do material orgânico, disponibilidade dos nutrientes para as plantas (Cantalice, 2002).

A degradação ambiental gerada pelo processo erosivo em reservatórios afeta a disponibilidade e o fornecimento de água e a geração de energia elétrica, constituindo um problema com graves conseqüências hidráulicas e econômicas, pondo em risco o desempenho da geração de energia elétrica, de abastecimento de água, de navegação (Morris & Fan, 1997; Carvalho, 2000), e eutrofização das águas (Martins et al. 2003).

Os processos de degradação atuam sobre os diferentes compartimentos de um sistema ambiental. São decorrentes de perturbações causadas por fatores climáticos como vento, fogo, terremoto, queda de árvores, enchentes etc, em que a resiliência natural do sistema geralmente possibilita sua recuperação (Dias et al., 2007), ou por ação antrópica devido ao uso indiscriminado da madeira, lenha e carvão; pasto intensivo de animais; fogo; uso e manejo inadequado de solos pela agricultura; mineração; ocupação desordenada das cidades; além do baixo nível de renda e cultural da população (Moreira & Targino, 1997; Sampaio et al. 2003). Esses processos geram a diminuição da fertilidade dos solos na região semi-árida nordestina, sucedido pelo uso e manejo ineficaz e a baixa cobertura vegetal (Menezes e Sampaio, 2002).

A erosão nos reservatórios é tratada por ações corretivas, não sendo vislumbradas ações preventivas (Maia, 2006), a exemplo o melhoramento da qualidade dos solos, recomposição da mata ciliar e práticas conservacionistas vegetativas e edáficas nas bordas dos reservatórios, as quais minimizariam os impactos negativos, inclusive econômicos, trazidos pelo processo erosivo. Dessa forma, uma etapa fundamental dos estudos de processos erosivos em áreas próximas às bordas de reservatório é avaliar a qualidade do solo, considerando características físicas e químicas. Neste contexto, este estudo objetiva caracterizar e correlacionar as variáveis físico-químicas de solos com diferentes estágios de erosão nas áreas próximas às bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo: O reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga (antiga Itaparica) está situado no rio São Francisco na região fisiográfica denominada de Submédio São Francisco, abrangendo áreas dos Estados da Bahia e Pernambuco. A região está inserida no domínio morfoestrutural da bacia sedimentar, onde as condições litoestruturais e climáticas interferem na drenagem, cujos tributários são predominantemente intermitentes (CHESF, 2008). O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é do tipo BShw', caracterizando-se por ser muito seco e quente, com estação chuvosa atrasando-se para o outono (ocorrendo nos meses de fevereiro a maio), precipitação média de 450 mm e estação seca ocorrendo de junho a janeiro (LAMEPE, 2009).

O bioma característico da área estudada é a Caatinga, diferenciado por uma vegetação xerófila de florística variável (Jenkins et al., 1994). As análises com o uso de imagem Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM), do satélite Landsat 7, obtida em julho de 2001, com composição RGB e bandas 543, definiram nove classes de uso e ocupação das áreas nas encostas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga: água, solo exposto, caatinga hiperxerófila, caatinga hiperxerófila antropizada, caatinga padrão arbustiva rala, caatinga padrão rala a densa, caatinga padrão arbórea, agricultura e urbana (CHESF, 2008). A vegetação nativa, conforme uso e ocupação das áreas, caracterizou-se por caatinga hiperxerófila antropizada (A5, A11, A12, A16), solo exposto (A4) e vegetação antropizada e solo exposto (A2, A3, A13, A14) (Figura 2).

Seleção das áreas de estudo e coleta das amostras: Estudos de mapeamento e monitoramento dos processos erosivos nas encostas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, fundamentados na identificação das classes de solo e processos erosivos,

cálculo da perda de solo por erosão laminar e cálculo do volume assoreado, revelaram 16 áreas (A1 a A16) com processos erosivos em diferentes estágios (CHESF, 2008). Dessas áreas, nove foram selecionadas para o presente estudo, procurando-se contemplar processos de erosão em estágio inicial (A3, A11, A12), intermediário (A2, A4, A13) e severo (A5, A14, A16). O solo das áreas A2, A3, A4, A11, A12, A13, A14 e A16 foram classificados como Neossolo Quartzarênico (RQ), e da área A5 como Luvisolo Crômico Órtico (TCO) (EMBRAPA, 2006). O mapa de localização, classes de vegetação e pontos de coleta das amostras do solo das áreas estudadas foi elaborado com auxílio do software ENVI 3.5, por meio do método do paralelepípedo (Jensen, 1986), sendo apresentado na Figura 1.

A coleta das amostras de solo para as análises físico-químicas foi realizada nos horizontes A e C do RQ; e A e B do TCo, de acordo com Lemos e Santos (1996), tomando-se três amostras por área.

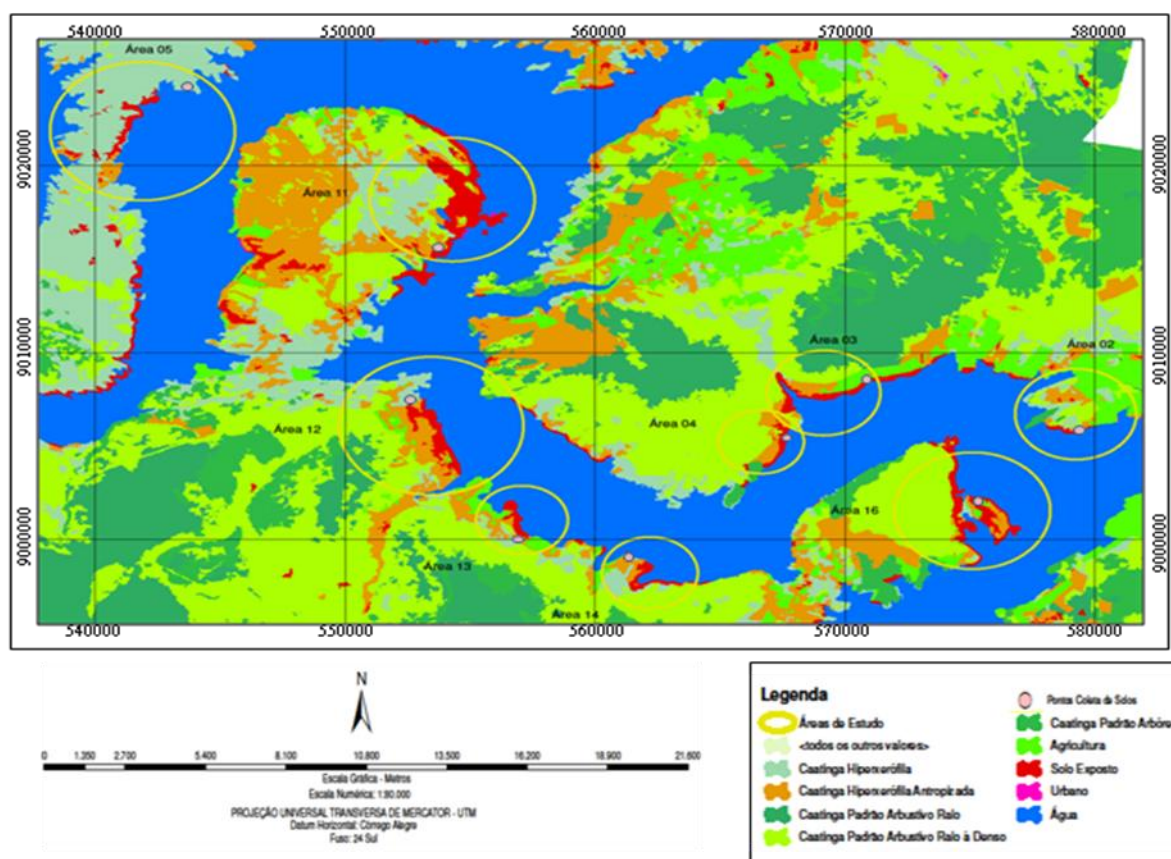


Figura 1 – Mapa de uso e ocupação das áreas estudadas (CHESF, 2008).

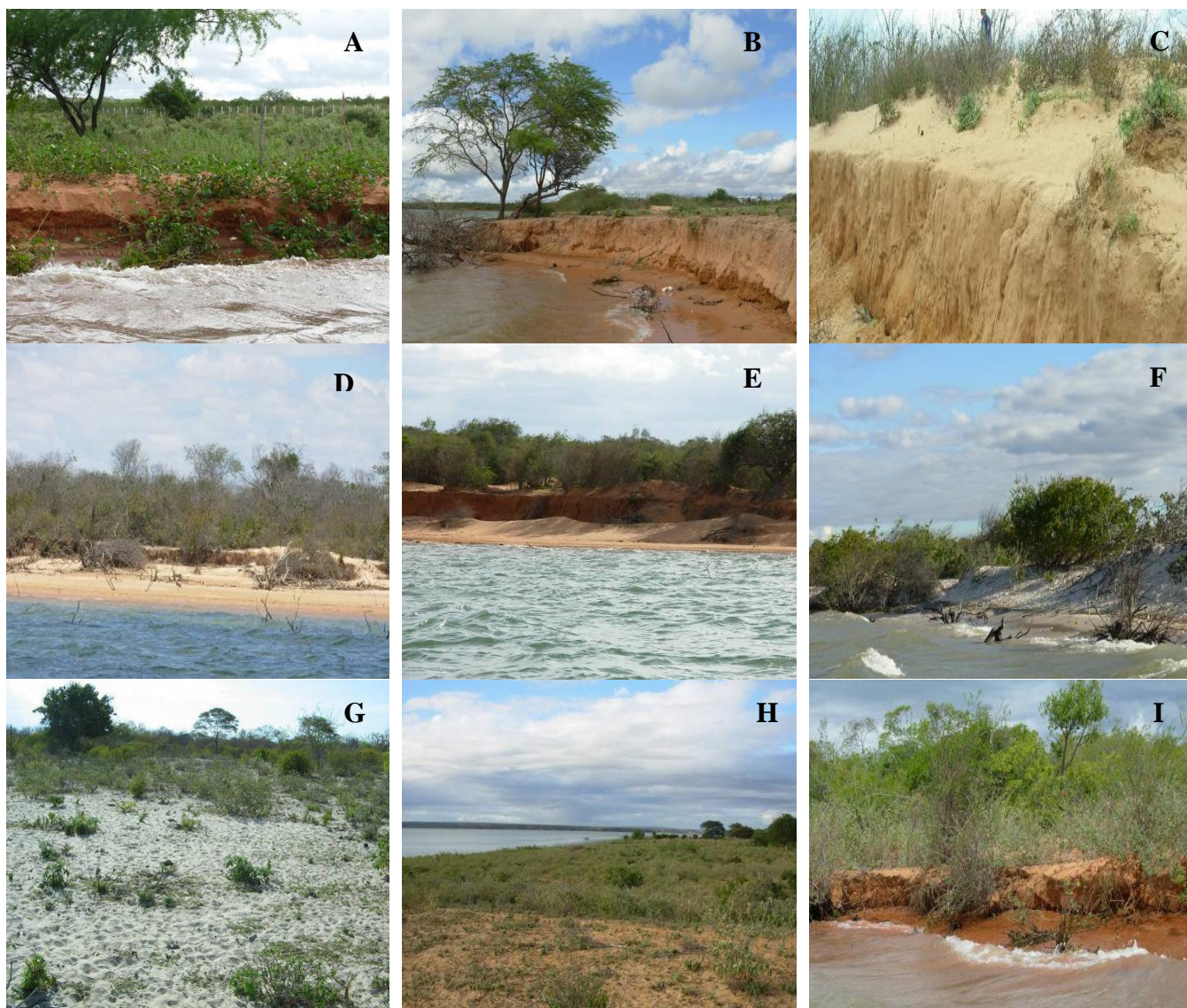


Figura 2 – Vegetação nativa das áreas estudadas, conforme uso e ocupação: (A) Vegetação antropizada e solo exposto, área A2; (B) Vegetação antropizada e solo exposto, área A3; (C) Solo exposto, área A4; (D) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A5; (E) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A11; (F) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A12; (G) Vegetação antropizada e solo exposto, área A13; (H) Vegetação antropizada e solo exposto, área A14 e (I) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A16 (CHESF, 2008).

