

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

LINDOMAR DE JESUS TORRES

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICO- HÍDRICOS DO SOLO EM REGIÃO DE
CERRADO**

CHAPADINHA, MA

2022

LINDOMAR DE JESUS TORRES

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICO- HÍDRICOS DO SOLO EM REGIÃO DE
CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof. Dr^a Maryzélia Furtado de Farias

Coorientadora: Kamila Cunha de Meneses

Chapadinha, MA

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

DE JESUS TORRES, LINDOMAR.

ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICO- HÍDRICOS DO SOLO EM
REGIÃO DE CERRADO / LINDOMAR DE JESUS TORRES. - 2022.

40 p.

Coorientador(a): KAMILA CUNHA DE MENESES.

Orientador(a): MARYZÉLIA FURTADO DE FARIAS.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, CHAPADINHA-MA, 2022.

1. BRAQUIÁRIA. 2. COMPACTAÇÃO. 3. MATA NATIVA. 4.
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO. I. CUNHA DE MENESES, KAMILA.
II. FURTADO DE FARIAS, MARYZÉLIA. III. Título.

LINDOMAR DE JESUS TORRES

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICO- HÍDRICOS DO SOLO EM REGIÃO DE
CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado em 28/04/2022, pela comissão examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dra. Maryzélia Furtado de Farias (Orientadora)

Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista-Júlio de Mesquita Filho
Professora adjunta do curso Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão
(CCC/UFMA)

Prof. Dr. Jordânio Inácio Marques

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande
Professor adjunto do curso Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do
Maranhão (CCC/UFMA)

Klara Cunha de Meneses

Bacharel em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão
(CCC/UFMA)

Dedico esta monografia à minha família pela fé e confiança demonstrada. Aos meus amigos, pelo apoio incondicional. Aos professores, pelo simples fato de estarem dispostos a ensinar. À minha orientadora, pela paciência, demonstrada no decorrer deste trabalho. Enfim, a todos, que de alguma forma tornaram este caminho mais fácil de ser percorrido.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar pela força e pela coragem que cada dia me proporcionou e por estar sempre presente em minha vida. A minha preciosa família, que acompanharam cada dia dessa trajetória, o incentivo constante da minha esposa Liliane e a dedicação incondicional dos meus filhos Guilherme, Gabriel e Grazyella. À minha querida mãe Raimunda, pelo amor e apoio nessa caminhada. À minha orientadora Dra. Maryzélia Furtado, que dedicou muito do seu tempo me orientando, embora tivesse outros interesses a resolver. Obrigado pelos ensinamentos, atenção, amizade e dedicação ao longo da realização desta monografia. A meus irmãos, sobrinhos (as), e primos, que sempre me incentivaram a não desistir. Ao Engenheiro Agrícola e colega de sala de aula Sr. Jobson Eduardo e a Engenheira Agrícola e também colega de sala de aula Sra. Mayara, por terem me acolhido nos momentos mais difíceis na conclusão desse trabalho, não havendo palavras que possa expressar a minha gratidão pelos ensinamentos e orientação adquiridos. Ao meu eterno amigo e professor Dr. Ricardo que partiu desta vida para morada celeste repentinamente. Aos amigos de Universidade turma 2015.1, a colaboração de vocês foi fundamental para a concretização deste sonho. Todos vocês são responsáveis por mais essa vitória em minha vida, que Deus os abençoe hoje e sempre.

“Assim como os pássaros, precisamos aprender a superar os desafios que nos são apresentados, para alçarmos voos mais altos.”

Dirk Wolter

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	JUSTIFICATIVA.....	14
3	OBJETIVOS	15
	3.1 Objetivo geral.....	15
	3.2 Objetivos específicos.....	15
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
	5.1 Caracterização da área de estudo	27
	5.2 Procedimentos e Ferramentas utilizados para obtenção dos dados.....	27
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
7	CONCLUSÃO.....	34
8	REFERÊNCIAS.....	35

LISTA DE TABELAS

Figura 1. Valores de Resistencia a Penetração (RP) e Velocidade de Infiltração (VI).....	28
Figura 2. Valores de Porosidade total (PT), Densidade de Partículas (DP) e Densidade do Solo (DS).....	30
Figura 3. Valores para Micro e Macroporosidade.....	30
Figura 4. Valores para umidade do solo aplicado as tensões de 6 kPa, 10 kPa, 100 kPa, 300 kPa e 1500 kPa.....	31

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Densidade do Solo.....	26
Equação 2. Densidade de Partícula.....	26
Equação 3. Microporosidade.....	26
Equação 4. Macroporosidade.....	26
Equação 5. Porosidade Total.....	26
Equação 6. Infiltração Acumulada.....	27

RESUMO

As regiões do bioma Cerrado apresentam potencial no ramo agropecuário com grandes áreas de pastagem principalmente com o uso do sistema convencional. A implantação de diferentes sistemas e manejo de preparo do solo ocasionam mudanças no que se refere a características importantes como a estrutura do solo. A modificação da estrutura do solo implica na mudança dos atributos físicos e hídricos do solo. O objetivo da pesquisa foi analisar a influência dos atributos físicos- hídricos do solo sob dois sistemas de manejo em região de Cerrado Maranhense. O estudo foi realizado na Fazenda Brejão situada no Município de Anapurus região do Baixo Parnaíba no Estado do Maranhão, região de bioma Cerrado. Nesse estudo foram avaliados atributos físicos e hídricos presentes em uma área de Mata Nativa e em área de Plantio de Capim Braquiária, tais como: microporosidade, macroporosidade, densidade de partículas, resistência a penetração, velocidade de infiltração de água no solo. Foram retiradas cinco amostras de forma aleatória utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e cinco repetições, em uma profundidade de 0-10, 10-20, 30-40, 40-50, 50-60 e 60-70 cm utilizando um extrator Richards para determinar a umidade gravimétrica em tensões de 6, 10, 100, 300 e 1500 kPa. Não houve diferenças estatísticas significativas no que se refere aos resultados encontrados nas duas áreas analisadas, exceto na velocidade de infiltração na área de Capim Braquiária que apresentou uma taxa de 710 mm.h⁻¹. A área de Mata Nativa apresentou uma maior resistência a penetração do solo alcançando valores de até 3 Mpa à medida que a profundidade do solo aumentou para 50 cm. A área de Mata Nativa possui melhores características em relação a estrutura do solo, sendo menos compactada principalmente nas camadas mais profundas, a contribuição da vegetação nativa e matéria orgânica são fundamentais para uma boa qualidade do solo. O maior valor de velocidade de infiltração foi encontrado na área de capim braquiária, recomenda-se um uso de práticas mais sustentáveis no manejo e principalmente no preparo do solo, pois contribuem diretamente em seus atributos físicos-hídricos.

Palavras-chave: Braquiária, Compactação, Mata Nativa, Resistência a penetração.

ABSTRACT

The Cerrado biome region has a good potential in the agricultural sector with large areas of pasture mainly with the use of the conventional system. The implementation of different systems and management of soil preparation cause changes in terms of important characteristics such as soil structure. The modification of the soil structure implies a change in the physical and hydric attributes of the soil. The objective of the research was to analyze the influence of the physical-hydric attributes of the soil under two management systems in the Cerrado Maranhense region. The study was carried out at Fazenda Brejão, located in the municipality of Anapurus, in the Baixo Parnaíba region, in the State of Maranhão, in the Cerrado biome region. In this study, physical and water attributes present in an area of Native Forest and in an area of Braquiaria Grass were evaluated, such as: microporosity, macroporosity, particle density, penetration resistance, speed of water infiltration into the soil, five samples randomly using the Completely Randomized Design (DIC) and five replicates, at a depth of 0-10, 10-20, 30-40, 40-50, 50-60 and 60-70 cm using a Richards extractor to determine gravimetric humidity in tensions of 6, 10, 100, 300 and 1500 kPa. There were no statistically significant differences regarding the results found in the two analyzed areas, except for the infiltration speed in the area of Grass Braquiária, which presented a rate of 710 mm. h⁻¹. The Mata Nativa area showed a greater resistance to soil penetration, reaching values of up to 3 Mpa as the soil depth increased to 50 cm. Thus, the Mata Nativa area has better characteristics in relation to its soil structure, being less compacted mainly in the deeper layers, the contribution of native vegetation and organic matter are fundamental for a good soil quality. And the highest value of infiltration speed was found in the signal grass area, it is recommended to use more sustainable practices in management and especially in soil preparation, as they directly contribute to its physical and water attributes.

Keywords: Brachiaria, Compaction, Native Forest, Resistance to penetration.

1 INTRODUÇÃO

O aumento na demanda por alimento, água e recursos, tem motivado a otimização do uso de áreas produtivas, em vista da produção múltipla e diversificada (ARAUJO et al., 2020). Para alcançar a segurança alimentar e atender a demanda mundial por alimentos e energia, o Brasil expandiu suas fronteiras agrícolas com uso intensivo de máquinas, insumos e variedades melhoradas de cultivos (FEITOSA et al., 2020). A expansão da agricultura no Cerrado ao longo dos anos vem afetando negativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (FURQUIM et al., 2020).

