CENTRO UNIVERSITÁRIO CENTRAL PAULISTA - UNICEP

BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

QUALIDADE DO SOLO: INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO COMPARADOS A ÁREA DEGRADADA

Gustavo Renan Galvim Rigo

São Carlos – SP
2021

CENTRO UNIVERSITÁRIO CENTRAL PAULISTA - UNICEP

BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

QUALIDADE DO SOLO: INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL COMPARADOS A ÁREA DEGRADADA

Gustavo Renan Galvim Rigo

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Agronômica pelo Centro Universitário Central Paulista – UNICEP

São Carlos – SP

2021

Gustavo Renan Galvim Rigo

QUALIDADE DO SOLO: INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL COMPARADOS A ÁREA DEGRADADA

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Agronômica pelo Centro Universitário Central Paulista – UNICEP

Orientadora:

_____

Prof[a]

Banca Examinadora:

_____

Prof[a]

AGRADECIMENTOS

À minha família e a todos que, de alguma forma, fizeram esse trabalho acontecer.

RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho estabelecer através da literatura dados físicos, químicos e biológicos que possam ser considerados indicadores de qualidade de solo (IQS) e analisar comparativos entre duas áreas localizadas na instituição de ensino Centro Universitário Central Paulista – UNICEP na cidade de São Carlos – São Paulo sendo uma área de preservação ambiental e uma área que se encontra degradada. Nesse sentido foram utilizados como indicadores de qualidade de solo biológicos o carbono da biomassa microbiana (CBM), para indicadores físicos a granulometria e textura e para indicadores químicos os teores de matéria orgânica, carbono orgânico total (COT), CTC, pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio. Este levantamento permite ter-se uma visão mais integrada de todos os indicadores e conseguir avaliar integralmente a qualidade do solo estudada.

Palavras-chave: indicadores, solo, biológico, físico, químico.

ABSTRACT

The objective of this study was to establish, through the literature, physical, chemical and biological data that can be considered indicators of soil quality and to analyze comparatives between two areas located at Centro Universitário Central Paulista – UNICEP in the city of São Carlos – São Paulo, being one an area of environmental preservation and an area that is degraded. In this sense, were used for soil quality indicators as biological, microbial biomass carbon (MBC), for physical indicators, particle size and texture, and for chemical indicators, organic matter content, total organic carbon (TOC), CTC, pH, aluminum, calcium, magnesium, phosphorus and potassium. This survey allows us to have a more integrated view of all indicators and to be able to fully assess the studied soil quality.

Keywords: indicators, soil, biological, physical, chemical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem aérea constatando o ponto de coleta 17
Figura 2 – Triângulo para determinação das classes de textura de horizontes dos solos. 18
Figura 3 – Coleta P2 representando área de preservação permanente em profundidade de 0-20 cm. 19
Figura 4 – Coleta P1 representando área de preservação permanente em profundidade de 0-20 cm. 19
Figura 5 - Coleta P4 representando área de preservação permanente em profundidade de 0-20 cm. 20
Figura 6 - Coleta P3 representando área de degradação em profundidade de 0-20 cm. 20
Figura 7 – Coleta P2 representando a área de degradação em profundidade de 80-100 cm. ..20
Figura 8 – Coleta P4 representando a área de degradação em profundidade de 80-100 cm. ..20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados de análise física – granulometria. 18
Tabela 2 – Resultados de análise química – pH. 30
Tabela 3 – Resultados de análise química – matéria orgânica e carbono total. 30
Tabela 4 – Resultados da análise química – Fósfoto, Potássio, cálcio, magnésio. 31
Tabela 5 – Resultados complementares – SB, CTC, V% e m%. 31
Tabela 6 – Resultado da análise da biomassa microbiana do solo. 31

Sumário

1. INTRODUÇÃO 9
2. OBJETIVOS 10
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS 10
4. REFERENCIAL TEÓRICO 10
4.1. Indicadores de qualidade de solo 10
4.2. Indicadores físicos de qualidade de solo 11
4.3. Indicadores químicos de qualidade de solo 12
4.4. Indicadores biológicos de qualidade de solo 12
4.5. Matéria Orgânica do solo 14
4.6. Biomassa microbiana do solo 15
5. Material e métodos 16
5.1. Localização e descrição das áreas de estudo 16
5.2. Amostragem de solo 16
6. Indicadores físicos avaliados em laboratório 17
6.1. Textura e análise granulométrica 17
6.2. Cor do solo 19
7. Indicadores químicos avaliados em laboratório 21
7.2. Matéria orgânica e carbono total 22
7.3. Determinação de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) pelo método da resina 22
7.4. Resultados complementares: Capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) 24
7.5. Índices de saturação do solo: relações entre base:CTC 27
7.6. Determinação da biomassa microbiana 28
8. Conclusão 30
9. Referências bibliográficas 34

1. INTRODUÇÃO

O solo é um importante e fundamental elemento para a sustentação do ecossistema terrestre, fornecendo nutrientes essenciais para o desenvolvimento e crescimento de plantas e também para a vida microbiológica. Utilizado pelos seres humanos como fonte de produção de alimentos, logo o solo é o fundamento básico para a produção agrícola e animal. De acordo com Doran e Jones, citados por Lisboa et al (2012, p. 2), a manutenção da qualidade do solo, ou mesmo a sua melhoria, é fundamental para a sustentabilidade de agroecossistemas, visando à produção agrícola e à preservação ambiental.

Em linhas gerais, a qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a composição natural do solo, sendo também fortemente relacionada com as práticas intervencionistas do homem (ARAUJO et al, 2012). Entretanto, devido à heterogeneidade e dinâmica do compartimento solo, a sua qualidade não pode ser mensurada diretamente, podendo ser estimada a partir de indicadores arbitrados pelo homem (CHAER, 2001). Esses indicadores necessitam ser quantificados, integrados e comparados de forma a permitir que se aponte a direção na qual as mudanças do solo estão caminhando.

A qualidade do solo havia sido concebida em razão de seu papel em ecossistemas naturais e agroecossistemas, uma vez que a qualidade deste recurso natural, historicamente, sempre esteve relacionada à sua produtividade (ARAUJO et al, 2012). Portanto, se pensarmos em modelos comumente utilizado para levantamento de dados de qualidade de solo, os IQS mais utilizados atribuem maior importância a indicadores de caráter físico e/ou químico com objetivos de fertilidade de solo.

Atualmente, considera-se a necessidade da inclusão de indicadores biológicos, como a diversidade e atividade microbiana, nesses modelos, uma vez que os processos microbiológicos são os mais sensíveis às mudanças do conjunto de propriedades dos solos (STABEN et al., 1997).

A incorporação de indicadores microbiológicos nos modelos para determinação de índices de qualidade de solo representa o reconhecimento de sua importância na dinâmica dos ecossistemas, visto que, os microrganismos são determinantes na formação do solo, ciclagem de nutrientes, transformações da matéria orgânica e da composição de espécies vegetais (CHAER, 2001).

Segundo DORAN e PARKIN (1994), citados por Araujo et al (2012, p.188) eles enfatizam ser difícil uma definição concreta e consensual sobre qualidade de solo, e sustentam que a qualidade do solo é uma característica abstrata e que, portanto, não pode ser definida,

uma vez que ela depende de fatores externos, como práticas de manejo e uso da terra e interações do meio ambiente e dos ecossistemas. Além disso, demonstram a complexidade em definir qualidade do solo para os solos, já que as composições físicas, químicas e biológicas variam enormemente dentro dos sistemas por serem dinâmicos e dependentes de fatores externos.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o levantamento de índices que podem ser utilizados como IQS entre duas áreas, uma de preservação ambiental e uma área degrada e com isso fornecer informações comparativas entre as mesmas. Portanto, foram realizadas análises microbiológicas determinando o carbono da biomassa microbiana, análises físicas como textura e granulometria e análises químicas como matéria orgânica, carbono orgânico total (COT), pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem por finalidade coletar dados físicos, químicos e biológicos que são considerados indicadores de qualidade de solo, e com isso, analisar a comparação dos resultados das análises entre duas áreas. As informações analisadas como carbono da biomassa microbiana, granulometria, textural, carbono orgânico total, CTC, matéria orgânica, pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio terão como objetivo comparar integralmente todos os dados e definir parâmetros de qualidade de solo.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar atributos físicos, químicos e biológicos citados na literatura como indicadores de qualidade de solo e com isso comparar dados entre duas áreas sendo uma de preservação ambiental e uma degradada.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Indicadores de qualidade de solo

É essencial a avaliação de indicadores físico, químico e biológico de qualidade do solo para a obtenção de informações necessárias à tomada de decisões principalmente voltadas a escolha de manejo mais adequado a uma dada área, levando em consideração aspectos voltados a sustentabilidade produtiva do ambiente e a conservação ecossistêmica (CAMARGO, 2016). A maioria dos conceitos propostos atualmente se baseiam na qualidade do solo como a

capacidade de este funcionar dentro dos limites do ecossistema e interagir positivamente com o meio ambiente externo daquele ecossistema (ARAUJO et al., 2012).

