

Edson da Costa Ramos

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE  
PASTAGEM EXTENSIVA E ROTACIONADA**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin

Florianópolis-SC  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ramos, Edson da Costa  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE  
PASTAGEM EXTENSIVA E ROTACIONADA / Edson da Costa  
Ramos ; orientador, Jucinei José Comin, 2018.  
67 p.

Dissertação (mestrado profissional) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em  
Agroecossistemas, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. indicadores de qualidade  
do solo. 3. avaliação da qualidade do solo. 4.  
manejo de pastagens. I. Comin, Jucinei José. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de  
Pós-Graduação em Agroecossistemas. III. Título.

Edson da Costa Ramos

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE  
PASTAGEM EXTENSIVA E ROTACIONADA**

Esta dissertação foi aprovada em sua forma final pelo(a) orientador(a) e pelos membros da banca examinadora e julgada adequada para obtenção do título de mestre pelo Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Agroecossistemas.

Florianópolis, 18 de abril de 2018.

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Patrizia Ana Bricarello  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Jucinei José Comin  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

---

Prof. Dr. Arcângelo Loss  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Monique Souza  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC



*À minha mãe Lourdes da Costa Ramos, aos meus irmãos Rusiberge, Ênio, Edislaine Érica e Gislaine Edicely e à minha querida companheira Ilda Soares Raimundo que em todos os momentos sempre me apoiaram com muito amor e carinho para que mais este objetivo fosse conquistado.*



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, especialmente minha mãe, mulher de fibra que sempre batalhou incansavelmente para que este sonho se tornasse realidade.

À minha querida companheira Ilda Soares Raimundo pelo apoio incondicional em todos os momentos para que mais este desafio fosse superado.

Ao professor Dr. Jucinei José Comin pela dedicação, orientação, paciência e compreensão e por acreditar em minha capacidade de estudo e reflexão. Mais que um orientador, foi um verdadeiro companheiro na construção deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina por possibilitar o estudo e a capacitação.

Ao MST por ter me ensinado o sentido da luta com os valores humanistas e socialistas em busca de uma sociedade sem explorados e sem exploradores.

Aos educadores do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, que colaboraram para minha formação.

Aos companheiros da IV turma do Mestrado Profissional em Agroecossistemas pela amizade, respeito e companheirismo.

A todos os camaradas do Laboratório de Educação do Campo e Estudos da Reforma Agrária (LECERA) e da secretaria acadêmica do mestrado profissional pelo empenho e dedicação para que as dificuldades pudessem ser superadas.

A todos os colaboradores da fazenda São Marcelo por disponibilizarem a propriedade para coleta de amostras de solo e pelas informações prestadas.

Aos membros da banca, Monique Souza e Arcângelo Loss e ao bolsista de pós-doutorado Rafael da Rosa Couto pela imensa contribuição na elaboração deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica que contribuíram nas análises laboratoriais.

À professora Valeska Nahas Guimarães pelas cobranças, puxões de orelhas, ensinamentos e consolo prestados nos momentos em que mais precisei.

Ao professor Ribas pela intensa batalha travada nas trincheiras da universidade contra a arcaica concepção conservadora e em defesa do curso.

Enfim, os meus sinceros agradecimentos a todos os homens e mulheres que acreditam na construção de uma sociedade mais justa, igualitária e fraterna.



*De uma coisa sabemos. A terra não pertence ao homem: é o homem que pertence à terra, disso temos certeza. Todas as coisas estão interligadas, como o sangue que une uma família. Tudo está relacionado entre si. Tudo quanto agride a terra agride os filhos da terra. Não foi o homem que teceu a trama da vida: ele é meramente um fio da mesma. Tudo o que ele fizer à trama, estará fazendo a si próprio (Seattle, 1887).*



## RESUMO

A pesquisa foi realizada no município de Tangará da Serra-MT, na qual foram feitas avaliações qualitativas e quantitativas da qualidade do solo em pastagem extensiva (PE) e pastagem rotacionada intensiva (PRI) em comparação com área de floresta nativa (FN). Tem-se como hipótese que o sistema rotacionado intensivo, por sofrer maiores pressões de manejo, apresenta indicadores de qualidade inferiores ao sistema extensivo. Para avaliação qualitativa foram utilizados oito indicadores: a) Matéria Orgânica; b) Enraizamento; c) Estrutura; d) Compactação e infiltração; e) Erosão; f) Umidade; g) Macrofauna; h) Biomassa forrageira. Na avaliação quantitativa foram avaliados o diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e matéria orgânica leve (MOL) dos agregados. Para se obter repetições das avaliações, em cada cenário de manejo foram montadas quatro trincheiras representativas em que foram realizadas as avaliações. Coletaram-se amostras de solo em cada trincheira a 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=5\%$ ). A avaliação qualitativa evidenciou melhor desempenho de sustentabilidade no sistema FN em relação à pastagem extensiva e rotacionada intensiva. Quando comparados apenas os dois sistemas de pastagens, a PE apresentou melhores indicadores de sustentabilidade em relação à PRI. Na avaliação quantitativa, a presença de macroagregados em pastagem extensiva foi maior nas camadas superficiais e em pastagem rotacionada isso foi observado em profundidade, corroborando com os atributos de DMP e DMG. Na floresta nativa houve predomínio da MOL em relação às pastagens devido à presença de serapilheira.

**Palavras-chave:** indicadores de qualidade do solo, avaliação da qualidade do solo, manejo de pastagens.



## ABSTRACT

The survey was conducted in the municipality of Tangará da Serra, MT, in which qualitative and quantitative assessments were made of the quality of the soil in extensive grazing (PE) and rotated intensive grazing (PRI) in comparison with native forest area (FN). It has been hypothesized that the rotated system intensive, larger management pressures suffered, presents quality indicators below the extensive system. For qualitative assessment were used eight indicators: a) organic matter; b) Rooting; c) structure; d) compression and infiltration; e) Erosion; f) moisture; g) Macrofauna; h) forage Biomass. On quantitative assessment evaluated the weighted average diameter (DMP), geometric mean diameter (DMG) and organic matter (MOL) of aggregates. For repetitions of the assessments in each scenario were mounted four trenches where assessments were performed representative. For quantitative evaluation of soil samples collected in each trench to 0-5, 5-10 and 10-20 cm deep. The data were subjected to analysis of variance and when the effects were significant at averages were compared by Tukey test ( $\alpha = 5\%$ ). The qualitative assessment made it possible to demonstrate best sustainability performance in FN system in relation to the extensive pasture and rotated. When compared only the two pasture systems, PE presented better indicators of sustainability in relation to the PRI. The quantitative assessment enabled check greater presence of macroagregados in extensive grazing in the surface layers and greater presence in rotated pasture in depth, corroborating with the attributes of DMP and DMG. In native forest there was a predominance of MOL in relation to pastures due to the presence of litter.

**Keywords:** soil quality indicators, assessment of the quality of the soil, pasture management.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B – Boro  
C – Carbono  
c.v – Cultivar  
Ca – Cálcio  
cm – centímetro  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono  
CTA – Capacidade de troca aniônica  
CTC – Capacidade de troca de cátions  
Cu – Cobre  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
FEMA - Fundação Estadual de Meio Ambiente  
FN – Floresta nativa  
H<sup>+</sup> – Hidrogênio  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
IQS – Indicadores de Qualidade de Solo  
K – Potássio  
m% – percentagem de saturação por alumínio  
Mg – Magnésio  
ml – milímetro  
Mn – Manganês  
Mo – Molibdênio  
MOS – Matéria Orgânica do Solo  
N – Nitrogênio  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – Amônio  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – Nitrato  
°C – Graus Celsius  
P – Fósforo  
PE – pastagem extensiva  
pH – Potencial hidrogeniônico  
PRI – Pastagem rotacionada intensiva  
PVC – policloreto de polivinila  
RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural  
t-LSD – teste de Fisher  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

V% – Percentagem de saturação por bases

Zn – Zinco



## APRESENTAÇÃO

Este trabalho de dissertação foi desenvolvido em uma propriedade rural particular localizada no município de Tangará da Serra, região Médio Norte do Estado do Mato Grosso. Esta propriedade é tida na região como referência no agronegócio, com foco na criação de gado de corte à pasto.

O estudo em questão refere-se à avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores qualitativos e quantitativos em pastagem manejada em sistema extensivo e rotacionado comparada com área de floresta nativa. Este estudo está inserido em um processo mais amplo e complexo de debate dos movimentos sociais do campo, na perspectiva da agroecologia como uma nova matriz produtiva.

A proposta de realização desta pesquisa por um militante do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) em uma propriedade particular do agronegócio rendeu, por várias vezes, preocupações, indagações e até mesmo críticas por parte da militância, amigos, docentes e da banca avaliadora na qualificação do projeto. No entanto, esta decisão foi necessária tendo em vista dois principais focos. Primeiramente, no assentamento de origem do mestrando, houveram dificuldades para encontrar áreas com diferentes cenários de manejo de produção agropecuária que permitissem maior padronização no processo de realização da pesquisa. Fatores como tipo de manejo adotado, homogeneidade do solo nos diferentes cenários e a possibilidade da realização de comparações e inferências sobre tipos de manejos que mais contribuem para a manutenção e/ou degradação da qualidade do solo, foram importantes para essa tomada de decisão. O segundo aspecto possui caráter mais político. Estudar o agronegócio não significa necessariamente defender a sua concepção de mundo e suas condutas, mas, pode significar uma oportunidade para conhecê-lo melhor e enfrentá-lo. Conhecer suas fraquezas e vulnerabilidades para atacá-lo, como Paris atacou Aquiles, é uma necessidade política. Para isso, é preciso sair da “zona de conforto” e avançar para além do contexto dos assentamentos de reforma agrária.

Neste sentido, estudar as propostas de manejos de pastoreio extensivo e rotacionado intensivo convencionais não significa, necessariamente, defender sua aplicação dentro dos assentamentos, mas obter elementos para questionar esses tipos de manejos e propor novas formas de manejo como, por exemplo, o Pastoreio Racional Voisin (PRV). Assim, compreende-se que o conhecimento produzido a partir desta pesquisa poderá ser utilizado criticamente dentro do contexto dos assentamentos de

reforma agrária, tendo em vista que a reprodução da lógica do agronegócio é uma realidade na produção pecuária da maioria desses cenários. Este é o nosso desafio.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	21
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1.	DEFINIÇÕES DE QUALIDADE DO SOLO .....	23
2.2.	INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	24
2.2.1.	Indicadores físicos .....	25
2.2.2.	Indicadores químicos .....	27
2.2.3.	Indicadores biológicos.....	28
2.3.	AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA QUALIDADE DO SOLO 29	
3.	OBJETIVOS.....	33
3.1.	OBJETIVO GERAL .....	33
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
4.	HIPÓTESE .....	35
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS DE COLETAS DE DADOS.....	37
5.1.1.	Avaliação qualitativa da qualidade do solo .....	41
5.1.2.	Avaliação quantitativa da qualidade do solo .....	43
5.1.3.	Análise Estatística.....	44
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6.1.	AVALIAÇÃO QUALITATIVA.....	45
6.2.	Estabilidade de agregados e fração leve da matéria orgânica	52
7.	CONCLUSÕES .....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59



## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a pecuária bovina é a atividade econômica que ocupa a maior extensão de terras no país (SCHLESINGER, 2010). A área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 172,3 milhões de hectares, enquanto as destinadas à lavoura totalizam menos de 58,9 milhões de hectares (IBGE, 2007).

