



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MATO GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
COORDENAÇÃO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

FERNANDA MENDES AMORIM

**USO DE INDICADORES AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SOLOS: ESTUDO DE CASO**

**Cuiabá - MT
2013**

TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

FERNANDA MENDES AMORIM

**USO DE INDICADORES AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SOLOS: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Tecnologia em
Gestão Ambiental do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Estado
de Mato, *Campus Cuiabá* – Bela Vista

Orientadora: Prof^a Dr^a Elaine de A. Oliveira
Coringa.

**Cuiabá - MT
2013**

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da publicação na fonte. IFMT/Campus
Bela Vista.
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

A524u

Amorim, Fernanda Mendes.

Uso de indicadores ambientais na avaliação da qualidade de solos:
Estudo de caso / Fernanda Mendes Amorim. __ Cuiabá, 2013.
37f.

Orientador: Elaine de Oliveira Coringa.

Monografia (Graduação de Tecnologia em Gestão Ambiental) --
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Indicadores de qualidade de solos – Monografia. 2. parâmetros
físicos –
Monografia. 3. parâmetros químicos – Monografia. I. Coringa, Elaine de
Oliveira. II. Título.

IFMT/CAMPUS BELA VISTA

CDU 631.4
CDD 631

FERNANDA MENDES AMORIM

**USO DE INDICADORES AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SOLOS: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à banca examinadora composta pelos professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso *Campus* Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em:

Prof. (Dra.) Elaine de A. Oliveira Coringa. (Orientadora)

Prof. (MSc.) Reinaldo de Souza Bilio (Membro da Banca)

Prof. (MSc.) Jorge Luiz da Silva (Membro da Banca)

**Cuiabá - MT
2013**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de graduação a minha família, aos meus amigos e à orientadora Prof^a. Elaine pela disposição. A todos que me ajudaram e incentivaram para que fosse possível a concretização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde e sabedoria por ter concretizado mais uma etapa. Aos meus pais Carmelita e José Fernando pelo o apoio, e à minha irmã Patrícia. As amigadas que conquistei na Instituição, em especial à Thais Oliveira, Gabriela Giusmin, Maria Teresa e a Ana Cristina. Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica, e à minha orientadora Prof^a Elaine de A. Oliveira Coringa, por ter disponibilizado seu tempo e conhecimento em prol dessa pesquisa.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.”

José de Alencar

RESUMO

Nos estudos que envolvem as relações agricultura e meio ambiente é crescente a necessidade de adoção de critérios que possam avaliar, de forma correta, as condições atuais dos compartimentos do agroecossistema, como por exemplo o solo, que através de indicadores físicos, químicos e biológicos, pode-se ter um diagnóstico preciso do estado atual da área onde foi coletado o solo para análise.

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi realizar um levantamento de forma virtual do uso desses indicadores ambientais de qualidade de solos agrícolas por meio de publicações relacionadas ao tema através da metodologia *Mapping Study*, onde se observou um crescimento de estudos a partir de 2005. E com a aplicação prática desses indicadores na avaliação da qualidade de solos em recuperação pela extração de areia, realizados em dois pontos P1 (Área testemunha) e P2 (Área degradada) por meio de indicadores pedológicos físicos e químicos, tais como Porosidade Total (PT), Densidade do solo (Ds) e o Nutrientes Ca+Mg e a CTC, parâmetros que obtiveram resultados expressivos na caracterização das áreas.

Palavras-chave: indicadores de qualidade de solos, parâmetros físicos, parâmetros químicos, solos degradados e extração de areia.

ABSTRACT

In studies involving relations agriculture and the environment is a growing need to adopt criteria that can assess, correct, current conditions of the compartments of agro-ecosystem, such as soil, which means of physical, chemical and biological can have an accurate diagnosis of the current state of the area where the soil was collected for analysis.

Thus, the objective of this research was to conduct a survey of the use of these virtual form environmental indicators of quality of agricultural soils by means of publications related to the topic through the methodology Mapping Study, where there was a growth of studies since 2005. And with the practical application of these indicators in the assessment of soil quality recovery by sand extraction, performed on two points P1 (area control) and P2 (degraded area) through pedological physical and chemical indicators such as Total Porosity (PT), soil density (Ds) and Nutrients Ca + Mg, CTC parameters obtained good results in the characterization of areas.

Keywords: quality indicators of soil physical, chemical parameters, degraded soils and sand extraction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudos IFMT NAPAN (Núcleo avançado de estudos do Pantanal).....	22
Figura 2: Ponto 1- Área testemunha (Reserva de mata ciliar).....	22
Figura 3: Ponto 2- Área em recuperação	23
Figura 4: Trado Holandês.....	23
Figura 5: Trado Amostra Indeformada.....	24
Figura 6: Penetrômetro de impacto.....	24
Figura 7: Número de trabalhos publicados (n=532), a partir de 2001, com os termos “soil quality indicators” nas bases de dados do portal Periódicos Capes.....	26
Figura 8: Principais áreas do conhecimento e a quantidade de publicações relacionadas ao tema.	27
Figura 9: Periódicos relacionados às publicações encontradas com os termos “soil quality indicators” nas bases de dados do portal Periódicos Capes.....	28
Figura 10: Número de trabalhos publicados (n=102), a partir de 2001 na base de dados Scielo (Scientific Electronic Library Online).	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Qualidade do solo e degradação ambiental	14
2.2 Indicadores ambientais.....	15
2.2.1 Indicadores físicos.....	17
2.2.2 Indicadores químicos.....	18
2.2.3 Indicadores biológicos.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Levantamento de dados.....	21
3.2 Estudo de caso.....	21
3.2.1 Área de estudos e coleta de amostras.....	22
3.2.2 Determinação dos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Revisão dos trabalhos publicados.....	26
4.2 Estudo de caso.....	31
4.2.1 Indicadores físicos.....	31
4.2.2 Indicadores químicos e biológicos.....	32
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

O solo é um material mineral ou orgânico não consolidado na superfície da terra, influenciado por fatores genéticos e ambientais, como material de origem, topografia, clima (temperatura e umidade) e microrganismos, que se encarregaram da sua formação no decorrer de certo tempo, e é sempre diferente, nas suas propriedades e características físicas, químicas, biológicas e morfológicas, do material de origem (FAGERIA, 1989; CURI *et al.*, 1993).

Atualmente, estudos sobre a qualidade do solo estão sendo desenvolvidos na área agronômica e ambiental devido à sua importância na manutenção da sustentabilidade de agro-ecossistemas e na redução da poluição ambiental.

A degradação do solo é a redução da capacidade atual e/ou potencial do solo em produzir, quantitativa ou qualitativamente, bens ou serviços como resultado de um ou mais processos de degradação, naturais ou induzidas pelo homem. Inclui deteriorações físicas, químicas e biológicas, tais como declínio na fertilidade do solo e nas condições estruturais, erosão, salinidade, alcalinidade, acidez e efeitos de elementos tóxicos, poluentes ou inundação excessiva.

