

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SOLOS E QUALIDADE DE ECOSISTEMAS**

**RESPOSTA DA PRODUTIVIDADE DO CULTIVO DE EUCALIPTO EM
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E SEUS EFEITOS NOS
ATRIBUTOS FÍSICOS**

JURACI JESUS DE SANTANA JUNIOR

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

Fevereiro de 2021

**RESPOSTA DA PRODUTIVIDADE DO CULTIVO DE EUCALIPTO EM
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E SEUS EFEITOS NOS
ATRIBUTOS FÍSICOS**

JURACI JESUS DE SANTANA JUNIOR

Engenheiro Florestal

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas. Área de concentração: Manejo e Qualidade de Ecossistemas.

Orientador: Prof.º Dr.º Nielson Machado dos Santos

Coorientador: Prof.º Dr.º Elton da Silva Leite

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

Fevereiro de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

S232r

Santana Junior, Juraci Jesus de.

Resposta da produtividade do cultivo de eucalipto em diferentes sistemas de manejo do solo e seus efeitos nos atributos físicos / Juraci Jesus de Santana Junior._ Cruz das Almas, Bahia, 2021.

46f.; il.

Orientador: Nielson Machado dos Santos.

Coorientador: Elton da Silva Leite.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

1.Solos – Manejo. 2.Eucalipto – Cultivo. 3.Física do solo – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 631.4

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SOLOS E QUALIDADE DE ECOSISTEMAS

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE

JURACI JESUS DE SANTANA JUNIOR

Nielson Machado dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Nielson Machado dos Santos
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Coorientador: Prof. Dr. Elton da Silva Leite
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Bruno Laécio da Silva Pereira

Prof. Dr. Bruno Laécio da Silva Pereira
Faculdade de Ciências e Empreendedorismos

Ronaldo Pedreira dos Santos

Prof. Dr. Ronaldo Pedreira dos Santos
Instituto Federal Baiano

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Solos e
Qualidade de Ecossistemas em _____. Conferindo o Grau de Mestre em
Solos e Qualidade de Ecossistemas em _____.

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho primeiramente à Deus por ter me dado forças para prosseguir em momentos tão difíceis vividos nos últimos dois anos, à minha Mãe Maria Lima Santana “in memórian”, aos meus irmãos e sobrinhos e meu pai, que muito contribuíram em minha vida e formação acadêmica.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A Deus por ter me dado forças para seguir em frente e concluir este trabalho.

Ao professor Dr. Elton da Silva Leite pela oportunidade com as pesquisas, coorientação no mestrado e participação na minha formação acadêmica.

Aos professores membros da Banca de Qualificação, Luciano da Silva Souza e Bruno Laecio da Silva Pereira. E aos professores membros da Banca de Defesa, Bruno Laecio da Silva Pereira e Ronaldo Pedreira dos Santos.

Ao professor orientador Dr. Nielson Machado dos Santos e ao corpo docente e técnico do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas – PPGSQE.

Ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas – PPGSQE, ao Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas – CCAAB e à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus familiares, meus irmãos José Augusto, Juraci, Jaciene e Suêde, meus sobrinhos Emanuelle e Bruno pelo apoio e motivação, meu pai Juraci e em especial minha mãe Maria Lima Santana “in memoriam” por tudo que fizestes por mim incondicionalmente por toda uma vida.

A João Vieira e Juliana Carvalho pelo apoio, Taise Valadares, colaboração e amizade. E ao grupo de pesquisa do laboratório Bloco O 5. Ao apoio dos amigos de graduação, Taise Almeida, Suilan Furtado e Kaliane Silva, e a Diego Dias e Rafael Machado pela amizade e convivência de república.

RESUMO

SANTANA JUNIOR, Juraci Jesus de. **Resposta da produtividade do cultivo de eucalipto em diferentes sistemas de manejo do solo e seus efeitos nos atributos físicos.** 2021. 46f. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2021.

A produtividade no sítio florestal é dependente de adequados sistemas de manejo que respondem no incremento da cultura. Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes sistemas de preparos nos atributos físicos do solo e na produtividade do eucalipto cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso, após sete anos do preparo e plantio. O experimento foi conduzido no município de Cruz das Almas, Bahia, em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3 x 3 (preparo do solo x profundidade do solo), no plantio direto (PD) cova 0,30 m, preparo convencional (PC) uma aração e duas gradagens 0,23 m e reduzido (PR) subsolagem 0,57 m, avaliados nas profundidades (0,00 - 0,20 m; 0,21 - 0,40 m; 0,41 - 0,60 m). Foram avaliados os atributos físicos: densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), resistência do solo à penetração (RSP), umidade gravimétrica (Ug) e volumétrica (Uv). A produtividade do eucalipto foi estimada em volume (m³) de madeira por medidas dendométricas de altura total e diâmetro. Aplicou-se análise de variância com teste f e teste Tukey a 5% de probabilidade. O PR proporcionou maior valor em Ma, e menores valores de Ds e RSP, evidenciando que os efeitos da operação de PR foram mais persistentes nos atributos físicos do solo no decorrer do tempo. Os tratamentos PR e PC obtiveram maiores volumes (m³) de madeira, demonstrando serem mais adequados no preparo do solo para o melhor desenvolvimento final da cultura do eucalipto no Latossolo coeso.

Palavras-chave: Subsolador, silvicultura, preparo mínimo.

ABSTRACT

SANTANA JUNIOR, Juraci Jesus de. Response of productivity of eucalyptus crop under different soil management systems and their effects on physical attributes. 2021. 46pp. Dissertation (Master's degree in Soils and Ecosystem Quality) - Federal University of Recôncavo of Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brazil. 2021.