Análises físico-químicas das amostras: As amostras de solo foram analisadas no laboratório AGROLAB – Análises Ambientais – Ltda. As análises físicas incluíram determinações da granulometria, pelo método do densímetro, empregando-se hexametáfosfato de sódio como dispersante químico; cálculo do grau de floculação (GF) e relação silte argila (SA) e densidade global (Dg) pelo método da proveta, conforme EMBRAPA (1997). As análises químicas consistiram nas seguintes determinações: pH em água e em KCl (aferidos na relação de 1: 2,5); complexo sortido, com $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Al}^{3+}$ extraídos com KCl 1N e determinados por complexometria com EDTA; K^+ e Na^+ extraídos

com pelo com solução Mehlich e determinados por fotometria de chama; acidez potencial (H+Al) extraída com acetato de cálcio pH 7,0 e determinada por titrimetria de neutralização; C orgânico determinado por oxidação, via úmida com dicromato de potássio; N total determinado pelo método de Kjeldahl e destilação a vapor e matéria orgânica (MO) determinada pela oxidação por via úmida com dicromato de potássio. A partir dos dados obtidos, foram calculados, conforme EMBRAPA (1997), a relação carbono nitrogênio (CN), a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m) e saturação por sódio trocável (PST).

Análises estatísticas: Os dados foram analisados por estatística descritiva (média, desvio padrão, erro padrão da média, mínimo, máximo e coeficiente de variação) e pelo coeficiente de correlação de Pearson, buscando avaliar as relações entre as variáveis físico-químicas do solo nos diferentes estágios de processo erosivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados relativos à caracterização física das áreas estudadas encontram-se descritos na Tabela 1, os relativos à caracterização química, na Tabela 2, e os coeficientes de correlação entre as variáveis físico-químicas nas áreas com processos de erosão em estágio inicial, intermediário e severo, nas Tabelas 3, 4 e 5.

Os solos estudados apresentaram classes texturais diferentes para os solos RQ e TCo. O RQ apresentou textura arenosa nas amostras de solo dos horizontes superficial e subsuperficial com mais de 90% de areia, e argila e silte com menos de 6,9% e 6,0%, respectivamente (Tabela 1). A textura nas amostras de solo dos horizontes A e B no TCo apresentaram como franco arenoso e argila arenosa, respectivamente.

A relação silte argila (SA) é um indicador do grau de intemperismo e evolução dos solos (Oliveira, 2005). Relações inferiores 0,7 para o horizonte B, nos solos de textura média ou 0,6 em solos de textura argilosa indicam avançado estágio de intemperismo. Na maioria dos horizontes dos RQ, esse parâmetro é alto e no horizonte B do TCo é baixo indicando elevado grau de intemperismo, que é reflexo do clima quente da região.

Tabela 1 – Composição granulométrica, grau de flocculação, relação silte/argila e classe textural dos solos, do entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga

Área	Horizonte	Profundidade cm	Dg g cm ⁻³	AG g cm ⁻³	AF g cm ⁻³	S g cm ⁻³	ARG g cm ⁻³	ARGN g cm ⁻³	SA	GF %	Classe Textural
Neossolo Quartzarênico											
2	A	0-18	1,65	667	280	33	20	0	1,65	100	Areia
	C	18-62	1,64	756	186	38	20	0	1,90	100	Areia
3	A	0-30	1,72	820	140	20	20	0	1,00	100	Areia
	C	30-90	1,69	669	281	30	20	0	1,5	100	Areia
4	A	0-15	1,65	528	395	57	20	0	2,85	100	Areia
	C	15-60	1,63	552	339	69	40	0	1,73	100	Areia
11	A	0-15	1,60	513	409	38	40	0	0,95	100	Areia
	C	15-100	1,67	529	392	19	60	0	0,32	100	Areia
12	A	0-50	1,66	845	115	20	20	0	1,00	100	Areia
	C	50-200	1,74	714	226	40	20	0	2,00	100	Areia
13	A	0-10	1,63	640	308	32	20	0	1,60	100	Areia
	C	10-80	1,65	656	295	29	20	0	1,45	100	Areia
14	A	0-15	1,58	585	317	58	40	0	1,45	100	Areia
	C	15-85	1,63	647	265	48	40	0	1,20	100	Areia
16	A	0-20	1,45	420	490	43	47	0	0,90	100	Areia
	C	20-220	1,60	657	264	41	38	0	1,00	100	Areia
Luvissolo Crômico Órtico											
5	A	0-10	1,36	411	301	164	124	10	1,32	92	Franco argiloso
	B	10-35	1,42	345	140	130	385	140	0,34	64	Argila arenosa

Dg = densidade global, AG = areia grossa, AF = areia fina, S = silte, ARG = argila, ARGN = argila natural, GF = grau de flocculação e SA = relação silte argila.

Com base no grau de flocculação (GF) observa-se que as amostras de solo dos horizontes A e C do RQ apresentaram o mais alto GF, ou seja, 100%, enquanto que nas amostras dos horizontes A e B do TCo distaram entorno de 92% e 64%, respectivamente. De acordo com Alho et al. (2007), Oliveira et al. (1992) e Baruqui (1983), solos que possuem valores do GF superiores a 70% geralmente, apresentam boas condições de estruturação e resistência à erosão. Por outro lado, os valores altos da fração areia fina encontrados no RQ (Tabela 1) contribuem para um aumento da susceptibilidade desses solos à ação dos processos erosivos.

Os valores da densidade global (Dg) do solo nas amostras dos solos dos horizontes A e C do RQ variaram de 1,45 a 1,72 g cm⁻³ e 1,60 a 1,74 g cm⁻³ (Tabela 1). Os valores encontrados são comuns para classe de solo, não apresentando indícios de compactação do solo (Scopel, 2005). Para as amostras dos horizontes A e B no TCo a Dg variaram de 1,45

e $1,60 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente, conferindo condições favoráveis de crescimento radicular das culturas a serem implantadas.

Os atributos químicos das amostras de solo dos horizontes A e C dos RQ e A e B do TCo mostraram que 50% das amostras de solo dos horizontes A do RQ apresentaram pH fortemente ácido, 10% moderadamente ácido e 40% praticamente neutro (Tabela 2). Os níveis de pH em água (pHA) encontrados nos RQ são decorrentes do baixo teor de bases trocáveis e do baixo teor de m. Em relação às amostras de solo dos horizontes C, 50 % possuem valores de pHA classificados como fortemente ácido e 50 % são praticamente neutro. A calagem é recomendada nestes casos para melhorar a qualidade dos compartimentos ambientais. Para as amostras de solos do TCo verificou-se reação praticamente neutra nos horizontes A e B. Os valores do pHA nos RQ, nas áreas A12, A13 e A16, aumentaram com a profundidade (Tabela 2).

Tabela 2 – Análises químicas de caracterização dos solos com processos erosivos, no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga

A	H	P	pH		Ca+Mg	K	Na	SB	H	Al	CTC	V	m	PST	C	N	CN	MO
			A	KCl														
		cm	----- cmol _c kg ⁻¹ -----						- %- -		- - g kg ⁻¹ - -		g kg ⁻¹					
Neossolo Quartzarênico																		
2	A	0-18	5,00	4,10	1,81	0,06	0,00	1,88	0,53	0,02	2,43	77	1,05	0,00	1,20	0,20	6,00	20,7
	C	18-62	4,90	4,00	1,22	0,04	0,00	1,26	0,49	0,06	1,81	70	4,55	0,00	1,30	0,10	3,00	0,52
3	A	0-30	6,80	6,00	0,40	0,03	0,00	0,43	0,11	0,00	0,54	80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	C	30-90	6,70	6,00	0,50	0,03	0,00	0,53	0,22	0,00	0,75	71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	A	0-15	4,80	4,00	0,60	0,07	0,00	0,67	0,58	0,30	1,56	44	30,61	0,00	0,60	0,20	3,00	1,03
	C	15-60	4,40	3,80	0,60	0,07	0,00	0,67	0,24	0,97	2,09	42	52,43	0,00	0,20	0,10	2,00	0,34
11	A	0-15	5,80	4,70	1,02	0,07	0,06	1,15	3,50	0,02	4,67	25	1,71	1,28	16,23	1,30	12,46	27,93
	C	15-100	5,00	4,60	0,40	0,01	0,06	0,48	3,23	0,07	3,73	13	12,73	1,59	12,21	1,00	12,20	21,03
12	A	0-50	6,60	5,90	0,60	0,01	0,00	0,62	0,22	0,00	0,84	74	0,00	0,00	0,20	0,10	2,00	0,34
	C	50-200	6,70	6,00	0,50	0,01	0,00	0,52	0,22	0,00	0,74	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	A	0-10	5,20	4,20	0,71	0,04	0,00	0,75	0,87	0,01	1,63	46	1,32	0,00	0,50	0,10	5,00	0,86
	C	10-80	6,60	5,80	1,01	0,04	0,00	1,05	0,33	0,00	1,38	76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	A	0-15	5,20	4,20	1,11	0,14	0,00	1,26	1,08	0,02	2,36	53	1,56	0,00	1,50	0,20	7,50	2,59
	C	15-85	4,60	3,90	0,81	0,09	0,00	0,89	0,78	0,32	1,99	45	26,45	0,00	0,70	0,20	3,50	1,21
16	A	0-20	6,40	5,70	1,97	0,15	0,10	1,41	2,95	0,05	4,40	32	3,42	2,00	13,10	1,55	8,45	22,53
	C	20-220	6,50	5,80	1,15	0,10	0,07	1,32	2,98	0,04	4,30	30	2,94	1,98	12,01	1,10	10,92	20,56
Luvissoilo Crômico Órtico																		
5	A	0-10	6,4	5,50	4,05	0,17	2,56	6,78	3,38	0,03	10,19	67	0,44	25,12	13,73	1,30	10,54	23,62
	B	10-35	6,7	5,80	13,56	0,23	0,32	14,14	3,50	0,02	17,66	60	0,14	1,81	13,63	1,10	12,36	23,45

A = área, H = horizonte, P = profundidade pHA = potencial hidrogênioônico em água, pHKCL = potencial hidrogênioônico em KCl, Ca + Mg = cálcio mais magnésio, K = potássio, Na = sódio, Al = alumínio, H = hidrogênio, C = carbono, N = nitrogênio, CN = relação carbono nitrogênio, MO = matéria orgânica, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, m = saturação por alumínio e PST = saturação por sódio trocável

Os atributos físicos que melhor se correlacionaram com atributos físico-químicos nas áreas com processos erosivos em estágio inicial foram Dg, areia grossa, silte, argila e argila natural (Tabela 3). A areia grossa correlacionou-se positivamente com a Dg; o silte correlacionou-se positivamente com Na, SB, CTC, V e PSS; a argila correlacionou-se positivamente com argila natural, Ca, Mg, K, SB, CTC e V; e a argila natural correlacionou-se positivamente com Ca, Mg, K, SB e CTC. Nas áreas com processos erosivos em estágio severo, a SA correlacionou-se positivamente com pH_A e pH_{KCl} (Tabela 3).