A pecuária extensiva é apontada como o principal sistema de criação, bem como a atividade econômica de maior predominância nos estabelecimentos agropecuários. Em 2006, o Brasil possuía um rebanho bovino de 138,5 milhões de animais em estabelecimentos com mais de 50 cabeças (IBGE, 2009), sendo que, aproximadamente, 81% destinavam-se para corte e 16% para produção de leite. Em 2016, o efetivo do rebanho bovino brasileiro foi de 218,2 milhões de cabeças de gado, sendo o maior rebanho comercial do mundo (IBGE, 2016). O Estado do Mato Grosso possui em torno de 30,3 milhões de cabeças de gado, representando 14% do total do efetivo do rebanho nacional (IBGE, 2016).

A pecuária é considerada a atividade econômica que, em seu conjunto, impacta de maneira mais significativa o meio ambiente, sendo a degradação do solo um dos principais impactos ocasionados (BARTHOLOMEU, 2009). No Brasil, em 2006, dos 101,4 milhões de hectares de pastagens plantadas, quase 10% encontravam-se degradadas (IBGE, 2009). Uma das principais causas de degradação de pastagens de influência antrópica direta é o manejo inadequado, em particular o uso sistemático de taxas de lotação que excedam a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio (DIAS FILHO, 2014). Os principais problemas envolvidos na degradação das pastagens são a compactação e a erosão e, geralmente, estes são os fatores que mais restringem o uso do solo.

Uma estratégia para avaliar o impacto e a degradação dos atributos do solo em diferentes condições de manejo é por meio da avaliação da qualidade do solo pelos indicadores. A utilização de indicadores de qualidade do solo (IQS) tem como objetivo principal mensurar a qualidade dos solos a partir de indicadores de natureza física, química e biológica, sendo importantes instrumentos de monitoramento que permitem orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas nos sistemas produtivos (SANTANA e BAHIA FILHO, 1999). Em suma, a estratégia de avaliação da qualidade do solo a partir de indicadores qualitativos e quantitativos possibilita perceber as mudanças no manejo do solo e propor alternativas para a sua sustentabilidade produtiva.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do solo por meio de indicadores qualitativos e quantitativos em pastagem manejada em sistema extensivo e rotacionado, em comparação com área de floresta nativa. Os resultados obtidos servirão de suporte para tomadas de decisões na perspectiva da manutenção da saúde do solo e sustentabilidade dos agroecossistemas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. DEFINIÇÕES DE QUALIDADE DO SOLO

Historicamente, a qualidade do solo sempre esteve relacionada à sua produtividade em razão do seu papel em ecossistemas naturais e agroecossistemas. Entretanto, a partir de 1990, após a publicação do relatório intitulado “Soil and water quality – na agenda for agriculture” (ARAÚJO et al., 2012), o termo qualidade do solo se tornou mais usual e passou a adquirir vários enfoques entre especialistas da ciência do solo, como Doran e Parkin (1994), Karlen et al. (1997), Seybold et al. (1999), Sojka e Upchurch (1999), etc.

O tema é bastante controverso entre os cientistas do solo, não existindo um consenso em relação ao seu conceito, razão pela qual é composto por múltiplas definições e, quase sempre, relacionado à aptidão do solo para o uso agrícola, sem causar degradação. Por conta de predicados abstratos, como práticas de manejo e uso da terra, interações do meio ambiente e dos ecossistemas, prioridades socioeconômicas e políticas e entre outras (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009), se torna complexa a definição concreta e consensual sobre qualidade do solo.

No entanto, pode ser definida como 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 (DORAN, 1997).

Qualidade do solo também pode ser definida como a capacidade do solo em exercer suas funções na natureza, sendo um meio para promover o crescimento e desenvolvimento das plantas. Assim, um solo com qualidade possui a função de regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente, estocar e promover a ciclagem de elementos na biosfera e servir como tampão ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (LARSON e PIERCE, 1994).

Neste sentido, para este trabalho, compreende-se a qualidade do solo como “a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas” (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009) que o capacitam para desempenhar suas funções na natureza, pois entende-se que o solo que apresenta problemas na composição das suas propriedades físico-químicas e biológicas estará limitado para desenvolver plenamente tais funções, pois seus mecanismos de

resistência<sup>1</sup> e resiliência também serão afetados, tornando-o incapaz de recuperar sua integridade funcional e estrutural e o impossibilitando de resistir às mudanças causadas pela perturbação após sofrer um determinado distúrbio.

## 2.2. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Por IQS entendem-se as 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).

Segundo Vezzani e Mielniczuk (2009), Doran e Parkin (1994) e Larson e Pierce (1994), que foram os pioneiros a proporem um IQS, os atributos de natureza física, química e biológica englobam, por exemplo, a textura, a profundidade de solo e das raízes, a densidade, a infiltração, a temperatura do solo, os teores de C, N, P, K, C, o pH, a biomassa microbiana e entre outros (DORAN e PARKIN, 2009).

Esses IQS podem variar conforme o local que se pretende avaliar, considerando fatores como tipo, uso, funções e formação do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Assim, os tipos de indicadores escolhidos dependem da função do solo para qual estão sendo avaliados (SANTANA e BAHIA FILHO, 1999). Por exemplo, a infiltração de água no solo não seria um indicador apropriado para terras de várzeas e, sim, para as demais áreas agrícolas (SEYBOLD et al, 1998). Em áreas planas, as perdas de solo por erosão são insignificantes e este pode, portanto, não ser o indicador mais apropriado nessa circunstância, mas, em áreas acidentadas, a erosão do solo compõe-se como um importante componente de avaliação da qualidade do solo (SANTANA e BAHIA FILHO, 1999).

Por isso, a escolha dos IQS deve seguir critérios que orientem a sua seleção, sendo capaz de proporcionar a identificação de um conjunto de atributos do solo, atendendo critérios como de integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, acessibilidade e aplicabilidade às condições de campo, sensibilidade às variações de manejo e de clima ao longo do tempo, entre outros (DORAN e PARKIN, 1994).

---

<sup>1</sup> Resiliência é a capacidade de um solo recuperar sua integridade funcional e estrutural após um distúrbio. E resistência é a capacidade de o solo resistir a mudanças causadas por um distúrbio (SEYBOLD et al., 1999 *apud* VEZZANI e MIELNICZUK, 2009, p. 07).



### 2.2.1. Indicadores físicos

Embora existam outros indicadores para avaliação da qualidade física do solo, devido ao fato de sua qualidade estar associada a diversos atributos, como infiltração, compactação, retenção e umidade, neste trabalho foram considerados cinco indicadores físicos, a saber: estrutura, resistência à penetração (compactação e infiltração), umidade, profundidade de enraizamento e erosão.

A estrutura do solo é basicamente definida pela forma, tamanho e disposição dos agregados, sendo influenciada por fatores como composição e conteúdo de matéria orgânica, atividade biológica e frações de argila (BARRIOS, 2011). A estrutura está associada ao arranjo das suas partículas, possibilitando ou não a formação de agregados e a consequente formação de espaço poroso resultante desse arranjo (REINERT e REICHERT, 2006). Ela tem efeito na absorção e drenagem de água, aeração e desenvolvimento radicular.

Portanto, a estrutura é um indicador do desenvolvimento da atividade biocenótica do solo (MACHADO, 2010), pois para que um solo cumpra suas funções na natureza e tenha qualidade, é imprescindível que a sua estrutura não esteja comprometida. É uma propriedade fundamental para que o solo tenha capacidade de cumprir suas funções e garantir sua qualidade (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011). As agressões ao solo, como a gradagem, a subsolagem, o fogo e o pisoteio no pastejo contínuo alteram os horizontes superficiais e destroem a estrutura, comprometendo, conseqüentemente, a biocenose do solo, pois afetam diretamente a porosidade, a capilaridade, a aeração e a vida aeróbia e anaeróbia do solo (MACHADO, 2010).

A resistência à penetração (RP) é uma importante propriedade física, a qual tem sido frequentemente utilizada para avaliar o grau de compactação do solo e varia de acordo com a umidade e densidade, de modo que a resistência aumenta conforme houver maior densidade do solo e reduz conforme se aumenta a umidade (CORDEIRO, 2008). A RP pode alterar a estrutura do solo, aumentar a densidade e diminuir a porosidade e permeabilidade, afetando diretamente o crescimento radicular das plantas (ARAÚJO et al., 2012). O tipo de manejo do solo e cultivo pode determinar a formação de camadas compactadas que podem apresentar maior ou menor índice de resistência à penetração das raízes (GOMES e FILIZOLA, 2006). O pisoteio dos animais em pastejo contínuo e a compressão das máquinas agrícolas ocasionam forte compactação pela pressão exercida sobre o solo,

umentando os níveis de resistência à penetração, o que pode culminar com a redução do crescimento da parte aérea e da produtividade das culturas (DIÓGENES et al, 2016).

A umidade é outro indicador da qualidade do solo que é profundamente influenciado pela capacidade de retenção de água, sendo esta um importante indicador da qualidade física do solo, pois depende do número e do tamanho dos poros, os quais são influenciados primariamente pela textura, estrutura, matéria orgânica e mineralogia do solo (ARAÚJO et al., 2012).

Solos argilosos com elevado teor de matéria orgânica e maior quantidade de microporos conseguem reter maior quantidade de água e por maior período de tempo se comparados com solos argilosos, que possuem texturas mais grossas e reduzida quantidade de matéria orgânica e microporos (BARRIOS et al, 2011).

O indicador enraizamento está relacionado com a efetiva profundidade que as raízes das gramíneas podem explorar sem encontrar limitações físicas e químicas para o seu desenvolvimento. O enraizamento no solo depende da espécie vegetal, porém, também está condicionado a outros fatores, tais como estrutura e umidade (PRIMAVESI, 2002).