The productivity at the forest site is dependent on the adequate soil tillage systems that respond in the production. Aimed evaluate the effects on the soil physical attributes and productivity of the eucalyptus crop in different tillage systems in Cohesive Yellow Oxisol after seven year of the planting and tillage. The research was carried was in the municipality of Cruz das Almas, Bahia, in completely randomized design with factorial 3 x 3 (soil tillage x soil depth). No-till (NT) grave 30 cm, conventional tillage (CT) 23 cm and reduced (RT) 57 cm, evaluated in the soil depths 0.0 - 20cm, 21 - 40cm, 41 - 60cm have been used in this study. Bulk density (BD), particle density (PD), total porosity (TP), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), and soil resistance to penetration (SRP), gravimetric water content (GWC) and volumetric (VWC) were analyzed. Estimated was the eucalyptus productivity in cubic meters (m³) of wood per tree from measurements of total height and diameter. Were variance analysis performed with f test and Tuckey test at 5% probability used. The RT provided the hight Ma value, and the lowest BD and SRP values, showing that the effects of the RT operation were more persistent on the physical attributes of the soil over time. The RT and CT obtained the higher volumes (m³) of the wood, this are more recommended for the best final development of the forest in the cohesive Oxisol.

Keywords: Subsoiler, forestry, minimum tillage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Granulometria de um Latossolo Amarelo distrocoeso (LAdx), sob cultivo de eucalipto em diferentes tipos de preparo do solo na região do Recôncavo da Bahia, Brasil...23	23
Tabela 2. Médias de Densidade de partículas no perfil do solo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função dos preparos do solo convencional (PC), direto (PD) e reduzido (PR).....28	28
Tabela 3. Análise de variância para densidade de partículas (kg dm^{-3}) no perfil do solo em cultivo de eucalipto, aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso nos preparos do solo convencional (PC), direto (PD) e reduzido (PR).....29	29
Tabela 4. Análise de variância dos atributos físicos do solo em cultivo de eucalipto, aos 84 meses de idade cultivados em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC), e reduzido (PR).....29	29
Tabela 5. Média dos atributos físicos do solo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC), e reduzido (PR).....30	30
Tabela 6. Teores de Umidade gravimétrica e volumétrica em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC), e reduzido (PR).....30	30
Tabela 7. Média dos atributos físicos do solo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função da profundidade do solo.....31	31
Tabela 8. Análise de variância da resistência do solo à penetração - RSP (MPa) in situ em cultivo de eucalipto, aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso nos Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC), e reduzido (PR).....32	32
Tabela 9. Média de resistência do solo à penetração (RSP), por penetrômetro de campo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC), e reduzido (PR).....32	32
Tabela 10. Média resistência do solo à penetração (RSP), por penetrômetro de campo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função da profundidade do solo (m).....33	33
Tabela 11. Teores de Umidade gravimétrica, in situ em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função dos preparos do solo convencional (PC), direto (PD) e reduzido (PR).....33	33
Tabela 12. Análise de variância da produtividade do eucalipto em volume (m^3) de madeira aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso em função dos preparos do solo.....35	35
Tabela 13. Média de volume (m^3) de madeira do eucalipto, aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso em função dos preparos do solo direto, convencional e reduzido.....36	36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudo. Fonte: Base: IBGE; Ortomosaico por VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado). Elaboração: O Autor (2021).....23
- Figura 2.** Esquema da coleta das amostras indeformadas e pontos de penetrometria para cada tratamento na linha de plantio do eucalipto. Fonte: O Autor (2021).....24
- Figura 3.** Resistência do solo à penetração - RSP (Mpa), em função da profundidade do solo (m), antes das operações de preparo do solo em um Latossolo Amarelo distrocoeso.....34
- Figura 4.** Comportamento da Resistência do solo à penetração - RSP (Mpa), em profundidade do solo (m) em função dos preparos do solo de um Latossolo Amarelo distrocoeso sob cultivo de eucalipto aos 84 meses de idade.....34

LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES

PC - Preparo convencional	-
PD - Plantio direto	-
PR - Preparo reduzido	-
CC - Capacidade de campo	$m^3 m^{-3}$
U_g - Umidade gravimétrica na tensão de 10 kPa	$kg kg^{-1}$
U_v - Umidade volumétrica na tensão de 10 kPa	$kg kg^{-1}$
RSP - Resistência do solo à penetração	MPa
D_s - Densidade do solo	$kg dm^{-3}$
D_p - Densidade de partícula	$kg dm^{-3}$
Pt - Porosidade total	$m^3 m^{-3}$
M_a - Macroporosidade	$m^3 m^{-3}$
M_i - Microporosidade	$m^3 m^{-3}$
A_T - Areia total	$g kg^{-1}$
A_G - Areia grossa	$g kg^{-1}$
A_F - Areia fina	$g kg^{-1}$
S_p - Silte	$g kg^{-1}$
ARG - Argila	$g kg^{-1}$
AD - Argila dispersa quimicamente	$g kg^{-1}$
ADA - Argila dispersa em água	$g kg^{-1}$
GF - Grau de floculação	%
CV - Coeficiente de variação	%