Os atributos físicos que melhor se correlacionaram com os atributos físico-químicos nas áreas com processos erosivos em estágio intermediário foram silte e argila (Tabela 4). O silte correlacionou-se positivamente com K, Al e m; e a argila correlacionou-se positivamente com Al, CTC e m. Nas áreas com processos erosivos em estágio severo os atributos físicos que melhor se correlacionaram com atributos físico-químicos foram areia grossa, areia fina, argila e a SA (Tabela 5). A areia grossa correlacionou-se positivamente com pH_A, pH_{KCl} e V; a areia fina correlacionou-se positivamente com Na, H, Al, CTC, PST, C, N, CN e MO; e a argila correlacionou-se positivamente com Na, H, Al, CTC, m, PST, C, N, CN e MO.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação significativa ao nível de 5 % de probabilidade pela análise de correlação de Pearson das variáveis físico-químicas nas áreas com processos erosivos em estágio inicial dos solos próximos as bordas da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, em Pernambuco

Variáveis	AG	ARGN	pHKCl	Ca	Mg	K	Na	SB	H	CTC	V	m	PST	C	N	CN	MO
Dg	0,94											0,72					
S		0,49	0,24	0,64	0,54	0,62	0,79	0,73	0,42	0,71	0,83		0,74	0,36	0,24	0,34	0,37
ARG		0,98	0,46	0,99	0,99	0,87	0,18	0,98	0,55	0,95	0,76		0,11	0,48	0,32	0,58	0,49
ARGN			0,41	0,96	0,99	0,81	0,01	0,93	0,48	0,90				0,41	0,25	0,53	0,41
pH _A			0,98	0,59	0,52	0,68	0,38	0,58	0,98	0,69	0,23		0,39	0,97	0,92	0,95	0,97
pH _{KCl}				0,54	0,48	0,60	0,33	0,52	0,97	0,64	0,13		0,35	0,98	0,94	0,90	0,98
Ca					0,98	0,90	0,25	0,99	0,63	0,97	0,82		0,18	0,57	0,40	0,66	0,57
Mg						0,87	0,11	0,96	0,56	0,93	0,78		0,04	0,49	0,34	0,58	0,50
K							0,37	0,90	0,70	0,91	0,78		0,32	0,65	0,55	0,73	0,65
Na								0,36	0,49	0,41	0,48		0,99	0,47	0,43	0,38	0,47
SB									0,64	0,98	0,87		0,30	0,57	0,40	0,65	0,57
H										0,74	0,30		0,49	0,99	0,93	0,92	0,99
Al												0,99					
CTC												0,81		0,36	0,68	0,53	0,73
C															0,96	0,88	1,00
N																0,77	0,96
CN																	0,88

Dg = densidade global, AG = areia grossa, S = silte. ARG = argila, AGRN = argila natural, pH_A = pH em água, pH_{KCl} = pH em KCl, Ca = cálcio, Mg = magnésio, K = potássio, Na = sódio, SB = soma de bases, H = hidrogênio, Al = alumínio, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, m = saturação por alumínio, PST = saturação por sódio trocável, C = carbono, N = nitrogênio, CN = relação carbono nitrogênio e MO = matéria orgânica

Tabela 4 – Coeficientes de correlação significativa ao nível de 5 % de probabilidade pela análise de correlação de Pearson das variáveis físico-químicas nas áreas com processos erosivos em estágio intermediário dos solos próximos as bordas da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, em Pernambuco

Variáveis	pH KCl	K	SB	H	Al	CTC	V	m	N	CN	MO
S		0,81			0,81	0,41		0,92			
ARG		0,67			0,96	0,76		0,88			
pHA	0,95		0,15	0,14				0,66			
Ca			0,85	0,08				0,93	0,11	0,28	0,38
Mg			0,97			0,38	0,66		0,45	0,40	0,59
K					0,81	0,61		0,85			
SB				1,00		0,26	0,79		0,36	0,36	0,55
H							0,04		0,45	0,80	0,53
Al						0,70		0,96			
C									0,86	0,85	0,99
N										0,73	0,85
CN											0,85

Vr = variáveis, S = silte, ARG = argila, pHA = pH em água, pHKCL = pH em KCL, Ca = cálcio, Mg = magnésio, K = Potássio, SB = soma de bases, H = hidrogênio, Al = alumínio, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, m = saturação por alumínio, C = carbono, N = nitrogênio, CN = relação carbono nitrogênio e MO = matéria orgânica

Tabela 5 – Coeficientes de correlação significativa ao nível de 5 % de probabilidade pela análise de correlação de Pearson das variáveis físico-químicas nas áreas com processos erosivos em estágio severo dos solos próximos as bordas da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, em Pernambuco

Variáveis	pHA	pHKCl	K	Na	SB	H	Al	CTC	V	m	PST	C	N	CN	MO
AG	0,81	0,86							0,89						
AF			0,50	0,88	0,52	0,88	0,71	0,87		0,62	0,86	0,87	0,85	0,83	0,87
ARG			0,02	0,80	0,25	0,79	0,87	0,75		0,84	0,84	0,73	0,76	0,85	0,73
SA	0,76	0,72							0,67						
pHA		0,95							0,97						
pHKCl									0,98						
Ca			0,61	0,07	0,80	0,12		0,22				0,22	0,22	0,11	0,22
Mg			0,72	0,60	0,89	0,63	0,15	0,69		0,02	0,52	0,70	0,69	0,61	0,70
K				0,48	0,83	0,51		0,58			0,38	0,60	0,58	0,46	0,60
Na					0,57	0,99	0,83	0,98		0,74	0,99	0,98	0,98	0,99	0,98
H							0,80	0,99		0,70	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
Al								0,74		0,98	0,89	0,73	0,73	0,82	0,73
CTC										0,63	0,96	0,99	0,99	0,98	0,99
m															
PST											0,81	0,62	0,62	0,72	0,62
C												0,95	0,95	0,98	0,95
													0,99	0,98	1,00
CN														0,98	0,99
															0,98

AG = areia grossa, AF = areia fina, ARG = argila, SA = relação silte argila, pHA = pH em água, pHKCL = pH em KCL, Ca = cálcio, Mg = magnésio, K = Potássio, Na = sódio, SB = soma de bases, H = hidrogênio, Al = alumínio, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, m = saturação por alumínio, PST = saturação por sódio trocável, C = carbono, N = nitrogênio, CN = relação carbono nitrogênio e MO = matéria orgânica

Os valores encontrados do pH em KCl (pHKCl) nos horizontes A e C dos RQ variaram de 4,00 a 6,00 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 3,80 a 6,00 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, respectivamente. Para o TCo os valores encontrados nas amostras de solo dos horizontes A e B foram 5,50 e 5,80 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. O balanço das cargas elétricas nos horizontes dos solos estudados indicam predominância de cargas negativas, ou seja, maior retenção cátions do que de ânions. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, o pHKCl, correlacionou-se positivamente com pHA, H, C, N, CN e MO (Tabela 3). No estágio intermediário correlacionou-se positivamente

com pHA (Tabela 4). E no estágio severo correlacionou-se positivamente com areia grossa, SA, pHA e SB (Tabela 5). Valladares et al. (2008) encontraram correlações entre o pHA e pHKCl positivas e elevadas, corroborando com os resultados achados.

Em relação aos valores de cálcio mais magnésio (Ca+Mg) das amostras de solo dos horizontes A e C do RQ, variaram de 0,40 a 1,97 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 0,4 a 1,22 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, respectivamente, sendo considerados baixos (EMBRAPA, 1980). Para o TCo as amostras de solo dos horizontes A e B apresentaram valores de 4,05 e 13,56 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, indicando teores médio e muito alto. De acordo com os limites de teores de Ca+Mg apresentados na Tabela 2, pode-se dizer que na área em estudo, predominam solos com teores baixos dos elementos, exceto no TCo.

Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, o cálcio (Ca) correlacionou-se positivamente com argila, argila natural, Mg, K, SB, CTC e V (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com SB e V (Tabela 4). E no estágio severo, correlacionou-se positivamente com V (Tabela 5).

O magnésio (Mg) correlacionou-se positivamente nas áreas com processos erosivos em estágio inicial com argila, argila natural, Ca, K, SB, CTC e V (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com SB (Tabela 4). E no estágio severo, correlacionou-se positivamente com K e SB (Tabela 5).

De acordo com a Tabela 2 em relação ao potássio (K), as amostras de solo dos horizontes A e C do RQ os valores variaram entre 0,01 a 0,15 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 0,01 a 0,09 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, respectivamente, indicando teores baixo e médio do elemento (EMBRAPA, 1980). Para as amostras de solo dos horizontes A e B do TCo, nota-se que os teores variaram de 0,17 e 0,23 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, indicando teores médios. Com base no que foi apresentado para os valores de K e Ca+Mg, pode-se enunciar que na maioria das áreas estudadas o desenvolvimento de culturas é prejudicado pela deficiência desses elementos, uma vez que seus teores variam de baixo a médio. Segundo Raij (1991) solos com baixos teores de Ca+Mg são também muito ácidos e a neutralização dessa acidez, por meio da calagem, supre esses elementos de forma eficaz. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, K correlacionou-se positivamente com argila, argila natural, Ca, Mg, SB, CTC, V e CN (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com silte, Al e m (Tabela 4). E no estágio severo, correlacionou-se positivamente com Mg e SB (Tabela 5).

Em relação ao alumínio (Al), os valores encontrados nas amostras de solo dos horizontes A e C do RQ variaram de 0,0 a 0,30 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 0,0 a 0,97 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, indicando teores baixo e alto e baixo a muito alto do elemento, respectivamente (EMBRAPA, 1980). Valores semelhantes foram encontrados nos solos do Parque Nacional de Sete Cidades, onde o Al variou de 0,51 a 1,18 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Lindoso, 2008). Para o TCo os valores encontrados nas amostras de solo dos horizontes A e B foram 0,03 e 0,02 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, indicando teores baixos do elemento. Os maiores teores de Al foram observados no solo da área A4, em ambos os horizontes, e na área A14, no horizonte B, indicando que o desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais nas áreas pode estar limitado pela m e pelos baixos teores de Ca+Mg no solo, reduzindo o volume explorado para absorção de água e nutrientes. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, o Al correlacionou-se positivamente com m (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com silte, argila, K e m (Tabela 4). E no estágio severo, correlacionou-se positivamente com areia fina, argila, Na, H, CTC, PST, m, C, N, CN e MO (Tabela 5).