Portanto, manter a qualidade do solo no nível desejável é fundamental para manter e/ou aumentar a produtividade agropecuária e, ao mesmo tempo, controlar a qualidade do meio ambiente como solo, água e ar.

A qualidade do solo não somente aumenta a produtividade das culturas, mas também mantém a qualidade de meio ambiente e, conseqüentemente, a saúde das plantas, dos animais e dos homens. As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e os fatores ecológicos formam a qualidade do solo e determinam a produtividade do sistema agrícola (KARLEN *et al.*, 2003, 2006; ANDREWS *et al.*, 2004). E para mensurar a qualidade do solo, são utilizados indicadores ambientais físicos, químicos e biológicos, de forma a quantificar o processo de degradação.

Considerando a importância da determinação da qualidade do solo por meio de indicadores ambientais, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise quantitativa temporal do número de trabalhos publicados, conforme a metodologia de “mapping study”, de forma a classificar, mapear e relacionar o uso de parâmetros indicadores na contribuição da qualidade do solo. Além disso, foi demonstrado

através de estudo de caso, o uso desses indicadores ambientais na avaliação da qualidade física, química e biológica de solos degradados em recuperação.

Nesse contexto, os objetivos específicos foram:

- Realizar pesquisa bibliográfica em periódicos nacionais e internacionais acerca do uso de indicadores de qualidade de solos em estudos ambientais;
- Demonstrar, por meio de gráficos e tabelas, a evolução do uso dessa ferramenta na avaliação da degradação e da qualidade de solos agrícolas e em recuperação, até os dias de hoje.
- Demonstrar a aplicação prática do uso dos indicadores ambientais na avaliação da qualidade de um solo em recuperação por atividade de extração de areia, de onde serão avaliados:
 - ✓ Indicadores físicos de qualidade do solo: textura, densidade do solo, umidade gravimétrica e resistência à penetração de raízes (indicativos da estruturação do solo);
 - ✓ Indicadores químicos de qualidade do solo: teor de cátions básicos e alumínio trocável, capacidade de troca catiônica (CTC), acidez do solo, índice de saturação por bases (V%) e o carbono orgânico total do solo (indicativos da fertilidade e da capacidade tampão do solo).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade do solo e degradação ambiental

Segundo (DORAN 1997), qualidade do solo é “a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens”.

Um solo com qualidade é aquele que desempenha as suas funções ambientais satisfatoriamente, tais como: atuar como meio para o crescimento de plantas; estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera; exercer a regulação e partição do fluxo de massa e energia no ambiente; atuar como filtro ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (LARSON e PIERCE, 1994).

A degradação do solo é um processo que descreve fenômenos causados pelo homem que diminuem a capacidade atual e futura do solo em sustentar a vida humana (OLDEMAN *et al.*, 1991). Constitui na diminuição da qualidade do solo e/ou redução em sua habilidade de ser um recurso de múltiplo propósito, devido a causas naturais ou induzidas pelo homem.

Esse processo inclui deterioração física, química e biológica, tais como: declínio na sua fertilidade, declínio na condição estrutural, erosão, salinidade, alcalinidade, acidez e efeito de elementos tóxicos, poluentes ou inundação excessiva (LAL, 1989).

A degradação física do solo é um dos processos mais importantes de degradação do solo, pois regula a emergência das plântulas, o desenvolvimento das raízes, a disponibilidade de nutrientes e água para as plantas, as reações químicas na rizosfera e, conseqüentemente, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. É causada pelo impacto do manejo inadequado do solo e atividades extrativas, como mineração. Suas conseqüências ambientais são surgimento de erosão, compactação e deterioração da estrutura do solo, diminuição da permeabilidade e aeração (FAO, 1978).

A degradação química do solo compreende a mudança nas propriedades químicas do solo resultando, principalmente, no decréscimo da sua produtividade

agrícola. Isso pode ser causado pelo excesso de fertilização química ou fertilização inadequada, lixiviação, inundação, prática da monocultura por longo tempo na mesma área, erosão, uso de água salina para irrigação e a calagem excessiva de solos ácidos. Além disso, a degradação química do solo também pode estar ligada à poluição ambiental por contaminantes orgânicos (pesticidas e herbicidas) e inorgânicos (metais pesados), levando à consequências adversas para a biota e ao homem.

A degradação biológica do solo refere-se à perda de matéria orgânica, redução do carbono da biomassa e declínio da atividade biótica da fauna do solo (LAL, 1989). Os fatores climáticos responsáveis pela degradação biológica são o déficit de água e as altas temperaturas. Outros fatores causadores da degradação biológica são os antrópicos, como o uso inadequado do solo e práticas de manejo que não conservam a matéria orgânica (manejo convencional), práticas extrativistas e de mineração, uso indiscriminado de pesticidas e herbicidas e atividades poluidoras (disposição inadequada de resíduos sólidos e efluentes).

2.2 Indicadores ambientais

A qualidade do solo não pode ser medida, mas ser inferida a partir de medidas das propriedades do solo ou do agroecossistema, por meio do uso de indicadores (SEYBOLD *et al.*, 1996).

Indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis (quantitativas ou qualitativas) do solo ou da planta acerca de um processo ou atividade e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema (KARLEN *et al.*, 1997).

Para que possa ser considerado um indicador, deve identificar os parâmetros que informem a qualidade ambiental ou o estado dos recursos naturais e possibilitar a fácil mensuração e interpretação dos resultados, informando a qualidade ambiental aos formuladores de políticas públicas e à sociedade em geral (MMA, 2005).

Os indicadores são estudados em diversas áreas de conhecimento como ecologia, agronomia, engenharia florestal e outros e possuem variadas nomenclaturas de acordo com o objetivo pretendido com a sua utilização, tais como: indicadores de qualidade do solo, indicadores de recuperação de áreas degradadas ou indicadores de produtividade (CORINGA, 2012).

A utilização de indicadores de qualidade do solo, relacionados à sua funcionalidade, constitui uma maneira indireta de mensurar a qualidade dos solos, sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente (ARAÚJO *et al.*, 2012).

Devem seguir os seguintes critérios: (1) envolver processos ocorrentes no ecossistema, (2) integrar propriedades e processos físicos, químicos e biológicos, (3) ser acessível e aplicável no campo, (4) ser sensível a variações de manejo e de clima, e (5) ser componente de banco de dados de solos, sempre que possível.