Quando o solo é utilizado de forma intensiva, geralmente ocorre a deterioração de seus atributos. Modificações na massa específica e porosidade do solo também podem variar consideravelmente, dependendo da textura, teores de matéria orgânica do solo e frequência de cultivo. É importante considerar também, que a qualidade física do solo para o crescimento das plantas é determinada não só pela disponibilidade de água, aeração e temperatura, mas também pela resistência que a matriz do solo oferece à penetração das raízes (SOUZA et al., 2018).

Monteiro et al. (2017) averiguaram o efeito de cinco implementos, utilizados individualmente, no preparo de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e conferiram que a resistência do solo à penetração foi menor com o arado de disco ou arado de aiveca; a cobertura vegetal do solo após o preparo se manteve maior com o uso de subsolador e a grade leve não foi eficiente para revolver o solo em preparo primário. Por isso, possivelmente, cada sistema de cultivo pode causar limitações de resistência à penetração em diferentes períodos e áreas, conforme manejos previamente adotados (OLIVEIRA, 2018).

Muitos dos processos de interesse agrícola dependem do monitoramento constante das características do solo, pois, ele é um corpo que está em constante mudança em áreas de produção. Sendo assim, o conhecimento das propriedades físico-hídricas auxilia a direcionar o uso e manejo sustentável desses solos, e pode subsidiar também a condição de serem separadas e delimitadas zonas de manejo (FILIZONA et al., 2019).

O mapeamento dos atributos físicos do solo tem se tornado a cada dia primordial na quantificação e no monitoramento dos recursos naturais, uma vez que permitirá entre outros aspectos, identificar áreas mais propensas aos processos erosivos e assim, a

necessidade de adoção de práticas conservacionistas pontuais para conservação, especialmente do solo e da água (ALVES et al., 2021).

O avanço tecnológico atual e o manejo consciente têm contribuído significativamente para que a produção agrícola tenha vertentes mais sustentáveis, com práticas que visem a diminuição de impactos ambientais, redução de maquinários no preparo do solo e uma maior lucratividade de produção. Uma prática que contribui para um bom desempenho do solo é a consorciação de culturas, que proporciona a utilização do solo por um período de tempo mais prolongado, traz benefícios nutricionais para as culturas implantadas consecutivamente e segue sendo uma alternativa ideal para a conservação do solo.

Com o aumento de atividades agrícolas na região do cerrado brasileiro e principalmente com práticas de manejo convencionais do solo que afetam diretamente as propriedades físicas e químicas destes, há a necessidade de se desenvolver outros tipos de manejo com práticas que visem minimizar os impactos que influenciam os atributos dos solos. Neste contexto o estudo se baseia na hipótese de que o manejo e plantio da cultura do Capim braquiária pode promover benefícios aos atributos físicos e hídricos do solo, em razão disso foram comparadas características dos atributos físicos-hídricos do solo de Mata Nativa do cerrado brasileiro para fim de comprovação.

2 JUSTIFICATIVA

Em meio ao avanço da agricultura no cenário brasileiro surgiu a necessidade da incorporação de práticas conservacionistas que busquem atuar na regeneração e minimização dos impactos decorrentes das atividades rurais desempenhadas pelos produtores, em razão disso a importância de um estudo que enfoque como essas práticas funcionam para melhorar os atributos do solo de uma área de uma área cultivada.

Uma das principais questões atuais diz respeito a sustentabilidade aplicada no sistema de manejo permitindo preservar as propriedades físicas do solo, não interferindo na produtividade. Muitos dos processos de interesse agrícola dependem do monitoramento constante das características do solo, pois é um elemento de suma importância que está em constante mudança em áreas de produção, nesse sentido, ao analisar o desempenho físico e hídrico de solo de duas áreas distintas entre si se faz necessário para obter respostas no que se refere as mudanças ocorridas.

O manejo adequado de um recurso primordial como o solo tem repercussões nos processos e ciclos em suas transformações físicas, biológicas e químicas. Portanto o funcionamento adequado do solo interfere na capacidade de produção e cultivo da cultura empregada sendo essa favorecida ou não pelos atributos físicos e químicos.

Com isso, Araújo et al. (2012) apontaram que o estudo dos principais indicadores físicos como a textura, densidade do solo, porosidade total, resistência à penetração, estabilidade de agregados e capacidade de retenção de água contribuem para a qualidade do solo atrelado ao uso de técnicas de estatística de análise multivariada. Para isso as duas áreas analisadas foram Mata Nativa e Milho consorciado com Braquiária. Portanto, existe a possibilidade de que possa haver algumas limitações nos sistemas de cultivo avaliados, cada uma dessas limitações está ligada principalmente a resistência à penetração que podem ocorrer nos diferentes períodos e nas áreas onde as culturas foram implantadas, levando em conta o manejo aplicado.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar a influência dos atributos físicos- hídricos do solo com o cultivo de capim braquiária consorciado com milho em região de Cerrado Maranhense.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar as propriedades físico- hídricas do solo em área sob cultivo agrícola de milho consorciado com capim braquiária (*Panicum maximum*) e uma área com mata nativa de cerrado;
- Determinar atributos da estrutura do solo, como a densidade, macro e microporosidade e resistência à penetração.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Região do Cerrado

No Cerrado, até a década de 70 o bioma não era importante para a agropecuária nacional e as terras se destinavam basicamente à criação extensiva de gado. A partir de 1975, o Governo Federal passou a incentivar de maneira direta, através de Programas Especiais de Desenvolvimento Agrário, uma série de ações visando a territorialização do Cerrado, onde a modernização era a estratégia dominante para alcançar os objetivos de desenvolvimento (PESSÔA e INOCÊNCIO, 2014). O Cerrado brasileiro vem se

destacando no cenário agrícola devido ao aumento significativo da área de cultivo de grãos e fibras. No entanto, além da preocupação com a produção de alimentos, é importante ressaltar que o cultivo nessas áreas pode afetar a qualidade física do solo (LOBATO et al., 2018).

O aumento da demanda nacional e internacional por alimentos tem impulsionado a agricultura brasileira. Crescimento populacional, maior renda, aumento da urbanização e da expectativa de vida são alguns dos principais fatores que impulsionam essa demanda. Por sua vez, é crescente a preocupação dos consumidores e das organizações públicas e privadas com a sustentabilidade na produção de alimentos (BOLFE et al., 2020).

O setor agropecuário brasileiro vem passando por grandes modificações ao longo dos últimos anos, as quais foram motivadas pelos aumentos do custo de produção, mercado competitivo, aumento da produtividade, com qualidade, rentabilidade e conservação dos recursos naturais (TORRES et al. 2018). O Brasil tem enfrentado esses desafios e tem contribuído significativamente para a maior produção de alimentos de forma mais sustentável, por meio do aumento das taxas de produtividade e sistemas mais diversificados, como a integração lavoura-pecuária-floresta. Nas últimas quatro décadas, a produção nacional aumentou em cerca de 500% e a área plantada em apenas 70%. Assim, além de grande potência agrícola, o País também se destaca ambientalmente, mantendo 65% de sua área com vegetação nativa. A expansão da agricultura no Cerrado ao longo dos últimos anos foi o alicerce para o desenvolvimento econômico do Brasil. A região é a grande responsável pelo posicionamento do Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de alimentos. Porém, são muitos os desafios para o fortalecimento de um desenvolvimento agrícola sustentável do Cerrado brasileiro. (BOLFE et al., 2020).

A atividade agropecuária tem ocupado um papel central no desenvolvimento do país como provedora de mão de obra, excedentes comercializáveis, alimentos ou matérias-primas, tanto para o mercado doméstico quanto para a exportação (MARANHÃO e VIEIRA FILHO, 2016). Entre os determinantes dessa degradação ambiental, o principal deles foi o aumento da exploração agropecuária. O Cerrado passou a ser uma grande e importante fronteira agrícola, contribuindo para o crescimento da produção e das exportações do agronegócio brasileiro, resultado de modernizações dos processos de produção e mudanças nas políticas para a agricultura

brasileira. Esse avanço, por outro lado, tem transformado drasticamente o perfil do bioma, resultando em excesso de desmatamento, compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, contaminação da água subterrânea e perda de biodiversidade, com reflexos sobre todo o ecossistema (CUNHA et al., 2008). Uma região que teve expressivo aumento de produção agrícola e tem grande destaque, inclusive internacionalmente, é conhecida como Matopiba, que compreende as áreas de Cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (CALDEIRA E PARRÉ, 2020).

Entre 1985 e 2017, a vegetação nativa (floresta e formação campestre) do bioma Cerrado passou de 136 milhões para 112 milhões de hectares, enquanto a área ocupada com agricultura e pastagens passou de 65 milhões para 85 milhões de hectares, e outros usos de 2 milhões para 5 milhões de hectares (MAPBIOMAS, 2017).