De acordo com ARAUJO et al. pelo fato de necessitar de um número razoável de variáveis, a qualidade do solo não pode ser mensurada diretamente, mas pode ser estimada a partir de indicadores de qualidade de solo, e ainda, tais indicadores são propriedades mesuráveis (quantitativas ou qualitativas) do solo ou da planta acerca de um processo ou atividade que permite caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema.

É importante reconhecer que a qualidade do solo é a base para o desenvolvimento da sustentabilidade agrícola e florestal, servindo como indicador para o manejo de terras, do solo e das culturas (HERRICK, 2000). Além disso, de acordo com (ABBOUD, 2013) a conservação do solo e da água preconiza um conjunto de medidas objetivando a manutenção ou recuperação de suas condições físicas, químicas e biológicas, estabelecendo critérios para o uso e manejo das terras, de forma a não comprometer sua capacidade.

Para monitorar a qualidade do solo e sua dinâmica, foram desenvolvidos índices de qualidade do solo baseados em propriedades ou indicadores físicos, químicos e biológicos (LOZADA, 2015). Entender e conhecer a qualidade do solo possibilita manejá-lo de maneira que ele funcione de forma ótima no presente e que não seja degradado para uso futuro. Pelo monitoramento das mudanças na qualidade do solo, pode-se determinar se um conjunto de práticas é sustentável (CHAER, TÓTOLA, 2002).

4.2. Indicadores físicos de qualidade de solo

A qualidade física do solo é um importante elemento de sustentabilidade. Para SILVA et at. (2010) a qualidade é um atributo inerente a cada tipo de solo, o qual pode ser modificado a partir de características e propriedades ou observações indiretas.

Os indicadores de qualidade físicas do solo devem ser aqueles que podem ser mensuráveis e alterados pelo manejo do solo. Portanto, de acordo com MOTA, FREIRE e JUNIOR (2013) os atributos como densidade do solo, teor de matéria orgânica, estabilidade de agregados, resistência à penetração e condutividade hidráulica podem ser alterados pelo uso e manejo do solo, sendo bastante utilizados como indicadores físicos dos solos.

Ainda, segundo ARAUJO et al. (2007) os atributos físicos têm merecido destaque, visto que, eles podem afetar diretamente a qualidade química e biológica dos solos. Além disso, podem determinar também a taxa de infiltração, retenção e disponibilidade de água às plantas, permitindo maior ou menor degradação e trocar de calor e gases entre atmosfera e plantas.

4.3. Indicadores químicos de qualidade de solo

No solo os atributos químicos é um dos fatores que mais rapidamente são afetados pelos processos de degradação. Os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos (Al3+, por exemplo) e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m) (ARAUJO et al., 2007). De acordo com CAMARGO (2016), esses elementos podem indicar as necessidades nutricionais das plantas, contaminação ou poluição.

As alterações nos indicadores químicos são resultado do desenvolvimento dos sistemas e ocorre em função do tempo e da condução de cada sistema de uso e manejo do solo (CAMARGO, 2016).

A matéria orgânica é considerada como eficiente indicador para determinar a qualidade do solo modificada por sistemas de manejo (CONCEIÇÃO et al., 2005). A importância da matéria orgânica do solo se deve, principalmente, ao seu comportamento coloidal, que se refere aos solos CTC (ABBOUD, 2013).

A matéria orgânica por sua vez está ligada diretamente relacionadas aos atributos físicos e químicos, uma vez que, a matéria orgânica contém nutrientes necessários ao crescimento vegetal, disponibilidade de carbono ao solo, considerada fonte ou dreno de processos biológicos, além de, determinar atributos de densidade, agregação, porosidade e etc.

A fitotoxidez por Al^{3+} é uma das principais limitações químicas ao uso agrícola em ecossistemas tropicais, em razão da sua capacidade de gerar acidez no solo (MARSCHNER, 1995). De acordo com a FERREIRA (2006), a toxidez causada por alumínio é um fator limitante de grande importância e a taxa de redução de crescimento radicular de plantas sensíveis tem sido considerado o principal efeito de níveis tóxicos de alumínio.

Medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes, como cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes, assim como suas relações são importantes para avaliar qualidade de solo entre diferentes sistemas de manejo (ARAUJO et al., 2012).

4.4. Indicadores biológicos de qualidade de solo

A fauna do solo é dividida em micro, meso e macrofauna de acordo com seu tamanho corporal. A atividade biológica da fauna do solo e serrapilheira está concentrada na camada superior a 20 cm do solo, abaixo dessa profundidade há uma diminuição na riqueza taxonômica, na densidade e biomassa desses organismos (RUIZ; LAVELLE; JIMENEZ, 2008).

A habilidade dos animais do solo em transportar, ingerir, ou modificar a estrutura física do solo é positivamente relacionada ao tamanho do corpo. Os organismos maiores do solo (minhocas, térmitas e formigas), devido ao seu tamanho corporal, influenciam as propriedades físicas do solo e a biota menor (ácaros e principalmente microrganismos), atingem principalmente, a decomposição da serapilheira e as reações químicas que ocorrem nesses ambientes (MANHAES, FRANCELINO, 2016).

Para manutenção da qualidade do solo e da sustentabilidade de seu uso, é fundamental que a abundância e diversidade de espécies da macrofauna edáfica seja promovida (SILVA et al., 2006). De acordo com MENDES e JUNIOR (apud DORAN, 1980; DICK, 1994; TRASAR-CÈPEDA et al., 1998; MATSUOKA et al., 2003) por ser a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo e por atuar em importantes processos biogeoquímicos, vários estudos mostram que os indicadores biológicos são mais sensíveis que os indicadores químicos e físicos para detectar, com mais antecedência, alterações que ocorrem no solo em função do seu uso e manejo.

Os indicadores biológicos, como a biomassa microbiana do solo, o nitrogênio mineralizável, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal (ARAUJO et al., 2012).

A BM é um dos componentes que controlam funções-chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais e representa ainda uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente desviados para os ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõem o ecossistema (TÓTOLA e CHAER, 2002). Ademais, o fato de muitos microrganismos utilizarem a fração disponível da matéria orgânica os faz sensíveis a mudanças na sua qualidade. A BM tem sido, assim, proposta como um indicador do estado e das mudanças da matéria orgânica total do solo (TÓTOLA e CHAER, 2002).

Os micro-organismos desempenham um papel crucial/importante na decomposição do material orgânico, ciclagem de nutrientes, imobilização de nutrientes em suas próprias células e outras mudanças químicas no solo. Pois os processos que envolve as transformações do material orgânico presente no solo são mediados, em alguma fase por microrganismos. Assim, os microrganismos, em particular a biomassa microbiana do solo tem um papel vital na regulação nas transformações de matéria/nutrientes em energia, podendo ser considerada fonte ou dreno desses processos (CUNHA, MENDES e GIONGO, 2015).

Isso justifica a necessidade da inclusão dos indicadores biológicos nos índices de qualidade do solo e de estudos visando selecionar quais indicadores biológicos seriam os mais apropriados para esse fim.