Além disso, os indicadores devem ser práticos para uso tanto por cientistas como por agricultores, extensionistas, ecologistas e instituições governamentais, numa ampla classe de situações ecológicas e socioeconômicas. Devem ser objetivos e reproduzíveis, baseados em metodologias cientificamente comprovadas e utilizadas em pesquisas do gênero, ser sensíveis para reconhecerem as mudanças no ambiente e específicos para traduzirem fielmente o que está sendo avaliado (LEONARDO, 2003; CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

Doran e Parkin (1994) propuseram um conjunto mínimo de indicadores para avaliar a qualidade de solos: textura, profundidade de solo e de raízes, densidade do solo, infiltração de água no solo, capacidade de armazenamento e retenção de água, conteúdo de água no solo, temperatura do solo, teores de C e N orgânico total, pH, condutividade elétrica, teores de N mineral, P, K, C e N da biomassa microbiana, N potencialmente mineralizável, respiração do solo, C na biomassa em relação ao C orgânico total e respiração microbiana em relação à biomassa.

Esses indicadores estão relacionados às seguintes funções do solo: habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de água; habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de elementos químicos; promover e sustentar o desenvolvimento de raízes; manter um habitat biológico adequado; e responder ao manejo, resistindo à degradação (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Assim, no contexto do uso do solo de forma intensiva como um recurso, a avaliação da qualidade do solo torna-se uma tecnologia ou ciência aplicada voltada para a resolução de problemas (por exemplo, como melhor manejar o solo), e pode ser vista como uma chave para a gestão sustentável do solo (CORINGA, 2012).

2.2.1 Indicadores físicos

Os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão, além de possuir funções essenciais no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (GOMES, 2006).

Dentre os principais indicadores físicos de qualidade de solo, estão:

- ✓ *A textura*: Expressa sua característica intrínseca, a proporção entre as diferentes partículas granulométricas, sem as quais não há como falar de estruturação de solos. As classes de textura podem ser areia, areia franca, franco arenosa, franca, franca siltosa, franco argilo arenosa, franco argilosa, franco argilo siltosa, argilo arenosa, argilo siltosa, silte e argila. Essas exprimem a distribuição relativa das partículas do solo de acordo com os respectivos diâmetros (VIEIRA, 1975).
- ✓ *Estrutura*: Em uma estrutura estável o solo tem possibilidade de resistir às pressões de alterações no arranjo da sua estrutura. A deformação da estrutura do solo, ou a sua desestruturação tem uma consequência direta na redução da sua porosidade. Portanto, solos bem estruturados possuem boa porosidade. Segundo (VIEIRA, 1975) a porcentagem do espaço de poros encontrada no solo é determinada principalmente pelo seu estado estrutural, além da *composição e agregação das partículas*, tendo influência pela atividade microbiana.
- ✓ *Densidade do solo*: (VIEIRA, 1975) e (BRADY, 1983) explicam que a porosidade do solo é determinada pela distribuição espacial das partículas sólidas no corpo do solo, sendo, portanto, menor a porosidade quanto maior o contato entre essas partículas, o que leva ao conceito de densidade do solo.
- ✓ *Resistência à penetração*: É uma maneira prática de se identificar a profundidade em que se encontram as camadas, naturalmente adensadas ou compactadas devido ao manejo inadequado do solo é através do uso do penetrômetro de impacto, aparelho que mede a resistência dinâmica do solo à penetração.

- ✓ *Umidade gravimétrica*: É a quantidade de água contida no solo. Pode ser expressa na base de peso ou na base de volume. A umidade gravimétrica é expressa pela relação entre a massa de água e a massa do solo seco.

2.2.2 Indicadores químicos

Os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em classes, de acordo com o objetivo da sua determinação (GOMES E FILIZOLA, 2006), tais como:

a) Aqueles que indicam os processos do solo e troca de cátions:

- ✓ *pH*: Índice de concentração de H^+ no solo usado para determinar se um solo é ácido (pH menor que 7), neutro (pH igual a 7) ou básico (pH maior que 7); Controla a disponibilidade de nutrientes no solo e a presença de elementos tóxicos.
- ✓ *Carbono Orgânico*: Embora não seja um nutriente para a planta, baixos valores podem afetar a produtividade em razão de seu efeito na estrutura, na disponibilidade de água para as plantas e no seu poder de tamponamento frente a presença de compostos tóxicos às plantas;
- ✓ *CTC (capacidade de troca catiônica)*: Quantidade total de cátions retidos na superfície das argilas ou colóides minerais e orgânicos existentes no solo, expressa em $cmol_c/Kg$ (centimol de cargas por Kg de solo): $CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+} + Na^+$ Os principais fatores que afetam a CTC do solo são textura, quantidade e tipo de argila e teor de matéria orgânica.
- ✓ *Alumínio trocável*: Quantidade de alumínio que poderá entrar em contato com as raízes das plantas. Alumínio na solução do solo é muito tóxico para as plantas. Quanto mais ácido é o solo, maior é o teor de alumínio passível de causar dano às plantas.

- ✓ **Saturação por bases (V%):** É quantidade de cátions básicos trocáveis que fazem parte da CTC do solo. É expressa em percentagem: $V (\%) = 100 \cdot SB / CTC$. Se a metade da CTC estiver ocupada por bases trocáveis, a saturação por bases será de 50%. Os outros 50% são ocupados por hidrogênio e alumínio. É um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo.
- ✓ **Acidez potencial:** Corresponde à acidez devida ao $H^+ + Al^{3+}$. A acidez potencial caracteriza o poder tampão de acidez do solo, e sua estimativa é fundamental para se estimar a capacidade de troca catiônica a pH 7;0 (CTC).

b) Aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas:

- ✓ **Macro e Micronutrientes:** Os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (também chamados de nutrientes principais) são absorvidos pela planta em maior proporção que os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn (também chamados de elementos traço). Ambos são constituintes dos minerais e da matéria orgânica do substrato onde a planta cresce e encontram-se também dissolvidos na solução do solo. Importante para um bom desenvolvimento das plantas, cada um colaborando com uma função específica.

c) Aqueles que indicam contaminação ou poluição:

- ✓ **Metais pesados:** Os principais metais pesados presentes no solo e nos produtos utilizados na agricultura são o Al, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn e Zn. Dentre esses, deve-se ressaltar que alguns são essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn), às bactérias fixadoras de nitrogênio (Co e Mo) e aos animais. A determinação das espécies orgânicas de metais pesados nas diversas matrizes ambientais é de sua importância para a avaliação da contaminação de cada ambiente, bem como avaliar sua toxicologia ambiental e também ajudar a desenvolver estratégias para descontaminação de ambientes contaminados.
- ✓ **Nitrato:** O íon nitrato (NO_3^-) é fonte de nutrição para plantas (principal uso é como fertilizante) e, portanto pode seguir o ciclo natural de nitrificação/ desnitrificação

ou pode ser transportado através do solo atingindo as águas subterrâneas e chegando em curso d'água.