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTADE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS LISTA DE UNIDADES	XI
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos gerais	14
2.1 Objetivos específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Aspectos gerais da cultura de eucalipto	15
3.2 Latossolos	16
3.2.1 Latossolos Amarelos.....	16
3.3 Preparo do solo	17
3.4 Atributos físicos do solo	19
3.4.1 Densidade e porosidade do solo.....	19
3.4.2 Resistência do solo à penetração.....	20
3.4.3 Umidade do solo.....	21
Volumetria florestal	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Área de estudo	22
4.2. Delineamento experimental	23
4.3. Análise dos Atributos Físicos	25
4.4. Estimacão volumétrica	27
4.5. Análise estatística	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Qualidade física do solo	28
5.2. Produtividade do eucalipto	35
6. CONCLUSÃO	38
7. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A floresta plantada tem sido essencial no agronegócio brasileiro, representando pelo menos 1,2 % do do produto interno bruto (PIB) nacional e 6,0 % do PIB industrial em 2019, com balança comercial de US\$ 10,3 bilhões em área total de 9,0 milhões de hectares (ha) e estocou 4,4 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente, cenário que proporciona o Brasil como o maior exportador de celulose (IBÁ, 2020).

Isto foi possível devido ao uso diversificado da madeira e ao rápido crescimento em razão da fácil adaptabilidade as condições ambientais (PREVEDELLO et al., 2013), além do avanço de pesquisas em melhoramento genético e manejo florestal (CASTRO et al., 2016), sendo predominante o cultivo de espécies do gênero *Eucalyptus* pela sua alta adaptação e maior produtividade (VECHI e MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

As florestas de eucalipto podem, proporcionar benefícios sobre as propriedades do solo como, melhorar a estrutura, capacidade de armazenamento de água, drenagem e aeração, e ciclagem de nutrientes pela incorporação de matéria orgânica com o solo em repouso durante a maior parte do ciclo necessário para produção de madeira (MAEDA e MEDRADO, 2017). Uma excelente produção de madeira é dependente das etapas de implantação da cultura florestal, sendo influenciado pela espécie, qualidade das mudas, tipo de solo e qualidade do preparo do solo e dos tratos culturais e silviculturais (GONÇALVES et al., 2016).

Entre as regiões onde há grande implantação da cultura de eucalipto no Brasil encontram-se nos solos dos Tabuleiros Costeiros (DOMPIERI et al., 2015), que são solos geralmente profundos e de relevo plano a suave ondulado, favorecendo a mecanização agrícola (VIEIRA et al., 2012). Contudo, nessas regiões predominam os Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos que possuem o caráter coeso característico pela presença de horizontes adensados, com reduzida porosidade, e alta resistência do solo à penetração (RSP) quando secos, representando impedimento físico ao desenvolvimento radicular (MENEZES et al., 2018). Desse modo, as limitações ocorrentes nestes solos necessitam de técnicas de preparo do solo para potencializar o desenvolvimento das culturas (SILVA et al., 2019).

O método de preparo do solo adotado não está somente relacionado a fatores edafoclimáticos, mas principalmente à intensidade de uso do solo que pode ser classificado em três níveis nas plantações florestais: cultivo intensivo, mínimo e direto (FREITAS, 2018). Tais preparos do solo atuam nas variações dos atributos físicos do solo, como densidade, porosidade e RSP, que podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo

(PRAGANA et al., 2012), que influenciam no desenvolvimento das raízes, tais como na infiltração e movimento de água no perfil, trocas gasosas, atividade biológica e mineralização de carbono (LIMA et al., 2013a).

Sendo assim, a realização de pesquisas com informações sobre os impactos do preparo nas propriedades do solo torna-se necessário (GONÇALVES et al., 2017), objetivando avaliar os diferentes indicadores de qualidade física do solo baseados em fatores diretos e indiretos ao desenvolvimento das culturas (REICHERT et al., 2016).

Alguns estudos foram realizados a fim de avaliar a influência de diferentes preparos do solo na produtividade de plantios de espécies florestais comerciais sob determinados tipos de solos (PAES et al., 2013; CORRÊA et al., 2014; ROCHA et al., 2015; BARRIOS et al., 2015; ELIZONDO et al., 2016; GONÇALVES et al., 2017; ROSA et al., 2018; CAVALLI et al., 2020; FLORENTIM et al., 2020; NUNES et al., 2020).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos de diferentes sistemas de preparos do solo nos atributos físicos do solo e na produtividade do eucalipto cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso, após sete anos do preparo e plantio.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os atributos físicos do solo nos preparos do solo convencional, reduzido e plantio direto.
- Avaliar a produtividade do eucalipto em (m³) de madeira nos preparos do solo convencional, reduzido e plantio direto.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura do eucalipto

Do total de florestas plantadas no Brasil, a maior parte (77%) é representada pelo cultivo de eucalipto, com 6,97 milhões de hectares, e 18% de pinus, com 1,64 milhão de hectares. Além desses cultivos, existem 0,39 milhões de hectares plantados de outras espécies, entre elas a seringueira, acácia, teca e paricá (IBÁ, 2020).

As florestas plantadas de eucalipto destinam-se a fonte de energia para forjar o ferro gusa e o ferro liga, produção de móveis, painéis de madeira, madeira processada, celulose e papel (COSTA e OLIVEIRA, 2019), e etc.

A eucaliptocultura destaca-se no Brasil graças aos fatores favoráveis de produção em grande escala, como grandes áreas extensas e contínuas disponíveis, topografia, as propriedades físicas e químicas dos solos e as variáveis climáticas, somadas a sua adaptabilidade, crescimento rápido e as tecnologias de produção (CHICHORRO et al., 2017).