A distribuição do enraizamento no perfil do solo determina, em grau considerável, a aptidão da planta na absorção da água do solo (BRADY, 1989). Solos profundos permitem melhor desenvolvimento radicular justamente por possibilitar maior fornecimento de água e nutrientes às plantas (BARRIOS et al., 2011). Todavia, um solo com estrutura comprometida afeta diretamente o enraizamento da planta, seu desenvolvimento e a sua produtividade. Nesse sentido, a profundidade de enraizamento é outro importante indicador de qualidade do solo, podendo ser facilmente estimado pelos torrões indeformados e na contagem de raízes nas arestas quebradas naturalmente (GOMES e FILIZOLA, 2006).

Associado a este conjunto de indicadores que se inter-relacionam nos processos físicos da vida do solo, é importante observar processos de remoção do solo por erosão que podem ocorrer mesmo em áreas com estrutura de solo considerada de razoável qualidade. A erosão, além de provocar a perda de água por escoamento, pode também provocar a perda de nutrientes. Assim, a degradação da qualidade física do solo pode estar associada também à erosão, pois é na porção superior e mais fina do solo que está a maior quantidade de elementos disponíveis sendo, portanto, a mais fértil (BRADY, 1989). No entanto, é justamente a porção superior do solo a mais prejudicada pela erosão.

### 2.2.2. Indicadores químicos

Os indicadores químicos são bastante relevantes para os estudos de qualidade do solo, especialmente por indicarem o estágio de degradação ou de evolução em que o solo se encontra. As condições químicas do solo afetam a relação solo-planta, a qualidade da água, a capacidade tamponante, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos e a mobilidade de contaminantes (MORAES, 2008).

Os principais indicadores químicos para avaliação de qualidade do solo estão agrupados em quatro classes, sendo: a) aqueles que indicam os processos do solo ou de comportamento, como o pH e o carbono orgânico; b) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions, como o tipo de argila (1:1 ou 2:1), a CTC, a CTA, os óxidos de ferro e os óxidos de alumínio; c) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas como o N, P, K, Ca, Mg e os micronutrientes; e d) aqueles que indicam contaminação ou poluição como, por exemplo, os metais pesados, o nitrato, o fosfato e os agrotóxicos (GOMES e FILIZOLA, 2006).

Esses indicadores são normalmente agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações, como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m%) (ARAÚJO et al., 2012). Eles incluem, por exemplo, medições de pH, salinidade, matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes e concentração de elementos que podem ser potencialmente contaminantes (MORAES, 2008).

Gomes e Filizola (2006) apontam seis indicadores de qualidade do solo que, segundo eles, do ponto de vista agrônomo são os mais importantes: pH, carbono orgânico, CTC efetiva, nitrogênio do solo, nutrientes disponíveis para as plantas, condutividade elétrica e sais solúveis totais.

Neste trabalho merece destaque o pH do solo, o qual refere-se à medida de concentração de  $H^+$  no solo sendo utilizado para determinar a acidez, neutralidade ou alcalinidade. Além disso, destacam-se a soma de bases (S), a capacidade de trocas catiônicas (CTC) e a saturação por bases (V), por serem considerados importantes indicadores da fertilidade do solo.

### 2.2.3. Indicadores biológicos

Quanto aos indicadores biológicos, estes são frequentemente definidos pela presença ou ausência de uma determinada espécie animal ou vegetal em uma dada área e associada a uma determinada condição ambiental (ZILLI et al. 2003). Em certos casos, uma espécie representativa pode ser selecionada como parâmetro indicativo das condições biológicas dos demais componentes do ecossistema.

Para ser caracterizado com um bom indicador biológico, este deve ser capaz de responder, de forma rápida e acurada, os distúrbios no solo, refletir os aspectos do funcionamento do ecossistema, ser economicamente viável, possuir distribuição universal e independente de sazonalidade e ainda ser passível de processos de avaliação (VISSER e PARKINSON, 1992 Apud ZILLI et al., 2003).

Assim, a presença ou ausência de organismos podem ser consideradas como indicador de qualidade do solo, constituindo-se como importante parâmetro de avaliação devido à capacidade de responder rapidamente às mudanças do ambiente e, por consequência, das alterações das formas de manejo. Esses indicadores são importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal.

De acordo com Araújo (2008), os indicadores biológicos do solo mais utilizados são a biomassa microbiana, a respiração, o nitrogênio mineralizável e a diversidade da fauna. Esses indicadores são importantes principalmente quanto ao processo de ciclagem de nutrientes, bem como na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal. Neste trabalho será considerada a matéria orgânica e atividade microbiológica do solo, a macrofauna e a biomassa forrageira.

A matéria orgânica possui grande importância na manutenção da micro e mesovida do solo e em toda sua bioestrutura e produtividade, pois funciona como granulador das partículas minerais, sendo a principal responsável pelo aspecto frouxo dos solos produtivos. Possui ainda a capacidade de aumentar o volume de água que um solo poderá absorver e disponibilizar em maior proporção a água assimilável para o crescimento vegetal (PRIMAVESI, 2002). É também a principal fonte de energia para os microrganismos do solo, no qual, sem ela, a atividade biológica praticamente redundaria em paralisação (BRADY, 1989).

A MOS, além de ser fonte primária de nutrientes às plantas, influencia diretamente a infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (GREGORICH et al., 1994 *apud* CONCEIÇÃO et al., 2005), podendo ainda atuar em outros atributos, tais como a ciclagem de nutrientes, a complexação de elementos tóxicos e a estruturação do solo. A MOS é ainda considerada um grande reservatório de nutrientes vegetais e de carbono, e afeta diretamente os atributos físicos, químicos, biológicos do solo (LOSS, 2011). Por esses fatores, é considerada um dos melhores indicadores de qualidade do solo (ZALAMENA, 2008), sendo indispensável em processos de avaliação da sua qualidade. Por isso, o estudo e a compreensão de sua dinâmica são fundamentais para a manutenção da sustentabilidade dos diversos sistemas produtivos (BOURSCHEID, 2014).

A diversidade da fauna também é considerada como indicador biológico da qualidade do solo. A presença de organismos invertebrados como minhocas, térmitas e protozoários pode ser utilizada como indicador de qualidade do solo, pois os organismos possuem a capacidade de demonstrar o estado da qualidade do solo perante a ação antrópica. Machado (2010) afirma que a fauna indica o progresso biocenótico do solo; aponta, por exemplo, que a presença de formigas cortadeiras indica um solo com alto grau de degradação, mas, quando melhoram as condições da qualidade do solo pelo aumento dos níveis de matéria orgânica humificada, as formigas cortadeiras desaparecem. Já a presença de oligoquetas revela um estágio superior de biocenose do solo, sendo que a sua ausência indica alto grau de degradação do solo.

A diversidade e disponibilidade de biomassa forrageira também se constituem como outro importante indicador biológico da qualidade do solo. Além de contribuir para a redução da incidência da radiação solar, serve de alimento para o desenvolvimento da biota edáfica, cooperando assim com a manutenção e/ou melhoria da estrutura física do solo; ao mesmo tempo, solos com boa disponibilidade de biomassa tendem a ter maior retenção de umidade, maior aporte de carbono e outros nutrientes do solo por meio da MO e, conseqüentemente, melhor estruturação dos agregados.

### 2.3. AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA QUALIDADE DO SOLO

Os métodos laboratoriais de avaliação da qualidade do solo, ainda que sejam bastante precisos e confiáveis e constituam-se como importantes ferramentas para a avaliação da qualidade do solo, muitas vezes são de difícil utilização devido ao custo e ao tempo (NIERO et al., 2010). Nesse sentido, a

avaliação visual da qualidade do solo é uma importante estratégia de avaliação, possibilitando de forma rápida, segura e barata informações para o planejamento dos sistemas produtivos.

A avaliação visual da qualidade do solo é baseada em atributos morfológicos visíveis ou passíveis de serem distinguidos sem a necessidade de análises laboratoriais (NIERO et al., 2010). Para realizar esse tipo de avaliação, é necessário um conjunto mínimo de indicadores que apresentem características como facilidade de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, utilização abrangente e sensibilidade à variação de manejo. Esses indicadores devem estar integrados aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e, além de representarem processos relevantes para as suas funções, devem ser sensíveis às mudanças decorrentes das práticas de manejo (COMIN et al., 2016). Essa estratégia de avaliação tem sido utilizada devido sua praticidade, simplicidade, sensibilidade à variação do manejo e possibilidade de ser desenvolvida tanto individualmente quanto coletivamente, valorizando o saber empírico local dos camponeses e integrando-o ao conhecimento técnico e científico de extensionistas e pesquisadores (BOURSCHEID, 2014).

A partir de um conjunto mínimo de indicadores adaptados à realidade local, é possível monitorar e avaliar as práticas de manejo adotadas para possíveis tomadas de decisões. Rocha Júnior (2013) utilizou essa abordagem para analisar o estabelecimento e a validação de indicadores de qualidade do solo por método participativo em assentamentos rurais do sul da Bahia-BA, tendo como objetivo a adaptação e aplicação de metodologias de avaliação empírica em comparação com as avaliações técnicas laboratoriais. O autor constatou que os índices de qualidade do solo confirmaram a semelhança entre o poder de discriminação das avaliações empíricas e técnicas. Segundo Bourscheid (2014), este método de avaliação permite medir a sustentabilidade tanto de forma comparativa quanto relativa, confrontando a evolução de um mesmo sistema pelo tempo ou comparando dois ou mais sistemas sob diferentes manejos ou estados de transição.

Como procedimento metodológico de avaliação, é possível utilizar a campo um conjunto de indicadores para diagnose do estado da qualidade do solo como, por exemplo, a matéria orgânica, o enraizamento, a estrutura, a compactação, a erosão, a umidade, a macrofauna e a cobertura do solo.

Uma vez escolhidos os indicadores de qualidade do solo e definido como os mesmos serão avaliados, sugere-se atribuir notas a eles em uma escala que pode variar de 1 a 10. Nesse caso, a nota 1 será atribuída à pior condição para aquele indicador, ou seja, o cenário indesejável; a nota 5 será

atribuída a uma condição minimamente aceitável; e a nota 10 será dada àquela condição desejável, ou seja, a situação ideal semelhante a uma área com vegetação nativa. Evidentemente, notas intermediárias podem ser atribuídas aos indicadores (COMIN et al., 2016).

Logicamente, as atribuições de notas aos indicadores têm como base as características visuais do atual estado de qualidade do solo inerente a cada indicador. Por exemplo, para avaliar o indicador estrutura do solo deve-se observar a presença ou não de agregados, assim conferindo nota conforme a condição apresentada. De acordo com Primavesi (2009), um solo saudável é rico em agregados, grumoso, com um sistema poroso em que entram ar e água e podem penetrar as raízes. Um solo poeirento, sem a presença de agregados visíveis, configura-se como condição indesejável. No outro extremo, solos com muitos agregados e que mantêm a forma após leve pressão (COMIN et al., 2016), podem ser considerados como em condição desejável ou situação ideal.