De acordo com Mello et al. (1983), os valores da soma de bases (SB) presentes nas amostras de solo nos horizontes A e C do RQ são baixos. Em relação às amostras de solo nos horizontes A e B do TCo esses valores são altos. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, a SB correlacionou-se positivamente com silte, argila, argila natural, Ca, Mg, K, CTC e V (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com Ca, Mg, H e V (Tabela 4). E no estágio severo, correlacionou-se positivamente com Ca, Mg e K (Tabela 5).

A capacidade de troca catiônica (CTC) é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis às plantas. Os valores encontrados da CTC nas amostras de solo nos horizontes A e C do RQ são baixos, enquanto que nas amostras de solo dos horizontes A e B do TCo variaram de médio e alto (Mello et al., 1983). A baixa CTC no RQ é praticamente, em função da baixa quantidade de argilas e MO (Tabela 2), comprovado por Eltz & Rovedder (2005). Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, a CTC correlacionou-se positivamente com silte, argila, argila natural, Ca, Mg, K, SB, H, V e CN (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com argila (Tabela 4). No estágio severo, correlacionou-se positivamente com areia fina, argila, Na, H, Al, m, C, N, CN e MO (Tabela 5). O processo erosivo em estágio severo remover

Com base nos valores da soma de bases (SB) e da CTC calculou-se a saturação por bases (V) variou de 13 a 80 % nos RQ e de 60 a 67% no TCo (Tabela 2), com 50% dos valores inferiores a 50 e 50% com valores superiores a 50%. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, a V correlacionou-se positivamente com silte, argila, Ca, Mg, K, SB e CTC (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com Ca e SB (Tabela 4). E no estágio severo, a saturação por bases correlacionou-se positivamente com areia grossa, pHA e pHKCl, (Tabela 5). Valladares et al. (2008) encontraram nos estudos de caracterizações de solos brasileiros, correlações entre a V com pHA positivas e elevadas, corroborando com os resultados encontrados.

Os valores da saturação por sódio trocável (PST) (Tabela 2) revelaram que as amostras de solo dos horizontes A e C do RQ podem ser classificadas como normais (EMBRAPA, 1988), demonstrando que os teores de Na presentes no solo não são prejudiciais as culturas. Entretanto, as amostras de solo dos horizontes A e B do TCo variam de sódico a normal, respectivamente. Isto permite inferir que na área A5 podem estar ocorrendo problemas sob o aspecto físico e químico do solo, decorrentes do acúmulo de Na na superfície do solo. Esse acúmulo pode ser justificado pela topografia plana da área, indicando que o sistema de drenagem das águas superficiais é deficiente. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, o PST correlacionou-se positivamente com silte (Tabela 3). No estágio severo correlacionou-se positivamente com areia fina, argila, Na, H, Al, CTC, C, N, CN e MO (Tabela 5).

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que os teores de matéria orgânica (MO) encontrados nas amostras de solo dos horizontes A e C do RQ variaram de baixo a médio (EMBRAPA, 1980). Todavia, os teores de MO das amostras de solo dos horizontes A e B do TCo variaram de médio e alto. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, a MO correlacionou-se positivamente com silte argila, argila natural, pHA, pHKCl, Ca, Mg, K, Na, SB, H, CTC, C, N e CN (Tabela 2). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com Dg, Ca, Mg, SB, H, C, N e CN (Tabela 4). E no estágio severo, correlacionou-se positivamente com areia fina, argila, Ca, Mg, K, Na, H, Al, CTC, m, PST, C, N e CN (Tabela 5).

O carbono (C) tem sido utilizado como indicador da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa (Janzen, 2005). Esse elemento tem estreita relação com atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Silva Júnior et al., 2004). Os valores de C encontrados nas amostras de solo dos horizontes A e C do RQ

variaram de 0,00 a 16,23 g kg⁻¹ e 0,00 a 12,21 g kg⁻¹, respectivamente. Para o TCo os valores encontrados nas amostras de solo dos horizontes A e B foram 13,73 a 13,63 g kg⁻¹. Observa-se que os teores do elemento diminuíram com a profundidade e aumentaram com os níveis de matéria orgânica. O não revolvimento do solo pode ter influenciado o acúmulo de C na superfície do solo, Falleiro et al. (2004) e Souza (2006), fizeram essa mesma constatação em sistemas de plantio direto e agroecológicos. Entretanto, segundo Bayer (2004), solos intemperizados são altamente dependentes da MO para promoverem uma variação positiva nos estoques de C no solo. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, o C correlacionou-se positivamente com pHA, pHKCl, H, N, CN e MO (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com N, CN e MO (Tabela 4). No estágio severo, correlacionou-se positivamente com areia fina, argila, Na, H e Al, CTC, PST, N, CN e MO (Tabela 5). As correlações positivas entre o C e os atributos mencionados, demonstram a importância e a interferência do carbono nestes atributos, indicando que a adoção de um sistema de manejo adequado proporcionará melhorias na qualidade do solo.

Os baixos teores de nitrogênio (N) interferem no crescimento vegetal e comprometem o estabelecimento da cobertura vegetal. A MO é fonte desse elemento, conseqüentemente, existe uma relação entre os valores de N encontrados nas amostras de solos dos horizontes A e C do RQ e A e B do TCo e os da MO, ou seja, maiores valores de MO implicam em maiores valores de N. Baixos valores de N interferem na CN, elevando os valores desta variável, tornando mais difícil a decomposição da MO no solo o que afeta negativamente a nutrição vegetal. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial, o N correlacionou-se positivamente com pHA, pHKCl, C, CN e MO (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com C, CN e MO (Tabela 4). No estágio severo, correlacionou-se positivamente com areia fina, argila, Na, H, Al, CTC, C, CN e MO (Tabela 5). Conforme Rhoden (2006), a alta correlação obtida entre o N e C aponta o N como um atributo satisfatório para indicar a disponibilidade no solo às plantas. Observa-se também que o coeficiente de correlação entre o N e argila foi positivo e significativo ($r=0,76$) (Tabela 5), porém inferior ao obtido com o teor de C e N do solo. Parte deste comportamento pode ser explicada pelo fato de que os teores de C e N apresentam tendência de aumento com o teor de argila do solo, apresentando elevada e significativa correlação entre tais parâmetros ($r=0,99$). Isto ocorre devido à íntima relação entre a fração argila do solo e a matéria orgânica do solo, que propicia uma proteção física à matéria

orgânica, a qual se liga à argila e dificulta o acesso microbiano, e uma proteção química, pelas ligações existentes entre os minerais de argila e a matéria orgânica no solo (Bayer; Mielniczuk, 1999).

Com base no que é apresentado na Tabela 2, a relação carbono nitrogênio (CN) das amostras de solo dos horizontes A e C do RQ variaram de 0,00 a 12,46 e 0,00 a 12,20, respectivamente. Para o TCo os valores encontrados nas amostras de solo dos horizontes A e B foram de 10,54 e 12,36. Nas áreas com processos erosivos em estágio inicial a CN correlacionou-se positivamente com pHA, pHKCl, K, H, CTC, C, N e MO (Tabela 3). No estágio intermediário, correlacionou-se positivamente com H, C, N e MO (Tabela 4). E no estágio severo, correlacionou-se positivamente com areia fina, argila, Na, H, Al, CTC, m, PST, N e MO (Tabela 5). Os valores da relação CN apresentaram correlação positiva ($r=0,90$) com os valores de pHA (Tabela 3), indicando que quanto maior a relação CN, o solo tenderá a ser mais ácido e, conseqüentemente, menor o grau de decomposição do material orgânico. Segundo Valladares et al, 2008), solos com alta relação CN é comum a deficiência do nitrogênio para as culturas, por haver grande competição do N com os microorganismos, onde este elemento fica imobilizado. E por outro lado o nitrogênio também é deficiente aos microorganismos decompositores, que têm sua população reduzida e nesse processo, a decomposição/mineralização da matéria orgânica torna-se mais lenta.

Fica evidente que a ausência de colóides agregantes tornam os RQ susceptíveis, a atuação dos processos erosivos (Ker et al.,1990). Conhecendo esses resultados e considerando a MO como condicionador do solo e seus efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (Raij, 1991), é necessário a sua aplicação, para elevar a fertilidade. O aumento do teor de MO poderá melhorar a porosidade e a estabilidade dos agregados do solo e, conseqüentemente, sua drenagem. Da mesma forma, contribuirá com a melhoria da fertilidade do solo, disponibilizando elementos essenciais para as plantas, como fósforo, magnésio, cálcio, enxofre e micronutrientes.

De maneira geral, as áreas com processos erosivos em estágio inicial apresentaram maior número de correlações entre as variáveis físicas e químicas avaliadas, das quais 39 apresentaram $r \geq 0,90$, destacando-se Ca e argila, e SB; Mg e argila, e argila natural; Al e m; Na e PST; H e C, e MO; C e MO, com $r \geq 0,99$. No estágio intermediário apresentaram 6 correlações com $r \geq 0,90$, destacando-se SB e H; e C e MO, com $r \geq 0,99$. E no estágio severo

apresentaram 31 correlações com $r \geq 0,90$, destacando-se Na e H, PST, e CN; H e CTC, C, N, CN e MO; CTC e C, N, e MO; C e N, e MO; e N e MO, com $r \geq 0,99$.

Finalmente, os solos da região do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga apresentaram, de maneira geral, limitações ao desenvolvimento das plantas, devido à baixa fertilidade. As poucas áreas avaliadas e que apresentaram teores baixos de nutrientes não comprometem a produtividade agrícola, desde que sejam realizadas adubações adequadas para garantir o suprimento ideal dos nutrientes às culturas. O controle da erosão deve ser feito por meio de práticas conservacionistas vegetativas e edáficas, visando aumentar a cobertura vegetal nos solos das áreas com maior declividade e textura arenosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alho, D.R.; Júnior, J.M.; Campos, M.C.C. Caracterização física, química e mineralógica de Neossolos Litólicos de diferentes materiais de origem. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v.2, n.2, p.117-122, 2007
- Baruqui, A.M. Comentários sobre a descrição e resultados analíticos de um perfil de solo. *Informe Agropecuário*, v.9, n.105, 1983.
- Bayer, C. Manejando os solos agrícolas para alta qualidade em ambientes tropicais e subtropicais. *FERTBIO*, 26., 2004, Lages. Anais... Lages: UDESC e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- Bayer, C; Mielniczuk, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Camargo, F.A., Santos, F.A. (Ed) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1. ed. Porto Alegre: Gênese, cap. 2, p.09-26, 1999.
- Cantalice, J. R. B. Escoamento e erosão em sulcos e entressulcos em distintas condições de superfície do solo. 2002. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. UFRG, 2002.
- Carvalho, N. O. Assoreamento de reservatórios – conseqüências e mitigação dos efeitos. In: *Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos*, 4, 2000. Santa Maria.
- CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco. Relatório de mapeamento e monitoramento dos processos erosivos nas encostas do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaparica. 2008. 205p.
- Dias, L. E.; Franco, A. A.; Campello, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas, SBCS, 2007. Fertilidade do solo, 1017p. (Eds. Novasi, R. F., Alvarez, V., Barros, V. H., Fontes, N. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L.).
- Eltz, F. L. F.; Rovedder, A. P. M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira Agrociência*, v.11, n.2, p.193-200, 2005.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Avaliação da fertilidade dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1980. 11p. (Boletim Técnico 74).