O bioma Cerrado totaliza 2.039.243 km² (aproximadamente 24% da área territorial do Brasil) e cobre, total ou parcialmente, 1.389 municípios de 11 estados (Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins, Mato Grosso, Piauí, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia), além do Distrito Federal (IBGE, 2004).

O cerrado brasileiro é o segundo maior bioma do país, sendo responsável por grande parte na expansão agrícola nos últimos anos, com destaque nas lavouras de soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, sorgo e arroz. Em 1975, o Cerrado respondeu por 20% da área colhida com milho no Brasil. Em 2015, essa participação foi bem maior (49%), portanto, em quatro décadas o bioma se tornou a principal região de cultivo desse grão no País (SANTANA, CAM et al., 2020).

Os solos do Cerrado, quando manejados de maneira inadequada, podem limitar a capacidade produtiva e favorecer o processo de degradação. O conhecimento dos danos provocados pelos diferentes tipos de manejo é essencial para determinação da escolha dos sistemas produtivos favoráveis à conservação da capacidade produtiva e melhoria da qualidade física do solo. (ANDRADE et al., 2020). É comum a prática do desmatamento em regiões do bioma Cerrado para garantir áreas de produção agrícola e pecuária, no entanto, pesquisas que forneçam informações em microescala sobre a influência da mudança de vegetação em uma região específica ainda são escassas (VILARINHO et al., 2019).

Os diferentes sistemas de manejo e uso de solos têm por finalidade minimizar as perturbações deletérias ao ambiente, favorecendo o desenvolvimento das culturas de forma sustentável. Contudo, em longo prazo, a adoção equivocada desses sistemas pode

refletir em perda de qualidade física do solo, representando ameaça à produção de alimentos e ao meio ambiente (COLOMBO, 2017).

Sistema Convencional de Pastagem e Pecuária Extensiva no Brasil

No Brasil, a atividade mais utilizada para ocupação de área de fronteira agrícola é a criação de bovinos a pasto, devido ao baixo custo e maior eficiência Terra et al., Uso de leguminosas em pastagens degradadas no Brasil 307 para assegurar a posse de grandes extensões de terra, A pecuária extensiva é responsável por cerca de 93% do rebanho bovino, tendo nas pastagens sua principal fonte alimentar (DIAS-FILHO, 2011).

A pecuária extensiva, que por décadas tem sido um dos principais agentes de degradação do Cerrado pela conversão de áreas naturais e disseminação de gramíneas exóticas, poderia ser parte da solução para a restauração custo-efetivo e em larga escala do Cerrado (ANDRADE, 2021). Quando produzida de forma extensiva, a produtividade da pecuária é reduzida, devido à ausência de preparação/mobilização do solo (DIAS-FILHO, 2011), fazendo com que o aumento ou a manutenção da produção só seja atingida por meio da expansão de novas áreas de cultivo, ocasionando grandes prejuízos económicos e ambientais (DIAS-FILHO, 2007).

Nos últimos anos, a pecuária extensiva no Brasil tem sofrido diversas transformações, principalmente devido às crescentes pressões pela redução do desmatamento e maior disponibilidade de tecnologia para o aumentar a produtividade das pastagens (DIAS-FILHO, 2011). O atual cenário da agropecuária no Brasil indica uma maior consciencialização de governantes e da sociedade com as questões ambientais. (TERRA et al., 2019).

De acordo com Silva et al. (2017) nas regiões tropicais, o pasto é o recurso de maior importância nutricional no que se refere a produção de ruminantes, pois a criação desses animais é em sua maioria procedente do consumo de plantas forrageiras presentes em pastos, e por ter uma viabilidade económica aceitável acaba sendo uma atividade agrícola que em alguns casos não promove um manjo sustentável, isso levando em conta o sistema convencional de pastagem.

A remoção da vegetação nativa para implantação de sistemas agrícolas associada a aplicação de fertilizantes e corretivos, ocasiona alterações nas propriedades do solo e interfere no rendimento das culturas, bem como na conservação do solo e do ambiente.

O uso de corretivos e fertilizantes pode implicar em melhoria de certos atributos químicos como pH, soma de bases, CTC. Contudo, o uso inadequado pode acelerar o processo de degradação do solo. As atividades agrícolas quando manejadas de maneira inadequada causam degradação do ambiente, seja por exaurir o recurso ou pela extinção da flora e fauna (OLIVEIRA, 2015). Nas pastagens a baixa fertilidade está associada à degradação do solo e juntas ocasionam a queda da produtividade animal, comprometendo todo o sistema que envolve tanto a pastagem quanto a parte animal em nível de produção (RODRIGUES et al., 2017).

É um sistema de renovação que utiliza baixa tecnologia, onde se realizam subcalagem, gradagem e plantio/adubação do novo pasto, tendo um período previsto de renovação a cada cinco anos. O uso das grades aradoras para incorporação superficial dos resíduos vegetais, mistura dos corretivos e destruição dos cupinzeiros são atividades que devem ser realizadas no final do período seco (TORRES et al. 2018).

Em todos os estados do Nordeste (exceto Bahia), foi verificada uma redução nas áreas de pastagens nativas, provavelmente em decorrência da sua substituição por gramíneas exóticas mais produtivas, principalmente pelo capim *Brachiaria*, ou mesmo por algum tipo de cultura agrícola. As áreas totais de pastagens cultivadas tiveram um acréscimo de 1,8 milhão de hectares (BOLFE et al., 2020).

Degradação de Áreas de Pastagem em Razão de Manejo Convencional

O solo pode ser considerado um dos mais complexos sistemas biológicos do planeta, sendo fundamental para o funcionamento do ecossistema terrestre. Práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis (TERRA et al., 2019).

A implantação de atividades agrícolas e pecuárias estão modificando a cobertura vegetal original de grande parte do território brasileiro. Ecossistemas naturais vêm perdendo suas características cedendo lugar para essas atividades. O processo de substituição de áreas nativas por áreas de culturas anuais, como a cana-de-açúcar tem se intensificado nos últimos anos, e tem-se como consequência, a aceleração dos processos de degradação do solo, quando da não utilização de práticas de manejo adequado (FREITAS et al., 2018). O impacto gerado em uma área com a retirada da

floresta nativa para o cultivo agrícola está relacionado ao manejo do sistema produtivo (ZANINETTI et al., 2016).

A degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária brasileira, em que o uso das mesmas na produção de ruminantes é a forma mais econômica de alimentação. Essas, quando bem manejadas e utilizadas respeitando-se suas características fisiológicas e exigências climáticas e de fertilidade do solo, mantêm-se produtivas por muito tempo. No entanto, estima-se que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil Central encontram-se em algum estado de degradação, ou seja, são incapazes de sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais. Essa degradação é decorrente de vários fatores que atuam isoladamente ou em conjunto, desde a espécie forrageira, sua implantação e o manejo (CARVALHO et al., 2017). No Brasil, estima-se que 50% das áreas de pastagens estejam degradadas (MACEDO et al., 2014), tornando-se incapazes de sustentar as exigências para a produtividade animal (Vilela et al., 2017). O microbioma do solo é responsável por diversos mecanismos que contribuem para a recuperação de áreas degradadas e melhorias nas características físico-químicas do solo (TERRA et al., 2019).

As áreas de pastagens degradadas tornaram-se um dos principais sinais da baixa sustentabilidade da pecuária nas diferentes regiões brasileiras, sendo que o manejo inadequado do rebanho e do solo, normalmente, tem sido a principal causa dessa degradação. Na busca de equalizar e tornar viável a recuperação dessas áreas degradadas, o sistema integrado de produção com a lavoura-pecuária mostrou ser a solução tecnológica mais eficiente para atender à necessidade técnica dos processos. Apesar dos diferentes enfoques, os benefícios da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) têm sido associados invariavelmente à redução de custos, ao aumento da eficiência do uso da terra, à melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, à redução de pragas e doenças, ao aumento de liquidez e de renda da propriedade (TORRES et al., 2018).

A alteração do ambiente tem como uma de suas consequências a modificação nas características biológicas do solo, que podem ser afetadas de maneiras diferentes, a curto, médio e longo prazo. A alteração da cobertura vegetal e demais práticas do manejo agrícola perturbam a fauna e os microrganismos, não somente pelas mudanças nas propriedades do solo, mas também pela ação direta dessas práticas (GONGALSKY

et al., 2016). Pode-se classificar as causas de degradação em: práticas inadequadas de pastoreio, como o uso de taxas de lotação ou períodos de descanso que desconsideram o ritmo de crescimento do pasto e práticas inadequadas de manejo da pastagem, não havendo reposição adequada de nutrientes, além do uso de fogo. Fatores bióticos (ataques de insetos e patógenos) e abióticos (excesso ou ausência de chuvas, baixa fertilidade e drenagem deficiente do solo) podem contribuir para o processo de degradação (DIAS-FILHO, 2011).