4.5.Matéria Orgânica do solo

A matéria orgânica do solo provém, em quase sua totalidade, dos organismos vegetais cuja composição varia entre as espécies vegetais e, dentro da mesma espécie, com a idade da planta e animais existentes no solo (CUNHA, MENDES e GIONGO, 2015). A matéria orgânica do solo pode ser definida como todo material orgânico, vegetal ou animal (liteira, fragmentos de resíduos, biomassa microbiana, compostos solúveis e a matéria orgânica ligada intimamente aos argilominerais do solo (STEVENSON, 1994).

De acordo com ABBOUD (2013) a importância da matéria orgânica do solo se deve, principalmente, ao seu comportamento coloidal, que confere aos solos CTC. Por ser o sustento da biota do solo, é essencial para manter a biodiversidade nos agroecossistemas. Além disso, nos ecossistemas naturais, o acúmulo de matéria orgânica se dá pela deposição lenta e contínua de biomassa como folhas, galhos, planta e animais mortos.

A matéria orgânica pode ser dividida em fração ativa e passiva, sendo a primeira composta por substancias húmicas de baixo peso mole molecular, por resíduos de plantas e animais e seus produtos primários de decomposição, e pela biomassa microbiana (STEVENSON, 1994).

Os conceitos modernos de qualidade do solo e sustentabilidade agrícola têm sido abordados de maneira ampla, visto que, incluem a necessidade de aumentar a produtividade agrícola, a preservação dos recursos naturais e a qualidade ambiental (CUNHA, MENDES e GIONGO, 2015). Além disso, a matéria orgânica do solo é considerada um dos indicadores mais uteis para avaliação da qualidade do solo, pois sua interação com diversos componentes do solo exerce efeito direto na retenção de água do solo, formação de agregados, densidade do solo, pH, capacidade tampão, capacidade de troca catiônica (CTC), mineralização, sorção de metais pesados, pesticidas e outros agroquímicos, infiltração, aeração e atividade microbiana (CUNHA, MENDES e GIONGO, 2015).

Entre os atributos químicos do solo afetados pela matéria orgânica do solo, destacam-se a disponibilidade de nutrientes para as culturas, a CTC e a complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes fundamentais em solos tropicais, altamente intemperizados e ácidos (BAYER e MIELNICZUK, 2008). Ainda, a matéria orgânica do solo também desempenha

papel fundamental na nutrição do solo, atuando na CTC de forma que quanto maior o teor de carbono orgânico no solo, maior a CTC do solo, e com isso maior a capacidade de adsorção de cátions. Grande parte dos cátions adsorvidos pelo solo são nutrientes que podem ser utilizados pelas plantas como por exemplo $Ca^{2+,}$ Mg^{2+} e K^{+}. Logo, o aumento da matéria orgânica do solo pode melhorar a nutrição das plantas em virtude de uma maior disponibilidade de nutrientes adsorvidos no solo (CIOTTA et al., 2013; COSTA et al., 2004; FONTANA, 2009).

A matéria orgânica tem implicações sobre o comportamento físico do solo, quer seja por atuar diretamente sobre alguns de seus processos físicos, quer seja por seus efeitos indiretos. Indiretamente, a matéria orgânica interfere o comportamento físico do solo por seus efeitos sobre a agregação e consistência do solo, atuando na formação de agregados e, portanto, na distribuição do tamanho de poros, bem como na sua estabilidade (BRAIDA et al., 2011).

Devido à complexidade de seus componentes, a identificação dos compartimentos ou frações da matéria orgânica do solo é de grande importância para o entendimento da sua dinâmica em determinado sistema. Essa identificação pode auxiliar na formulação de estratégias que preservem a matéria orgânica do solo e viabilizem sistemas produtivos mais sustentáveis (SILVA e MENDONÇA, 2007).

4.6. Biomassa microbiana do solo

A biomassa microbiana do solo, também conhecida como carbono da biomassa microbiana, é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo e inclui bactérias, fungos, actinobactérias, algas e microfauna, excluindo-se as raízes e os animais maiores que 5x10 μm^3, sendo considerada o compartimento central do ciclo do carbono (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A fração viva do solo é essencial para seu funcionamento, sendo a esta atribuídos muitos processos que regem a manutenção e a funcionalidade dos solos (CARDOSO e ANDREOTE, 2016).

A biomassa microbiana está diretamente relacionada aos teores de MOS e à fertilidade do solo, e por isso responde rapidamente às práticas que levam ao decréscimo ou acréscimo da matéria orgânica do solo (CARDOSO e ANDREOTE, 2016).

Em situações com maior deposição de resíduos orgânicos no solo e com grande quantidade de raízes, há estímulo da biomassa microbiana, acarretando seu aumento populacional e de sua atividade (CATTELAN e VIDOR, 1990). Segundo Rodrigues e Barros (1997), os valores de biomassa microbiana indicam o potencial de reserva de carbono no solo

e, portanto, permite aferir o acúmulo ou perda de carbono em função de determinado manejo. Determina também, que quanto maior a biomassa microbiana, maior será a reserva de carbono no solo, o que expressa menor potencial de decomposição da matéria orgânica.

Em ambientes equilibrados, as coberturas vegetais apresentam uma integração harmoniosa com os atributos edáficos. Esta harmonia é proporcionada pelos processos essenciais envolvendo a ciclagem de nutrientes e a deposição e decomposição do material vegetal (PINTO et al., 2019).

A utilização de indicadores que se baseiam na mensuração das frações de maior labilidade e sensibilidade da MOS, tem elevadas possibilidades de serem mais adequados para a avaliação da qualidade do solo, principalmente em ambientes equilibrados beneficiados pelas distintas coberturas vegetais (PINTO et al., 2019)

5. Material e métodos

5.1. Localização e descrição das áreas de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na instituição de ensino Centro Universitário Central Paulista – UNICEP. A área em estudo encontra-se dentro do campus da faculdade localizadas próximo à casa de vegetação do curso de Engenharia Agronômica com uma área de aproximadamente 29.802,85 m² nas coordenadas 21°58'57.05"S e 47°56'3.58"O. O local está localizado na cidade de São Carlos – São Paulo e possui como vegetação original predominante o cerrado. A temperatura média da região é de 20,6ºC e precipitação anual de 1558,3 mm.

A localização da área em estudo possui uma área de preservação ambiental (APA) com aproximadamente 147 mil metros quadrados estendendo-se da instituição de ensino e os condomínios Parque Ferh, Montreal, Quebec e Moradas. A área degradada possui aproximadamente 20 mil metros quadrados. Para a viabilidade do estudo foram separados apenas uma parte da área total que contemplasse a área de degradação e a área de preservação.

5.2. Amostragem de solo

Para a caracterização, classificação e avaliação das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo foram coletadas amostras de solo nas áreas. Foram coletadas 12 amostras de solos sendo: 4 para determinação da avaliação microbiológica sendo 2 na área degradada e 2 na área de preservação ambiental em profundidades de 0-10 cm; 4 amostras em profundidade de 0-20 cm para determinação da avaliação química sendo 2 na área degradada e 2 na área de

preservação ambiental; 4 amostras em profundidade 80-100 cm para avaliação da classificação do solo sendo 2 na área degradada e 2 na área de preservação ambiental.

Os pontos de amostragem de solos foram determinados de maneira aleatória sendo escolhidos quatro pontos para as avaliações sendo: 2 pontos na área degradada e 2 pontos na área de preservação ambiental. A coleta foi realizada com o objetivo de recolher amostras do tipo simples, ou seja, para cada amostra seriam determinadas todas as características.

Figura 1 - Imagem aérea constatando o ponto de coleta

Fonte: Google Earth

6. Indicadores físicos avaliados em laboratório

6.1. Textura e análise granulométrica

A textura de um solo constitui-se numa das características mais estáveis do solo e representa a distribuição das partículas quanto ao tamanho. A distribuição do tamanho das partículas define a sua textura, ou classe textural, que é um importante parâmetro para a caracterização dos solos (VAZ et al.,1997).