As espécies, híbridos e clones de eucalipto apresentam diferentes respostas a cada ambiente em uma região hidrográfica, necessitando estudos para identificar a sua capacidade de adaptação e produção em uma dada região, em que o clima é definidor para as espécies como em toda cultura, o solo também influencia no crescimento dos indivíduos de eucalipto (FERREIRA et al., 2017). O florestamento é geralmente estabelecido em solos de baixa fertilidade ou degradados, o que infere os benefícios do cultivo. Entretanto, não está bem estabelecido quais sistemas de cultivo de baixa ou alta intensidade são mais benéficos, podendo ser específicos do local (BARRIOS et al., 2015).

O tempo da colheita de madeira da maior parte dos plantios de eucalipto ocorre em torno dos sete anos (MOREIRA e OLIVEIRA, 2017). Estudos são realizados na tentativa de avaliar o comportamento do crescimento destas florestas que apresentem um desenvolvimento em diâmetro e altura mais homogêneo (RIBEIRO et al., 2017), sendo que um bom estoque sempre dependerá de condições adequadas do local, e o material genético apenas não é garantia para que um plantio seja bem desenvolvido em termos de produção de madeira, portanto, atividades de cultivo adequadas podem oferecer a possibilidade de aumentar a produtividade em solos com baixa produtividade (ELIZONDO et al., 2016).

3.2 Características dos Latossolos

A eucaliptocultura é estabelecida em diversos tipos de solos com propriedades físico-químicas distintas, entre estes nos Latossolos. Latossolos são solos minerais, homogêneos, de horizontes com pouca diferenciação entre um e outro, facilmente reconhecíveis pela cor quase homogênea do solo com a profundidade, sendo profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa) e, com mais frequência, são pouco férteis (KER, 1997; IAC, 2014).

3.2.1 Latossolos Amarelos

Os latossolos da classe Latossolos Amarelos são solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), quando Latossolos Amarelos Distrocosos (LAdx) apresentam saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e com caráter coeso em um ou mais horizontes dentro de 150 cm a partir da superfície do solo (SANTOS et al., 2018).

Esses horizontes são de textura média, argilosa ou muito argilosa e, em condições naturais, têm uma fraca organização estrutural, sendo geralmente maciços ou com tendência à formação de blocos subangulares (LIMA NETO et al., 2009). O caráter coeso é comumente observado nos horizontes transicionais AB e/ou BA entre 30 cm e 70 cm a partir da superfície do solo, na zona de transição do horizonte A ou E com o horizonte B (horizontes BA, BE, Bt1 ou Bw1) (CORRÊA, et al., 2015; MENEZES et al., 2018).

O caráter coeso lhe conferem horizontes pedogenéticos subsuperficiais adensados, muito resistentes à penetração de faca ou martelo pedológico e que são de muito duros a extremamente duros quando secos, passando a friáveis ou firmes quando úmidos (KER, 1997; MENEZES et al., 2018). Uma das implicações dos solos com horizontes de caráter coeso, são as restrições ao aprofundamento radicular das culturas pela redução da profundidade efetiva devido a estrutura maciça e consistência dura a extremamente dura quando seco (SOUZA et al., 2008), e no movimento e armazenamento de água no solo (CORRÊA, et al., 2015).

Os solos formados por horizontes com caráter coeso é sabido que ocorrem de forma naturalmente, associando-se inumeros processos, como: entupimento dos poros com argila iluvial; presença de compostos orgânicos poucos polimerizados; presença e acúmulo de sílica

secundária, óxido de Fe e argila dispersa nos microporos; e associado a alterações na estrutura do solo em razão de ciclos alternados de umedecimento e secagem (LIMA NETO et al., 2009).

3.3 Preparo do solo

O preparo do solo tem como objetivo principal proporcionar adequadas condições nos diferentes aspectos dos sistemas físico, químico e biológico do solo, para o desenvolvimento e estabelecimento da cultura, bem como sistematizar o terreno no controle de pragas e plantas daninhas, favorecendo o crescimento do sistema radicular e consequentemente a produtividade da cultura (VITTI et al., 2016), pela disponibilidade hídrica e nutricional mais adequada (BAPTISTA e LEVIEN, 2010).

Para o preparo do solo, são empregadas técnicas, tais como: o preparo convencional (PC), preparo reduzido (PR) e o plantio direto (PD) (CORTEZ et al., 2014).

No PC normalmente são aplicadas as operações de aração e gradagem onde ocorre o revolvimento do solo com a incorporação dos resíduos vegetais (LISBOA et al., 2012), com o intuito de aumentar o volume de poros, infiltração de água e reduzir a densidade em área total. Contudo, o selamento superficial tende a ocorrer em curto tempo, devido ao impacto direto das gotas de chuva no solo (ALMEIDA et al., 2018).

Além disso no PC pode apresentar problemas como a perda da qualidade estrutural do solo, redução dos teores de matéria orgânica, erosão superficial e compactação abaixo da camada arável (LISBOA et al., 2012), sendo este sistema causador de maiores impactos ao solo, em relação ao manejo conservacionista (ASSIS; LANÇAS, 2010).

Com a evolução dos métodos de preparo do solo, o preparo mínimo ou reduzido e o plantio direto vêm sendo adotados em substituição aos métodos convencionais de cultivo (TORRES et al., 2015), sendo que no preparo do solo em plantios florestais está sendo mais utilizado o cultivo mínimo, que resulta na baixa mobilização mecânica em área e a também manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo (PAES et al., 2013; GONÇALVES et al., 2016).