Em virtude da exploração por décadas da fertilidade natural dos solos, em áreas desmatadas para a implantação de forrageiras com alto potencial produtivo e conseqüentemente de alta exigência nutricional, além da exaustão de nutrientes do solo, propicia a emergência de plantas daninhas e redução do potencial produtivo das forrageiras, devido a competição (SILVA et al., 2018).

As técnicas agrícolas adotadas propiciam respostas aos atributos dos solos que, por sua vez, podem promover o incremento na fertilidade ou o depauperamento ao longo dos anos, em respostas as práticas de uso e manejo do solo. O manejo inadequado leva à degradação progressiva do solo resultando não somente no esgotamento da capacidade de uso do solo, como também à significativas perdas econômicas na atividade produtiva. Portanto, o diagnóstico da qualidade do solo, é fundamental para a adoção de práticas de manejo que resultem eficientemente, não somente no aumento da produtividade, como também, na conservação do solo e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos sistemas de produção (CORREIA et al. 2021).

A densidade e a porosidade do solo são os atributos que determinam a compactação e conseqüentemente a massa do solo por área (FLORENCE et al., 2021). A resistência do solo a penetração (RP), densidade do solo (Ds) e porosidade estão relacionadas ao bom desenvolvimento e estabelecimento das culturas (ROBOREDO et al., 2010). A qualidade física assume importância na avaliação do grau de degradação do solo e na identificação de práticas de uso sustentáveis, isso porque a mesma afeta a parte química e biológica do solo (SANTOS et al., 2011).

Cultivo de Milho Consorciado com Braquiária como Técnica de Manejo Sustentável em Pastagem

Práticas agropecuárias intensivas vêm ocasionando alterações nas características e qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis.

O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo, porém devido às práticas de manejo inadequadas, cerca de 50% das pastagens encontram-se degradadas. As leguminosas forrageiras têm ganhado destaque como alternativa sustentável para alimentação animal, não só por apresentar elevado valor nutritivo, como pela capacidade em estabelecer relações simbióticas e associativas com bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento vegetal, as quais conseguem suprir total ou parcialmente o nitrogênio utilizado pelas culturas (TERRA et al., 2019). A cultura do milho é uma das plantas mais favoráveis para ser utilizada nesse sistema de cultivo devido a sua grande adaptação fisiológica (SEIDEL, et al., 2017).

Muitas áreas de pastagens no Brasil vêm sendo estabelecidas em sucessão ou em consórcio com culturas anuais nos últimos anos, entretanto, nas áreas sob o bioma Cerrado isto vem acontecendo desde a década de 1930, pelo plantio de forrageiras com cultivos anuais, onde o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), o capim-colonião (*Panicum maximum*), o capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), dentre outros, eram feitos nas entrelinhas ou após as culturas de milho, arroz e feijão (KICHEL et al., 2012).

A expansão de áreas pastagens cultivadas com *Brachiaria* no Brasil tem se verificado em proporções jamais igualadas por outras forrageiras, em qualquer outro país de clima tropical. Além disso, os grandes interesses dos pecuaristas por esta espécie incluem o fato de a mesma ser uma planta de alta produção de massa seca, ter boa adaptabilidade aos solos do Cerrado, responder bem à adubação fosfatada, ter facilidade para estabelecimento e persistência, apresentar alto valor nutritivo para ração e poucos problemas de doenças e mostrar um bom crescimento durante a maior parte do ano (SILVA et al., 2019).

Com a utilização do consórcio milho-braquiária no outono/inverno, se torna possível maximizar todos os benefícios do plantio direto, devido, principalmente, à elevada produção de resíduos de raízes e parte aérea por parte da forrageira, aumentando de forma significativa a área e tempo de solo coberto. No consórcio de milho com braquiária, após realizar-se a colheita do milho, a braquiária se estabelece na área, proporcionando cobertura e proteção ao solo na época de pousio. Existem dois mecanismos principais de atuação da braquiária no controle de plantas daninhas. O primeiro está relacionado com a capacidade da forrageira em produzir substâncias alelopáticas, que por sua vez irão inibir diretamente o crescimento das invasoras ou estimularão fungos capazes de atacar o banco de sementes (MECHI et al., 2018).

Em sistemas de produção consorciados, as espécies utilizadas estão sujeitas à competição entre si, além da concorrência naturalmente exercida pelas plantas daninhas, como plantas de soja que rebrotam e competem com o milho e com o capim (GRIGOLLI, et al., 2018).

O cultivo consorciado de milho com forrageiras pode servir tanto para alimento, visando a exploração pecuária, e ou formação de palhada no sistema plantio direto (SPD), além da possibilidade de recuperação/renovação de pastagens degradadas (BORGHI, 2014).

A importância do consórcio de braquiária com a cultura do milho pode ser uma prática importante, principalmente em solos manejados de forma inadequada, a exemplo de áreas cultivadas no sistema de plantio direto, onde o plantio é feito sob uma palhada escassa (OLIVEIRA, e ROSA., 2017). Em altas populações de plantas, após a colheita do milho, a braquiária, principalmente *B. brizantha* pode ser utilizada como pastagem por causa da maior produtividade de forragem em função do maior número de 12 plantas (PARIZ et al., 2011).

Práticas de manejo sustentável e a influência nas propriedades do solo

O processo de substituição de áreas de mata nativa por áreas com diferentes manejos tem se intensificado nos últimos anos, como consequência uma aceleração dos processos de degradação destas áreas, quando da não utilização de práticas de manejo adequado. Os diferentes sistemas de manejo do solo podem afetar diretamente o seu teor de carbono orgânico, e este, por sua vez, pode ser usado como um indicador de qualidade dos solos (FREITAS et al., 2018).

A qualidade do solo agrícola pode ser mensurada a partir de diversas propriedades e atributos que sofrem alterações ao longo do tempo, ou seja, a condição de um solo pode ser determinada em função dos atributos físicos, químicos e/ou biológicos que apresentam (COLODEL et al., 2018).

O manejo impróprio e intensivo do solo pode provocar gradativamente sua degradação, processo que em alguns casos pode ser irreversível. Naturalmente, ocorrem perdas de solo por ações naturais como o intemperismo, no entanto, as práticas antrópicas, em grande medida, aceleram esses fenômenos, que ocorrem em maiores proporções. Faz-se necessário o uso sustentável dos solos e seu monitoramento, analisando sua situação atual, assim como sua capacidade de resiliência e a tomada de

decisão para sua reestruturação. Esse monitoramento pode ser realizado por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos, sendo possível avaliar as condições do solo e promover a manutenção da sustentabilidade produtiva dos ambientes (OLIVEIRA et al., 2021).

A manutenção de resíduos vegetais e a ausência de revolvimento do solo são os fatores primordiais para a melhoria do estado de qualidade do solo de um sistema agrícola, por ocasionar aumento dos teores de matéria orgânica no solo, que melhora a sua estruturação, estimulando a atividade biológica, aumentando a capacidade de retenção e infiltração de água, aumentando o alcance das raízes no perfil do solo e reduzindo as perdas de solo por erosão (VIEIRA et al., 2021).

Para Feliciano et al. (2018), a influência da aplicação de práticas de manejo agrícola sob os agrossistemas nas diferentes propriedades físicas, químicas e microbiológicas, comparando as áreas de cultivo orgânica e convencional, pode contribuir para a interpretação dos atributos químicos e físicos do solo que podem ser observados e analisados por meio de técnicas de estatística multivariada.

O manejo do solo ainda beneficia a redução no consumo de agroquímicos para a produção forrageira que na maioria das vezes é necessário para realizar a correção do solo, devido ao plantio da melancia trazer esses benefícios, além de não se ter despesas com a semeadura, pois a cobertura que o plantio do fruto deixará no solo preservará a umidade de matéria orgânica já presente no local, dando a maior possibilidade de a pastagem rebrotar com maior valor nutricional e eficiência, o que propiciará maior benefício para criação animal que se alimentará, conseqüentemente maior valor de venda do animal e/ou menor tempo de confinamento (SILVA et al. 2019).

A adoção de sistemas de manejo que visem à sustentabilidade, tornam-se cada dia mais essenciais para que se mantenha a qualidade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas, melhorando a estrutura física do ambiente edáfico, aumentando a infiltração de água no solo e aeração, sustentação do crescimento vegetal; e, conseqüentemente melhorando a produtividade agrícola e a qualidade do solo (SANCHEZ et al., 2014).

Qualidade dos atributos físicos e hídricos do solo

Existem diversos processos hidrológicos que influenciam na entrada e saída de água no sistema solo-planta-atmosfera, tais como precipitação, escoamento superficial, interceptação, evapotranspiração e infiltração. Diante da importância hídrica do bioma Cerrado estudar essas variáveis torna-se necessário para o planejamento das atividades econômicas dessa região. Dentre essas variáveis, a infiltração de água no solo, que é processo em que a água atravessa a superfície do solo penetrando no seu perfil, influencia o escoamento superficial, que por sua vez pode acelerar a erosão do solo (LAURO, 2021).