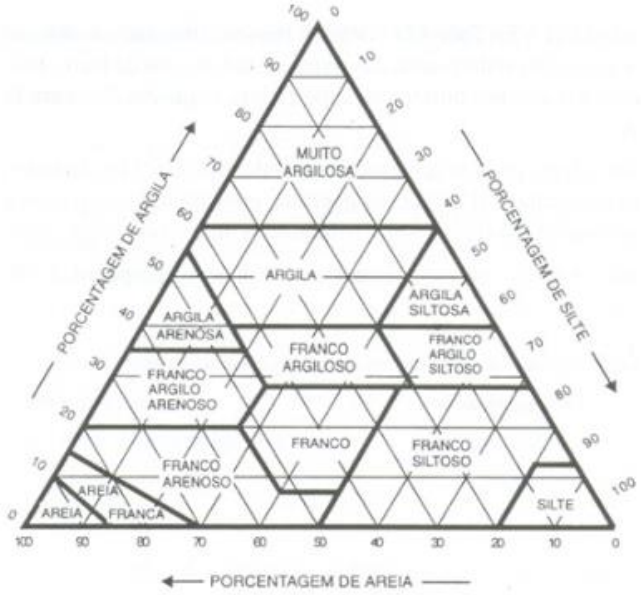
A determinação da textura do solo é uma da mais importante análise para a classificação de um solo e compreende fatores de crescimento das plantas influindo sobre a retenção, movimento e disponibilidade de água, arejamento do solo, disponibilidade de nutrientes, resistência à penetração das raízes, estabilidade dos agregados, compactação dos solos e erodibilidade.

A análise granulométrica de solos pode ser definida como a distribuição do tamanho das partículas primárias de sua fase sólida, baseada nos diâmetros equivalentes destas partículas. As menores de 2 mm de diâmetro são geralmente divididas em três frações: areia, silte e argila. Sendo assim, a determinação das proporções entre as várias frações granulométricas do solo é importante para o entendimento do comportamento e do manejo dos mesmos e determinação do gradiente textural (RECH et al, 2013).

Para determinar a classificação do solo a análise granulométrica foi realizada através de ensaio em laboratório pela Embrapa Pecuária Sudeste – São Carlos - SP pelo método da pipeta. O método da pipeta é especialmente utilizado na determinação da argila podendo determinar também a fração silte (EMBRPA, 2017). A separação da argila da fração silte é feita por meio de sedimentação diferencial das partículas com base no tempo que as partículas levam para chegar até o fundo de um recipiente com água. As partículas de argila levam mais tempo para chegar ao fundo do recipiente enquanto o silte tem sedimentação mais rápida.

Após a determinação das porcentagens das frações areia, silte e argila, o solo é classificado quanto à sua textura utilizando-se o triângulo textural.

Figura 2 – Triângulo para determinação das classes de textura de horizontes dos solos.



Fonte: IAC – Boletim técnico de analises granulométrica

Os resultados obtidos expressos na tabela abaixo evidenciam que o solo estuda possui uma textura média arenosa de acordo com o triangulo textural.

Tabela 1 – Resultados de análise física – granulometria.

Cod. Lab.	**Descrição Amostra**	**Areia Total**	**Argila**	**Silte**	**Classificação Textural**
		Textura (g.Kg-1)			
1375	**AM1** 0-20	664	223	113	Média arenosa
1376	**AM2** 0-20	723	154	123	Média arenosa
1377	**AM3** 0-20	706	241	53	Média arenosa
1378	**AM4** 0-20	667	286	47	Média arenosa

Fonte: Próprio autor

6.2.Cor do solo

A cor do solo é uma importante propriedade morfológica do solo sendo facilmente determinada no campo. A cor do solo reflete, na maioria dos solos tropicais, basicamente, a composição de cores de minerais de ferro e o conteúdo de matéria orgânica presente no solo. A cor de um horizonte ou camada pode ser relativamente uniforme ou, apresentar misturas de diferentes cores. A cor do solo é facilmente determinada em campo pela comparação visual de amostras secas e úmidas utilizando-se a carta de Munsell.

De acordo com CAMPOS (2001) o estudo da cor dos solos está intimamente relacionado aos constituintes do solo, principalmente à presença de óxidos de ferro e matéria orgânica sendo, portanto, a cor, um importante indicador da composição e da gênese do solo. Os principais mecanismos que proporcionam a diferenciação das cores são aqueles fundamentais na gênese dos solos: a acumulação de matéria orgânica, a translocação de materiais, a drenagem e a alteração das rochas.

Portanto, é importante a avaliação da cor do solo, pois tem um papel fundamental na classificação de solos. No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018) o fator cor aparece em várias classificações de solo inclusive determinando nome ao solo. Para a determinação da cor do solo foram coletados 4 pontos (P1, P2, P3 e P4) nas profundidades de 0-20 cm e 80-100 cm.

Figura 4 – Coleta P1 representando área de preservação permanente em profundidade de 0-20 cm.

Fonte: Próprio autor

Figura 3 – Coleta P2 representando área de preservação permanente em profundidade de 0-20 cm.

Fonte: Próprio autor

Figura 6 - Coleta P3 representando área de degradação em profundidade de 0-20 cm.

Fonte: Próprio autor

Figura 5 - Coleta P4 representando área de preservação permanente em profundidade de 0-20 cm.

Fonte: Próprio autor

Figura 8 – Coleta P4 representando a área de degradação em profundidade de 80-100 cm.

Fonte: Próprio autor

Figura 7 – Coleta P2 representando a área de degradação em profundidade de 80-100 cm.

Fonte: Próprio autor

As comparações das cores das coletas foram avaliadas de acordo com a carta de Munsell. Para as coleta P1 e P2 foram evidenciadas as cores 10YR 5/1 para profundidades de 0-20 e GLEY1 4/10Y para profundidades 80-100 cm. Para as coletas P3 e coleta P4 foram evidenciadas as cores 10YR 4/4 para as profundidades 0-20 cm e 10YR 5/6 para as profundidades 80-100 cm. Contudo, conclui-se que a classificação de solos para estes dois ambientes é Latossolo amarelo textura média 23% e Gleissolo háplico textura média 23%.

7. Indicadores químicos avaliados em laboratório

7.1. pH: acidez ativa e acidez potencial

O pH do solo é a medida da acidez de uma solução aquosa formada pela mistura de uma amostra do solo com água, que é agitada e depois passa por um processo de decantação ou filtração. Sua avaliação é importante pois pode interferir nos índices de produtividade e qualidade de solos, visto que, a adoção de práticas agrícolas de manejo do solo e da pastagem inseridas dentro de um contexto não conservacionista tem levado a extensas áreas de pastagens degradadas (MOREIRA, PEREIRA e FARIA, 2017).

A diminuição dos nutrientes do solo, sobretudo os cátions de caráter básico (Ca^{2+} e Mg^{2+}), seja pela erosão do solo, falta de correção ou não reposição dos nutrientes retirados pelo pastejo, tem ocasionado a queda da qualidade química destes solos (CANELLAS et al., 2003)

No presente trabalho os valores de pH foram determinados em água, cloreto de cálcio ($CaCl_2$) 0,01m e em solução tampão SMP para determinação de H + Al.

A determinação do pH em água foi realizada de acordo com o manual da Embrapa que consiste na adição de 10g de solo TFSA (terra fica seca ao ar) em copo plástico e misturado em 25 ml de água destilada. A amostra deve ser agitada e o peagâmetro com eletrodo calibrado com duas soluções de calibração: uma com pH 4,00 e outra com pH 7,00. A solução de solo e agua após decantação é colocada no eletrodo do peagâmetro e determinado os seus valores de pH em água. A determinação do pH em cloreto de cálcio consiste do mesmo método substituindo a solução de água por uma solução de 25 ml $CaCl_2$ 0,01 mol $L^{-1.}$

As leituras do pH em água e em cloreto de cálcio apresentam resultados diferentes, isso porque, na determinação em água os ácidos fracos contidos no solo não aparecem neste tipo de determinação diferentemente da solução de cloreto de cálcio. Determinações de pH do solo em água ou cloreto de cálcio indicam a acidez ativa do solo.

Para a acidez potencial o método utilizado foi o pH SMP que consiste na diluição do solo numa solução tamponada que é alterada em função da acidez potencial do solo. Após a determinação do pH em cloreto de cálcio é adicionado uma solução tamponada à pH 7,5 e verificado em peagâmetro com eletrodo as variações de pH das amostras. De acordo com a LABORSOLO (2017) quanto maior for a queda do pH em relação ao pH 7,5 da solução SMP, implica em maior capacidade do solo em fornecer hidrogênio para baixar o pH e assim pode-se inferir que quanto menor for o pH em SMP, maior é o poder tampão do solo. Portanto, quanto menor for o pH em SMP, maior as doses de calcário necessárias para se fazer a correção a um pH desejável.