A cor, o odor e o teor do solo são indicativos característicos do estágio de ciclagem e desenvolvimento da matéria orgânica (a qual influencia diretamente na qualidade da vida do solo). O cheiro fresco e agradável indica presença de microvida e solo em boas condições; cheiro de mofo sugere pouca vida aeróbica do solo, indicando problema com aplicação de resíduos orgânicos na superfície; quando o solo não apresentar nenhum tipo de aroma, é indicativo de que o solo está morto e, provavelmente, duro, mas se o solo apresenta cheiro fétido, sugere-se matéria orgânica em putrefação. Isso ocorre especialmente com material rico em nitrogênio, em ambiente aeróbio e com excesso de umidade (PRIMAVESI, 2009).

Comin et al. (2016) propuseram os seguintes passos para realizar a avaliação da qualidade do solo: a) identificação de uma estação de trabalho que represente as condições médias existentes na área a ser avaliada; b) abertura de trincheira considerando a presença de fatores que possam interferir na interpretação visual do perfil do solo; c) limpeza do perfil do solo onde será realizada a avaliação dos indicadores associados ao perfil cultural; d) atribuição de notas aos indicadores conforme a percepção do avaliador em relação às características de cada indicador e; e) confecção de gráficos que representem as condições médias de cada indicador conforme notas atribuídas. Por fim, destacam os autores que os gráficos mais apropriados para esse tipo de avaliação são os tipos teia, guarda-chuva, radar ou pizza, permitindo fácil visualização do estado da qualidade do solo, sendo que os valores mais próximos do lado externo do gráfico representam o sistema mais conexo da condição ideal.





### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a qualidade do solo por meio de indicadores qualitativos e quantitativos em pastagem manejada em sistema extensivo e rotacionado, em comparação com área de floresta nativa.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a qualidade do solo por meio de indicadores qualitativos em pastagem manejada com sistema extensivo e rotacionado sob sistema de preparo convencional;
- Avaliar a qualidade do solo por meio da estabilidade de agregados e da fração leve da matéria orgânica nos diferentes sistemas de manejo do solo.



#### **4. HIPÓTESE**

As pastagens em sistema extensivo e rotacionado, por sofrerem interferência no manejo e práticas agrícolas, alteram a qualidade e os atributos químicos do solo em comparação à floresta nativa.

Comparando apenas os dois sistemas de pastagens, o sistema rotacionado intensivo, por sofrer maiores pressões de manejo, apresenta indicadores de qualidade inferiores ao sistema extensivo.



## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS DE COLETAS DE DADOS

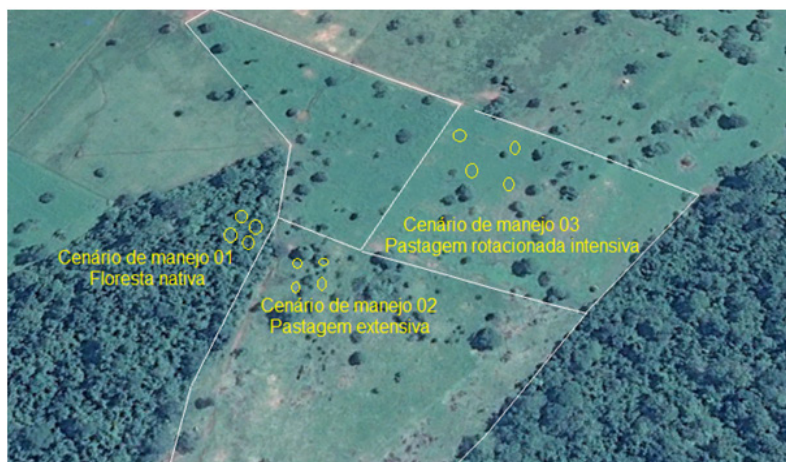
A pesquisa foi realizada em uma propriedade particular de produção agropecuária localizada na gleba Triângulo, município de Tangara da Serra, região Médio Norte de Mato Grosso-MT. Está situada na latitude 14°46'51.84" S, longitude 57°52'04.89" W e altitude de 253 metros. O solo é classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa (EMBRAPA, 2013) e o relevo apresenta topografia de plana à levemente ondulada. De acordo com o sistema de classificação de Koeppen, o clima da região é classificado como Wa, caracterizado como tropical quente e sub-úmido. A temperatura média máxima anual é de 32,4 °C, sendo que novembro destaca-se como o mês que possui a temperatura mais elevada. A temperatura média mínima anual é de 19,6 °C, e no mês de julho predominam as temperaturas mais amenas. A precipitação pluviométrica é de 1.448,2 mm/ano com maiores concentrações de outubro a abril e menores concentrações de junho a setembro (INMET, 2017).

A área total da propriedade é de 3.715 hectares dos quais 1.105 hectares são de floresta nativa conservada como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Nesta, predominam espécies arbóreas características da Floresta Amazônica, como o cedro (*Cariniana legalis*), o ipê (*Tabebuia chrysotricha*), a peroba (*Aspidosperma polyneuron*), o angico (*Parapiptadenia rigida*), a palmeira de babaçu (*Orbignya speciosa*), entre outras. A área de FN foi constituída legalmente como RPPN em 31/10/2003 pela Portaria 043/2003 da Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEMA/MT, tendo como objetivo a conservação, a pesquisa científica e a educação ambiental. Outros 2.154 hectares são de pastagens com *Brachiaria brizantha* c.v Marandu, MG5, Piatã, Humidícula e capim Massai (*Panicum maximum*) conduzidos em sistema de manejo convencional extensivo com pastoreio de bovinos para corte em regime de lotação variável ao longo do ano. Os outros 456 hectares da propriedade são compostos por pastagem de *Brachiaria brizantha* c.v Marandu e capim Mombaça (*Panicum maximum*) cultivado em manejo convencional rotacionado intensivo, no qual ocorre mudança periódica e frequente dos animais entre os piquetes.

A carga animal média é de 24 animais por hectare no qual, geralmente, possuem um tempo de ocupação de oito dias e tempo de repouso

de 32 dias. Este cenário de manejo está em constante processo de intervenção humana com utilização de maquinaria pesada e produtos de síntese química, como agrotóxicos para dessecação de plantas espontâneas, adubos e fertilizantes foliares. Nesses dois sistemas de pastagens, criam-se 10.200 cabeças de animais das raças Nelore e Angus para corte.

A proposta de realização do estudo nesta fazenda levou em consideração o tipo de manejo adotado nos diferentes cenários de manejo. Foram selecionados três cenários de manejo de uso da terra, sendo: floresta nativa (FN), pastagem extensiva (PE) e pastagem rotacionada intensiva (PRI). As coletas e análises foram realizadas nas bordas adjacentes a esses três cenários de manejo, conforme ilustra a Figura 01.



**Figura 01.** Vista aérea dos cenários de manejo e trincheiras onde foram realizadas as coletas e análises da pesquisa.

**Fonte:** Google Earth Pro.

Os procedimentos qualitativos de coleta de dados foram divididos em duas etapas. Na primeira etapa, para caracterizar o histórico do perfil cultural de uso da área avaliada, foi aplicado um questionário estruturado contendo perguntas fechadas (ver em anexo). As questões foram focadas no sistema de produção como, por exemplo, tempo de cultivo da área, sistema de manejo, gramíneas predominantes, aplicação de agrotóxicos e adubação química, entre outras. Para avaliação físico-química, nesta etapa ainda, foram levantados resultados de amostras de solo dos piquetes 7A (PRI) e 7B (PE) das quais foram determinados os teores de pH, a soma de bases (S), a

capacidade de trocas de cátions (CTC), a saturação por bases (V), a matéria orgânica, areia, silte e argila, conforme a Tabela 01.

**Tabela 01.** Caracterização físico-química do solo no sistema de pastagem rotacionado intensivo (piquete 7A) e extensivo (piquete 7B).

Código	Amostra	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	Mat. Org.	Areia	Silte	Argila	Soma de Bases (S)	CTC	Sat. por Bases (V)
		Água	CaCl <sup>2</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					g/dm <sup>3</sup>	g/kg	Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	%				
239191	Piquete 7A	6,6	5,8	13,8	645	11,11	8,7	2,41	0	4,1	54,2	407	136	457	12,79	16,89	75,73
239192	Piquete 7B	6,5	5,7	12	477	7,38	5,55	1,83	0	3,8	51,2	540	116	344	8,62	12,42	69,4

Na segunda etapa, foi utilizado o método da avaliação da qualidade do solo a partir de um conjunto de indicadores, conforme descrito por Niero et al. (2010) e Comin et al. (2016). A avaliação da qualidade do solo foi aplicada em três diferentes cenários de manejo (FN, PE e PRI).

Foram avaliados oito indicadores de qualidade do solo: a) Matéria Orgânica; b) Enraizamento; c) Estrutura; d) Compactação e infiltração; e) Erosão; f) Umidade; g) Macrofauna; h) Biomassa forrageira. Esses indicadores foram selecionados partindo-se do pressuposto que atendem aos aspectos da sustentabilidade produtiva e ambiental do solo adaptado à realidade local. Conforme indicado na Tabela 02, cada indicador foi avaliado de acordo com a sua característica, à qual lhe foi atribuída uma nota com valores que variaram entre mínimo (nota 01), médio (nota 05) e máximo (nota 10).

**Tabela 02.** Indicadores de avaliação da qualidade do solo.

	Indicadores	Valor	Características
01	Cor, odor e teor de matéria orgânica. (Matéria Orgânica e Atividade Microbiológica)	1	Coloração mais clara, odor desagradável, teor muito baixo de matéria orgânica.
		5	Coloração mais escura, sem odor marcante, teor médio de matéria orgânica.
		10	Coloração escura, odor de terra de mata, teor alto de matéria orgânica.
02	Enraizamento	1	Volume de solo explorado não ultrapassa 10 cm.

		5	Volume de solo explorado entre 10 e 20 cm.
		10	Volume de solo explorado superior a 40 cm
03	Estrutura do Solo (Estrutura)	1	Solo poeirento, sem a presença de agregados visíveis.
		5	Solo com poucos agregados visíveis, que se rompem com leve pressão.
		10	Solo com muitos agregados, que mantém a forma após leve pressão.
04	Compactação e Infiltração (Compactação)	1	Camada muito compactada, apresentando elevada resistência à penetração da ponta da faca e com pouca ou nenhuma infiltração de água.
		5	Camada compactada, apresentando média resistência à penetração da ponta da faca e com infiltração lenta de água.
		10	Ausência de camada compactada, não apresentando resistência à penetração da ponta da faca e a água infiltra rapidamente.
05	Erosão	1	Erosão severa, presença de sulcos e canais de erosão.
		5	Erosão pouco visível (laminar), o escoamento não cria sulcos.
		10	Sem sinais visíveis de erosão.
06	Retenção de Umidade (Umidade)	1	Solo seco após pouco tempo sem chuva.
		5	Solo úmido após algum tempo sem chuva.
		10	Solo úmido mesmo com estiagem prolongada.
07	Atividade Biológica (Macrofauna)	1	Sem sinais da presença de minhocas e, ou, artrópodes.
		5	Presença de algumas minhocas e, ou, artrópodes.