Diversos estudos têm utilizado um conjunto de atributos do solo conhecidos como indicadores de qualidade do solo que permitem analisar e avaliar tanto a sustentabilidade quanto a produtividade agropecuária como afirma Valani et al. (2020). Os sistemas de preparo do solo induzem mudanças na estrutura do solo; modificar o espaço poroso e influenciar a dinâmica da água e do ar no solo. Nesse sentido, é importante avaliar esses impactos na qualidade física do solo de acordo com diferentes sistemas de preparo com diferentes anos de implantação. Compararam-se as propriedades físicas de um Latossolo do Cerrado brasileiro com diferentes condições de preparo (convencional, plantio direto e cerrado nativo) com diferentes anos (LOBATO et al., 2018). O aumento da intensidade de atividades agrícolas em sistemas de produção de baixa sustentabilidade tem afetado a dinâmica de água no solo, em função do aumento da densidade do solo, resistência do solo à penetração e da redução da porosidade e estabilidade de agregados, como resultado do aumento do tráfego de máquinas, redução da diversificação de culturas, uso de métodos de irrigação pouco eficientes, pisoteio animal e baixos teores de matéria orgânica (SHAH et al., 2017).

De acordo com Lauro (2021) o processo de conversão de áreas de Cerrado nativo em áreas de produção seja de prática agrícola ou pecuária resulta na modificação das propriedades do solo, principalmente no que se refere aos atributos hídricos. Furquim et al. (2020) utilizou sistemas com pastagem (degradada, pastagem em recuperação e pastagem com preparo convencional) e sistemas com integração lavoura-floresta, pecuária-floresta, lavoura-pecuária-floresta (feno) e lavoura-pecuária-floresta (silagem) ao analisar as práticas desses sistemas de cultivo notaram que a velocidade de infiltração básica tende a ser maior, principalmente no sistema de integração pecuária-

floresta com cultivo de eucalipto na prática de consorciação com o capim braquiária para pastejo, e o plantio da braquiária feito com preparo convencional do solo.

A infiltração é o processo pelo qual a água percola no perfil do solo, através de sua superfície, no sentido vertical descendente. A velocidade desse fenômeno é alta quando o solo está seco e tende a diminuir à medida que os poros do solo são preenchidos com água, até que o solo se sature e a velocidade se torne constante, conhecida por taxa de infiltração básica, a qual é influenciada diretamente pelas condições da superfície do solo, como a cobertura do solo (SILVA et al., 2017), e pelos atributos relacionados com a estruturação do solo, tais como a distribuição de poros, matéria orgânica, textura, umidade do solo no início da chuva e densidade do solo (VILARINHO et al. 2019).

Segundo Pinto et al. (2018) depois que ocorre o processo de infiltração de água no solo ela apresenta um comportamento diferente de quando se encontrava somente na superfície. Pois à medida que penetra o solo, dependendo da sua quantidade e principalmente do tipo de solo em que se infiltra, acontece a retenção e movimentação que dependem de diversos fatores, dentre eles textura, estrutura, quantidade e tamanho dos poros que são fundamentalmente importantes e a forma como os horizontes estão dispostos no perfil do solo. A porcentagem de micro e macroporosidade do solo contribui massivamente como um fator crucial para a qualidade do solo. A microporosidade está associada com a porcentagem de poros, capazes de armazenar água. A macroporosidade por sua vez, está relacionada à porcentagem de poros capazes de armazenar ar. Neste contexto, quanto maior a microporosidade do solo, maior será sua capacidade em reter água e quanto maior a macroporosidade, maior será a aeração deste solo (SILVA et al., 2018).

Para Costa (2016), a resistência do solo à penetração é variável com a densidade e a umidade do solo; sendo, a densidade do solo, uma propriedade que está relacionada com o manejo do solo e normalmente possui pouca variabilidade durante o ciclo de uma cultura; e a umidade dependente principalmente da capacidade do solo em reter água e da distribuição da água proveniente da chuva. Sendo assim cada sistema de cultivo possui características relacionadas as limitações de resistência à penetração no que se refere a diferentes períodos e áreas, de acordo com o tipo de manejo associado.

A resistência à penetração se refere a um atributo físico que interfere de forma direta no crescimento das raízes, afetando o estabelecimento das plantas, que pode ser

consequente das características pedológicas naturais ou das técnicas de manejo que foram utilizadas no solo (CUNHA, 2018).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na área da Fazenda Brejão situada no Município de Anapurus no Estado do Maranhão (Figura1), localizada a 68 metros de altitude, a fazenda localiza-se nas Latitude: 3° 30' 47,822" Sul, Longitude: 43° 11' 45,121" Oeste, possui uma área total de 140 ha, o estudo ocorreu no período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2021.

O município de Anapurus compõe a Mesorregião Leste Maranhense, Microrregião de Chapadinha, compreendendo uma área total de 608 km². Apresenta características pertencentes ao bioma Cerrado com vegetação diversificada, os solos da região são classificados como latossolo amarelo distrófico, clima tropical sazonal, com pelo menos duas estações bem estabelecidas: período seco e período chuvoso de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

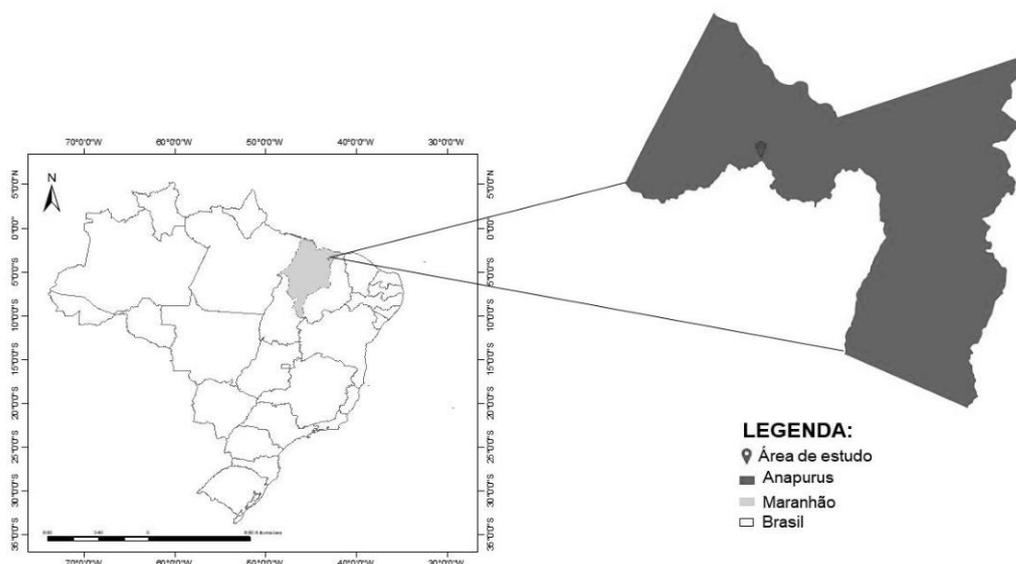


Figura 1. Mapa de localização do município de Anapurus, Maranhão, Brasil. Fonte: Elaboração do autor com base nos dados do IBGE, SIRGAS 2000

5.2 Procedimentos e Ferramentas utilizados para obtenção dos dados

Atributos Físicos do Solo

Os atributos físicos avaliados neste trabalho foram: densidade do solo, macro e microporosidade, a resistência do solo à penetração e a granulometria. Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e dois tipos de tratamentos: Área de mata nativa e área de capim braquiária consorciado com milho, com 5 repetições. Para cada tratamento ocorreu a retirada de cinco amostras de solo para a realização das análises, assim como o estudo proposto por Farias et al. (2017), essas amostras foram coletadas de forma aleatória, para a coleta utilizou-se anéis metálicos com altura média de 0,052 m e diâmetro de 0,04 m, as amostras foram pesadas e saturadas por pelo menos 24 h, e um extrator Richards foi usado para determinar a umidade gravimétrica em cada ajuste de tensão. As tensões submetidas em cada tratamento foram: 6, 10, 100, 300 e 1500 kPa., foi elaborada uma curva de retenção de água no solo determinada pelo método da EMBRAPA (1997).

A densidade do solo pôde ser determinada através do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), no qual o solo foi coletado através de um cilindro metálico e seco em estufa a 105 °C por 24 horas em seguida pesou-se a amostra de solo seco e aplica-se na seguinte equação:

$$Ds = \frac{Ms}{V} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

Ds = densidade do solo (g/cm³);

Ms = massa do solo seca a 105 °C (g);

V= volume do anel ou cilindro (cm³).