O PD visa manter os resíduos vegetais sobre o solo, mas sem preparo mecânico no solo pré plantio e revolvimento mínimo na cova do plantio com intuito de reduzir os processos de erosão hídrica e custos de produção (BERTOL, 2016). Entretanto, além de

manter o adensamento natural do solo, o solo sem as operações de preparo pode favorecer com que a compactação da camada superior do solo se matenha em níveis limitadores ao crescimento das raízes, especialmente em solos argilosos e/ou em solos com baixo teor de matéria orgânica (SECCO et al., 2009).

Um implemento agrícola muito utilizado no preparo do solo normalmente empregado em áreas conduzidas sob sistema de cultivo mínimo ou reduzido (PR) é o subsolador (MONTEIRO et al., 2017), que junto ao escarificador estão entre os equipamentos mais usados no estabelecimento e recuperação de monoculturas florestais, ao promover o potencial das raízes alcançarem maiores profundidades, e menor área de solo revolvido, reduzindo o risco de erosão, entre a fase de plantio e cobertura do solo aumentando assim a sobrevivência e o crescimento das mudas (DEDECEK et al., 2007).

A subsolagem aplicado no PR, objetiva o rompimento de camadas endurecidas de solo, abaixo da camada arável pelo PC (CHEPOTE et al. 2014), diminuindo a densidade do solo em maior profundidade sem a inversão dos horizontes do solo (SCHNEIDER et al., 2017).

O uso da subsolagem tem méritos insubstituíveis, e portanto, é considerada uma medida eficiente para melhorar as condições físicas do solo, incluindo permeabilidade, porosidade, aeração em camadas profundas do solo (LIU et al., 2016), sendo considerada a uma ferramenta para o preparo do solo conservacionista em razão da não inversão das camadas do solo deixando maior cobertura de resíduos (MONTEIRO et al., 2017), ao contrário do PC, em que o perfil do solo na profundidade trabalhada é invertido completamente ou parcialmente (SUN et al., 2017).

O subsolador é usado para em plantações florestais comerciais quando os solos têm limitações físicas potenciais para o crescimento das raízes das árvores Barrios et al. (2015), característica esta dos solos coesos (VIEIRA et al., 2012).

Em cultivo de eucalipto observou-se maiores produtividades, no volume de madeira em florestas de eucalipto cultivadas com preparo de solo mecanizado, por meio da subsolagem, Gatto et al. (2003), com melhoria nas propriedades do solo na camada arada reduzindo a Ds e RSP. Com a subsolagem os valores de RSP diminuíram em todas as profundidades, com redução de 20% até a camada de 40 cm (GONÇALVES et al., 2017). O preparo de solo convencional e a subsolagem forneceram condições físicas do solo favoráveis a indivíduos de maiores volumes de madeira de eucalipto (NUNES et al., 2020).

Foi observada melhoria das propriedades físicas do solo devido ao aumento da porosidade e redução da densidade do solo na camada superficial e maior a sobrevivência das árvores pela subsolagem em relação ao efeito negativo do coveamento manual sobre a sobrevivência após os seis anos do plantio (ROCHA et al., 2015). Assim sendo, o estudo de sistemas de manejo como plantio direto, preparo convencional e preparo reduzido, pode ajudar na definição de qual o sistema mais se adequa para determinada área (CORTEZ et al., 2014).

3.4 Atributos físicos do solo

3.4.1 Densidade e porosidade do solo

Entre os diversos atributos físicos que podem ser utilizados para avaliar a ação antrópica do manejo em um solo, destacam-se aqueles ligados à relação massa/volume, ou seja, à densidade do solo, porosidade total e distribuição do tamanho dos poros (macroporosidade e microporosidade), (RODRIGUES et al., 2016).

A densidade do solo (D_s) expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume do solo (BICALHO, 2011). Tal atributo reflete as condições estruturais do solo, considerando o espaço poroso, em razão do arranjo das partículas primárias do solo, que normalmente, quanto maior a D_s maior a sua compactação, menor o grau de estruturação, menor a macroporosidade e, em consequência, maiores impedimentos ao crescimento radicular das plantas (ROCHA et al., 2015).

A D_s é um atributo variável e como este parâmetro corresponde a massa do solo seco por determinado volume do solo, o material constituinte do solo, assim como os sistemas de uso e manejo e tipo de cobertura vegetal tem muita influência nos seus valores (BICALHO, 2011). Logo, pode-se ter em solos de mesma textura e material de origem, diferentes valores de D_s no perfil (JORGE et al., 2012). Os valores de D_s definidos como críticos para algumas classes texturais estão entre: 1,25 - 1,30 kg dm^{-3} para solos muito argilosos; 1,30 - 1,40 kg dm^{-3} para solos argilosos, 1,40 - 1,50 kg dm^{-3} para os franco-argilosos e de 1,70 - 1,80 kg dm^{-3} para os franco-arenosos (REICHERT et al., 2003).

Em relação a densidade de partículas do solo (D_p), está visa medir a densidade média das partículas minerais e orgânicas em dado volume de amostra de solo, demonstrando sua

composição média, em relação ao volume efetivo ocupado por matéria sólida, sem considerar a porosidade (VIANA et al., 2017).

O espaço do solo não ocupado por sólidos e ocupado pela água e ar compõem o espaço poroso, definido como sendo a proporção entre o volume de poros (ar e água) / Volume total (REINERT & REICHERT, 2006).

Avaliar a porosidade é importante para determinar a qualidade física do solo, uma vez que os processos dinâmicos da água, gases e temperatura ocorrem nos poros do solo (MENEZES et al., 2018). A porosidade influencia na permeabilidade do solo pela distribuição de tamanho, a tortuosidade e a conectividade porosa, que são as características da geometria do espaço poroso que mais influenciam no transporte de solutos no solo sendo a macroporosidade responsável pela livre circulação da água e aeração do solo e a microporosidade pela retenção da água (JESUS et al., 2017).