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro RJ, 1997.212p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 119p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Brasília, Sistema de Produção de Informação, 2006. 306p.
- Falleiro, R. M.; Souza, C. M.; Silva, C. S. W.; Sediya, C. S.; Silva, A. A.; Fagundes, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 953-964, 2004.
- Janzen, H. H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world?. *Canadian Journal of Science*, Toronto, Canadá, v.85, n. 4, p. 467-480, 2005.
- Jenkins, A.; Peters, N. E.; Rodhe, A. Hydrology. In: Moldan, B.; Cerny, J. (ed.). *Biogeochemistry of small catchments: A tool for environmental research. (Scope 51)*. Chichester: John Wiley, 1994, p.31-34.
- Jensen, J. R. *Introductory digital image processing – a remote sensing perspective*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1986. 380p.
- Ker, J. C.; Pereira, N. R.; Carvalho Júnior, W. de. & Carvalho Filho, A. de. Cerrados: Solos, Aptidão e Potencialidade Agrícola. In: *Simpósio sobre Manejo e Conservação do Solo no Cerrado, Goiânia, GO, Ed. Fundação Cargill*, p. 1 – 19, Goiânia, GO, 1990.
- LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Extraído do site: <http://www.itep.org.br/lamepe>, em 29 de abril de 2009.
- Lemos, R. C. de; Santos, R. D. dos. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas: SBCS/SNLCS, 1996. 83p.
- Lindoso, G. S. *Cerrado Sensu Stricto sobre neossolo quartzarênico: fitogeografia e conservação*. 2008. Tese (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília (UnB), 186p. 2008.
- Maia, A. G. *As conseqüências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens*. 2006. 271p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo (USP), 271p, 2006.
- Martins, S. G.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Fonseca, S.; Marques, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.395-403, 2003.
- Mello, F. A.; Sobrinho, M. O. C. B.; Arzolla, S.; Silveira, R. I.; Neto, A. C.; Kiehl, J. C. *Fertilidade do solo*. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1983, 400p.
- Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: *Silveira, L. M.; Petersen, P.; Sabourin, E. (Org). Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: avanços a partir do agreste da Paraíba*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002. p. 249-260.

- Moreira, E.; Targino, I. Capítulos de geografia agrária da Paraíba. João Pessoa: Ed. Universitária, 1997. 164p.
- Morris, G. L.; Fan, J. Reservoir sedimentation handbook. New York: McGraw-HILL, 1997.
- Oliveira, J. B.; Jacomine, P. K. T.; Camargo, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para o seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 210p.
- Oliveira, J. B. Pedologia Aplicada. 2.ed. Piracicaba, FEALQ, 2005.574p.
- Sampaio, E. V. S. B.; Sampaio, Y.; Araújo, S. B.; Sampaio, G. R. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Ed. Universitária, 2003.202p.
- Scopel, I.; Peixinho, D.M.; Souza, M. S.; Mariano, Z.F.; Assunção, H.F. Formação de areais e perspectivas de uso e manejo de Neossolos quartzarênicos em Serranópolis (GO). Boletim Goiano de Geografia, v.25, n 1-2, p.11-17, 2005.
- Silva, A. M.; Schulz, H.E. & Camargo, P.B.; Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: Editora RIMA, 2ª Edição. 2007.
- Silva Júnior, A. M.; Borges, E. N.; Souza, M. A. S.; Sousa, G. M.; Guimarães, E. C.; Borges, E. V. S. Carbono orgânico em diferentes sistemas de manejo no Triângulo Mineiro. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15. 2004, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UFSM, 2004.
- Souza, A. D. indicadores de sustentabilidade em sistemas agroecológicos por agricultores familiares do semi-árido cearense. Tese (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Ceará (UFC), 104p, 2006.
- Raij, B. Van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.
- Rhoden, A. C.; Silva, L.S.; Britzke, D.; Ranno, S. K. Relações entre as características de solos de várzeas e absorção de nitrogênio pelo arroz irrigado em dois cultivos sucessivos em casa de vegetação. Revista Brasileira de Agrociência, v. 12, n. 3, p. 325-331, jul-set, 2006.
- Valladares, G. S.; Pereira, M. G.; Anjos, L. H. C.; Ebeling, A. G. Caracterização de solo brasileiros com elevados teores de material orgânico. Magistra, v. 20, n. 1, p. 95-104, 2008.

**RELAÇÕES ENTRE A NEMATOFUNA E
ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO EM
ÁREAS DEGRADADAS POR EROÇÃO LAMINAR**

CAPÍTULO 3

1 **Relações entre a nematofauna e atributos físico-químicos do solo em áreas**
2 **degradadas por erosão laminar**

3
4 Yoly S. Ramos¹, Elvira M.R. Pedrosa¹, Mário M. Rolim¹, Thiciano L. Miranda¹

5 Parte da Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE),
6 Recife (PE), Brasil.

7

8 ¹Departamento de Tecnologia Rural, Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de
9 Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife-PE, fax: (81) 3320-6279.

10 (Aceito para publicação em / /)

11 Autor para correspondência: elvira.pedrosa@dtr.ufpe.br

12
13 **Resumo:** Ramos, Y.S.; Pedrosa, E.M.R.; Rolim, M.M.; Miranda, T.L.

14 Relações entre a nematofauna e atributos físico-químicos do solo em áreas degradadas por
15 erosão laminar.

16 Avaliou-se as relações entre a diversidade trófica de nematóides e as propriedades
17 físico-químicas de solos em áreas localizadas próximas às bordas do reservatório da Usina
18 Hidrelétrica Luiz Gonzaga, no Estado de Pernambuco, com processos erosivos em estágios
19 inicial, intermediário e severo. Os nematóides foram classificados em grupos taxonômicos,
20 com a abundância e dominância de cada grupo estimadas e correlacionadas com atributos
21 físicos e químicos do solo. Nas áreas com processos em estágio inicial, os bacteriófagos
22 (Rhabditidae e Cephalobidae) foram mais abundantes com dominância de 36,83%,
23 destacando-se os Cephalobidae (26,82%). Os onívoros, em particular os Dorilaymidae,
24 foram mais abundantes em estágios intermediário e severo de erosão, com dominância de
25 39,87% e 48,17%, respectivamente. Nas áreas com processo erosivo intermediário ocorreu

26 fraco grau de correlação entre a nematofauna e as variáveis físico-químicas do solo. Ao
27 contrário, nas áreas em estágio inicial e severo as correlações foram mais consistentes,
28 destacando-se a de argila natural com *Helicotylenchus* e a saturação por alumínio com
29 Mononchidae, Aphelenchidae e *Trichodorus*.

30

31 **Palavras chaves:** Nematóides, estrutura trófica, processos erosivos, reservatórios

32

33 **Summary:** Ramos, Y.S.; Pedrosa, E.M.R.; Rolim, M.M.; Miranda, T.L.

34 Relationships between nematode communities and physic-chemical soil attributes in areas
35 degraded by laminar erosion

36 It was evaluated relationships between nematode communities and physic-chemical
37 soil attributes in nine areas presenting initial, intermediate or severe erosive processes,
38 nearby the reservoir board of Luiz Gonzaga hydroelectric, in Pernambuco State.
39 Nematodes were classified into taxonomic groups, the density and relative abundance of
40 each trophic group was estimated and correlated with physical and chemical attributes of
41 soil. Sites in initial erosive processes showed higher density of bacteria feeding nematodes
42 (*Rhabditidae* e *Cephalobidae*) with relative abundance of 36.83%, especially *Cephalobidae*
43 (26.82%). The omnivores, particularly *Dorilaymidae*, were more abundant in intermediary
44 and severe process, 39.87% and 48.17%, respectively. In areas with intermediary processes
45 there were weak correlations between nematodes and soil attributes. In contrast, sites in
46 initial and severe process showed stronger correlations, pointing out natural argyle with
47 *Helicotylenchus* density in initial process, and aluminum saturation with *Mononchidae*,
48 *Aphelenchidae* and *Trichodorus* density in severe process.

49

50 **Key Words:** Nematodes, trophic structure, erosion processes, reservoirs

51 **Introdução**

52 A degradação da qualidade do solo pode ter uma série de causas. A erosão é uma
53 delas, podendo ser decorrente da acidificação, acumulação de metais pesados, perda de
54 nutrientes, compactação do solo, diminuição de populações microbianas, atividades
55 enzimáticas e pH (Melloni *et al.*, 2008).

56 A erosão natural ou associada à ação antrópica é um grave problema ambiental,
57 devido ao poder destrutivo e situações de risco em diversas áreas da atividade humana. No
58 caso específico dos reservatórios, a degradação ambiental gerada pelo processo erosivo
59 coloca em risco o fornecimento de água e a geração de energia elétrica, constituindo um
60 problema com graves consequências hidráulicas e econômicas (Morris & Fan, 1997;
61 Carvalho, 2000), e eutrofização das águas (Martins *et al.* 2003). No entanto, ações
62 preventivas minimizariam os impactos negativos, trazidos pelo processo erosivo que gera o
63 assoreamento do reservatório (Maia, 2006).

64 A preocupação com a integridade do meio ambiente é estimulada através da
65 identificação de parâmetros que avaliem, precocemente e de modo eficaz, as alterações
66 ambientais, indicando o nível de qualidade do solo. Segundo Sánchez-Moreno & Ferris
67 (2007), os nematóides possuem vários atributos que os tornam bons indicadores
68 ecológicos. São abundantes em todos os ambientes, diversidade de estratégias de vida e
69 hábitos alimentares, curto ciclo de vida e relativamente bem definidos procedimentos de
70 amostragem (Porazinska *et al.*, 1999), desempenham papel importante na decomposição e
71 reciclagem de nutrientes (Ferris *et al.*, 2004; Ferris & Matatue, 2003)

72 A composição das comunidades de nematóides no solo é influenciada por fatores
73 ambientais como vegetação hospedeira, tipo de solo, estação climática, nível de umidade e
74 teor de matéria orgânica, além da distribuição espacial (Wall *et al.*, 2002). Qualquer
75 mudança ambiental ou perturbação que afete a composição ou fisiologia das plantas tais

76 como textura, química e fatores climáticos (umidade e temperatura) do solo, pode alterar a
77 diversidade de espécies em grupos funcionais (Wall & Virginia, 1999). Os nematóides da
78 ordem Dorylaimida, por exemplo, são considerados indicadores de perturbação do
79 ecossistema, apresentando baixas densidades em solos cultivados (Ferris & Ferris, 1974).
80 Isso também ocorre na maioria dos membros da superfamília Criconematoidea, encontrada
81 em solos com plantas nativas e desaparecendo em solos cultivados com plantas anuais
82 (Cares & Huang, 1991, Huang *et al.*, 1996). As populações de bacteriófagos são altas em
83 áreas com plantas perenes ou em solos pouco cultivados, enquanto que a densidade dos
84 micófagos é mais alta em áreas com plantas anuais (Ferris & Ferris, 1974).