A determinação de macro e microporosidade foram realizadas através do Método da Mesa de Tensão, no qual as amostras de solo foram saturadas e postas sob a mesa de tensão que retira a água presente nos macroporos (EMBRAPA, 1997). Para obter o volume de macro e microporos utilizou-se as seguintes equações:

$$DP = \left(\frac{TFSE}{50 - Vag} \right) \quad \text{Eq. 2}$$

$$Microporosidade = \frac{M60 - Ms}{V} \quad \text{Eq.3}$$

$$Macroporosidade = Pt - Microporosidade \quad \text{Eq.4}$$

$$Pt = \left(1 - \frac{Ds}{Dp} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

DP= Densidade de Partículas

Pt = Porosidade Total (cm³)

M₆₀ = peso da amostra após ser submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água;

Ms = peso da amostra seca a 105 °C (g);

V = volume do cilindro (cm³).

No que diz respeito a resistência do solo, a penetração um parâmetro utilizado para identificar a compactação do solo ao longo do perfil. As alterações nas propriedades do solo e a penetração podem ser medidas através de penetrômetros de impacto (LIER, 2010). Para a análise da resistência a penetração utilizou-se testes de penetrômetro de impacto em uma profundidade de até 40 cm nas duas áreas de estudo, submetida a profundidade 0-10, 10-20, 30-40 cm, para assim se obter a umidade gravimétrica e com isso avaliar a resistência do solo à penetração, esse procedimento foi realizado de acordo com o método de Stolf (1991).

Atributos Hídricos

A infiltração da água no solo é uma das etapas mais importantes na realização de um estudo de avaliação de infiltração de água no solo. Através do uso de infiltrômetro de anéis concêntricos foram obtidas as medições da velocidade de infiltração de água no solo que podem ser realizadas em campo. A taxa de infiltração foi definida como a lâmina de água (volume de água por unidade de área) que atravessa a superfície do solo, por unidade de tempo. A taxa de infiltração pode ser expressa em termos de altura de lâmina d'água ou volume d'água por unidade de tempo (mm.h⁻¹). A Equação 6 representa a taxa de infiltração de água no solo, correspondendo à variação da infiltração acumulada ao longo do tempo (LIER, 2010).

$$i = \frac{dI}{dt} \quad \text{Eq. 6}$$

Em que: I= infiltração acumulada (L) e t = tempo (T).

Posteriormente, as variáveis analisadas também foram submetidas ao teste Kruskal-Wallis e o teste *post hoc* de comparação múltipla de Dunn para detectar as diferenças estatísticas entre as duas áreas estudadas assim como realizado por Pereira e Sousa

(2022), utilizando ferramentas de estatística do software Python, para demonstrar as diferenças estatísticas nos valores de Resistência a Penetração, Velocidade de Infiltração, Porosidade Total, Densidade de Partículas e Densidade do Solo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 podem ser observados os valores de Resistência a Penetração em relação a velocidade de infiltração nas áreas correspondentes a cultura do Capim Braquiária e na área de Mata Nativa, evidenciou-se que a área onde o Capim Braquiária estava implantado apresentou um valor de 1,51 Mpa de Resistência a penetração, valor superior em relação a área de Mata Nativa que apresentou um valor de 1,44 Mpa, essa diferença pode ter influência do nível de compactação na área de plantio do Capim Braquiária nas camadas mais superficiais do solo, podendo ser pelo uso de maquinário em uma cultura de ciclo curto, mesmo que o valor de Resistência a Penetração da água no solo não tenha uma diferença tão expressiva pode-se afirmar que essa diferença tem relação com o teor de matéria orgânica e sua vegetação original na área de mata nativa como afirma Feitosa et al. (2020) em um de seus estudos.

Tabela 1- Valores de Resistencia a Penetração (RP) e Velocidade de Infiltração (VI)

Áreas analisadas	RP - Mpa	VI - Mm/h
Capim Braquiária	1,51	710
Mata Nativa	1,44	374
Total Geral	1,48	542

Fonte: Autor

Observa-se que a Velocidade de Infiltração apresentou valores bem significativos entre as duas áreas analisadas, pois mesmo a área de plantio de Capim apresentando uma resistência a penetração maior do que a área de Mata Nativa a sua Velocidade de Infiltração foi superior com 710 mm/h se comparada com a Velocidade de Infiltração de 374 mm/h da área de Mata Nativa. Furquim et al. (2020) acreditam que isso pode estar relacionado a práticas de manejo realizadas durante a implantação da cultura, com isso podem ocorrer alterações nas propriedades físicas do solo. Silva et al. (2014) explicam que a capacidade de velocidade de infiltração é influenciada principalmente pelo tipo de solo, quantidade de água já existente no local, teor de

matéria orgânica, sistema radicular da cultura, atividade biológica, porosidade e quantidade de agregados presente na área de plantio.

Com base na análise dos resultados observa-se que na Figura 2 as duas áreas apresentavam valores bem próximos de Resistência a Penetração em uma profundidade de 0-10 cm do solo em uma média de 1,5 Mpa. Com o aumento da profundidade e da tensão a área de mata nativa apresentou um percentual de maior Resistência a Penetração de água no solo do que área onde está implantada a cultura do Capim Braquiária, isso pode ser observado a partir de uma profundidade de 15-50 cm. O único ponto onde as duas áreas estudadas obtiveram a mesma Resistência a Penetração foi a 50 cm de profundidade com uma tensão de 3 Mpa a partir daí somente a Mata Nativa obteve essa Resistência em uma profundidade de 50-60 cm, sendo esse o ponto de maior Resistência a Penetração para a área de Mata Nativa, essa foi uma condição semelhante encontrada por Aquino et al. (2019). Martins Filho et al. (2020) observaram características similares de aumento de Resistência e Densidade em um de seus estudos realizado em área do bioma Cerrado onde um dos principais responsáveis por essa Resistência a Penetração é o adensamento natural da vegetação rasteira típica desse bioma.

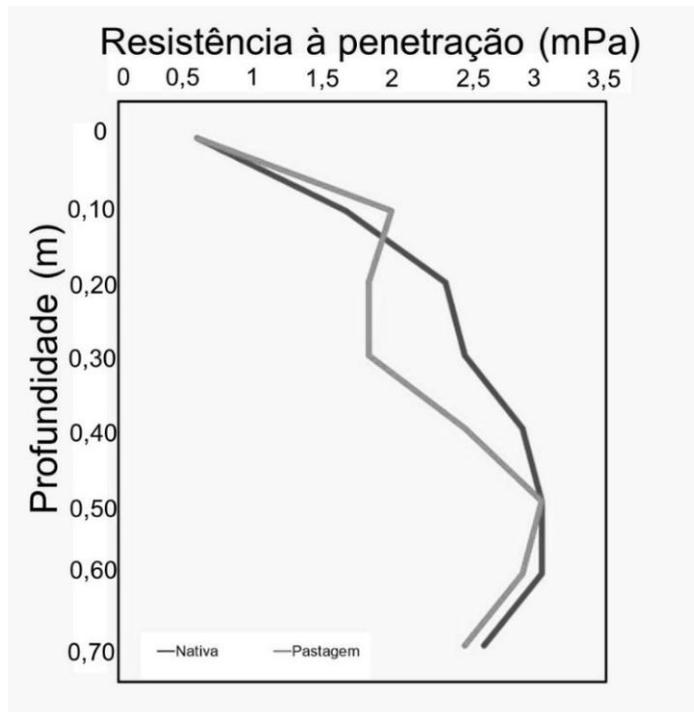


Figura 2. Representa a Resistência a Penetração do solo em cinco níveis diferentes de tensão sob os dois tipos de usos e sistemas de solo. Fonte: Elaboração do autor

Na Tabela 2 pode ser observado que os valores de Porosidade Total, Densidade de Partículas e Densidade do solo não apresentaram grandes diferenças estatísticas significativas nas duas áreas estudadas, características observadas por Martins Filho et al. (2020), esses valores demonstram que tanto a área onde está inserida a cultura do capim braquiária quanto a área de mata nativa apresentam características físicas e hidráulicas de solo bem similares, assim como os resultados também encontrados em um dos estudos de Gomes et al. (2019). De acordo com Lauro (2021) valores de baixa densidade do solo de matas nativas indicam que podem haver alterações das condições naturais e principalmente do uso e manejo do solo. Para Pinto et al. (2018) a importância de resultados assim influencia diretamente na capacidade de infiltração de água, na profundidade das raízes da cultura e no teor de matéria orgânica presente no solo.

Tabela 2- Valores de Porosidade total (PT), Densidade de Partículas (DP) e Densidade do Solo (DS)

Áreas analisadas	PT - %	DP - g/cm^3	DS - g/cm^3
Capim Braquiária	66,27	3,71	1,25
Mata Nativa	65,53	3,64	1,25
Total Geral	65,90	3,67	1,25

Fonte: Autor

Observa-se na Tabela 3 que houve uma diferença estatística bastante evidenciada entre os valores de microporosidade das duas áreas estudadas, a área de capim braquiária apresentou 16,26 % de microporosidade em relação a área de mata nativa com 27,03 % ou seja, o que demonstra que a área de capim braquiária possui uma capacidade menor de armazenamento de água, em contra partida possui uma capacidade maior de aeração, pois, apresenta um percentual de 50,01 % de Macroporosidade, já o percentual de Macroporosidade encontrado na área de Mata nativa foi somente de 37,73 %. Esses valores refletem no aumento ou redução de porosidade do solo, que está intrinsecamente relacionado com as propriedades físicas e mecânicas, quantidades de argila, o que contribui muito para a Resistência a Penetração de água no solo, assim como Furquim et al. (2020) afirmam.