3.4.2 Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração (RSP) é usada como um dos principais atributos para identificação de camadas com limitação ao desenvolvimento radicular das plantas (BARTZEN et al., 2019). Níveis elevados de RSP influenciam na limitação ao crescimento das culturas e estão diretamente relacionados ao uso e manejo do solo (THEODORO et al., 2018), como nos sistemas dos preparos do solo, sendo um atributo fundamental para à avaliação dos efeitos dos sistemas de preparo no ambiente físico do solo ao bom desenvolvimento das raízes (SIQUEIRA et al., 2017).

A RSP é uma atributo de simples e rápida obtenção e, bem como poder ser correlacionada com a densidade e com a macroporosidade (MERCANTE et al., 2003). A RSP é determinada por uso de penetrômetros que permitem monitorar em mesmo tipo de solo diferentes sistemas de manejo, identificando no perfil, as limitações ao crescimento radicular das culturas e desse modo tomar medidas de manejo do solo que garatam um melhor desenvolvimento a cultura (MAGALHÃES et al., 2009).

Os níveis críticos de resistência do solo à penetração para o crescimento das plantas varia com o tipo de solo e com as espécies cultivadas (BARTZEN et al., 2019). Esses efeitos atingem maior expressão geralmente em períodos secos, tendo esses efeitos anulados em períodos com normalidade da precipitação pluvial (MAZURANA et al., 2013).

Os níveis de RSP acima de 2,5 MPa são considerados limitante ao crescimento radicular para espécies florestais (ZOU et al., 2000; BENGOUGH et al., 2011), e acima de 3,0 MPa, para o sistema radicular do eucalipto (DEDECEK e GAVA, 2005).

A classificação definida por (ARSHAD et al. 1996) define para as culturas (a) extremamente baixa: $RSP < 0,01$ MPa; (b) muito baixa: $0,01 < RSP < 0,1$ MPa; (c) baixa: $0,1 < RSP < 1,0$ MPa; (d) moderada: $1,0 < RSP < 2,0$ MPa; (e) alta: $2,0 < RSP < 4,0$ MPa; (f) muito alta: $4,0 < RSP < 8,0$ MPa; e (g) extremamente alta: $RSP > 8,0$ MPa.

Valores de RSP de até 1,9 MPa encontrados por Prevedello et al. (2013) resultaram em restrições ao crescimento radicular e aéreo do eucalipto, mesmo não sendo valores considerados limitantes ao crescimento da espécie.

3.4.3 Umidade do solo

A retenção de água no solo expressa à energia de ligação da água ao solo, em consequência esta da força gravitacional, das forças capilares e das propriedades de superfície das partículas minerais e orgânicas, que possuem capacidade de adsorção de água (TEIXEIRA e BHERING, 2017).

A umidade do solo, pode ser expressa em base gravimétrica ou umidade em base de massa seca (U) ou em base volumétrica, a qual serve para determinação direta no volume de água armazenado no solo, bem como na sua RSP (FERNANDES, 2019).

Os potenciais de determinação da água no solo, podem ser aplicados por sucção (tensão) ou pressão, sendo a umidade das amostras de solo determinada após equilíbrio em diferentes potenciais, tendo umidade, no potencial de 10 kPa ou 33 kPa, relacionada à capacidade de campo (CC) (TEIXEIRA e BHERING, 2017).

3. 5 Volumetria Florestal

Estimar o crescimento e a produção dos cultivos de florestas comerciais constitui-se parte fundamental do processo de planejamento florestal, com a aplicação de equações volumétricas que são métodos eficientes para a estimação da produtividade em volume de madeira de um povoamento florestal (SALES et al., 2015).

A partir de um inventário florestal onde são mensuradas variáveis de fácil medição, tais como: altura e, ou, diâmetro das árvores, emprega-se as equações volumétricas que são geradas a partir de modelos estatísticos que relacionam o volume real com tais variáveis independentes (ANDRADE et al., 2018), sendo o ajuste de equações de volume e o fator de forma da árvore os mais usuais na estimação do estoque de madeira contida em uma floresta, podendo dessa forma, avaliar a produção da área do ponto de vista econômico (MIRANDA et al., 2015), a fim de direcionar a matéria-prima a variados usos (GAROSI et al., 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no campus do município de Cruz das Almas, Bahia (Figura 1), nas coordenadas (12°65'29" latitude sul e 39°07'88" de longitude oeste), e altitude média de 220 metros, com relevo plano e regional plano e ondulado. O clima é classificado como Af (tropical sem estação seca) com precipitação anual de 1.170 mm, variando entre 900 a 1.300 mm e temperatura média anual entre 24 ° a 26° C segundo a classificação de Koppen (ALVARES et al., 2013). O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso (LAdx) (SANTOS et al., 2018).

O eucalipto implantado foi do híbrido *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* com plantio e preparos do solo (convencional, reduzido e direto), realizados em setembro de 2013 e as avaliações para este estudo foram conduzidas em setembro de 2020, aos 7 anos de idade (84 meses) após o plantio. A área experimental tem aproximadamente 0,8 hectares com duas linhas de bordadura dos indivíduos. Cada tratamento continha 20 indivíduos distribuídos sob espaçamento 3 x 3 m em quatro linhas de cinco árvores, totalizando uma área de 180 m².