- ✓ *Poluentes orgânicos persistentes (POP)*: São compostos altamente estáveis e que persistem no ambiente, resistindo à degradação química, fotolítica e biológica. Têm a capacidade de bioacumular em organismos vivos, sendo tóxicos, e sofrer biomagnificação. Os POPs podem ser divididos em pesticidas (ex. DDT, aldrina, toxafeno), Bifenilas policloradas (PCBs), Dioxinas e Furanos, que quando presentes no solo podem entrar na cadeia alimentar e contaminar a água.

2.2.3 Indicadores biológicos

São importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal (SEYBOLD et al., 1998). Dentre os principais indicadores biológicos de qualidade de solo, estão:

- ✓ *Matéria orgânica*: É considerada, como um eficiente indicador para determinar a qualidade do solo modificada por sistemas de manejo. Além da influência do manejo de culturas e preparo do solo, a matéria orgânica é influenciada pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que atuam melhorando os processos biológicos.
- ✓ *Biomassa microbiana*: Define-se como a parte viva da matéria orgânica do solo, excetuando raízes e grandes animais; representa aproximadamente de 1 a 4% do carbono total do solo. Importante devido a sua capacidade de responder rapidamente a alterações no ambiente do solo.
- ✓ *Respiração microbiana do solo*: é um processo que reflete a atividade biológica do solo, sendo definida como a produção de CO₂ ou o consumo de O₂ como resultado de processos metabólicos de organismos vivos do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Levantamento dos dados:

A metodologia utilizada neste trabalho é conhecida como *Mapping Study* (Estudos representados por gráficos) e as buscas aconteceram de forma virtual, por meio do levantamento bibliográfico qualitativo e quantitativo das publicações acerca do tema, em periódicos indexados em bases nacionais e internacionais, como os sites de artigos acadêmicos: portal de periódicos da Capes e SciELO (Scientific Electronic Library Online).

No portal “Periódicos Capes” utilizou-se a rotina “Buscar assunto” para busca dos trabalhos que citavam os termos: “*soil quality indicators*” no tópico e/ou tema, refinando a busca com os critérios: (1) só periódicos revisados por pares (indexados); (2) só artigos de periódicos.

Na base SciELO (Scientific Electronic Library Online) foram usadas as seguintes palavras-chave: “*indicadores*”, “*qualidade*” e “*solos*”, utilizando o operador “AND” entre os termos no campo de busca a fim de demonstrar a evolução das publicações a partir do ano de 2001.

Foram obtidas as informações a partir dessas buscas: a) ano de publicação; b) tópicos de pesquisa sobre o tema. Após a obtenção desses dados, gráficos foram montados e os resultados foram discutidos.

3.2 Estudo de caso:

3.2.1 Área de estudos e coleta de amostras:

O estudo se desenvolveu às margens do Rio Bento Gomes, que corta o campus do IFMT NAPAN (Núcleo avançado de estudos do Pantanal), na área de mata ciliar em processo reserva de recuperação com total de 240.243 m², no município de Poconé, MT. (Figura 1)



Figura 01. Área de estudo: IFMT NAPAN (Núcleo avançado de estudos do Pantanal),

A área recebeu sedimentos arenosos oriundos do processo de extração de areia desde 2009, e atualmente se encontra em processo natural de regeneração, dominada por uma vegetação herbácea, predominantemente gramínea, e espécies arbustivas diversas (Figuras 2 e 3).



Figura 02 - Área de estudos próxima à margem do Rio Bento Gomes – Reserva de mata ciliar (ponto 1)



Figura 03 – Margem do Rio Bento Gomes - Em recuperação (ponto 2).

Foram coletadas amostras deformadas compostas por três amostras simples em dois pontos de coleta representativos da área em estudo. As amostras compostas foram coletadas nas profundidades de 0-15 cm com trado holandês (Figura 04).



Figura 04. Coleta de amostras de solo com trado Holandês

As amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos de 100 cm³, por meio de um amostrador de anéis (Figura 05), e serviram para a determinação dos parâmetros físicos de qualidade do solo (densidade, porosidade total, umidade).



Figura 05. Coleta de amostras indeformadas com Amostrador de anéis

Na ocasião da coleta, foram realizadas medições do número de impactos para penetração de uma haste graduada no solo utilizando um penetrômetro de impacto (Sondaterra) (Figura 06), a fim de calcular o parâmetro R_p (Resistência à Penetração de raízes) expressa em MPa, segundo SINGH et al. (1992).



Figura 06. Penetrômetro de impacto

Todas as amostras deformadas e indeformadas foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e levadas para o Laboratório de Solos do campus Cuiabá Bela Vista, onde foram determinados os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos.

3.2.2 Determinação dos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo:

Foram analisados os seguintes indicadores de qualidade física do solo: (a) densidade global (Ds) pelo método do anel volumétrico; (b) porosidade total do solo (PT) obtida pela relação matemática: $PT = (1 - Ds/Dp) \times 100$; (c) umidade gravimétrica (Ug); (d) textura pelo método da pipeta; (e) resistência à penetração de raízes, utilizando um penetrômetro manual SONDATERRA.

Quanto aos indicadores químicos de qualidade do solo, foram determinados: a) pH em água e em KCl 1M na relação 1:2,5; b) P disponível extraído com Mehlich-1 e analisado por espectrofotometria; c) Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 M e dosados por titulometria de complexação; d) Acidez potencial (H + Al) em acetato de cálcio 0,5 M pH 7. A partir dos dados obtidos, foram calculadas as relações: CTC a pH 7 (T) e saturação por bases (V%). Todas as análises foram baseadas nas metodologias da (EMBRAPA, 1997) e do Instituto Agronômico de Campinas – IAC (2009).

Dentre os indicadores biológicos foi determinado o teor de matéria orgânica do solo (MO) a partir do teor de carbono orgânico total (COT) segundo o método de (YEOMANS e BREMNER, 1988). A matéria orgânica do solo (MO) foi obtida pela expressão: $MO \% = COT \times 1,725$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Revisão dos trabalhos publicados:

Após o levantamento dos dados de interesse para o estudo, foram encontrados **532** artigos, pesquisados no portal Periódicos Capes, utilizando os termos “*soil quality indicators*”.

O gráfico abaixo (Figura 7) contabiliza o número de publicações referentes a esse tema, a partir de 1997.