Tabela 3- Valores para Micro e Macroporosidade*

Áreas analisadas	MICRO - %	MACRO - %
Capim Braquiária	16,26	50,01
Mata Nativa	27,80	37,73
Total Geral	22,03	43,87

Fonte: Autor

Com base na Tabela 4 podem ser observados os teores de umidade e as tensões aplicadas a profundidade de até 20 cm da camada do solo nas duas áreas de estudo. Com a aplicação do Teste Kruskal-Wallis e o teste *post hoc* de comparação múltipla de Dunn o único tratamento que apresentou uma diferença significativa foi a tensão de 10 kPa, onde a área que foi implantada a cultura do capim apresentou uma umidade de 57,91 % quando comparado com a área de mata nativa que teve um teor de 61,55 % de umidade.

Tabela 4- Valores para umidade do solo aplicado as tensões de 6, 10, 100, 300 e 1500 kPa

Áreas analisadas	Umidade- 6 kPa	Umidade- 10 kPa	Umidade- 100 kPa	Umidade- 300 kPa	Umidade- 1500 kPa	Profundidade (cm)
Capim Braquiária	58,57 % a	57,91 % b	52,76 % a	51,23 % a	49,27 % a	0-20
Mata Nativa	60,98 % a	61,55 % b	53,98 % a	46,72 % a	37,73 % a	0-20
Total Geral	59,77 %	59,73 %	53,37 %	48,98 %	43,50 %	20

a= diferença não significativa ($p > 0,05$), b = diferença significativa ($p < 0,05$). Fonte: Autor

Á medida que a tensão aumentou para 100, 300 e 1500 kPa as duas áreas não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, havendo assim valores de umidade muito próximos. Silva et al. (2017) afirmam que esse comportamento está relacionado a duas classes de poros bem definidas, compostas por macroporos responsáveis pela estrutura do solo e a outra classe é a de poros texturais composta por (mesoporos, microporos e criptoporos).

7 CONCLUSÕES

Quase todos os atributos físicos e hídricos não apresentaram diferenças estatísticas entre as duas áreas analisadas com exceção da Resistência a Penetração e da Velocidade de infiltração. A maior Resistência a Penetração foi encontrada na área de Mata Nativa devido ao maior teor de matéria orgânica e as características da vegetação, demonstrando assim ser menos afetada por fatores como compactação em suas camadas mais profundas do solo. A maior Velocidade de Infiltração de água no solo foi encontrada na área onde foi implantada a cultura do Capim. Recomenda-se a aplicação de práticas mais sustentáveis no manejo que visem a conservação do solo, diminuindo a compactação e aumentando o teor de matéria orgânica o que contribui para a sua qualidade.

8 REFERÊNCIAS

ALVES, P. F. S., KONDO, M. K., FERREIRA, V. G., SILVA, R. F., GUERRA, J. V. S. Variabilidade Espacial e Análise Multivariada dos Atributos Físicos do Solo em uma Microbacia Do Rio Pandeiros. **Geo Uerj**, n. 39, 2021.

ANDRADE, C. A. O., SILVA, G. C., CORRÊA, M. C., COLLIER, L. S., CORRECHEL, V. Condutividade hidráulica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo no Cerrado Goiano. **Agrarian**, v. 13, n. 49, p. 385-392, 2020.

ANDRADE, H. S. F. **Manejo de gado bovino para a restauração do cerrado**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2021.

AQUINO CUNHA, L. R., SILVA, J. R., OLIVEIRA, F. P., TAVARES, D. D., SILVA, P. L. F., MARTINS, A. F. Resistência a penetração em um latossolo sob diferentes condições de uso no agreste da Paraíba. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 140-153, 2019.

ARAÚJO, E. A., KER, J. C., NEVES, J. C. L., LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ARAÚJO, K. Z., WINK, C., LANGE, A., MOREIRA, I. D. A., CURTO, R. D. A. Eficiência de utilização de nutrientes pelo eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Nativa**, v. 8, n. 2, p. 260-268, 2020.

BEZERRA, D., SILVA, S. A., SILVA, R., ALVES, P. H., MORAES, R. B. Avaliação dos atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais e pastagem, no município de Brasil Novo-Pará. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 09, 2018.

BOLFE, E. L., SANO, E. E., CAMPOS, S. K. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. **Embrapa Informática Agropecuária-Livro científico (ALICE)**, 2020.
BORGHI, E. Como consorciar forrageiras com milho safrinha. Embrapa Pesca e Aquicultura-Outras publicações técnicas (**INFOTECA-E**), 2014.

CALDEIRA, C., PARRÉ, J. L. Diversificação agropecuária e desenvolvimento rural no bioma cerrado. **Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação**, v. 2, n. 1, p. 344-359, 2020.

CARVALHO, W. T. V., MINIGHIN, D. C., GONÇALVES, L. C., VILLANOVA, D. F. Q., MAURÍCIO, R. M., PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Pubvet**, v. 11, p. 0947-1073, 2017.

COLODEL, J. R.; PIERANGELI, M. A. P. SOUZA, M. F. P.; CARVALHO; M. A. C. DALCHIAVON, F. C. Atributos físicos e biológicos de Argissolo Vermelho Amarelo Amazônico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 41, v.2, p. 287-297, 2018.

COLOMBO, G. A., LOPES, M. B. S., DOTTO, M. C., CAMPESTRINI, R., OLIVEIRA L. IMA, S. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado tocantinense. **Campo Digital**, v. 12, n. 1, 2017.

CORREIA, K. A., SILVA, S. A. S., SILVA, R. M., HAMID, S. S., SILVA FARIAS, V. D., COSTA, J. F., SANTOS, M. A. S. Fertilidade do solo em pastagens no município de Vitória do Xingu, Pará, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e36410615021-e36410615021, 2021.

CUNHA, L. R. D. A resistência à penetração em latossolo amarelo sob diferentes condições de uso. Trabalho de conclusão de curso 2018.

CUNHA, N. R. D. S., LIMA, J. E. D., GOMES, M. F. D. M., BRAGA, M. A. Intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 2, p. 291–323, jun. 2008.

DIAS-FILHO, M. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

DIAS-FILHO, M.B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.40, p. 243-252, 2011.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997). **Manual de métodos de análises do solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997.

FARIAS, M.F.; FEITOSA, C. E. L.; RODRIGUES, K. M.; TEIXEIRA, L. C.; FURTADO, M. B.; SERRANO, L. J. P. Impact of Management on the Physical Attributes of a Dystrophic Yellow Latosol. **Journal of Agricultural Science**; v. 9, n. 5, p. 217-225, 2017.

FEITOSA, C. E., COSTA, P. H. D. S., MENESES, K. C. D., OLIVEIRA, U. C. D., FARIAS, M. F. D. Changes In Physical Quality Of Oxisols Under Different Management Systems In The Brazilian Cerrado. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p. 609-616, 2020.

FELICIANO, C. A.; LOPES, A. W. P.; SILVA, M.; COSTA, M.; FERRANTE, V. Qualidade do solo em sistemas de manejo convencional e orgânico na propriedade da agricultura familiar. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, v. 4, n. 1, p. 1-22, 2018.

FILHO, J. M., MENESES, K. C., FILHO, A. B., FEITOSA, C. E. L., FARIAS, M. F. Atributos físico-hídricos do solo sob diferentes sistemas de manejos no trópico úmido maranhense Soil-water physical attributes under different managements systems in the humid tropics in Maranhão. 2020.

FIORI, J. P. O.; CAMPOS, J. E. G.; ALMEIDA, L. Variabilidade da condutividade hidráulica das principais classes de solos do estado de Goiás. **Geociências**, São Paulo v. 29, n. 2, p. 229-235, 2010.

FLORENCE, E. DUARDO, A. ZEVEDO S. ODRÉ; JUNIOR, G. ETULIO, F. REITAS SEBEN. Estoque de Carbono e atributos físicos do solo, sob diferentes usos em pastagens na Amazônia Norte mato-grossense. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 1902-1909, 2021.

FREITAS, L. D., OLIVEIRA, I. A. D., CASAGRANDE, J. C., SILVA, L. S., CAMPOS, M. C. C. Latosols (oxisols) carbon storage in natural and altered managements. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 228-239, 2018.

FURQUIM, L. C., SOUZA, E. J., DA SILVA, N. F., NUÑEZ, D. N. C., CABRAL, J. S. R., SANTINI, J. M. K., STONE, L. F. Infiltração de água e resistência do solo à penetração em sistemas de cultivos integrados e em área de pastagem degradada. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2020. p. 82-95.

GOMES, F., SANTOS, R., GUARIZ, H. Levantamento de propriedades de densidade aparente, densidade de partículas e porosidade total em latossolos amarelo. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12, 2019.