		10	Abundância de minhocas e, ou, artrópodes.
08	Disponibilidade e qualidade de biomassa forrageira (Biomassa)	1	Pouca quantidade de pasto e baixa qualidade da forragem. Os animais não comem o pasto.
		5	Quantidade e qualidade média de plantas forrageiras. Os animais comem pouco pasto. O pasto não é suficiente para alimentar os animais.
		10	Alta quantidade e qualidade de plantas forrageiras. Suficiente para alimentar bem os animais. Os animais comem muito o pasto.

**Fonte:** COMIN et al. (2016); BOURSCHIED (2014).

Em cada cenário de manejo foi montada uma estação de trabalho representativa em que foi realizada a avaliação. Para se obter repetições das avaliações qualitativas, cada estação de trabalho foi composta por quatro trincheiras com proximidade média de 50 metros uma da outra.

Em uma planilha elaborada previamente, o avaliador explicitava suas anotações, emitindo notas individuais por indicador. De posse dos resultados das quatro trincheiras, foi calculada a média aritmética de cada indicador, o que correspondeu ao resultado final da avaliação da qualidade do solo daquele determinado cenário de manejo.

#### 5.1.1. Avaliação qualitativa da qualidade do solo

A matéria orgânica (MO) foi avaliada conjuntamente com a atividade microbiológica do solo. Para avaliação do teor MO, foi utilizada a percepção organoléptica por meio da avaliação sensorial, do odor, da textura (tato) e da cor do solo (USDA, 2001), conforme apresentado na Tabela 02. Para atividade microbiana foi utilizado um recipiente translúcido com peróxido de hidrogênio numa proporção de 10%, aplicando-se 10 gotas em uma porção aproximada de 10 gramas de solo, na qual foi verificada a intensidade e duração da efervescência (pouca, média ou abundante). A atividade biológica e o teor de matéria orgânica foram considerados baixos quando ocorreu pouca ou quase nenhuma efervescência e com curta duração. Quando a efervescência foi abundante e duradoura, indicou-se um solo com elevada atividade biológica e teor de matéria orgânica (COMIN et al., 2016).

Para avaliação do indicador enraizamento foi utilizada a metodologia da percepção visual com base na profundidade do solo explorada pelas raízes; o volume médio de solo explorado pelas raízes foi estimado em três profundidades distintas, sendo elas: até 10 centímetros (condição indesejável), entre 10 a 20 centímetros (condição minimamente aceitável) e acima de 40 centímetros (condição ideal). O volume de solo explorado pelas raízes nessas três diferentes profundidades possibilitou a atribuição de notas conforme destacado na Tabela 02.

Para o indicador estrutura do solo, foi utilizada a metodologia proposta por Rocha Júnior (2013), que tem como base a observação visual. Em um becker com água colocou-se um torrão de solo, do qual se observou o tamanho dos agregados e a turvação da água. Também foi utilizado um pedaço de torrão que foi quebrado em seus pontos de fratura e pressionado sobre os dedos indicador e polegar, averiguando a consistência, de modo que o esboroamento do torrão com maior facilidade evidenciou um solo solto e com poucos agregados (USDA, 2001; EMBRAPA, 2006).

Os indicadores compactação e infiltração também foram avaliados conjuntamente. Para a compactação foi utilizada uma faca de aço inox que foi verticalmente introduzida ao solo para observação do grau de resistência à penetração, estimando assim o grau de compactação. A resistência do solo influenciou em maior ou menor profundidade de penetração da lâmina da faca. Após então e com base nos valores de referência na Tabela 02, foi atribuída uma nota ao respectivo indicador.

Para avaliar a infiltração de água foi introduzido ao solo um tubo de policloreto de polivinila – PVC, de 40 mm de diâmetro e 30 cm de comprimento que foi pressionado ao solo a uma profundidade de 5 cm e adicionado um volume de  $\frac{1}{2}$  (meio) litro de água e anotado em um cronômetro o tempo de infiltração. Com base na percepção visual de subtração do volume inicial de água adicionado sobre o tubo de PVC e retido sobre o solo, foi atribuída uma nota ao indicador infiltração de água.

A avaliação do indicador erosão foi realizada com base na observação do grau de conservação ou degradação do horizonte superficial do solo (O/A) averiguada em um raio de 10 metros em relação à parte central da trincheira; além disso, a profundidade e exposição das raízes, a presença de sulcos, valetas e de vestígios de transporte de partículas do solo (USDA, 2001) também serviram de bases para avaliação do indicador.

Para avaliação do indicador umidade, em cada trincheira foram retiradas amostras de torrões indeformados de três diferentes profundidades do solo, sendo até 10 cm, entre 10 a 20 cm e acima de 40 cm. Com base na

avaliação visual e tátil, para cada profundidade foi atribuída uma nota e a média aritmética correspondeu à nota dessa respectiva trincheira.

Para avaliação do indicador macrofauna foi utilizada a técnica da observação visual. Em cada trincheira escavada, o avaliador averiguou e anotou a presença de minhocas nas galerias do solo ou artrópodes como aranhas, escorpiões, lacraias, formigas, baratas, mosquitos, borboletas, mosca, besouro, joaninha, abelha e gafanhoto no raio superficial de até um metro em relação ao centro da trincheira.

A avaliação da disponibilidade da biomassa forrageira foi realizada por meio do método da estimativa visual comparativa, conforme discorrido por Machado e Kichel (2004). Na primeira fase foram atribuídas notas comparativas e, na segunda, foram feitos cálculos de disponibilidade com base nas notas atribuídas e nas amostras cortadas. Na terceira fase, a partir das médias gerais, foi utilizada uma planilha para confeccionar gráfico tipo teia para representar o estado da qualidade do solo em cada tipo de cenário de manejo.

#### 5.1.2. Avaliação quantitativa da qualidade do Solo

Em cada cenário de manejo foram abertas trincheiras para a avaliação de qualidade do solo. Em cada trincheira, em três profundidades (0-5, 5-10 e 10-20 cm), foram coletadas amostras simples indeformadas com tamanho aproximado de 10 cm x 10 cm x 05 cm para a avaliação da estabilidade dos agregados e fração leve da matéria orgânica, que foram analisadas no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Para determinação da estabilidade de agregados, as amostras indeformadas foram coletadas com uma pá de corte em sentido horizontal nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm (EMBRAPA, 1997). As amostras foram secas ao ar e, em seguida, destorroadas manualmente, seguindo fendas ou pontos de fraqueza, e passadas em um conjunto de peneiras de malha 8,00 mm e 4,00 mm para obtenção dos agregados, conforme Embrapa (1997).

Nos casos em que houve retenção de agregados na peneira de 4,00 mm, estes foram pesados e transferidos para uma peneira de 2,00 mm que compõe um conjunto de peneiras com diâmetro de malhas descrentes, a saber: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm, conforme Embrapa (1997).

Os agregados que ficaram retidos na peneira de 2,00 mm, posteriormente, foram umedecidos com borrifador de água e, logo em seguida, o conjunto de peneiras foi submetido à tamisação vertical via úmida por 15 minutos no aparelho de Yoder. Transcorrido esse tempo, o material retido em cada peneira foi retirado, separado com jato d'água, colocado em placas de pétri previamente pesadas e identificadas, e levado à estufa à 105 °C até a obtenção de massa seca constante. A partir da massa de agregados foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, conforme Embrapa (1997).

Para a quantificação da fração leve da matéria orgânica, foram pesadas 50 gramas de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e colocadas em becker de 250 ml e adicionado 100 ml de solução Hidróxido de Sódio (NaOH) em 0,1 mol L<sup>-1</sup> e deixados em repouso por uma noite.

A suspensão foi agitada com bastão de vidro e o material foi peneirado em peneira de 0,25 mm, na qual, os que ficaram retidos, foram transferidos novamente para o becker e completado seu volume com água. O material flotado no becker foi mais uma vez passado em peneira de 0,25 mm, adicionado água e agitado manualmente para suspensão da MOL restante. Em seguida, o material suspenso foi vagarosamente vertido em peneira de 0,25 mm até que todo o material flotado com a agitação em água foi totalmente removido.

Os materiais retidos em peneira foram colocados em cadinhos, pesados, enumerados e levados à estufa a 65 °C por 72 horas para atingir seu peso constante. Posteriormente, os materiais foram novamente pesados e calculada a fração leve da matéria orgânica.

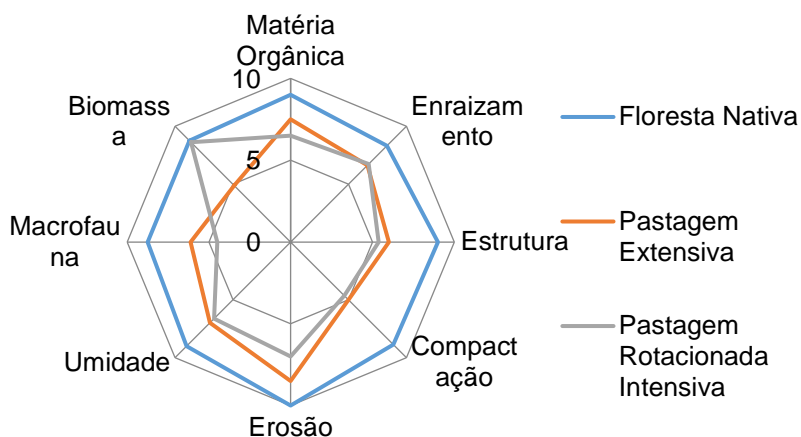
### 5.1.3. Análise Estatística

Os resultados quantitativos foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos foram significativos, entre camadas do mesmo tratamento e entre tratamentos da mesma camada, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha= 5\%$ ).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. AVALIAÇÃO QUALITATIVA

A floresta nativa apresentou todos os indicadores de qualidade superiores a oito, condição esta mais próxima do desejável e que corrobora a percepção de um sistema em equilíbrio (Figura 02). Os sistemas de pastagens apresentaram dissonâncias entre os indicadores quando comparados entre si, sendo que o sistema PE foi o que apresentou notas mais próximas da condição desejável, ou seja, com menor taxa de degradação (Figura 02).