7.2. Matéria orgânica e carbono total

A matéria orgânica dos solos apresenta compostos de origem vegetal, animal e microbiana. Tem marcada influência sobre as propriedades físicas e químicas do solo, sendo comumente responsável por grande parte da capacidade de troca dos solos. É também parcialmente responsável pela estabilidade dos agregados e além disso, fornece energia e condições à vida microbiana dos solos (CARDOSO e ANDREOTE, 2016). O carbono orgânico é comumente utilizado para estimar o teor de matéria orgânica do solo por meio de sua multiplicação por um fator. Baseando-se na premissa que a matéria orgânica possui 58% de carbono orgânico, o fator 1,724 vem sendo utilizado para esta conversão. (EMBRAPA, 2003).

A análise foi realizada no laboratório da Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos – SP pelo método Walkley & Black. Esse método consiste na combustão úmida com dicromato de sódio e leitura colorimétrica. É transferido 1 cm² de solo TFSA para um erlenmeyer e adicionado 10 ml de dicromato de sódio 0,167 mol L^{-1} em capela de exaustão. Após é acrescentado 10 ml de ácido sulfúrico e resfriado por 2 horas. Após resfriamento é adicionado 50 ml de água deionizada e deixado em repouso por uma noite. Desta solução é retirado aproximadamente 8 ml e realizada a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 650nm. Após a determinação dos valores de matéria orgânica pelo método acima é adotada a equação de determinação de carbono total utilizando como base a divisão do fator 1,724 sugerido por Pribyl (2010).

A conversão do teor de matéria orgânica (MO) em C é dada pela equação:

$$C.T = MO \div 1{,}724$$

O carbono total para as amostras:

$$C.T\ (AM1) = 55 \div 1{,}724 = 31{,}90\ g.dm - 3$$

$$C.T\ (AM2) = 52 \div 1{,}724 = 30{,}16\ g.dm - 3$$

$$C.T(AM3) = 21 \div 1{,}724 = 12{,}18\ g.dm - 3$$

$$C.T(AM4)19 \div 1{,}724 = 11{,}02\ g.dm - 3$$

7.3. Determinação de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) pelo método da resina

O teor de fósforo disponível (P) para as plantas é uma medida relativa da quantidade do elemento no solo, isso porque, embora o teor total de fósforo no solo varie em grandes quantidades, apenas uma pequena parte deste está disponível prontamente para as plantas. Se

pensarmos nas formas de fósforo no sistema solo-planta podemos determinar o elemento em três situações: P-solução, P-lábil e P-não lábil.

O P-solução é aquele que está presente na solução do solo e prontamente disponível para a absorção pelas raízes. O P-lábil consiste em uma fração que não está prontamente disponível para absorção, mas que mantém uma relação de equilíbrio com a solução. O P-não lábil, por sua vez, consiste na fração que está irreversível e fixadas aos coloides do solo principalmente a óxidos de ferro e alumínio isso porque, cria-se uma forte ligação entre o fósforo e esses óxidos. Na determinação de fósforo na análise química busca-se evidenciar os valores de P-labil, que apesar de não estarem prontamente disponível, repõem o P-solução à medida que ele é retirado do solo, seja por perdas ou pela absorção radicular.

Da mesma forma, o potássio (K) se liga à matéria mineral sólida do solo, bem como a energia dessas ligações, dá origem a diversas formas de K no solo: estrutural, trocável, não-trocável e solúvel (VILLA; FERNANDES; FAQUIN, 2004). A disponibilidade de K para as plantas depende, além da quantidade de potássio trocável (fator quantidade) e de potássio em solução, da relação entre essas formas, que por sua vez determinam a capacidade dos solos em manter determinada concentração de K na solução quando da absorção pelas plantas ou de perdas ocorridas no solo (SILVA et al., 2000). As plantas absorvem o potássio da solução do solo, cuja concentração é mantida pelo equilíbrio com o potássio retido nos sítios de troca (trocável).

De acordo com Silva (apud SPARKS, 1980) essas frações encontram-se em equilíbrio dinâmico. O suprimento de nutrientes para as plantas é dependente de um processo dinâmico no solo, que é denominada forma lábil e inclui apenas as formas retidas com menor energia, não estimando outras formas do elemento que se encontram no solo em condições de contribuir para o suprimento da planta. A maior ou menor capacidade do solo em repor o K em solução é dependente da quantidade de K estrutural, variável com a quantidade e qualidade dos minerais do solo (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). A análise do solo determina a quantidade de K disponível às plantas constituído por parte do K trocável e K em solução.

Já o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) encontram-se no solo em sua forma iônica Ca^{+2} e Mg^{+2}. São encontrados no solo sob a forma de minerais primários, carbonatos, sulfatos e matéria orgânica e em baixas concentrações em solos ácidos. Têm papel fisiológico fundamental quando absorvidos pela planta, no entanto, sua absorção se tornam menores comparados a outros macronutrientes. No entanto, possivelmente a relação mais discutida e conhecida do ponto de vista agronômico é a relação cálcio e magnésio (Ca:Mg). Ela é importante por haver uma competição entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo

(MOREIRA et al., 1999). A relação se faz importante porque é determinante para a correção de acidez total, acidez trocável do solo, alumínio tóxico, saturação por bases e V%.

A determinação dos valores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foi realizada no laboratório de solos da Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos – São Paulo pelo método de extração com resina trocadora de íons. O processo de extração conforme descrito por Raij e Quaggio (IAC, 2001) permite a avaliação com extração feita com uma mistura de resinas de troca catiônica e aniônica, saturadas com bicarbonato de sódio. O método consiste em transferir 2,5 cm^3 de terra para frasco plástico cônico de 80 mL; adicionar de 25 mL de água e uma bolinha de vidro; tampar os frascos e agitar durante 15 minutos para promover a desagregação do solo; retirar a bolinha de vidro e adicionar de 2,5 cm^3 de resina medida com cachimbo provido de fundo de malha de poliéster; fechar e agitar as amostras por um período de 16 horas em agitador com movimento circular-horizontal a uma velocidade de 220 RPM.

Após esse período a amostra deve ser aberta e transferida com um jato de água deionizada para peneira com malha de 0,4 mm de abertura; transferir da peneira para frasco plástico de 100 ml dois jatos de 25 ml de solução de NH_4Cl 0,8mol L^{-1} em HCl 0,2 mol L^{-1}. Transferir também 50 ml das soluções-padrão de trabalho para frascos de 100 ml e adicionar 2,5 cm^3 da mistura de resinas a cada uma delas. Deixar em suspensão por 30 minutos e os extratos estão prontos para as determinações em espectrofotômetro.

7.4. Resultados complementares: Capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%)

Em razão da superfície eletricamente carregada que apresentam as argilas coloidais, as substâncias húmicas e os sesquióxidos de ferro e alumínio (principais componentes da fração mineral dos solos sob condições tropicais), os íons e moléculas polarizadas são atraídos ligando-se a estes componentes de forma reversível. As argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio possuem determinada superfície de troca e são os principais coloides responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos. A capacidade de troca iônica dos solos representa, portanto, a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos (EMBRAPA, 2010). A CTC pode ser expressa como “CTC total” quando considerar todos os cátions permutáveis do solo (Ca2+ + Mg2+ + K+ + H+ + Al3+), portanto:

$$CTC\ total = Ca^{+2} + Mg^{+2} + K + H + Al$$

Considerando as análises químicas, temos para a amostragem 1:

$$CTC\ total = 12 + 5 + 1{,}8 + 128$$

$$CTC\ total = 146{,}80\ mmolc.dm^{-3}$$

Amostragem 2:

$$CTC\ total = 11 + 4 + 1{,}5 + 112$$

$$CTC\ total = 128{,}50\ mmolc.dm^{-3}$$

Amostragem 3:

$$CTC\ total = 14 + 6 + 1{,}3 + 55$$

$$CTC\ total = 76{,}30\ mmolc.dm^{-3}$$

Amostragem 4:

$$CTC\ total = 13 + 5 + 0{,}9 + 55$$

$$CTC\ total = 73{,}90\ mmolc.dm^{-3}$$

A soma de bases trocáveis (SB) de um solo, argila ou húmus representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H+ e Al^{3+} ($SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$) expressa por:

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$$

Portanto, para amostragem 1 temos:

$$SB = 12 + 5 + 1{,}8$$

$$SB = 18{,}80\ mmolc.dm^{-3}$$

Amostragem 2 temos:

$$SB = 11 + 4 + 1{,}5$$

$$SB = 16{,}50\ mmolc.dm^{-3}$$

Amostragem 3 temos:

$$SB = 14 + 6 + 1{,}3$$

$$SB = 21{,}30\ mmolc.dm^{-3}$$

Amostragem 4 temos:

$$SB = 13 + 5 + 0{,}9$$

$$SB = 18{,}90\ mmolc.dm^{-3}$$

A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = V%≥50%; solos distróficos (pouco férteis) = V%<50%. Alguns solos distróficos podem ser muito pobres em Ca2+, Mg2+e K+ e apresentar teor de alumínio trocável muito elevado, chegando a apresentar saturação em alumínio (m%) superior a 50% e nesse caso são classificados como solos álicos (muito pobres): Al trocável ≥ 3 mmolc dm-3 e m% ≥50% (EMBRAPA, 2010). Denomina-se saturação por bases (V%) a soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions pela expressão:

$$V(\%) = 100 \times SB \div CTC^{1}$$

Portanto, temos para a amostragem 1:

$$V(\%) = 100 \times 18{,}8 \div 146{,}8$$

$$V(\%) = 12{,}80\%$$

Para a amostragem 2:

$$V(\%) = 100 \times 16{,}5 \div 128{,}5$$

$$V(\%) = 12{,}84\%$$

Para a amostragem 3:

$$V(\%) = 100 \times 21{,}3 \div 76{,}3$$

$$V(\%) = 27{,}91\%$$

Para a amostragem 4:

$$V(\%) = 100 * 18{,}9 \div 73{,}9$$

$$V(\%) = 25{,}57\%$$

A Saturação por alumínio indica a proporção de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo (EMBRAPA, 2017). A saturação de alumínio é expressa por:

$$m\% = \frac{100 \times Al^{3+}}{SB + Al^{3+}}$$

Portanto, temos para a amostragem 1:

$$m\% = \frac{100 \times 5}{18{,}80 + 5}$$

$$m\% = 21\%$$

[1] Na fórmula utiliza-se o valor da CTC total.

Portanto, temos para a amostragem 2:

$$m\% = \frac{100 \times 7}{16{,}50 + 7}$$

$$m\% = 29{,}78\%$$

Portanto, temos para a amostragem 3:

$$m\% = \frac{100 \times 4}{21{,}30 + 4}$$

$$m\% = 16{,}46\%$$

Portanto, temos para a amostragem 4:

$$m\% = \frac{100 \times 6}{18{,}90 + 6}$$

$$m\% = 24{,}09\%$$

7.5. Índices de saturação do solo: relações entre base:CTC

A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo, de uma argila ou dos húmus representa a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável (Ca^{2+}, Mg^{2+}+K^{+}+$H^{+}Al^{3+}$) (EMBRAPA, 2010). Portanto, os índices de saturação referem-se à razão do teor encontrado na amostra em relação percentual com a CTC total do solo. Taís índices são expressos em porcentagem pela fórmula:

$$\%nutriente = \frac{100 \times teor\ de\ nutriente}{CTC}$$

A expressão se torna importante na análise de solo porque possibilita entender as condições que o solo está em relação as porcentagens de saturação dos cátions. Quando temos cátions básicos trocáveis (Ca, Mg, K) em maiores porcentagens do que os cátions H+Al, dizemos que este solo apresenta boas condições de nutrir uma planta. No entanto, quando temos porcentagens de cátions em maiores concentrações H+Al maiores que as bases trocáveis de Ca, Mg e K podemos definir este solo como um solo pobre em nutrientes. No presente trabalho encontramos os seguintes valores para a saturação de bases:CTC:

Amostra 1:

$$\%Ca = \frac{12 \times 100}{147} = 8{,}20\%$$

$$\%Mg = \frac{5 \times 100}{147} = 3{,}40\%$$

$$\%K = \frac{1{,}8 \times 100}{147} = 1{,}20\%$$

$$\%H + Al = \frac{128 \times 100}{147} = 87{,}10\%$$

Amostra 2:

$$\%Ca = \frac{11 \times 100}{128} = 8{,}60\%$$

$$\%Mg = \frac{4 \times 100}{128} = 3{,}10\%$$

$$\%K = \frac{1{,}5 \times 100}{128} = 1{,}20\%$$

$$\%H + Al = \frac{112 \times 100}{128} = 87{,}50\%$$

Amostra 3:

$$\%Ca = \frac{14 \times 100}{76} = 18{,}40\%$$

$$\%Mg = \frac{6 \times 100}{76} = 7{,}90\%$$

$$\%K = \frac{1{,}3 \times 100}{76} = 1{,}70\%$$

$$\%H + Al = \frac{55 \times 100}{76} = 72{,}40\%$$

Amostra 4:

$$\%Ca = \frac{13 \times 100}{74} = 17{,}60\%$$

$$\%Mg = \frac{5 \times 100}{74} = 7{,}00\%$$

$$\%K = \frac{0{,}9 \times 100}{74} = 1{,}20\%$$

$$\%H + Al = \frac{55 \times 100}{74} = 74{,}30\%$$

7.6. Determinação da biomassa microbiana

A biomassa microbiana do solo (BMS) também conhecida como carbono da biomassa microbiana (C-BMC) foi apresentada inicialmente por Jenkinson e Powlson em 1976. A sua importância se justifica por três aspectos: 1) é formada por células vegetativas vivas, capazes de promover mudanças importantes no solo; 2) devido à grande quantidade e ao fato de ser o maior componente lábil da matéria orgânica do solo, torna-se um importante reservatório de nutrientes; 3) representa um indicador de grande sensibilidade para avaliar mudanças no solo (DIONISIO, PIMENTEL, SIGNOR, 2016).

Dessa forma, de acordo com DIONISIO, PIMENTEL e SIGNOR (apud PANKHURST et AL, 1995) o C-BMS pode ser utilizado como indicador de qualidade de solo, pois é grandemente influenciado pelo manejo, considerando que qualquer estresse no sistema afetará a densidade, diversidade e a atividade das populações microbianas. Conforme Rodrigues (1997), os valores de C-BMS indicam o potencial de reserva de carbono no solo que participa do processo de humificação o que permite aferir o acumulo ou a perda de carbono em função de determinado manejo: quanto maior a biomassa microbiana, maior será a reserva de carbono no solo, o que expressa menor potencial de decomposição da matéria orgânica.

O carbono da biomassa microbiana foi determinado pelo método de fumigação-extração proposto por Vance, Brookes e Jenkinson pelo laboratório de análises de solo Andrios. O método consiste em dividir em subamostras que sofrerão fumigação seguida de extração ou extração imediata após a pesagem, ou seja, teremos três amostras fumigadas e três não fumigadas.

Acondiciona-se 20g de terra em frasco com capacidade para 100ml, que é transferido para dessecador, juntamente com um frasco com água e um outro contendo 10ml de CHCl 3 isento de etanol, permanecendo sob fumigação em sala de incubação mantida no escuro, com temperatura controlada (28ºC, p.ex.), por 24h. Logo após, o CHCl3 é removido por aspirações sucessivas.

Acrescenta-se 50ml de K 2 SO4 0,5 mol.L-1 com o pH ajustado na faixa de 6,5 a 6,8, procedendo-se a extração em agitador com movimento circular horizontal à 220rpm por 30min. Permitir a decantação por 30min. e proceder a filtração lenta em filtro de papel.