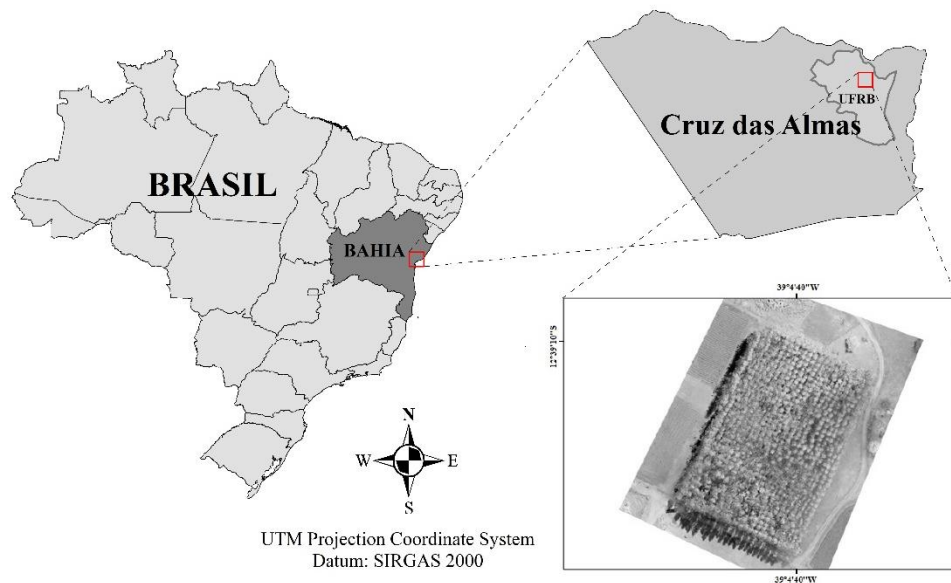


Figura 1. Área de estudo. Fonte: Base: IBGE; Ortomosaico por VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado). Elaboração: O Autor (2021).

A granulometria do solo da área experimental em média geral apresenta-se como franco-argiloarenosa (Tabela 1), de acordo com (NUNES, 2017), e a textura homogênea ao longo do perfil do solo é característica típica dos Latossolos (KER, 1997).

Tabela 1. Granulometria de um Latossolo Amarelo distrocoeso (LAdx), sob cultivo de eucalipto em diferentes tipos de preparo do solo na região do Recôncavo da Bahia, Brasil.

Profundidade (m)	AT	AG	AF	Silte	AD	ADA	GF	Classe textural (SBCS)
	g kg ⁻¹						%	
0-0,1	700,35	440,79	250,17	50,61	240,04	190,83	17,57	Franco-argiloarenosa
0,1-0,2	700,67	440,79	250,39	40,44	240,92	200,60	17,44	Franco-argiloarenosa
0,2-0,4	660,23	390,08	260,55	40,51	290,26	240,60	15,90	Franco-argiloarenosa
0,4-0,6	610,78	360,97	240,34	50,21	330,01	210,03	34,45	Franco-argiloarenosa

AT = Areia total; AG = Areia grossa > 0,2 mm; AF = Areia fina; AD = Argila dispersa quimicamente; ADA = Argila dispersa em água; GF = Grau de flocculação. SBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Fonte: Nunes (2017).

4.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3 x 3 preparo do solo (convencional, reduzido e direto) x profundidade do solo (0,00-

0,20 m; 0,21 - 0,40 m; 0,41 - 0,60 m), com seis repetições, totalizando 54 unidades experimentais de solo, e pontos de penetrometria com leituras (0,01 - 0,60 m), sendo amostrados a 1,5 m de uma árvore a outra na linha de plantio, em pontos aleatórios em cada tratamento, de acordo com o esquema (Figura 2).

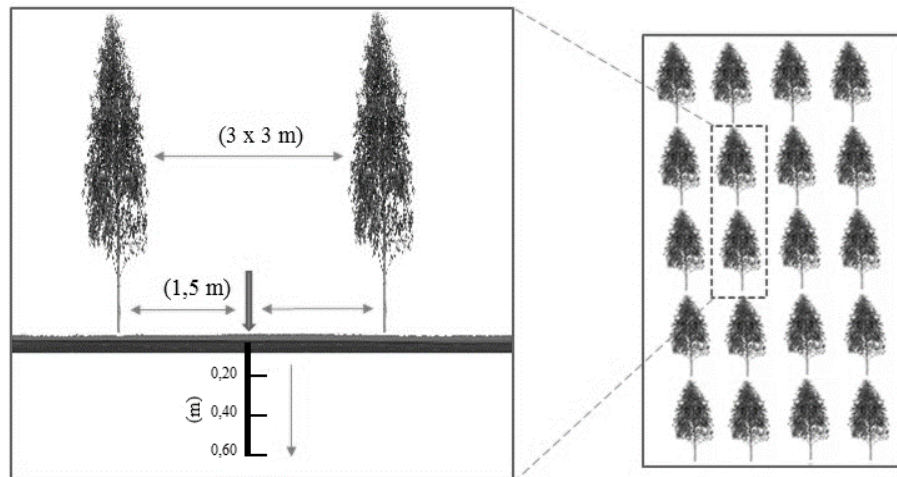


Figura 2. Esquema da coleta das amostras indeformadas e pontos de penetrometria para cada tratamento na linha de plantio do eucalipto.
Fonte: O Autor (2021).

Os preparos do solo avaliados estão descritos conforme abaixo:

1) Convencional – Uma aração e duas gradagens (profundidade de preparo de 0,23 m), preparo realizado por trator agrícola da marca New Holland, modelo TL75E, 4 x 2, 55 kW a 2400 rpm e massa de 3.302 kg, um arado de disco reversível da Baldan, modelo ARH (L) e uma grade destorroadora niveladora de 40 discos, da marca Kohler, modelo GN195 4020, perfazendo duas passadas.