**Figura 02.** Diagrama de avaliação da qualidade do solo sobre FN, PE e PRI em um Latossolo Vermelho.

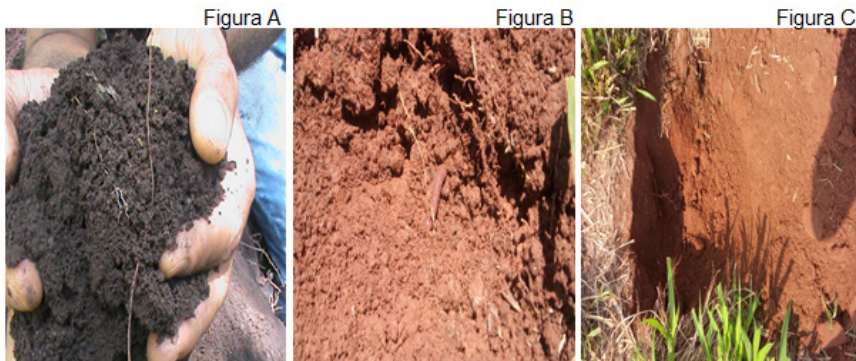
Para o indicador matéria orgânica, o sistema FN apresentou características ideais de um solo saudável. Por solo saudável entende-se um solo que apresenta indicadores característicos como coloração escura, odor de terra de mata, alto teor de matéria orgânica, presença de macro agregados, grumoso e com um eficiente sistema poroso, permitindo a entrada de ar e água que podem penetrar as raízes (PRIMAVESI, 2010).

Solos que não estão expostos a processos de degradação natural e/ou antrópica possuem características químicas e físicas mais estáveis, especialmente aqueles cuja deposição e incorporação de resíduos orgânicos

são intensas (ROCHA JÚNIOR, 2013). Por conta desses fatores, áreas de vegetação nativa, por exemplo, sofrem menos alterações na cor, no odor e na consistência do solo. Porém em solos descobertos, gradeados, revolvidos, a probabilidade de o solo ser erodido é maior (SOLDÁ, 2012).

Nos sistemas PE e PRI, apesar do odor do solo ainda ser característico de terra de mata, a cor, que também é um indicativo de qualidade do solo por meio do teor de matéria orgânica, apresentou-se mais clara que na FN (Figuras 03A, 03B e 03C). Assim, quando relacionados ao teor de matéria orgânica, os valores atribuídos aos dois sistemas de pastagens foram menores.

Comparando apenas os dois sistemas de pastagens, o PE apresentou maior teor de matéria orgânica e atividade biológica em relação ao sistema PRI. Um dos fatores que explicam a diferença no teor de matéria orgânica e atividade biológica entre os dois sistemas de pastagens refere-se ao tipo de manejo adotado. No sistema PRI, há menor quantidade de material orgânico em processo de decomposição, pois o pastoreio é realizado a fundo, implicando em pouco remanescente aéreo e, conseqüentemente, menor quantidade de resteva para cobertura do solo e decomposição. E, apesar da alta carga animal do sistema PRI que possibilita vantajada deposição de excrementos fecais, estes estão, em sua maioria, concentrados próximos aos saleiros e bebedouros, sendo praticamente nula sua contribuição para a recuperação do sistema.



**Figura 03.** Avaliação do indicador matéria orgânica e atividade biológica em Floresta Nativa (Figura A), Pastagem Extensiva (Figura B) e Pastagem Rotacionada Intensiva (Figura C).

Na FN, devido à matéria orgânica profusa, a atividade biológica foi considerada alta com abundante e duradoura efervescência do peróxido de hidrogênio quando em contato com a amostra de solo. Porém, nos dois sistemas de pastagens, a atividade biológica reduziu-se consideravelmente devido à pouca presença de matéria orgânica.

Quanto ao volume do solo explorado pelas raízes, a FN apresentou denso raizame da vegetação arbustiva com um sistema radicular vigoroso e profundo, acima de 40 cm, sem nenhuma crosta superficial ou adensamento impeditivo ao desenvolvimento radicular ou à penetração da água, configurando condição ideal de qualidade do solo.

Na pastagem extensiva e rotacionada intensiva foi possível notar que as raízes possuíam crescimento distribuído nos primeiros 20 cm da camada superficial. Nas trincheiras 02 e 04 do manejo extensivo foi possível observar que quando as raízes primárias ultrapassaram os primeiros 10 cm da camada superficial havia desvios em busca de fissuras do solo para penetração. Essa característica, além de indicativo do pé-de-grade como processo predador anterior, é também evidência de compactação do solo (EMBRAPA, 2017).

No manejo rotacionado intensivo, as raízes mostram-se mais densas, sendo mais concentradas nos primeiros 20 cm da camada do solo e logo após, apresentavam crescimento interrompido, fato este possivelmente relacionado com o histórico do perfil cultural da área como utilização de gradagem (pé-de-grade) e pisoteio animal que influenciam diretamente na compactação do solo. Portanto, o volume de solo explorado pelas raízes nessas três diferentes profundidades possibilitou ponderar que os dois sistemas de manejo das pastagens apresentam vestígios de processos de degradação.

Na avaliação do indicador estrutura do solo foram conferidas as melhores notas para o cenário de manejo FN quando comparadas aos cenários de PE e PRI. Como se pode observar no diagrama de avaliação da qualidade do solo (Figura 02), a FN obteve média aritmética que ilustra uma condição desejável no manejo dos agroecossistemas.

Quando comparados apenas os dois sistemas de manejo de pastagens, o manejo extensivo apresentou condição intermediária enquanto o sistema rotacionado intensivo apresentou condição indesejável. Na PRI, a água mostrou-se com coloração mais clara, relativamente pouco turva, indicando baixo teor de matéria orgânica. Os torrões quebrados em seus pontos de fraturas e pressionados sobre os dedos indicadores e polegar possibilitaram averiguar que no PRI o esboroamento do torrão ocorreu com maior facilidade, evidenciando um solo de menor consistência e agregação.

De acordo com Klein e Libardi (2002), as alterações da estrutura do solo estabelecem forte relação entre a degradação da qualidade e a intensidade do seu uso. Entretanto, além da relação com o histórico do perfil cultural da área, estes fatores também podem estar relacionados com as diferenças texturais do solo entre os dois piquetes, pois resultados físico-químicos de amostras de solo demonstraram que as composições das frações granulométricas entre ambos são distintas. Conforme demonstra a Tabela 01, no piquete 7A (PRI) o solo possui textura média com 34% de teor de argila, enquanto no piquete 7B (PE) o solo possui característica de um solo pesado, com 46% de argila em sua composição textural.

Para os indicadores compactação e infiltração, o sistema PRI apresentou nota inferior ao sistema extensivo, indicando maior grau de degradação do solo. Comparados com a FN, os dois sistemas de pastagens apresentaram camada do solo com maior resistência à penetração da ponta da faca e infiltração de água. Na FN o tempo médio para infiltração de meio litro de água no solo foi de 00:01:48 (um minuto e quarenta e oito segundos), enquanto no manejo PE e PRI foram de 00:10:20 minutos (dez minutos e vinte segundos) e 00:20:76 minutos (vinte minutos e setenta e seis segundos), respectivamente (Figura 04). Vale destacar que a trincheira 01 do cenário de manejo PRI extrapolou o tempo compreendido como limite para infiltração da água, que era de trinta minutos.

Figura A





Figura B



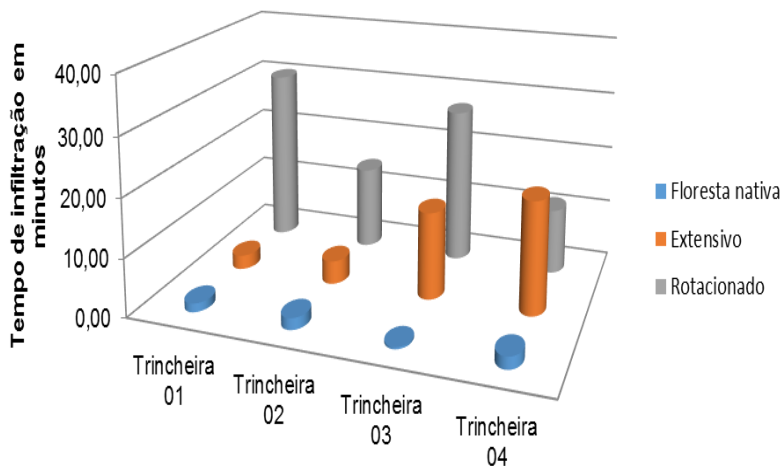
**Figura 04.** Avaliação do indicador infiltração em Floresta Nativa (Figura 4A) e Pastagem Rotacionada Intensiva (Figura 4B).

O sistema de manejo rotacionado intensivo foi o que teve pior condição para os indicadores compactação e infiltração, apresentando camadas compactadas e de elevada resistência à penetração da ponta da faca e dificuldades de infiltração da água. Isso pode estar diretamente relacionado ao excesso de carga animal que altera as propriedades do solo devido à compactação ocasionada pelo pisoteio animal (WENDLING et al., 2012).

Fatores como a mineralogia da fração argila, a densidade, o teor de MO e a estrutura do solo também podem influenciar diretamente na resistência à penetração do solo (MELO et al., 2017). Além disso, as alterações estruturais no solo devido às suas diferentes formas de uso e tipo de manejo empregado promovem alterações na resistência à penetração (BAVOSO et al., 2010). Essas alterações na estrutura do solo, além de acarretarem danos ao sistema radicular e ao desenvolvimento das plantas (MELO et al., 2017), ainda alteram o comportamento da infiltração e escoamento da água no solo (OLIVEIRA et al., 2014).

Nesse sentido, é possível observar significativa correlação entre o tipo de manejo adotado e o nível de compactação apresentado. Enquanto na FN o desenvolvimento radicular era denso, vigoroso, profundo e com significativo teor de umidade, nos sistemas de pastagens, principalmente no rotacionado intensivo, o solo apresentou maior resistência à penetração e teor

de umidade próxima do mínimo aceitável, condição consequente do comprometimento da estrutura do solo devido ao tipo de manejo adotado (Figura 05).



**Figura 05.** Infiltração da água no solo em Floresta, Pastagem Extensiva e Pastagem Rotacionada Intensiva em diferentes trincheiras.

Goedert et al (2007) afirmam que, de maneira geral, em áreas de pastagens intensivas, o pisoteio animal provoca o aumento da densidade do solo e a redução da sua porosidade, contribuindo para a diminuição da taxa de infiltração de água no solo. E, por consequência, aumenta-se a erosão (SOLDÁ, 2014). No entanto, não se observou nas pastagens a presença de sulcos e canais de erosão severa em nenhum dos dois sistemas de manejo, porém, a PE apresentou melhor desempenho em relação à PRI tendo em vista a presença de escoamento superficial, sendo este um dos vestígios de erosão laminar devido à compactação do solo ocasionada pela alta densidade da carga animal.