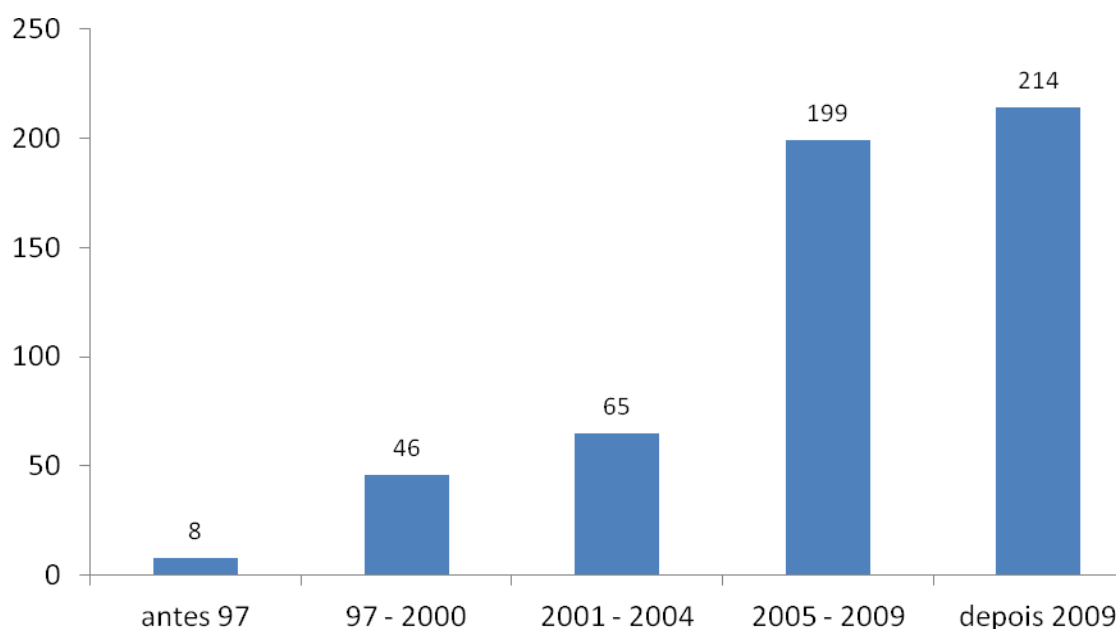


Figura 7 - Número de trabalhos publicados (n=532), entre a data da busca e a confecção do gráfico, com os termos “soil quality indicators” nas bases de dados do portal Periódicos Capes.

Pode-se observar que o interesse de pesquisa nesta área vem crescendo a cada ano, com um aumento de 82% a partir de 1997, o que pode estar associado ao aumento da preocupação com a qualidade do solo em função das mudanças ambientais sofridas pelo agroecossistema. Do total das publicações encontradas, a maioria está escrita no idioma inglês (n = 510).

Segundo (MOURA *et al.* 2013), a comunidade científica mundial está sendo cada vez mais impulsionada pela necessidade de encontrar soluções para uma série de questões que ameaçam a sustentabilidade, especialmente nos últimos anos, e

muitas são objeto de financiamento, especialmente em países onde o investimento em pesquisa e desenvolvimento é uma realidade.

O gráfico representado na Figura 8 aborda a relação das principais áreas do conhecimento e a quantidade de publicações referentes ao assunto. O destaque maior é dado aos tópicos correlatos “Solos” e “Qualidade dos solos” que, juntos, correspondem a 35% das publicações entre os anos analisados. Em terceiro lugar está o tópico “Carbono no solo” (12%).

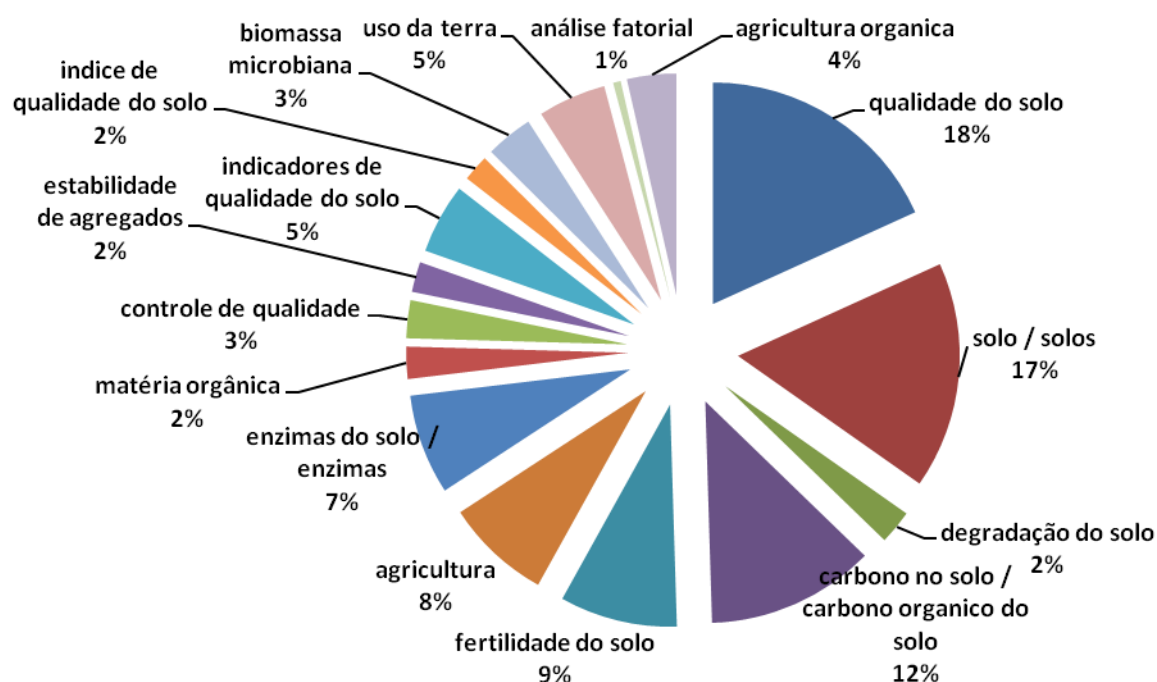


Figura 8 - Principais áreas do conhecimento e a quantidade de publicações relacionadas ao tema.

A crescente preocupação com as questões ambientais é constatada pela quantidade significativa de publicações nessa área do conhecimento. Dentre os artigos publicados, destacam-se os referentes aos *Indicadores Biológicos de Qualidade de Solos*, relacionados à dinâmica do Carbono no solo e à Biomassa microbiana.

Vários estudos mostram que os indicadores biológicos são mais sensíveis que os indicadores químicos ou físicos, para detectar, com mais antecedência alterações que ocorrem no solo em função do seu uso e manejo. (EMBRAPA, 1999). A biomassa microbiana é a parte viva da matéria orgânica do solo (bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna) (JENKINSON e LADD,

1981), e é um componente instável da matéria orgânica, que tem a atividade influenciada pelas condições bióticas e abióticas, podendo ser boa indicadora das alterações resultantes do manejo do solo.

Ao verificar os títulos dos periódicos cujas publicações foram relacionadas na busca (Figura 9), verifica-se a predominância de periódicos como “Soil & Tillage Research”, “Applied Soil Ecology” e “Agriculture Ecosystems & Environment”. O escopo desses periódicos geralmente está relacionado à natureza multidisciplinar da ciência do solo, e centram-se em estudos básicos das propriedades biológicas, físicas, químicas e bioquímicas do solo, o que fundamenta os tópicos encontrados relacionados ao tema de busca.