GONGALSKY, K. B., ZAITSEV, A. S., KOROBUSHKIN, D. I., SAIFUTDINOV, R. A., YAZRIKOVA, T. E., BENEDIKTOVA, A. I., SHAKHAB, S. V. Diversity of the Soil Biota in Burned Areas (Tver Oblast) of Southern Taiga Forests. **Eurasian Soil Science, Moscow**, v. 49, p. 358-366, 2016.

GRIGOLLI, J. F. J., GITTI, D. D. C., LOURENÇÃO, A. L. F. Controle de plantas de soja e supressão do capim em milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, 2018.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G.; FERNANDES, R. B. A.; ANDRADE, C. L. T. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 128-136, 2012.

IBGE. Mapa de biomas e de vegetação. Rio de Janeiro, 2004.

KICHEL, A. N., BUNGENSTAB, D. J., ZIMMER, A. H., SOARES, C. O., ALMEIDA, R. G. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. **Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

LAURO, M. F. B. Propriedades físico-hídricas em áreas sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola no Oeste da Bahia. 2021.

LIER, Q. J. V. **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, p 55.

LOBATO, M. G. R., SAMPAIO, F. M. T., NÓBREGA, J. C. A., FERREIRA, M. M., MATIAS, S. S. R., TORRES, A. F., CUNHA, C. S. M. Physical attributes of a Oxisols from the Brazilian Cerrado under different management systems. **J Agric Sci**, v. 10, p. 361-368, 2018.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G. ARAUJO, A.R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: **Anais de Congresso, Ribeirão Preto, SP, Embrapa Gado de Corte**. p. 158–181.

MAPBIOMAS. Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil. 2017. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>> Acesso em: 10 jul. 2021.

MARANHÃO, R. L. A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A dinâmica do crescimento das exportações do agronegócio brasileiro. Brasília: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2249).

MECHI, I. A., DOS SANTOS, A. L. F., RIBEIRO, L. M., CECCON, G. Infestação de plantas daninhas de difícil controle em função de anos de consórcio milho-braquiária. **JOURNAL OF NEOTROPICAL AGRICULTURE**, v. 5, n. 3, p. 49-54, 2018.

MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). **Sci For**. Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 175-184, 2009.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.963-969, 2004.

MONTEIRO, M. A. C.; ZOZ, A.; LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS**, v. 4, n. 2, p. 63-68, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. Atributos químicos do solo em função da mudança no uso da terra sob diferentes usos agrícolas e em uma floresta na Região Oeste do Pará, 2015.

OLIVEIRA SILVA, M., SANTOS, M. P., PAZ SOUSA, A. C., SILVA, R. L. V., MOURA, I. A. A., SILVA, R. S., SILVA COSTA, K. D. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Massa seca e composição bromatológica de quatro espécies de braquiárias semeadas na linha ou a lanço, em consórcio com milho no

sistema plantio direto na palha. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v. 32, n. 2, p. 147-154, 2010.

PEREIRA, P. B., SOUSA M, R. C. Impactos das mudanças de uso e cobertura das terras sobre parâmetros hidrológicos do alto e médio curso do Rio Itapecuru, Nordeste do Brasil. **Revista Equador**, v. 11, n. 1, p. 55-71, 2022.

PESSÔA, V. L. S.; INOCÊNCIO, M. E. O PRODECER (RE) VISITADO: as engrenagens da territorialização do capital no Cerrado. **Campo-Território**, v. 9, n. 18, p. 1-22, 2014.

PINTO, L. C.; CHAGAS, W. F. T. AMARAL, F. H. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 47-57, 2018.

PORTUGAL, A. F. COSTA, O. D.V. COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e matas na região da zona da mata mineira. XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Sete Lagoas (MG), 2010.

ROBOREDO, D., MAIA, J. C. D. S., OLIVEIRA, O. J. D., ROQUE, C. G. Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um latossolo vermelho distrófico. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 308-314, 2010.

SANCHEZ, E., MAGGI, M. F., GENÚ, A. M., MÜLLER, M. M. L. Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 262-271, 2017.

SANTANA, C. A. M., CAMPOS, S. K., MARRA, R., ARAGÃO, A. A. Cerrado: pilar da agricultura brasileira. **Área de Informação da Sede-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.

SANTOS, GG, SILVA, E.M, MARCHÃO, R.L, SILVEIRA, P.M, BRUAND, A., JAMES, F., BECQUER, T. Análise da qualidade física do solo através da curva de retenção de água: Validade do S-index. **Comptes Rendus Geoscience**. v. 343, n. 4, pág. 295-301, 2011.

SEIDEL, E.P, REIS, W., MOTTIN, M.C, FEY, E., SCHNEIDER, A.P.R, SUSTAKOWSKI, M.C. Avaliação da distribuição de agregados e propriedades físicas selecionadas do solo sob cultivo consorciado de milho e doses de gesso. **Jornal Africano de Pesquisa Agrícola**, v. 12, n. 14, pág. 1209-1216, 2017.

SHAH, A. N., TANVEER, M., SHAHZAD, B., YANG, G., FAHAD, S., ALI, S., SOULIYANONH, B. Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 11, p. 10056-10067, 2017.

SILVA, A, C., Retenção de água em classes de solos no oeste potiguar. 2018.

- SILVA, A.; SANTOS, F. L. S.; BARRETTO, V. C. M.; FREITAS, J. R.; KLUTHCOUSKI, J. Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. marandu e guandu. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 39-47, 2018.
- SILVA, E. A.; BENEVENUTE, P. A. N.; MELO, L. B. B. Qualidade física de um Latossolo estimada por estudos de curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e índice S. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 11, n. 4, p. 49-54, 2017.
- SILVA, J. G. D., DA LUZ, J. M. R., MACHADO, S. S., SILVA, J. E. C. Fertirrigação no cultivo de capim e a diversidade microbiana do solo do Cerrado antes e após a produção de biomassa vegetal. **Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 1, n. 2, p. 21-26, 2019.
- SILVA, N. F., CUNHA, F. N., CUNHA, R. C., CABRAL FILHO, F. R., TEIXEIRA, M. B., CARVALHO, J.J. características físico-hídricas de um latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, nº. 5, p.375 - 390, 2014.
- SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; CABRAL FILHO, F. R.; MORAIS, W. A.; CUNHA, E. S.; ROQUE, R. C.; ALVES, D. K. M.; Teixeira, M. B. Métodos para estimativa da infiltração de água em um Latossolo sob plantio direto e convencional. **Gl. Sci Technol**, v.10, n.01, p.169-176, 2017.
- SILVA, P. C. D., DINIZ, R. G., FERREIRA, M. A. A., SANTOS, D. J. O., SANTOS, G. O. Custos de técnicas sustentáveis e aplicáveis em recuperação de áreas de pastagens. **Revista Brasileira de Gestao Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 14, p. 667-676, 2019.
- SILVA, R. R.; SILVA, P. G.; LINS, T. O. J. D.; RODRIGUES, L. B. O. Novos sistemas de produção de bovinos de corte em pastejo: maximizando a produção com baixo impacto ambiental. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, n. 1, p. 43-52, 2017.
- STOLF, RUBISMAR. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência de solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.
- TERRA, A. B. C., FLORENTINO, L. A., REZENDE, A. V. D., SILVA, N. C. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 11-20, 2019.
- TORRES, J. L. R., DE ASSIS, R. L., LOSS, A. Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 39, n. 302, p. 7-17, 2018.

VALANI, G. P.; VEZZANI, F. M.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V. Soil quality: Evaluation of on-farm assessments in relation to analytical index. **Soil and Tillage Research**, v. 198, n. 1, p. 1-13, 2020.

VIEIRA, I., MARASCA, I., SOLINO, A., SANTOS, G. AVARES, R. L. Compactação do solo em cultivo de repolho roxo no sistema plantio direto. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 35, 2021.

VILARINHO, M. K. C., NASCIMENTO, J. C., SILVA, T. J. A., ISQUIERDO, E. P., CALDEIRA, D. S. A., OLIVEIRA, C. P. Velocidade de Infiltração Básica de um Plintossolo Pétrico Situado em Áreas de Pastagem e Cerrado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3336, 2019.

VILARINHO, M. K. C.; NASCIMENTO, J. C.; SILVA, T. J. A.; ISQUIERDO, E. P.; CALDEIRA, S. A.; OLIVEIRA, C. P. Velocidade de infiltração básica de um plintossolo pétrico situado em áreas de pastagem e cerrado, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3336 - 3345, 2019.

VILELA, W.T.; MINIGHIN, D.C.; GONÇALVES, L.C.; VILLANOVA, D.F.Q.; MAURÍCIO, R.M. PEREIRA, R.V.G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **PUBVET**, vol. 11, n. 10, p. 1036-1045, 2017.

ZANINETTI, R. A.; MOREIRA, A; MORAES, L. A. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Amarelo na conversão de floresta primária para seringais na Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1061-1068, 2016.