85 Considerando que a heterogeneidade das interações tróficas na cadeia alimentar do
86 solo é marcadamente influenciada pelas condições ambientais, o presente estudo teve como
87 objetivo avaliar a estrutura trófica das comunidades de nematóides em nove áreas
88 degradadas por erosão laminar e as relações da estrutura trófica com atributos físico-
89 químicas dos solos em áreas próximas às bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz
90 Gonzaga.

91 **Material e Métodos**

92 **Caracterização da área de estudo:** O reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz
93 Gonzaga (antiga Itaparica) está situado no rio São Francisco na região fisiográfica
94 denominada de Submédio São Francisco, abrangendo áreas dos Estados da Bahia e
95 Pernambuco. A região está inserida no domínio morfoestrutural da bacia sedimentar, onde
96 as condições litoestruturais e climáticas interferem na drenagem, cujos tributários são
97 predominantemente intermitentes (CHESF, 2008). O clima da região, segundo a
98 classificação climática de Köppen é do tipo BShw', caracterizando-se por ser muito seco e
99 quente e com estação chuvosa atrasando-se para o outono, ocorrendo nos meses de
100 fevereiro a maio, com precipitação média de 450 mm (LAMEPE, 2009).

101 O bioma característico da área estudada é a Caatinga, diferenciado por uma vegetação
102 xerófila de florística variável (Jenkins et al., 1994). Análises com o uso de imagem
103 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM), do satélite Landsat 7, obtida em julho de 2001,
104 com composição RGB e bandas 543, definiram nove classes de uso e ocupação das áreas
105 nas encostas do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaparica: água, solo exposto,
106 caatinga hiperxerófila, caatinga hiperxerófila antropizada, caatinga padrão arbustiva rala,
107 caatinga padrão rala a densa, caatinga padrão arbórea, agricultura e urbana (CHESF, 2008).

108 Estudos de mapeamento e monitoramento dos processos erosivos nas encostas do
109 reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, fundamentados na identificação das
110 classes de solo e processos erosivos, cálculo da perda de solo por erosão laminar e cálculo
111 do volume assoreado, revelaram 16 áreas (A1 a A16) com processos erosivos em
112 diferentes estágios (CHESF, 2008). Dessas áreas, nove foram selecionadas para o presente
113 estudo, procurando-se contemplar processos de erosão em estágio inicial (A3, A11, A12),
114 intermediário (A2, A4, A13) e severo (A5, A14, A16). O solo das áreas A2, A3, A4, A11,
115 A12, A13, A14 e A16 foi classificado como Neossolo Quartzarênico (RQ), e da área A5
116 como Luvissolo Crômico Órtico (TCo) (EMBRAPA, 2006). O mapa de localização,
117 classes de vegetação e pontos de coleta das amostras do solo das áreas estudadas foi
118 elaborado com auxílio do software ENVI 3.5, por meio do método do paralelepípedo
119 (Jensen, 1986), sendo apresentado na Figura 1. A vegetação nativa, conforme uso e
120 ocupação das áreas, caracterizou-se por caatinga hiperxerófila antropizada (A5, A11, A12,
121 A16), solo exposto (A4) e vegetação antropizada e solo exposto (A2, A3, A13, A14)
122 (Figura 2).

123 **Análises físico-químicas:** A coleta das amostras de solo para as análises físico-
124 químicas foi realizada nos horizontes A e C do RQ; e A e B do TCo, de acordo com Lemos
125 e Santos (1996), tomando-se três amostras por área. As amostras de solo foram analisadas

126 no laboratório AGROLAB – Análises Ambientais – Ltda. As análises físicas incluíram
127 determinações da granulometria, pelo método do densímetro, empregando-se
128 hexametáfosfato de sódio como dispersante químico; cálculo do grau de flocculação (GF) e
129 relação silte argila (SA) e densidade global (Dg) pelo método da proveta, conforme
130 EMBRAPA (1997). As análises químicas consistiram nas seguintes determinações: pH em
131 água e em KCl (aferidos na relação de 1: 2,5); complexo sortido, com $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e Al^{3+}
132 extraídos com KCl 1N e determinados por complexometria com EDTA; K^+ e Na^+ extraídos
133 com solução Mehlich e determinados por fotometria de chama; acidez potencial (H+Al)
134 extraída com acetato de cálcio pH 7,0 e determinada por titrimetria de neutralização; C
135 orgânico determinado por oxidação via úmida com dicromato de potássio; N total
136 determinado pelo método de Kjeldahl e destilação a vapor; a matéria orgânica (MO)
137 determinada pela oxidação por via úmida com dicromato de potássio. A partir dos dados
138 obtidos, foram calculados, conforme EMBRAPA (1997), a relação carbono nitrogênio
139 (CN), a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases
140 (V%), saturação por alumínio (m) e saturação por sódio trocável (PST).

141 **Análises nematológicas:** Para composição da nematofauna nas áreas com processos
142 erosivos em estágios inicial, intermediário e severo foram coletadas em cada área cinco
143 sub-amostras, para a composição de uma amostra composta de 5 kg de solo, com o auxílio
144 de trado caneco, na profundidade de 20-40 cm, totalizando nove amostras, em meados de
145 julho de 2008. As amostras foram processadas no Laboratório de Nematologia da
146 Universidade Federal Rural de Pernambuco, utilizando-se o método da centrifugação,
147 segundo Jenkins (1964).

148 A estimativa populacional foi obtida através da contagem em lâmina de Peters, com
149 o auxílio de um microscópio óptico, em três repetições, cada uma delas correspondendo à

150 metade da área de contagem total da lâmina, o que equivale a aproximadamente 0,5 mL
151 cada. Os resultados foram computados em número de espécimes por 300 cm³ de solo.

152 Os nematóides não parasitos de planta foram classificados quanto ao hábito alimentar
153 em quatro grupos tróficos (bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros) baseados na
154 morfologia do estoma e esôfago, segundo Yeates *et al.* (1993). Para os nematóides não
155 parasitos de planta foi realizada a identificação por família e para os parasitos de planta por
156 família e gênero, e estimada a abundância e dominância de cada grupo.

157 **Análises estatísticas:** Os dados foram analisados por estatística descritiva (média,
158 desvio padrão, erro padrão da média, mínimo, máximo e coeficiente de variação) e pelo
159 coeficiente de correlação de Pearson ao nível de 5% de probabilidade.

160 **Resultados e Discussão**

161 A nematofauna das áreas com processos erosivos em estágios inicial, intermediário e
162 severo encontra-se descrita na Tabela 1. Nas áreas com processos erosivos em estágio
163 inicial houve predominância dos nematóides de vida livre, representando 71,45% (Tabela
164 2). Os bacteriófagos (Rhabditidae e Cephalobidae) foram mais abundantes com
165 dominância de 36,83%, destacando-se os Cephalobidae (26,82%) (Tabela 2). A
166 dominância dos Dorilaymiadae, Mononchidae e parasitos de planta correspondeu a
167 17,80%, 16,82% e 28,55%, respectivamente. Segundo, Neher e Campbell (1994) os
168 fitoparasitos e bacteriófagos são mais abundantes que predadores e onívoros em solos
169 cultivados com culturas anuais, perenes e pastos. Ainda segundo os mesmos autores, a
170 cadeia alimentar em solos agrícolas cultivados é tipicamente fundamentada mais em
171 bactérias do que em fungos. Nas áreas com erosão inicial foi constatado alto grau de
172 correlação linear entre *Helicotylenchus* e as variáveis físico-químicas avaliadas,
173 destacando-se as correlações com argila ($r=0,96$); argila natural ($r=0,99$); cálcio ($r=0,94$);

174 magnésio ($r=0,98$); potássio ($r=0,78$); soma de bases ($r=0,90$); e saturação por bases
175 ($r=0,72$) (Tabela 3).

176 Nas áreas com processos erosivos em estágio intermediário os Dorilaymidae
177 apresentaram maior densidade populacional, com dominância de 39,87% (Tabela 2).
178 Segundo Gomes *et al.* (2003), a população de dorilaimídeos na comunidade é sensível às
179 práticas culturais e assim utilizada como indicador de distúrbios ambiental. Uma alta
180 percentagem de dorilaimídeos ($> 25\%$) representa pouca intervenção humana na área,
181 enquanto baixa percentagem, representa situação inversa. As áreas estudadas encontram-se
182 localizadas em região de clima semi-árido, sujeita aos períodos de seca e,
183 conseqüentemente, a contrastes climáticos, os quais, segundo Hanel (2003), podem reduzir
184 a diversidade de nematóides. Nestas condições, espécies com rápida capacidade de
185 recuperação de uma condição de criptobiose e altas taxas de multiplicação, possuem
186 vantagem na utilização de recursos em áreas de intermitência entre condições favoráveis e
187 desfavoráveis Mattos (2002). Além disso, o hábito alimentar generalista confere à mesma
188 adaptabilidade superior como grupo em ambientes pobres em fontes de alimento. As
189 densidades populacionais dos bacteriófagos, micófagos, predadores e parasitos de plantas
190 foram 6,13%, 4,83%, 9,48% e 39,69%, respectivamente (Tabela 2). Conforme Briar
191 (2007), os bacteriófagos são encontrados no solo em densidades populacional maiores que
192 os micófagos e menores do que os predadores. Em geral, as correlações dos grupos
193 taxonômicos com os atributos físico-químicos do solo foram baixas.

194 Nas áreas com processos erosivos em estágio severo (Tabela 2), os Dorylaymidae
195 apresentaram maior dominância (48,17%), indicando pouca intervenção humana na área
196 (Gomes *et al.*, 2003). Os micófagos, parasitos de plantas, bacteriófagos e predadores
197 apresentaram dominância de 18,87%, 16,10%, 8,01% e 8,80%, respectivamente.
198 Provavelmente, a matéria orgânica encontrada nos solos dessas áreas favoreceu a

199 densidade populacional de micófitos. House *et al.* (1984), Sohlenius & Bostrom (1984) e
200 Parmelee & Alston (1986), observaram que em sistemas de cultivo mínimo os
201 bacteriófitos tendem a diminuir a medida em que aumenta o acúmulo de matéria orgânica
202 e a densidade populacional de micófitos.

203 Entre as variáveis físico-químicas avaliadas, a saturação por alumínio mostrou
204 influenciar diretamente as densidades de *Trichodorus*, Aphelenchidae e Mononchidae
205 (Tabela 3).

206 A granulometria dos solos estudados das áreas com processos erosivos apresentaram
207 predominância de textura arenosa, com mais de 90% de areia, muito pouca argila e silte,
208 exceto na área A5 que o solo apresentou textura franco arenosa, segundo Yeates (1980),
209 De Goede & Bongers (1994) afirmam que muitos nematóides que freqüentemente são
210 predadores ou onívoros e espécies com ornamentações na cabeça requerem poros grandes
211 para que possam se movimentar o que esclarece a forte correlação dos *Trichodorus*,
212 *Aphelenchoides*, *Mononchus* com argila e *Helicotylenchus* com argila e argila natural.