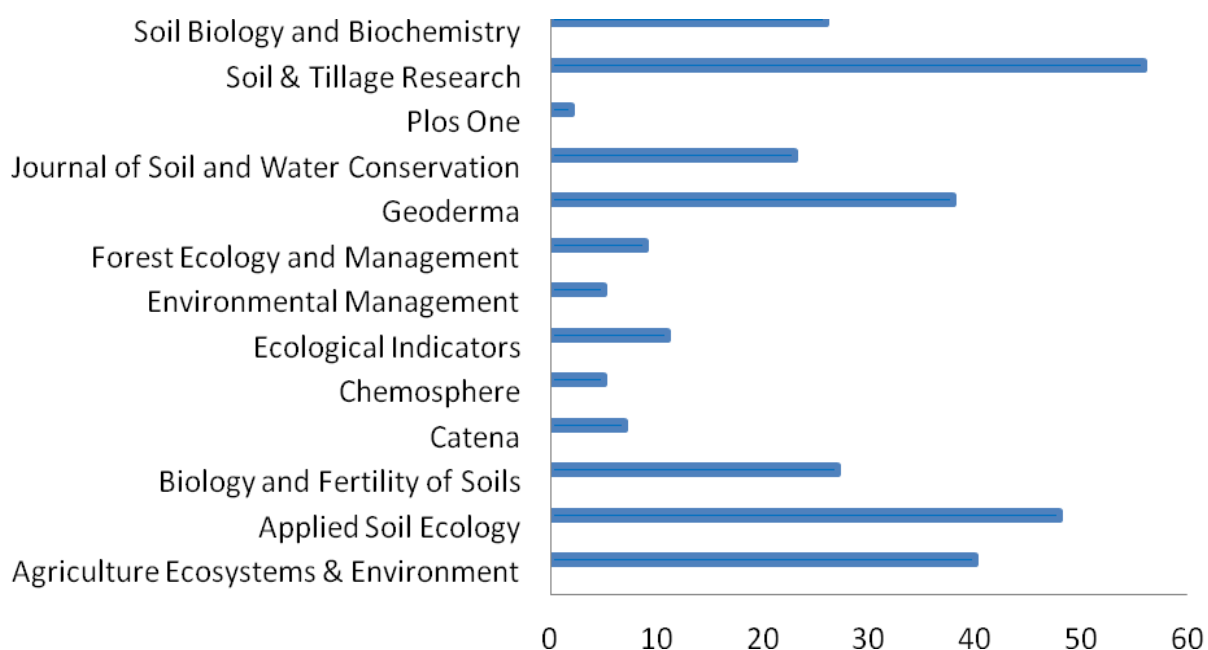


Figura 9 – Periódicos relacionados às publicações encontradas com os termos “soil quality indicators” nas bases de dados do portal Periódicos Capes.

A Figura 10 mostra o número de publicações utilizando as opções de busca: “indicadores” AND “qualidade” AND “solo” na base SciELO .

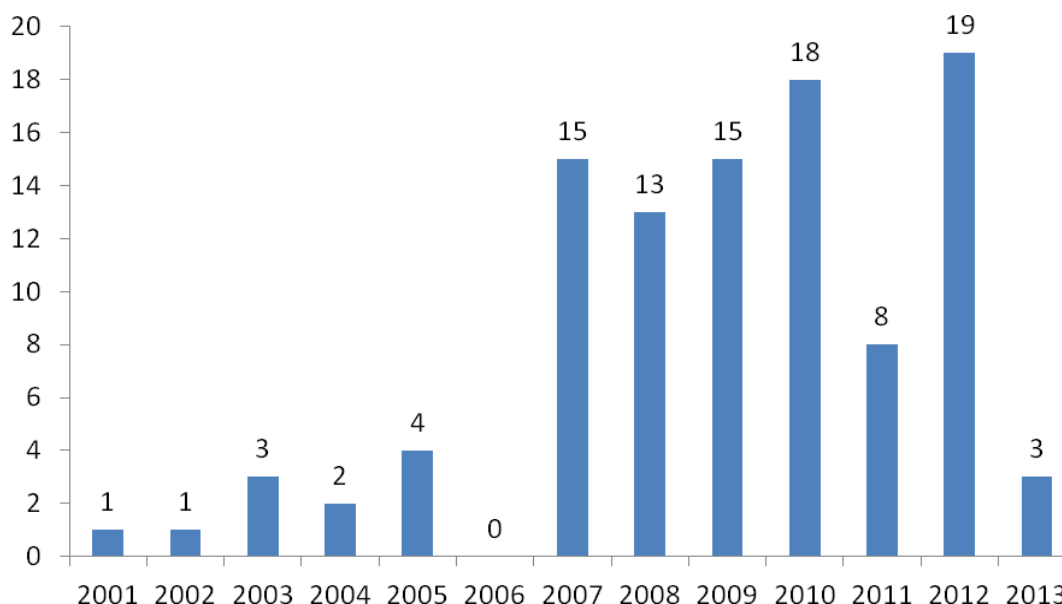


Figura 10 - Número de trabalhos publicados (n=102), com os termos “Indicadores AND Qualidade AND Solo”, a partir de 2001 na base de dados Scielo (Scientific Electronic Library Online).

Verifica-se que o número de publicações de artigos relacionados ao tema cresceu a partir de 2007 na taxa de 27% em relação a 2005, pois em 2006 não foi registrado nenhuma publicação relacionada aos índices da pesquisa nessa base de dados.

Geralmente, os temas pesquisados estão relacionados a problemas ambientais do uso do solo, onde se procura avaliar a qualidade de solos em recuperação, ou sob diferentes usos e manejos, por meio dos indicadores de qualidade, especialmente os biológicos.

Nesse tema, podemos citar os artigos mais relevantes:

Pavanelli *et al*, (2012) estudaram indicadores químicos e biológicos de qualidade de solos sob braquiária e soja no oeste paulista. Os indicadores químicos revelaram que a maioria dos solos apresentou baixa fertilidade, e os indicadores biológicos indicaram que os solos da região Oeste paulista estão em processo de degradação.

Para verificar a qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos devido à construção da Usina de Ilha Solteira, (BONINI E ALVES, 2012) utilizaram como indicadores a densidade do solo e a resistência à penetração para avaliar a qualidade física do solo recuperado com adubos verdes,

gesso e pastagem. Todos os tratamentos usados para recuperação do solo apresentaram resistência do solo à penetração semelhante à condição do solo sob Cerrado, indicando o solo está sendo influenciado positivamente, pois a resistência do solo à penetração informa que o solo está menos compactado. Os resultados indicaram que os tratamentos de recuperação têm contribuído para melhorar a qualidade física do solo e o sistema radicular na camada superficial, fornecendo matéria orgânica importante para a recuperação da estrutura do solo.