Dessa maneira, não basta apenas rotacionar as pastagens, é preciso que as técnicas de manejo estejam em harmonia com o desenvolvimento dinâmico da vida do solo. As agressões ao solo como aração, gradeação, subsolagem, uso de adubos sintéticos e agrotóxicos, entre outras, destroem a estrutura e comprometem a vida do solo.

O sistema extensivo e rotacionado intensivo apresentaram valores intermediários do teor de umidade, de 07 e 6,62, respectivamente. A FN

diferiu-se dos demais cenários de manejo com elevado teor de umidade em todas as trincheiras avaliadas. Tal avaliação sugere que o pisoteio animal, o trânsito de máquinas e implementos e o uso de produtos de síntese química desenvolvem um processo regressivo da qualidade do solo e, conseqüentemente, da estabilidade do sistema. Por outro lado, afirma-se a importância da manutenção de material orgânico para aumento da matéria orgânica e, conseqüentemente, para a retenção de água nas camadas do solo (RIBON et al., 2013).

Na avaliação da diversidade biológica (macrofauna) verificou-se a presença de artrópodes nos três sistemas, porém, com diferenças mais significativas para a FN, na qual se constatou a presença de aranhas, mutucas, moscas, minhocas, carrapatos, gongolos, formigas, grilos, marimbondos e abelhas; na PE averiguaram-se minhocas, grilos, mutucas e exoesqueleto de cigarra. Na PRI observaram-se apenas moscas, formigas e grilos. A minhoca, que é um importante indicador do estado da biocenose do solo (PINHEIRO MACHADO, 2010), não foi averiguada no sistema rotacionado intensivo. Possivelmente, a menor diversidade biológica de organismos do filo artrópodes nos sistemas extensivos e rotacionado intensivo estão relacionadas à maior desestruturação do solo, maior nível de compactação, menor taxa de matéria orgânica e umidade, bem como devido à utilização de produtos de síntese química.

Na avaliação de disponibilidade e qualidade da biomassa forrageira, os valores médios atribuídos para os piquetes 7A e 7B apresentaram consideráveis variações entre si, sendo as melhores notas atribuídas ao piquete 7<sup>a</sup>, o qual corresponde ao sistema PRI. Neste sistema há maior controle da entrada e saída dos animais no piquete, com tempo de repouso de 32 dias, consentindo à pastagem condições necessárias para a recuperação das suas reservas energéticas e permitindo à gramínea resposta mais rápida no seu desenvolvimento vegetativo, apresentando maior disponibilidade de forragem com hastes e folhas mais vigorosas.

As adições de adubos e fertilizantes nitrogenados à pastagem também são outro fator que tem influência direta no aumento da produção da biomassa forrageira. Em média, anualmente, realizam-se três aplicações nitrogenadas no sistema PRI.

Conforme se pode observar nos resultados analíticos de amostras de solo (Tabela 01), os valores de pH, Soma de Bases (S), Capacidade de Trocas Catiônicas (CTC) e Saturação por Bases (V) são maiores no piquete 7A em relação ao piquete 7B, indicando melhor condição de fertilidade química do solo. Isso se justifica devido ao fato de o sistema PRI receber maiores

quantidades de adubos ao longo do ano. Certamente, estes fatores contribuíram para maior quantidade de biomassa forrageira no sistema PRI. No entanto, apesar de solos férteis serem reconhecidamente mais produtivos, não significa necessariamente um solo de melhor qualidade.

## 6.2. ESTABILIDADE DE AGREGADOS E FRAÇÃO LEVE DA MATÉRIA ORGÂNICA

Nas três camadas de solo as pastagens apresentaram valores de DMP e DMG maiores que a floresta nativa (Tabela 03). A melhor agregação do solo nos sistemas de pastagens em relação à floresta nativa pode ser atribuída à presença de gramíneas que possuem amplo desenvolvimento do sistema radicular, com capacidade de agregar partículas de solos pela liberação de exsudados, auxiliando na formação de agregados.

Salton (2005), ao estudar os efeitos de sistemas de manejo sobre a agregação e a dinâmica da matéria orgânica do solo, observou que os valores de DMP em sistemas com pastagens e vegetação nativa foram semelhantes e diferenciaram entre os manejos apenas com lavouras, demonstrando que o sistema radicular das gramíneas pode auxiliar na formação de agregados.

Avaliando a sustentabilidade de pastagens manejadas sob Pastoreio Racional Voisin (PRV) com árvores, em comparação com Pastoreio Racional Voisin sem árvores, por meio de indicadores quantitativos de qualidade do solo, Bourscheid (2015) aponta que os maiores valores de DMP nas áreas de PRV em comparação à floresta (0-10 cm) podem ser devido à maior atividade do sistema radicular das gramíneas. Neste sentido, um fator que pode explicar a incidência de agregados com maior taxa de DMP nas áreas de pastagens é que na floresta nativa não há o efeito do sistema radicular das pastagens para auxiliar na formação dos agregados.

Comparando apenas os dois sistemas de pastagens, observou-se que na camada 10-20 cm, os valores de DMP e DMG foram maiores no PRI. Esse fator pode ser explicado pela presença, nessa camada, de um intenso processo de desenvolvimento do sistema radicular das forrageiras, especialmente das braquiárias. Quando a pastagem possui um sistema radicular desenvolvido, desenvolve-se também, mesmo que lento, um processo de melhorias na estruturação do solo. No caso de um sistema de pastoreio rotativo intensivo, entre dois cortes sucessivos, sempre há um período de repouso no qual as plantas reabastecem seu sistema de reserva e exercem maior atividade do sistema radicular, contribuindo diretamente no processo de agregação do solo.

**Tabela 03.** Valores de Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) de agregados, em mm, e Matéria Orgânica Leve (MOL), em g kg<sup>-1</sup>, em Floresta Nativa (FN), Pastagem Extensiva (PE) e Pastagem Rotacionada Intensiva (PRI) nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Tratamentos	Atributos avaliados/Profundidade					
	DMP		DMG		MOL	
Camada 0-5 cm						
FN	4,240	c <sup>1</sup>	3,379	b	58,813	A
PE	4,937	a	4,343	a	40,993	B
PRI	4,702	b	3,583	b	11,894	C
CV (%)	2,530		6,44		22,74	
Camada 5-10 cm						
FN	3,490	b	1,911	b	35,418	a
PE	4,699	a	3,967	a	16,842	b
PRI	4,753	a	3,967	a	3,001	c
CV (%)	7,72		9,22		36,480	
Camada 10-20 cm						
FN	2,665	c	1,610	b	25,379	a
PE	3,855	b	2,480	a	7,699	b
PRI	4,462	a	2,686	a	2,089	c
CV (%)	9,62		21,94		17,97	

CV=coeficiente de variação. <sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Em contrapartida, observa-se que a MOL é maior na floresta nativa, em todas as camadas. Isso se deve ao fato de que nela o aporte vegetal (serapilheira) associado ao não revolvimento do solo e à permanência dos resíduos culturais na superfície contribui para maior aporte de resíduos vegetais que geram a MOL (LOSS et al., 2014). Justamente por isso, na camada de 0-5 cm do solo se observa maior quantidade de MOL, e nas camadas mais profundas (5-10 cm e 10-20 cm) o teor de MOL reduz-se consideravelmente.

Entre os dois sistemas de pastagens, em todas as camadas, o pastoreio rotacionado intensivo apresentou teor de MOL inferior ao sistema extensivo. O tipo de manejo adotado no sistema produtivo possui grande influência sobre o estoque de matéria orgânica do solo, podendo manter, diminuir e até mesmo aumentar em relação à floresta nativa. No entanto, percebe-se no sistema PRI baixa taxa de deposição, decomposição e

renovação dos resíduos orgânicos que contribuem para a ciclagem da matéria orgânica do solo. Além de pouco remanescente vegetal para decomposição, os excrementos fecais dos animais também não estão sendo aproveitados racionalmente para elevação da taxa de matéria orgânica do solo.

Em relação à distribuição dos agregados no solo, em todas as camadas, os sistemas de pastagens apresentaram melhores valores para os macroagregados. Salton (2005), estudando a matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical, verificou importante efeito das pastagens na formação de macroagregados, cuja estabilidade se relacionou positivamente com a concentração de carbono orgânico total no solo. Neste sentido, compreende-se que a maior presença de macroagregados nos sistemas de pastagens em relação à floresta nativa, está relacionada à presença de gramíneas, que por obterem sistema radicular fasciculado e com intensa capacidade de renovação, desempenham papel fundamental na estruturação do solo, pois possuem maior eficiência em aumentar e manter a estabilidade de agregados.

Em relação à classe dos mesoagregados, em todas as camadas a floresta nativa apresentou os maiores valores quando comparados com os sistemas de manejo extensivo e intensivo (Tabela 04). Nos microagregados, os valores apresentados não foram significativos nas camadas de 0-5 e 10-20 cm. Apenas na camada de 5-10 cm, os valores foram maiores na floresta nativa do que nas pastagens.

**Tabela 04.** Valores da distribuição de agregados em floresta nativa (FN), pastagem extensiva (PE) e pastagem rotacionada (PRI) nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade

Tratamentos	Classes de agregados do solo					
	Macro		Meso		Micro	
Camada 0-5 cm						
FN	19,812	c <sup>1</sup>	3,606	a	0,725	a <sup>NS</sup>
PE	23,795	a	0,604	c	0,724	a <sup>NS</sup>
PRI	22,432	b	2,121	b	1,169	a <sup>NS</sup>
CV (%)	3,010		30,140		32,190	
Camada 5-10 cm						
FN	15,266	b	10,364	a	1,384	A
PE	22,244	a	1,839	b	0,591	B
PRI	22,602	a	3,701	b	0,832	B
CV (%)	9,21		58,420		22,360	
Camada 10-20 cm						
FN	10,190	c	12,493	a	1,557	a <sup>NS</sup>
PE	15,060	b	6,169	b	1,881	a <sup>NS</sup>
PRI	20,912	a	3,283	c	1,158	a <sup>NS</sup>
CV (%)	12,98		24,5		29,83	

CV=coeficiente de variação. <sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). <sup>NS</sup>: Não significativo

De acordo com Loss et al., 2015, isso é decorrente do constante aporte de resíduos vegetais sobre o solo e da atuação dos diferentes sistemas radiculares. Além desses fatores, soma-se a ausência de revolvimento do solo, que potencializa a presença e a diversidade de organismos, assim promovendo eficiente ciclagem de nutrientes e agregação, formando meso e microagregados estáveis em água, que serão unidos, principalmente por matéria orgânica particulada, para formar e estabilizar os macroagregados.