213 De maneira geral, as áreas com processo erosivo em estágio intermediário
214 apresentaram maior número de correlações entre as variáveis físico-químicas e a
215 nematofauna. No entanto, as correlações foram fracas contrastando com as áreas com
216 processo erosivo em estágio intermediário e severo. Dentre as variáveis estudadas, a argila
217 natural e a saturação por alumínio parecem influenciar mais diretamente a estrutura da
218 nematofauna. Por outro lado, a baixa fertilidade do solo e o clima são, provavelmente, os
219 principais fatores que estruturaram a distribuição da diversidade encontrada.
220 Aparentemente, a distribuição dos nematóides nas áreas estudadas encontra-se em
221 agregados próximos às plantas que são nichos de recursos em contraste com o ambiente
222 menos fértil ao seu redor.

223

224 **Literatura Citada**

- 225 BRIAR, S. S. Nematodes as bioindicators of soil food web health in agroecosystems: a
226 critical analysis. Dissertation of Doctor of Philosophy in the Graduate School of The
227 Ohio State University, 144p, 2007.
- 228 CARES, J. H. & HUANG, S. P. 1991. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados
229 of central Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, 16: 199-209.
- 230 CARVALHO, N. O. 2000. Assoreamento de reservatórios – conseqüências e mitigação
231 dos efeitos. In: Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos, 4.
- 232 COMPANHIA HIDRELETRICA DO SÃO FRANCISCO – CHESF. 2008. Relatório de
233 mapeamento e monitoramento dos processos erosivos nas encostas do reservatório da
234 Usina Hidrelétrica de Itaparica. Recife PE, 205p.
- 235 DE GOEDE, R. G. M. & BONGERS, T. 1994. Nematode community structure in relation
236 to soil and vegetation characteristics. *Applied Soil Ecology*, 1: 29-44.
- 237 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 1997.
238 Manual de métodos de análise de solo. 2.ed., 212p.
- 239 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 2006.
240 Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 2.ed., 306p.
- 241 FERRIS, V. R. & FERRIS, Y. J. M. 1974. Inter-relationship between nematode and plant
242 communities in agricultural ecosystems. *Agroecosystems*, 1: 275-299.
- 243 FERRIS, H. & MATATUE, M. 2003. Structural and functional succession in the nematode
244 fauna of a soil food web. *Applied Soil Ecology*. 23: 93-110.
- 245 FERRIS, H.; VENETTE, R. C.; SCOW, K. M. 2004. Soil management to enhance
246 bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization
247 function. *Applied Soil Ecology*. 24, 19-35.

- 248 GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. 2003. Nematode community, trophic
249 structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira*, 28:
250 258-266.
- 251 JENSEN, J. R. Introductory digital imagem processing – a remote sensing perpective.
252 Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1986. 380p.
- 253 HANEL, L. 2003. Recovery of soil nematode populations from cropping stress by natural
254 secondary sucession to meadow land. *Applied Soil Ecology*, 22: 255-270.
- 255 HOUSE, G. J.; STINNER, B. R.; CROSSLEY, D. A.; ODUM, E. P.; LANGDALE, G. W.
256 1984. Nitrogen cycling in conventional and no-tillage agrosystems: analysis of
257 pathway and process. *Journal of Soil and Water Conservation*, 39(3): 194-200.
- 258 HUANG, S. P., FREIRE, H. C. A.; CARES, J. E. 1996. Grupos composicionais e tróficos
259 dos nematóides associados à sucupira branca (*Pterodon pubescens*) em cerrado nativo.
260 *Fitopatologia Brasileira*, 21: 156-160.
- 261 JENKINS, A.; PETERS, N. E.; RODHE, A. 1994. Hydrology. In: MOLDAN, B.; CERNY,
262 J. (coords.). *Biogeochemistry of small catchments: A tool for environmental research*.
263 (Scope 51). Chichester: John Wiley, p.31-34.
- 264 JENKINS, W. R. 1964. A rapid centrifugal- flotation technique for extracting nematodes
265 from soil. *Plant Disease Report*, 48: 692.
- 266 LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Extraído do site:
267 <http://www.itep.org.br/lamepe>, em 29 de abril de 2009.
- 268 LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo.
269 Campinas: SBCS/SNLCS, 1996. 83p.
- 270 MAIA, A. G. As conseqüências do assoreamento na operação de reservatórios formados
271 por barragens. 2006. 271p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Hidráulica e
272 Saneamento). Universidade de São Paulo, São Carlos: USP, 2006.

- 273 MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.;
274 MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas
275 florestais na região de Aracruz (ES). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3,
276 p.395-403, 2003.
- 277 MATTOS, J. K. A. 2002. Nematóides do solo como indicadores da interferência humana
278 nos sistemas naturais: aspectos gerais e alguns resultados obtidos no Brasil. Revisão
279 Anual de Patologia de Plantas - RAPP, 10: 373-390.
- 280 MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. 2008. Indicadores da
281 qualidade do solo. *Informe agropecuário*, 29: 17-29.
- 282 MORRIS, G. L & FAN, J. *Reservoir sedimentation handbook*. New York: Mcgraw-HILL,
283 1997.
- 284 NEHER, D. A. & CAMPBELL, C. L. 1994. Nematode communities and microbial
285 biomass in soil with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, 1:17-28.
- 286 PARMELEE, R.W. & ALSTON, D. G. 1986. Nematode trophic structure in conventional
287 and no-tillage agroecosystems. *Journal of Nematology*, 18(3): 403-407.
- 288 PORAZINSKA, D. L.; DUNCAN, L. W.; MCSORLEY, R.; GRAHAM, J. H. 1999.
289 Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem
290 influenced by agricultural management practices. *Applied Soil Ecology*, 13: 69-86.
- 291 SANCHEZ-MORENO S. & FERRIS, H. 2007. Suppressive service of the soil food web:
292 effects of environmental management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*,
293 v.119, p.75-87.
- 294 SOHLENIUS, B. & BOSTROM, S. 1984. Colonization population development and
295 metabolic activity of nematodes in buried straw. *Pedobiologia*, 27: 67-68.

- 296 WALL, J. W.; SKENE, K. R.; NEILSON, R. 2002. Nematode community and trophic
297 structure along a sand dune succession. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 293-301.
- 298 WALL, D. H. & VIRGINIA, R. A. 1999. Controls on soil biodiversity: insights from
299 extreme environments. *Applied Soil Ecology*, 13: 137-150.
- 300 YEATES, G.W. 1980. Populations of nematode genera in soils under pasture. III. Vertical
301 distribution at eleven sites. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 23: 117-
302 128.
- 303 YEATES, G. W.; BONGERS, T.; GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.;
304 GEORGIEVA, S. S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera – an
305 outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25: 315-331.

Tabela 1 – Média das variáveis físico-químicas do solo de áreas com processos erosivos em estágios inicial, intermediário e severos próximos das bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, em Pernambuco

Variáveis	Inicial Média±δ	Intermediário Média±δ	Severo Média±δ
Dg	1,53 ± 0,11	1,63 ± 0,02	1,69 ± 0,05
AG	532,42 ± 135,83	642,87 ± 75,03	691,42 ± 130,88
AF	283,42 ± 108,96	294,25 ± 65,10	251,85 ± 115,31
S	82,14 ± 48,37	45,37 ± 15,44	28,14 ± 8,76
ARG	101,571 ± 128,85	31,25 ± 18,07	31,42 ± 15,73
AGRN	21,42 ± 52,41	-	-
GF	93,71 ± 13,43	100,00 ± 0	100,00 ± 0
SA	1,21 ± 0,59	1,64 ± 0,59	1,18 ± 0,53
pHA	5,75 ± 0,95	4,95 ± 0,74	6,35 ± 0,69
pHKCL	4,97 ± 0,91	4,21 ± 0,65	5,61 ± 0,66
Ca	1,89 ± 2,27	0,56 ± 0,16	0,34 ± 0,10
Mg	1,44 ± 2,40	0,44 ± 0,29	0,23 ± 0,14
K	0,13 ± 0,05	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,02
Na	0,43 ± 0,94	-	0,01 ± 0,02
SB	3,79 ± 5,02	1,07 ± 0,42	0,60 ± 0,24
H	2,17 ± 1,30	0,46 ± 0,20	1,08 ± 1,55
Al	0,13 ± 0,17	0,44 ± 0,63	0,01 ± 0,02
CTC	6,09 ± 5,85	1,98 ± 0,47	1,70 ± 1,74
V	50,14 ± 18,17	55,62 ± 18,96	59,42 ± 28,21
m	10,02 ± 14,49	23,13 ± 27,18	2,06 ± 4,74
PST	4,41 ± 9,18	0,34 ± 0,96	0,40 ± 0,70
C	7,84 ± 6,62	0,37 ± 0,39	4,09 ± 7,01
N	0,79 ± 0,60	0,10 ± 0,07	0,34 ± 0,55
CN	7,89 ± 3,88	2,75 ± 2,31	3,80 ± 5,86
MO	13,48 ± 11,38	0,64 ± 0,68	7,04 ± 12,07

Dg = densidade global (g cm^{-3}), AG = areia grossa (g kg^{-1}), AF = areia fina (g kg^{-1}), S = silte (g kg^{-1}), ARG = argila (g kg^{-1}), AGRN = argila natural (g kg^{-1}), GF = grau de floculação (%), SA = relação silte argila, pHA = pH em água, pHKCL = pH em KCL, Ca = cálcio (cmolc kg^{-1}), Mg = magnésio (cmolc kg^{-1}), K = Potássio (cmolc kg^{-1}), Na = sódio (cmolc kg^{-1}), SB = soma de bases (cmolc kg^{-1}), H = hidrogênio (cmolc kg^{-1}), Al = alumínio (cmolc kg^{-1}), CTC = capacidade de troca catiônica (cmolc kg^{-1}), V = saturação por base (%), m = saturação por alumínio (%), PST = saturação por sódio trocável (%), C = carbono (%), N = nitrogênio (%), CN = relação carbono nitrogênio (%), MO = matéria orgânica (%) e Média + δ = Número médio e desvio padrão das variáveis.