Galharte e Crestana (2010) propuseram, por meio de estudo de caso, avaliar o impacto ambiental da integração lavoura-pecuária, referente aos aspectos de conservação ambiental no cerrado. Os indicadores empregados foram relacionados à erosão, à perda de matéria orgânica e de nutrientes e à compactação. Relacionados à biodiversidade foram analisados indicadores de perda de vegetação nativa, de corredores de fauna, de espécies e variedades caboclas. O resultado da adoção da Integração lavoura-pecuária foi a diminuição da erosão, que contribui para a conservação da qualidade do solo e também da qualidade da água. Os autores concluíram que a avaliação do impacto ambiental no aspecto conservação ambiental foi satisfatória, visto que se obtiveram índices positivos e significativos em relação à qualidade do solo, biodiversidade além da qualidade da água no âmbito do estabelecimento estudado.

Gomide *et al*, (2011) utilizaram em sua pesquisa indicadores físicos, químicos e biológicos de solo em uma região Sul de Minas Gerais comprometida por erosões do tipo voçoroca. Os resultados revelaram um estado avançado de degradação do solo, conforme demonstrado por vários indicadores físicos, destacando-se volume total de poros, macro e microporosidade e densidade do solo. além disso, o voçorocamento ocasionou decréscimo acentuado na fertilidade do solo, expresso, principalmente, por redução nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , além de promover perdas no estoque de matéria orgânica do solo. Já os atributos biológicos analisados foram sensíveis ao refletirem o estágio de degradação dos ambientes de voçoroca.

4.2 Estudo de caso:

4.2.1 Indicadores físicos:

Os resultados das análises dos indicadores físicos de qualidade dos solos da área em estudo estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos indicadores físicos de qualidade dos solos em recuperação por atividade de extração de areia, em Poconé-MT.

Amostra *	Ds* (g.cm ⁻³)	PT* (%)	Ug* (%)	Análise granulométrica (%)			Rp* (MPa)
				Areia	Silte	Argila	
P1	1,36	50,5	15,1	72,4	4,8	22,8	1,91
P2	1,41	48,7	13,2	92,1	4,7	3,2	1,69

*P1: solo próximo à margem do Rio Bento Gomes – Reserva de mata ciliar; P2: solo em recuperação pela extração de areia; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; Ug: umidade gravimétrica; Rp: resistência à penetração de raízes.

De acordo com a Tabela 1, o solo degradado (P2) apresenta maior densidade, provavelmente em função do maior teor de areia, que aumenta a densidade global do solo (solos de textura grossa: Ds = 1,3 - 1,8 g.cm⁻³). Segundo (REICHERT *et al.* 2009), valores de densidade do solo superiores a 1,74 g cm⁻³ são considerados críticos. Tanto os solos da área em recuperação quanto a área testemunha apresentam valores médios de Ds abaixo desse valor.

A resistência à penetração (Rp) está relacionada diretamente com o crescimento das raízes, e, portanto, ao grau de compactação do solo. Rp com valor superior a 2 MPa indica um solo compactado (SOIL SURVEY STAFF, 1993), e esse efeito é resultante da passagem de máquinas pesadas durante os anos ou pisoteio de animais. A Rp é maior no solo testemunha (P1) provavelmente devido ao maior teor de argila. Esse comportamento da Rp com a textura também foi verificado por ROSOLEM *et al.*, (1999), indicando que quanto mais argila no solo, maior a resistência à penetração no mesmo nível de densidade.

A porosidade total (PT) é o volume de poros totais do solo ocupado pelo ar e ou pela água. Sua caracterização é de grande importância para adoção de um manejo adequado, pois este sistema está estreitamente ligado à dinâmica do armazenamento e do movimento de solutos e de circulação de gases no seu interior, essenciais aos processos bioquímicos das plantas, sobretudo aqueles relacionados

com a produtividade vegetal (KIEHL, 1979; EPSTEIN e BLOOM, 2006). Nos solos avaliados, houve pouca diferença na porosidade total, com valores compatíveis com solos de textura arenosa (0,05 a 2 mm), que tem boa porosidade e é bastante permeável, entretanto nota-se que o valor da porosidade total (PT) no solo degradado (P2) é menor em decorrência da alteração da sua estrutura física, assim havendo a redução do volume de macroporos, além das mudanças na continuidade e distribuição de poros. A penetração da água até camadas mais profundas faz com que ele seja mais seco. Assim, plantas e micro-organismos têm mais dificuldade para crescer nessas condições.

O solo testemunha (P1) apresentou maior umidade gravimétrica (Ug), lembrando que água ocupa os espaços porosos do solo, isso explica o resultado obtido.

Quanto à classe textural, os solos apresentam textura franco argilo-arenoso (P1) e arenoso (P2), devido a deposição superficial de areia extraída dos barrancos do rio no solo degradado (P2).

4.2.1 Indicadores químicos e biológicos:

Os resultados das análises dos indicadores químicos e biológicos de qualidade dos solos da área em estudo estão listados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos indicadores químicos e biológicos de qualidade dos solos em recuperação por atividade de extração de areia, em Poconé-MT.

Amostra *	pH KCl	pH água	(H + Al)	Al ³⁺	Ca+Mg	CTC*	V* (%)	P*	Matéria orgânica
			(cmol.kg ⁻¹)			mg ₁ .kg ⁻		g.kg ⁻¹	
P1	4,18	5,38	4,29	1,68	4,2	8,49	49,5	1,35	19,0
P2	4,25	5,73	2,44	1,20	2,7	5,14	52,5	1,86	18,0

*P1: solo próximo à margem do Rio Bento Gomes – Reserva de mata ciliar; P2: solo em recuperação pela extração de areia; CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7; V: saturação por bases; P: fósforo disponível.

O solo testemunha (P1) apresentou maior acidez ativa (pH), analisados tanto em KCl quanto em água.

A acidez potencial, é constituída pela somatória do H + Al do solo, que caracteriza o poder tampão de acidez do solo e sua determinação, sendo

fundamental para se determinar a capacidade de troca catiônica a pH 7;0 (CTC) . Seu valor é maior no solo P1 de acordo com os menores valores de pH e maior teor de alumínio trocável desse solo, uma vez que são elementos que contribuem para a acidez do solo.

Os teores de cátions básicos nutrientes (Ca+Mg) são importantes para um bom desenvolvimento das plantas. Segundo TOMÉ Jr (1997), podem ocorrer casos em que o solo apresenta baixos teores de Ca e Mg e de CTC, geralmente solos arenosos. Nos solos em estudo essa situação foi identificada no solo P2 (solo em recuperação), de textura arenosa.

A saturação por bases (V%) indica quanto por cento dos pontos de troca de cátions, nos coloides, estão ocupados por bases, ou, em outras palavras, quanto por cento das cargas negativas estão ocupadas por Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , em relação aos pontos de troca dos cátions ácidos H^{+} e Al^{3+} . O solo em recuperação (P2) obteve maior valor. Sendo a saturação por bases um valor relativo, pode se apresentar elevada nas condições de baixo Ca+Mg e baixa CTC, dando uma falsa indicação de fertilidade elevada.