A determinação do C nos extratos fumigado e não fumigado é feita por dicromatometria, a partir da retirada de uma alíquota de 8ml do extrato, adicionando-se 2ml de K 2 Cr 2 O7 0,066 mol.L-1 , 10ml de H 2 SO4 conc. e 5ml de H 3 PO4 conc. (para alguns solos 1ml já é suficiente). A mistura deve ser aquecida (ebulição) por 5 minutos usando-se refluxo em dedo de água. Após o resfriamento, adiciona-se 80ml de água destilada e 3 gotas de difenilamina (10g.L -1 em ácido sufúrico concentrado). Com a adição do indicador a solução passa da cor amarela para violeta. O dicromato em excesso é titulado com (NH4) 2 Fe(SO4) 2 .6H2 O 0,033mol.L -1 (ponto de viragem: cor violeta para verde).

8. Conclusão

O presente trabalho buscou evidenciar indicadores físicos, químicos e biológicos que pudessem evidenciar dados de qualidade de solo comparativamente em duas áreas: uma área de preservação permanente e uma área dentro da instituição de ensino UNICEP degragada.

No entanto, como já proposto por CHAER e TOTOLA (2001) o conceito de qualidade de solo não possui padrões o que torna difícil a determinação do que é qualidade de solo. Além disso, segundo ARAUJO et al. (2012) a qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará para o benefício humano, de acordo com a composição natural do solo, sendo também fortemente relacionada com as práticas intervencionistas do homem. No entanto, algumas características importantes podem ser observadas nos resultados do trabalho.

Nas análises físicas não houveram alterações nas análises granulométricas sendo todas as amostras classificadas de acordo com a classificação textural em média arenosa em torno de 25% de teor de argila.

O pH demonstra solos ácidos em todas as amostras, típicos de solos subtropicais.

Tabela 2 – Resultados de análise química – pH.

Cod. Lab.	**Descrição Amostra**	**pH**		**H + Al**
		Água	**CaCl2**	**SMP (mmolc.dm^{-3})**
1375	**AM1** 0-20	4,8	4,1	128
1376	**AM2** 0-20	4,8	4,1	112
1377	**AM3** 0-20	5	4,3	55
1378	**AM4** 0-20	4,9	4,3	55

Fonte: Próprio autor.

O teor de matéria orgânica é maior nas amostras 1 e 2 por serem solos de floresta nativa favorecidos pela serapilheira depositada no solo. O teor de carbono total é maior nas amostras 1 e 2 por conta dos teores maiores de matéria orgânica.

Tabela 3 – Resultados de análise química – matéria orgânica e carbono total.

Cod. Lab.	**Descrição Amostra**	**M.O**	**C.T**
		g.dm-3	
1375	**AM1** 0-20	55	32
1376	**AM2** 0-20	52	30
1377	**AM3** 0-20	21	12
1378	**AM4** 0-20	19	11

Fonte: Próprio autor

Os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio são considerados baixos de acordo com valores médios estabelecidos pela Embrapa. Os teores de H+Al são maiores na amostragem 1 e 2 possivelmente por conta dos elevados teores de matéria orgânica, o que

favorece o aumento dos teores de alumínio no solo. Nas amostras 2 e 3 os valores são menores, no entanto, ainda são considerados altos.

Tabela 4 – Resultados da análise química – Fósfoto, Potássio, cálcio, magnésio.

Descrição Amostra	P (res)	K (res)	Ca	Mg
	mg.dm-3	mmolc.dm-3		
AM1 0-20	6	1,8	12	5
AM2 0-20	6	1,5	11	4
AM3 0-20	3	1,3	14	6
AM4 0-20	1	0,9	13	5

Fonte: Próprio autor

A soma de bases não apresentou diferenças significativas nas amostragens e os valores encontrados são considerados baixos, segundo média estabelecida pela Embrapa. A CTC do solo indica valores altos para a amostragem 1 e 2 que nas amostras 3 e 4. Os altos valores encontrados para a CTC na amostra 1 e 2 indicam que o solo está ocupado por cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+}. A saturação por bases (SB) reflete os altos valores de H+Al presentes nos solos estudados. A saturação por alumínio (m%) indicam valores altos para todos os solos de acordo com média estabelecidas pela Embrapa. A relação de bases:CTC indicam que as quatro amostras apresentam valores de saturação muito maiores para os teores de H+Al/CTC.

Tabela 5 – Resultados complementares – SB, CTC, V% e m%.

Cod. Lab.	Descrição Amostra	SB	CTC	V	m
		mmol.dm-3		%	
1375	**AM1** 0-20	19	147	13	21
1376	**AM2** 0-20	16	128	13	30
1377	**AM3** 0-20	21	76	28	16
1378	**AM4** 0-20	19	74	26	24

Fonte: Próprio autor

Na analises biológica é possível observar valores de C-BMS maiores nas amostras 1 e 2 nos solos de floresta nativa. Os valores são maiores possivelmente por conta dos maiores teores de matéria orgânica e carbono total apresentados.

Tabela 6 – Resultado da análise da biomassa microbiana do solo.

Descrição Amostra	C da biomassa
	mg C. g-1 solo seco
AM1 0-20	2,87
AM2 0-20	2,43
AM3 0-20	1,09
AM4 0-20	1,33

Fonte: Próprio autor.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste
Rodovia Washington Luiz , Km 234
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Telefone (16) 3411-5600

Laudo de Análise de Solo

Solicitante:	DR. MARCOS RAFAEL GUSMÃO	**Data Entrada:**	16/11/2021
Proprietário:	EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE	**Data Geração:**	25/11/2021
Propriedade:	FAZENDA CANCHIM	**Projeto:**	GRAMADOS
Município:	São Carlos - SP	**Laudo N°:**	41/2021
Telefone:	( ) -	**Solicitação Nº:**	48/2021

Resultados de Análises Químicas

Cod. Lab.	Descrição Amostra	pH		M.O.	C.T.	P(res)	K(res)	Na	Ca	Mg	H + Al	Al	$S.SO_4$
		Água	$CaCl_2$	$g.dm^{-3}$		$mg.dm^{-3}$	$mmolc.dm^{-3}$						$mg.dm^{-3}$
1375	AM1 0-20	4,8	4,1	55	32	6	1,8	ns	12	5	128	5	ns
1376	AM2 0-20	4,8	4,1	52	30	6	1,5	ns	11	4	112	7	ns
1377	AM3 0-20	5,0	4,3	21	12	3	1,3	ns	14	6	55	4	ns
1378	AM4 0-20	4,9	4,3	19	11	1	0,9	ns	13	5	55	6	ns

Resultados Complementares

Cod. Lab.	Descrição Amostra	SB	CTC	V	m	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	H+Al/CTC	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
		$mmolc.dm^{-3}$		%		Relações Entre Bases (CTC) %				Relações Entre Bases			
1375	AM1 0-20	19	147	13	21	8	3	1	87	2	7	3	9
1376	AM2 0-20	16	128	13	30	9	3	1	88	3	7	3	10
1377	AM3 0-20	21	76	28	16	18	8	2	72	2	11	5	15
1378	AM4 0-20	19	74	26	24	18	7	1	74	3	14	6	20

Resultados de Micronutrientes

Resultados de Análise Física

Cod. Lab.	Descrição Amostra	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia Total	Argila	Silte	Cassificação Textura:
		$mg\ .\ dm^{-3}$					Textura $(g.Kg^{-1})$			
1375	AM1 0-20	ns	ns	ns	ns	ns	664	223	113	Média Arenosa
1376	AM2 0-20	ns	ns	ns	ns	ns	723	154	123	Média Arenosa
1377	AM3 0-20	ns	ns	ns	ns	ns	706	241	53	Média Arenosa
1378	AM4 0-20	ns	ns	ns	ns	ns	667	286	47	Média Argilosa

OBS:
A amostragem de solo não é de responsabilidade do laboratório.
Este laudo não tem fins jurídicos.
Ao final do projeto as amostras serão descartadas.
pH: Potencial hidrogeniônico
P(res): Fósforo Resina
$S.SO_4$: Sulfato
K(res): Potássio Resina
Ca: Cálcio
Mg: Magnésio
M.O.: Matéria Orgânica
C.T.: Carbono Total(M.O./1,724)
SB: Soma de Bases
CTC: Capacidade de troca catiônica
ns: Não Solicitado

Extratores:
-pH - CaCl2
-P,K,Ca e Mg - Resina
-Al - KCl 1M
-S - Fosfato de cálcio
-B - Agua Quente
-Micro - DTPA
-Textura - Pipeta
-H+Al - Tampão SMP
-Na (Sódio) - HCl 0,1 mol L^{-1}
-M.O. - Dicromato de Sódio

Marcio Dias Rabelo
Responsável
CRQ-IV 07100562

ANDRIOS
ASSESSORIA | MICROBIOLOGIA | SOLOS

ANDRIOS Assessoria e Treinamentos
CNPJ 24.680.280/0001-94

Data de emissão: 13 de setembro de 2021

Laudo Análises Biológicas

Determinação do carbono da biomassa microbiana em amostras de solo.