Tabela 2 – Abundância, dominância e média da nematofauna do solo de áreas com processos erosivos em estágios inicial, intermediário e severos próximos das bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, em Pernambuco

Variáveis Grupo Trófico/Táxon	Inicial			Intermediário			Severo		
	A	D (%)	Média±δ	A	D (%)	Média±δ	A	D (%)	Média±δ
Vida Livre	578	71,45	-	649	60,31	-	667	83,85	-
Onívoros	144	17,80	-	429	39,87	-	383	48,17	-
Dorilaymidae	144	17,80	-	429	39,87	53,62 ± 81,20	383	48,17	54,71 ± 73,33
Bacteriófagos	298	36,83	-	66	6,13	-	70	8,80	-
Rhabditidae	81	10,01	11,57 ± 30,61	-	-	-	70	8,80	10,00 ± 26,45
Cephalobidae	217	26,82	31,00 ± 61,29	66	6,13	8,25 ± 23,33	-	-	-
Predadores	136	16,82	-	102	9,48	-	64	8,01	-
Mononchidae	136	16,82	19,42 ± 51,40	102	9,48	12,75 ± 36,06	64	8,01	9,14 ± 24,18
Micófagos	-	-	-	52	4,83	-	150	18,87	-
Aphelenchidae	-	-	-	52	4,83	6,5 ± 18,38	150	18,87	21,42 ± 56,69
Parasitas de Plantas	231	28,55	-	417	39,69	-	128	16,10	-
Criconemella	-	-	-	209	19,42	26,125 ± 50,87	-	-	-
Trichodorus	141	17,43	20,14 ± 34,40	52	4,83	6,50 ± 18,38	128	16,10	18,28 ± 48,37
Helicotylenchus	90	11,12	12,85 ± 34,01	104	9,67	13,00 ± 36,76	-	-	-
Xiphinema	-	-	-	62	5,77	7,75 ± 21,92	-	-	-
Nematóides totais	809	-	-	1076	-	-	795	-	-

A = somatório do número de nematóides nas três amostras de solo das áreas com processos erosivos por taxa por 300 cm³ de solo, D = dominância de cada grupo trófico e taxa expressa em percentagem e Média + δ = Número médio e desvio padrão das variáveis.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação significativa ao nível de 5 % de probabilidade pela análise de correlação de Pearson das variáveis físico-químicas e táxon de nematóides das áreas com processos erosivos em estágios inicial, intermediário e severo das amostras de solos próximos as bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica de Luiz Gonzaga, em Pernambuco

Variáveis	HELI	APHEN	HELI	TRICH	CRIC	CEPHA	XIPHI	MON	APHEN	TRICH	RHAB
	Inicial	-----Intermediário-----						-----Severo-----			
ARG	0,96							0,80	0,80	0,80	0,24
ARGN	0,99				0,35	0,61	0,61				
Ca	0,94	0,34	0,34	0,34							0,24
Mg	0,98	0,09	0,09	0,09	0,15						
K	0,78				0,09	0,28	0,28				
SB	0,90	0,17	0,17	0,17							0,02
Al					0,16	0,33	0,33	0,95	0,95	0,95	
V	0,72	0,30	0,30	0,30							0,22
m					0,22	0,43	0,43	0,99	0,99	0,99	
PST								0,73	0,73	0,73	

ARG = argila, AGRN = argila natural, Ca = cálcio, Mg = magnésio, K = potássio, SB = soma de bases, Al = alumínio, V = saturação por base, m = saturação por alumínio, PST = saturação por sódio trocável, MON = Mononchidae, HELI = *Helicotylenchus*, TRICH = *Trichodorus*, DORI = Dorilaymidae, RHAB = Rhabditidae, CRICO = *Criconemella*, CEPHA = Cephalobidae e APHEN = Aphelenchidae.

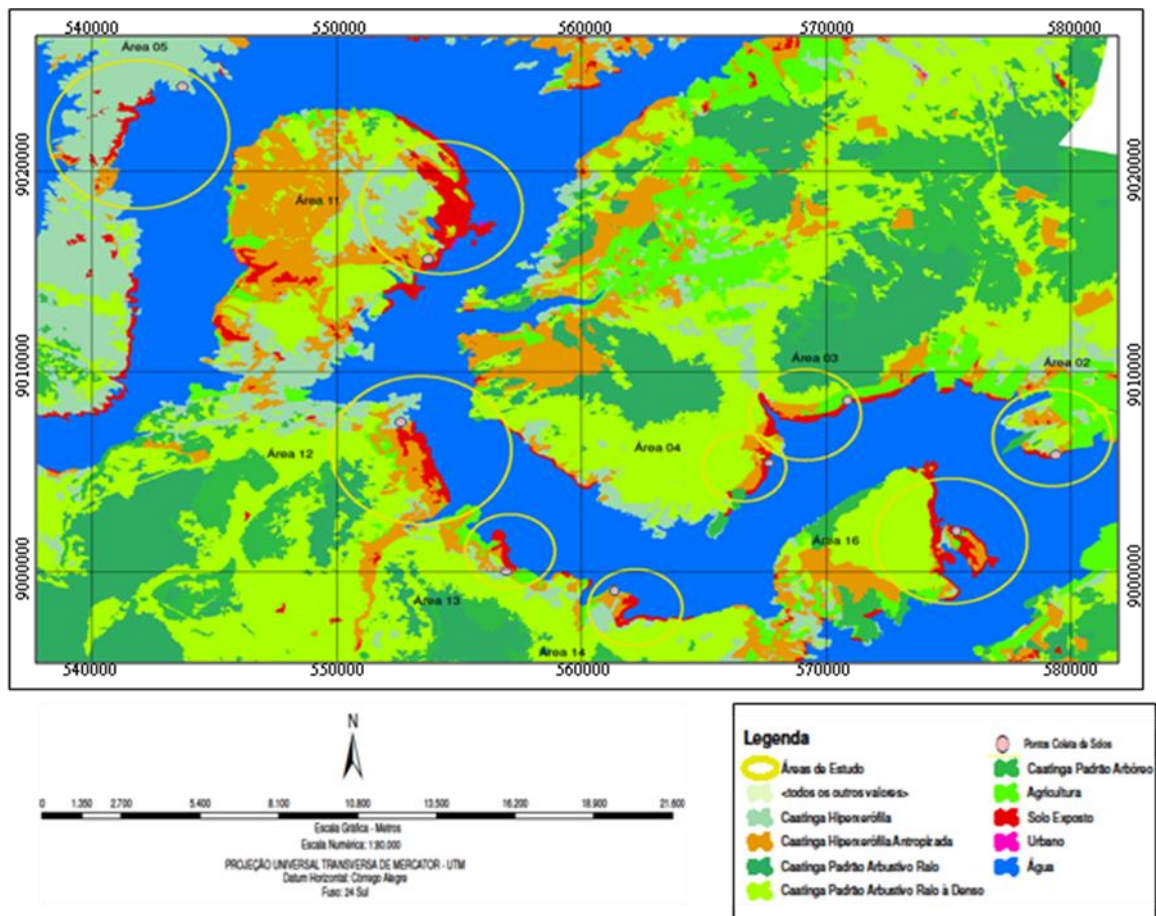


Figura 1 – Mapa de uso e ocupação das áreas estudadas (CHESF, 2008)

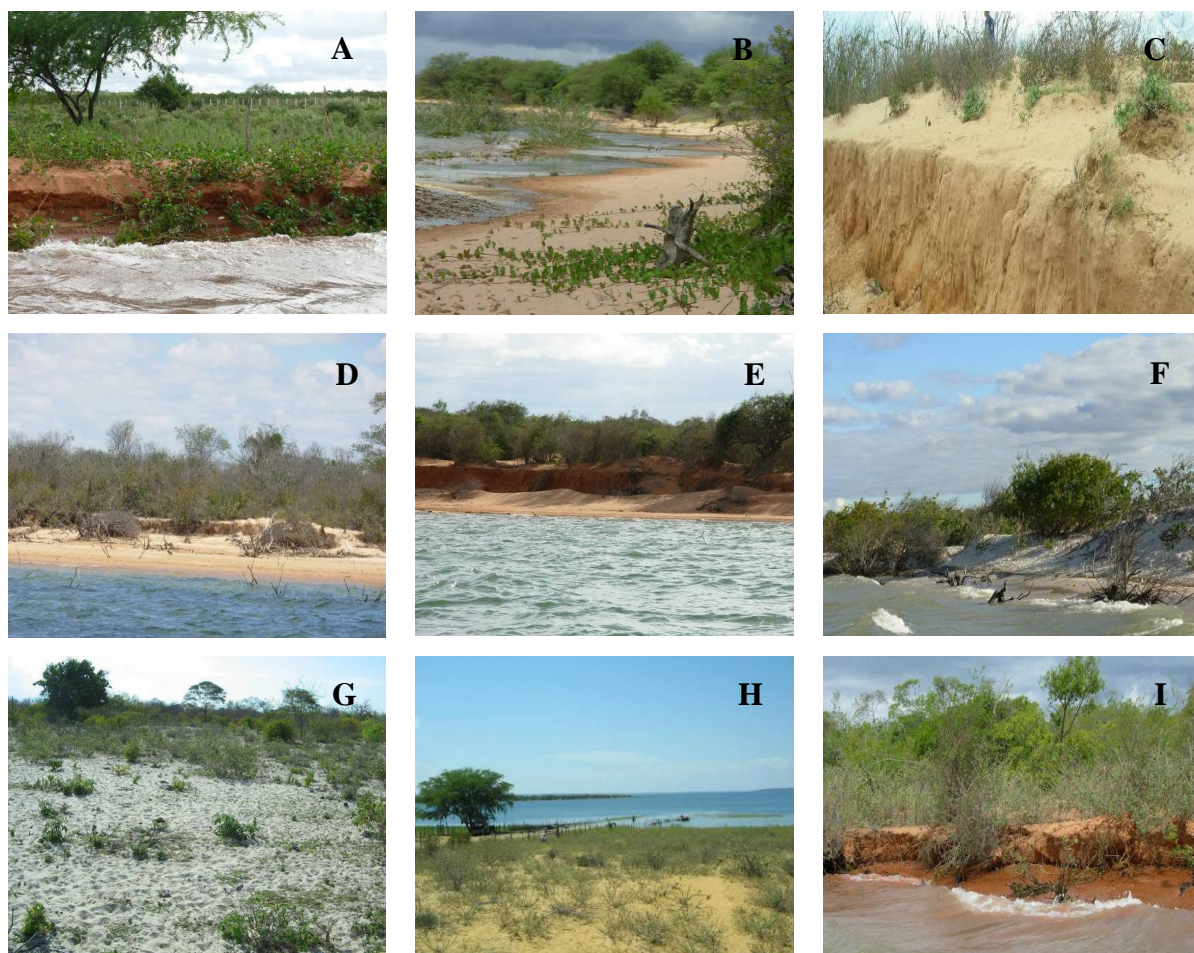


Figura 2 – Vegetação nativa das áreas estudadas, conforme uso e ocupação: (A) Vegetação antropizada e solo exposto, área A2; (B) Vegetação antropizada e solo exposto, área A3; (C) Solo exposto, área A4; (D) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A5; (E) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A11; (F) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A12; (G) Vegetação antropizada e solo exposto, área A13; (H) Vegetação antropizada e solo exposto, área A14 e (I) Caatinga hiperxerófila antropizada, área A16 (CHESF, 2008).

CONCLUSÕES

CAPÍTULO 4

Em conformidade com a metodologia empregada e resultados encontrados, conclui-se que:

Os solos estudados imprimem atributos físicos e químicos que os tornam unidades ambientais frágeis, sobretudo no que tange a suscetibilidade à erosão, mostram que o manejo mais adequado é a sua efetiva conservação, com a revegetação e manutenção da vegetação nativa.

A diversidade trófica da nematofauna foi baixa, indicando distúrbio ao ambiente.

Variáveis ambientais relevantes como pH do solo, Al, C, N e MO, podem explicar as variações na composição da nematofauna em estágio de erosão. Entretanto, nenhum indicador isoladamente é tido como de extrema importância.

Estudos que relacionam variáveis ambientais (solo), com variáveis referentes à população de nematóides são praticamente inexistentes. Alguns poucos trabalhos fizeram correlação dos nematóides com fatores edáficos, tipo de ecossistema, variáveis bióticas e abióticas. Este trabalho é inédito e contribui para o entendimento da relação entre a relação da nematofauna e atributos físico-químicas, no bioma Caatinga, em solos em estágios de erosão.