O teor de fosforo disponível (P) é um macronutriente primário essencial para todas as plantas, pouco móvel, pois é firmemente retido em solos geralmente argilosos, não sendo um nutriente facilmente sujeito a perdas por percolação. Nos solos analisados, o P2 apresentou um maior teor devido a sua textura arenosa, o que facilita o P ficar livre no solo, apresentando assim uma maior disponibilidade ao analisar.

A matéria orgânica é um indicador importante porque é sobre essa matéria que vai devolver ao solo os nutrientes necessários para que os seres vivos que se habitam no solo, possam adquirir energia para sobreviver além de manter o equilíbrio e a conservação do solo. A MO apresenta maior valor no solo testemunha (P1) devido ao seu nível de vegetação e não revolvimento do solo.

5. CONCLUSÃO

Nos últimos anos, os interesses em pesquisas sobre a aplicação de indicadores ambientais na avaliação da qualidade de solos cresceram, especialmente a partir de 2005, devido à preocupação com a qualidade do solo.

Os indicadores mais utilizados, de acordo com os artigos publicados, são os indicadores físicos, para avaliar áreas que foram expostas a algum tipo de degradação.

No estudo de caso, os indicadores que caracterizaram a qualidade do solo em recuperação (P2) diferindo do solo testemunha (P1) foram a Porosidade Total (PT), a Densidade do solo (Ds), os teores de cátions nutrientes Ca+Mg e a CTC do solo.

Por mais que o solo degradado tenha passado por um processo de recuperação, a qualidade do solo nunca será igual ao seu estado original. Isso mostra a importância de conservarmos ou ainda combinarmos métodos de manejo e de uso dos solos, com a finalidade de protegê-lo contra as deteriorações.

6. REFERÊNCIAS

- ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K. & NANNIPIERI, P., eds. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London, Academic Press, 1995b. p.214-219.
- ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A.; PEREIRA, I. M. 2006. **Avaliação da regeneração natural na recomposição de matas ciliares em nascentes na região sul de Minas Gerais**. *Cerne*, p. 12 (4), 360-372.
- ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. The soil management assessment framework: A quantative soil quality evaluation method. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 6, p. 1945-1962, Nov./Dec.2004.
- BARBOSA, L. M. 2000. **Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares**. Matas Ciliares – Conservação e Recuperação. RODRIGUES, R. R. ; LEITÃO FILHO, H. F. EDUSP/FAPESP, São Paulo, p. 289–311.
- BARBOSA, L. M. 2006. Modelos alternativos para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares no Estado de São Paulo. In : Workshop sobre recuperação de áreas degradadas em matas ciliares, São Paulo. **Anais. Insituto de Botânica**, p. 89.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 1983.647p.
- CAROLINA S. B. BONINI¹ & MARLENE C. ALVES. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há 17 anos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, PB, v.16, n.4, p.329–336, 2012.
- CAROLINE A. GALHARTE²; SILVIO CRESTANA. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: Aspecto conservação ambiental no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, 2010.
- CHABARIBERY, D.; SILVA, J.R.; TAVARES, L. F. J.; LOLI, M. V. B.; MONTEIRO, A. V. V. M. 2008. Recuperação de matas ciliares : sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. **Informações Econômicas**, SP, p.38 (6), 7-20.
- CORINGA, E. A. O. **Solos**. Curitiba: Editora Livro Técnico, 2012, 248 p.
- CIRO ANTONIO ROSOLEM², ELENA MERCEDES FERNANDEZ³, MARCELO ANDREOTTI³ E CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração - **Pesq. agropec. bras.** vol.34 no.5 Brasília May 1999.
- CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. Vocabulário de ciência do solo. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1993. 90 p.
- DURIGAN, G.; SILVEIRA, É. R. 1999. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scienta Florestalis**, 56, p. 135-144.

EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção de fósforo em Latossolos sob pastagens no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.

EDSON ALVES DE ARAÚJO, JOÃO CARLOS KER, JÚLIO CÉSAR LIMA NEVES, JOÃO LUIZ LANI - Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação - **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia** v.5, n.1 jan/abr. (2012)

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília : Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FAGERIA, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília, DF: 1981-DPU, p. 1989. 425 (**EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18**).

FAGERIA, N.K.; STONE. Documentos 197. Qualidade do solo e meio ambiente, **Embrapa**, GO p. 9-28, 2006.

FAO. **A provisional methodology for soil degradation assessment**. Rome, 1978. 84 p.

GOMES, M. A. F. ; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2006. 8 p.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E.A.; Ladd J.N (eds). **Soil biochemistry**. Marcel Dekker, 1981. p.425-471.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. 2000. Recuperação de áreas ciliares. In: **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F. 1ªed. EDUSP/FAPESP, São Paulo, p. 249-270.

KARLEN, D. L.; ANDREWS, S. S.; WIENHOLD, B. J.; DORAN, J. W. Soil quality: Humankind's foundation for survival. **Journal of Soil and Water** , Ankeny, v. 58, n. 4, p. 171-179, Jul./Aug. 2003

KARLEN, D. L.; HURLEY, E. G.; ANDREWS, S. S.; CAMBARDELLA, C. A.; MEEK, D. W.; DUFFY, M. D.; MALLARINO, A. P. Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 3, p. 484-495, May/June 2006.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relações solo-planta. **Piracicaba: Agronômica Ceres**, 1979. 264 p.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p.37-51. (Special, 35)

PAVANELLI, LEILA ELVIRA, FABIO FERNANDO DE ARAÚJO. Parâmetros químicos e biológicos indicadores de qualidade de solo sob cultivo de braquiárias e soja no oeste paulista. **Revista Ceres, Viçosa**. SP, v. 57, n.1, p. 118-124, jan/fev, 2010.

PEDROTTI, A.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M.; CARVALHO, R. Relações entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 1-9, 2003.

PLÍNIO HENRIQUE OLIVEIRA GOMIDE, MARX LEANDRO NAVES SILVA; CLÁUDIO ROBERTO FONSÊCA SOUSA SOARES. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambiente de voçorocas no município de Lavras- MG. **Revista Bras. Ci. Solo**, MG, 35:567-577, 2011.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. **Qualidade dos Solos e Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas**. p. 30-48, 2003.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R. & HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil Till. Res.**, 102:242-254, 2009.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREDJA, J. J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science, Madison**, v.164, p. 224-233, 1998.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1993. Soil survey manual. **Soil Conservation Service**. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.

TOMÉ JR., JB. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997, 247 p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Revisão de Literatura: **Uma visão sobre a qualidade do solo**. p. 744-755, 2009.

VIEIRA, L.S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975.