Dados Cliente

Empresa:	Gustavo Rigo	*Código:*	OS2075
Proprietário:	-	*Data entrada:*	27/08/2021
Propriedade:	-	*Data coleta:*	-
Município:	- / -	*Cultura:*	-
Solicitante:	Gustavo Rigo	*Profundidade:*	-

Descrições das amostras

INFORMAÇÕES

Amostras	Descrição
Amostra 01	Ponto 1
Amostra 02	Ponto 2
Amostra 03	Ponto 3
Amostra 04	Ponto 4

Resultados

ANÁLISES BIOLÓGICAS

Amostras	C da biomassa *mg C. g^{-1} solo seco*
Ponto 1	2,87
Ponto 2	2,43
Ponto 3	1,09
Ponto 4	1,33

Metodologia: Vance, E.D.; Brookes, P.C.; Jenkinson, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemistry, 19:703-707, 1987.

Observação: os resultados referem-se exclusivamente à análise em amostras entregues a Andrios Assessoria, e os resultados aqui apresentados são baseados unicamente nos dados obtidos.

ESALQTec incubadora tecnológica

AgTechValley Vale do Piracicaba Tecnologia na Agricultura

9. Referências bibliográficas

ABBOUD, A. C. de S. **Introdução a agronomia**. 1ed, Rio de Janeiro, Interciência, 2013, p.195-235.

ARAUJO, et al. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Edição. Porto Alegre: Metrópole, cap.2, 2008. p.7-18.

BRAIDA, et al. **Matéria orgânica e seu efeito na física do solo**. Tópicos Ci. Solos, 2012, p. 222.

CAMARGO, Flora Ferreira. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental serra da mantiqueira, mg.** Lavras: UFLA, 2016.

CAMPOS, ROGERIO COSTA. **Determinação da cor do solo e sua utilização na predição dos teores de hematita**. Piracicaba, 2001. p. 3.

CANELLAS et al. IV Simpósio Mineiro de Ciência do Solo "Solos no Espaço e Tempo: Trajetórias e Tendências" 2017 – Viçosa/MG. **Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhiço e adição de vinhaça por longo tempo**. R. Bras. Ci. Solo, 27. p. 935-944.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2016.

CATTELAN, A.J. & VIDOR, C. **Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais**. R. Bras. Ci. Solo, 14:133-142, 1990.

CHAER, G.M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa,MG. 2001. 89f.

CHAER, G.; TOTOLA, M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos.** Tópicos CI. Solo, 2002, p. 195-176.

CIOTTA et. al, **Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto**. Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164, 2003.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. **Soil organic matter and other attributes as indicators to evaluate soil quality in conservation systems**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, n.5, p.777-788. 2005.

CONCHA-LOZADA, C. M. 2015. **Índice de qualidade do solo para a avaliação do impacto de diferentes usos e manejos e sua aplicação em uma área rural de Planaltina (DF)**. Dissertação de Mestrado. Publicação PPGEFL.DM – 258/2015. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília - UnB, Brasília-DF, 80f.

COSTA et. al, **Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto**. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.2, p.587-589, 2004.

CUNHA, T. J. da.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria orgânica do solo.** Disponivel em:< https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137613/1/Tony-2015.pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2021. p. 282.

DIONISIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M. de; MACEDA, A.; MATANNA, A. L. **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: SBCS: NEPAR, 2016.

FERREIRA, R. de P. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. Reinaldo de Paula Ferreira, Adônis Moreira, Joaquim Bartolomeu Rassini. - São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006.

FONTANA, A. **Fracionamento da Matéria Orgânica e Caracterização dos Ácidos Húmicos e sua Utilização no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Curso de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do Solo. Seropédica, RJ, abr. 2009.

HERRICK, J. E. **Soil quality: an indicator of sustainable land management?**. Applied Soil Ecology, v.15, n.1, p.75-83. 2000.

LABORSOLO. **Reação do solo: Entenda as diferenças dos valores nas análises de solo.** Publicado em janeiro de 2017. Disponível em:< https://laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/reacao-do-solo-entenda-as-diferencas-entre-os-valores-que-aparecem-na-analise-quimica-do-solo>. Acesso em: 12 de jan. 2022.

LISBOA, B.B. et al. **Indicadores microbiano de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira Ciencia Solo, 2012. p 33-44.

MACHADO, P. O de A.; CAMPOS, A. C.; SANTOS, F. S. **Métodos de preparo de amostras e de determinação de carbono em solos tropicais**. Circular Técnica n. 19, Embrapa - CNPUV, Dez. 2003.

MANHAES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. **Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada.** Rev. Nucleus, v.9, n.2, out. 2012, p.23.

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. p. 95-115.

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. p. 245-246.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MENDES, I. de C.; JUNIOR, F. B dos R.; **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2004. 34 p.

MOREIRA, G. M.; PEREIRA, M. T. J.; FARIA, R. M. IV Simpósio Mineiro de Ciência do Solo "Solos no Espaço e Tempo: Trajetórias e Tendências" 2017 – Viçosa/MG. **Uso do Ph como Indicador da Qualidade do Solo e Níveis de Degradação de Pastagem na Região Leste de Minas Gerais.** R. Bras. Ci. Solo, 27. p. 453-455.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; JUNIOR, R. N. de A. **Qualidade física de um cambissolo sob sistemas de manejo.** R. Bras. Ci. Solo, 2013, p. 1196-1206.

PINTO, et al.; **Biomassa microbiana como indicador de qualidade do solo sob diferentes coberturas vegetais**. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável 2 / Organizadoras Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco, Juliana Yuri Kawanishi, Rafaelly do Nascimento. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; v. 2). p. 184-195.

PREZOTTI, L.C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar.** Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 285p. 2001.

RECH, et al. **Teores de argila determinado pelos métodos do densímetro "simplificado" e pipeta dos solos de diferentes regiões brasileiras**. XXXIV Congresso brasileiro de ciência do solo, Florianópolis, 2013.

RODRIGUES, E. F da G.; RODRIGUES, A. C. da G.; BARROS, N. F. **Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais**. Rev. Bras. Ci. Solo, Viçosa, 1997, p. 362-364.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

RUIZ, N.; LAVELLE, P.; JIMENEZ, J. **Soil macrofauna field manual: technical level**. Rome: FAO, 2008. 100 p.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; DIAS JUNIOR, M. S.; IMHOFF, S.; KLEIN, V. A. **Indicadores de qualidade física do solo**. In: van LIER, Q. J. (Ed.). Física do solo. Viçosa: SBCS, p.241-281, 2010.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo**. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007.

SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. **Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.697-704, 2006.

SILVA, et al. **Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes latossolos.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.35, n.10, p.2065-2073, out. 2000.
Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. − Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

SPARKS, D.L. Chemistry of soil potassium in Atlantic coastal plain soils: a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.11, p.435-449, 1980.

STABEN, M.L. & BEZDI CEK, D.F., SMITH, J.L., F AUCI, M.F . **Assessment of soil quality in conservation reserve program and wheat -fallow soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 61:124–130, 1997.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

VAZ, C. M. P.; NAIME J. de M.; SILVA, A. M. da; MELLO, S. **Análise granulométrica por raios gama**. Boletim de Pesquisa Embrapa: 05. 1997.

VILLA, M. R.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. **Formas de potássio em solos de várzea e sua disponibilidade para o feijoeiro**. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2004, vol.28, n.4, p.649-658.