## 7. CONCLUSÕES

Entre os sistemas de pastagens, os melhores indicadores de qualidade do solo ocorreram no sistema extensivo. Dos oito indicadores qualitativos avaliados, o sistema PE apresentou melhores resultados em seis indicadores, sendo eles a matéria orgânica e a atividade microbiológica, a estrutura, a compactação e a infiltração, a erosão, a umidade e a macrofauna.

Em relação aos indicadores quantitativos, o sistema extensivo também apresentou relativamente melhores resultados de qualidade do solo que o sistema rotacionado intensivo. Em síntese, a avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores qualitativos e quantitativos possibilitou evidenciar melhores indicadores de sustentabilidade no sistema PE em relação ao sistema PRI, corroborando a percepção de que sistemas de pastagens em manejo rotacionado intensivo convencional, apesar de serem bastante produtivos, não dispõem, necessariamente, de um solo com qualidade.

Nesse sentido, o manejo agroecológico configura-se como uma importante estratégia para a conservação e manutenção da qualidade do solo. No entanto, é preciso fortalecer novas tecnologias de produção, como a agroecologia, que é a alternativa tecnológica mais racional e eficiente para a produção de alimentos saudáveis.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T.S et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Maringá*, v. 33, p. 341-347, 2011.

ARAÚJO et al, E. A. Qualidade do Solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, E. A. **Qualidade do Solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre. Amazônia Ocidental**. Viçosa – MG, 2008, 253 p.

BARTHOLOMEU, D.B. **Análise das Emissões de GEE, ameaças e oportunidades para o setor agropecuário brasileiro**. Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Cuiabá, 2009. Disponível em <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/VIII/GT7-182-91-20090605033447.pdf>. Acesso em 25/10/2017.

BAVOSO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, Silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 227-234, 2010.

BOURSCHEID, C.A. **Indicadores de Qualidade do Solo na Avaliação do efeito da arborização da pastagem em Pastoreio Racional Voisin**. Florianópolis, 2015, 85 p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. – 7ª edição, Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989, 898 p.

COMIN, J.J; FAYAD, J.A; KURTS, C. et al. **Guia Prático de avaliação participativa da qualidade do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças – SPDH**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis – SC, 2014, 12 p.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da Matéria Orgânica e atributos relacionados**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2005, 13 p. Disponível em

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214037013>. Acesso em 03/08/2017.

COSTA, E.A; GOEDERT, W.J; SOUSA, D.M.G. **Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul. 2006. Retirado de: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n7/31201.pdf>. Acesso em 22/06/2017.

COSTA, Kátia Aparecida de Pinho et al. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/215338/1/doc192.pdf>. Acesso em 16/01/2018.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Belém – PA; Embrapa Amazônia Oriental, 2014, 36 p. ISSN 1983-0513;402. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>. Acesso em 31/10/2017.

DIAS-FILHO, M.B. **Produção de Bovinos a Pasto na Fronteira Agrícola**. Belém – PA; Embrapa Amazônia Oriental, 2010, 32 p. ISSN 1983-0513; 368.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª edição, Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 312p.

GOEDERT, W.J; ARAÚJO, R; LACERDA, M.P.C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, núm. 5, 2007, pp. 1099-1108. Disponível em <http://www.redalyc.org/html/1802/180214062025/>. Acesso em 03/01/2018.

GOMES, M.A.F; FILIZOLA, E.F. **Indicadores Físicos e Químicos de Qualidade de Solo de interesse agrícola**. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, 2006. Retirado de: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gomes\\_Filizola\\_indicadoresID-ulkeja1HAN.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gomes_Filizola_indicadoresID-ulkeja1HAN.pdf). Acesso em 15/06/2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. IBGE, 2009, 775 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rebanho de bovinos tem a maior expansão da série histórica**. Retirado de: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-quem-somos.html>. Acesso em 19/10/2017.

INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Boletim Agroclimatológico Mensal**. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO\\_MENSAL](http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL)>. Acesso em: 10/07/ 2017.

MACHADO, L. C. P. Pastoreio Racional Voisin: Tecnologia Agroecológica para o 3º Milênio. Expressão Popular – 2ª edição. São Paulo 2010.

MACHADO, L.C.P. **A Dialética da Agroecologia: contribuição para um mundo com alimentos sem veneno**. Luiz Carlos Pinheiro Machado, São Paulo: Expressão Popular, 2014, p. 356.

MELO et al, M.L.A. **Resistência do solo à penetração em pasto de capim-tifton 85 sob irrigação e adubação nitrogenada**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p. 11-45.

MORAES, N.R. **Critério de interpretação da Qualidade do Solo para a Cotonicultura no Cerrado Goiano**. Universidade Federal de Goiás, 2008, 80 p.

MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª edição, Lavras: editora UFLA, 2006, 729 p.

NEPEC. Núcleo de extensão e pesquisas econômicas e contábeis. **Perfil socioeconômico de Tangará da Serra**. 2011. Disponível em: <[http://www2.unemat.br/nepec/perfil\\_tangara](http://www2.unemat.br/nepec/perfil_tangara)>. Acesso em: 10/07/2017.

NIERO, L.A.C ; DECHEN, S.C.F ; COELHO, R.M et al. Avaliações visuais como Índice de Qualidade do Solo e sua validação por Análises Físicas e Químicas em um Latossolo Vermelho Distroférrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 2010, 12 p.

OLIVEIRA, A. P. P.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar: Conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v. 18, n. 9, p. 939–947, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n9/v18n09a10.pdf>. Acesso em 02/01/2018.

PARENTE, H.N ; MAIA, M.O. **Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido**. Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas. Volume 5, nº 3, 2011, 13 p.

PILLON, Clenio Nailto et al. **Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa**. Revista Ciência Rural, Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, Brasil. Disponível em <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33118935012>. Acesso em 17/08/2017.

PRIMAVESI, A. **Cartilha do Solo: como reconhecer e sanar seus problemas**. Fundação Mokiti Okada, 1ª edição, 2009, 72 p.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. - São Paulo: Nobel, 2002, 549 p.

REINERT, D.J; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria- Centro de Ciências Rurais, 2006, 18 p. Disponível em [https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An\\_lise\\_da\\_zona\\_nosaturada\\_do\\_solo\\_texto.pdf](https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_nosaturada_do_solo_texto.pdf). Acesso em 19/11/2017.

ROCHA JÚNIOR, A.W.O. **Estabelecimento e validação de Indicadores de Qualidade do Solo por método participativo em assentamentos rurais do Sul da Bahia**. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2013, 109 p. Disponível em <http://nbcgib.uesc.br/ppgpv/painel/paginas/uploads/44bbea300ad5b12063f6246475c5e299.pdf>. Acesso em 07/06/2017.

SALTON, J.C. **Matéria Orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. Júlio Cesar Salton – Porto Alegre, 2005.

SANTANA, D.P; BAHIA FILHO, F.C. **Indicadores de Qualidade de Solo**. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Embrapa Milho e Sorgo, 1999, 07 p.

SCHLESINGER, S. **Onde pastar? O gado bovino no Brasil**. Rio de Janeiro: Fase, 2010, 112 p.

SILVA, C.MR. **Matéria Orgânica e Qualidade do Solo em pastagem submetida a adubação com cama de aviário no cerrado**. Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2017, 77 p.

SILVA, D.E; LIMA, L.C. **Atributos microbiológicos de um solo sob macaubeiras associados à pastagem no cerrado goiano**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012, 41p.

SOLDÁ, C.C. **Avaliação da Sustentabilidade em Pastagens através de Método Participativo**. Carla Cristina Soldá, Florianópolis, SC, 2012, 75 p.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da Matéria Orgânica em Agroecossistemas submetidos a queima e Manejo dos Resíduos Culturais**. Universidade Federal de Santa Maria - RS, 2004, 210 p.

UNESP, Universidade Estadual Paulista. **Manejo de pastagens**. Campus de Jaboticabal, 2013, 30 p. Disponível em [http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAUDIA\\_RUGGIERI/manejo\\_de\\_pastagem.pdf](http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAUDIA_RUGGIERI/manejo_de_pastagem.pdf). Acesso em 18/11/2017.

VALARINI, P.J; OLIVEIRA, F.R.A; SCHILICKMANN, S.F. **Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional.** Horticultura Brasileira, 2011, 29: 485-491.

VEZZANI, F.M; MIELNICZUK, J. **Uma Visão sobre Qualidade do Solo.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 33:743-755, 2009.

VEZZANI, F.M; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. Revista **Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, núm. 1, 2011, pp. 213-223. Viçosa, Brasil.

ZALAMENA, J. **Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do planalto** – RS. Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2008, 79 p.

ZILLI, J.E; RUNJANEK, N.G. et al. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, set./dez. 2003.



**ANEXO 01: QUESTIONÁRIO DE CAMPO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

## 1. Identificação:

1.1. Nome do responsável: \_\_\_\_\_

1.2. Local: \_\_\_\_\_ Celular: \_\_\_\_\_

1. Qual a distancia da sede da fazenda à cidade de Tangara da Serra?

2. Quais as coordenadas geográficas da propriedade?

3. Quais as características da topografia da área (plano, ondulado, etc.)?

4. Quais as características do solo (textura, classe, etc.)?

5. Quais as características da floresta?

6. Qual o tamanho total da área da propriedade?

7. Qual o tamanho da área de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN?

7.1. Quais espécies arbóreas predominam na RPPN?

8. Qual o tamanho total da área de pastagens?

9. Qual o tamanho da área de pastagem extensiva?

9.1. Na pastagem extensiva, quais os tipos de gramíneas predominantes?

- 9.2. Quantos anos a propriedade desenvolve o sistema de manejo extensivo no piquete 7 C?
10. Qual o tamanho da área de pastagem rotacionada?
- 10.1. Quais os tipos de gramíneas predominantes?
- 10.2. Qual o tamanho médio dos piquetes?
- 10.3. Qual a carga animal/média por hectare?
- 10.4. Qual o tempo médio de ocupação de cada parcela?
- 10.5. Qual o tempo de descanso de cada parcela?
- 10.6. Quantos anos a propriedade desenvolve o sistema de manejo rotacionado no piquete 7B?
11. Utiliza insumos de síntese química?
- ( ) Sim ( ) Não. Se sim, quais?
12. Em qual tipo de manejo os insumos químicos são utilizados?
- ( ) Extensivo ( ) Intensivo.
13. Quantos animais atualmente possui a propriedade?
14. Quais as raças de animais existem na propriedade?
15. Qual a carga animal/média por hectare no manejo extensivo?
16. O regime de lotação do pastoreio extensivo ao longo do ano é variável ou permanente?

17. A entrada dos animais no piquete é definida pelo estágio vegetativo da planta ou é por tempo fixo?