2) Reduzido – Subsolação com média de 0,57 m de profundidade apenas na linha de plantio. Utilizou-se o trator da marca New Holland, modelo 8030, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência nominal de 90 KW a 2.200 rpm, peso total de 5.462 kg com operador e um subsolador Tatu Marchesan, modelo AST/MATIC com uma ponteira de 0,07m de largura e disco de corte liso de 0,5 m de diâmetro;

3) Direto – Cova de 0,3 m de profundidade e 0,53 m de diâmetro de média. Utilizou-se o trator agrícola da marca New Holland, modelo TL75E, 4x2, 55 kW a 2400 rpm e massa de 3.302 kg e trado da marca Tatu Marchesan, modelo PS18, com uma broca para abertura das covas.

No período do preparo da área para o plantio, no controle de plantas daninhas, a área foi dessecada quimicamente. A adubação química forneceu 136g de NPK (10 - 30 - 10) (N

= 15,11 kg ha⁻¹; P2 O5 = 45,33 kg ha⁻¹; K2O = 15,11 kg ha⁻¹) no sulco do plantio e duas de (42 g de 20 - 0 - 20) (N = 18,66 kg ha⁻¹; K2O = 18,66 kg ha⁻¹) na adubação de cobertura.

4.3 Análise dos atributos físicos

As análises físicas do solo foram realizadas a partir de amostras indeformadas em anéis ou cilindros volumétricos metálicos de 0,05 x 0,05 m coletadas na linha de plantio e no centro de cada profundidade avaliada. Após as coletas esses anéis foram acondicionados em filme plástico para evitar perda de umidade, sendo preparadas no Laboratório de Física do Solo da UFRB, onde foram realizadas as análises para: Densidade do solo (Ds), Densidade de partículas (Dp), Porosidade total (Pt), Microporosidade (Mi), Macroporosidade (Ma), Umidade gravimétrica (Ug) e volumétrica (Uv) de acordo com os métodos em (TEIXEIRA et al., 2017), e Resistência do solo à penetração (RSP).

A determinação da Ds foi obtida pelo método do anel volumétrico pela Expressão 1:

$$Ds = \frac{ms}{V} \quad (1)$$

Em que: Ds = densidade do solo (kg dm⁻³); ms = massa do solo seco a 105 °C (g); e V = volume do anel volumétrico (cm³).

A determinação da porosidade total foi obtida pelo método direto conforme a Expressão 2:

$$Pt = \frac{(a - b) - (c - d)}{V} \quad (2)$$

Em que: Pt = porosidade total (m³ m⁻³); a = massa do conjunto amostra - cilindro - tecido - liga saturado (kg.); b = massa do conjunto amostra - cilindro - tecido - liga seco a 105 °C (kg); c = massa do conjunto cilindro - tecido - liga saturado (kg); d = massa do conjunto cilindro - tecido - liga seco a 105 °C (kg); V = volume do anel volumétrico (cm³).

A Mi e Ma foram determinadas pelo método da mesa de tensão conforme as Expressões 3 e 4:

$$Mi = \frac{(ma - ms)}{V} \quad (3)$$

Em que: Mi = microporosidade (m³ m⁻³); ma = massa do solo + água retida, após equilíbrio (g); ms = massa do solo seco a 105 °C (g); V = volume do anel volumétrico (cm³).

$$Ma = (Pt - Mi) \quad (4)$$

Em que: Ma = macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); Pt = porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); Mi = microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$).

A determinação da Dp foi obtida pelo método do balão volumétrico pela Expressão 5:

$$Dp = \frac{ms}{Vt - Vu} \quad (5)$$

Em que: Dp = densidade de partículas (kg dm^{-3}); ms = massa da amostra solo seco a 105 °C (g); Vt = volume total aferido do balão (mL); Vu = volume utilizado para completar o balão com a amostra em mL.

A determinação da retenção de água no solo por conteúdo gravimétrico Ug (kg kg^{-1}) e volumétrico Uv ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) foram determinadas por meio da retenção de água nas amostras indeformadas em câmaras de *Richards* com placas porosas de cerâmica. Para fins de cálculo da capacidade de água disponível (AD), considerou-se como capacidade de campo (CC), a umidade do solo correspondente a tensão de pressurização de 10 kPa (0.1 bar), sendo calculada pelas Expressões 6 e 7 respectivamente:

$$Ug = \frac{(pas - ms)}{ms} \quad (6)$$

Em que: CGAi = conteúdo gravimétrico de água a determinado potencial (kPa) em kg kg^{-1} ; ms = massa da amostra de solo seca a 105 °C até peso constante, em g; pas = massa de solo + água contida nas amostras após ser submetida ao potencial estudado, em g.

$$Uv = \frac{mag}{V} \quad (7)$$

Em que: CVAi = conteúdo volumétrico de água a determinado potencial (kPa), em $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$; mag = massa de água contida na amostra após ser submetida a determinado potencial, em g.; V = volume do anel volumétrico em cm^{-3} .

A determinação da RSP foi obtida em dois modos, in situ e em laboratório. A RSP em mega pascal (MPa) em laboratório foi obtida em função dos tratamentos e em profundidade a partir de amostras indeformadas, sendo determinada utilizando penetrômetro eletrônico de bancada (RPELE) modelo MA – 933® da marca Marconi com a haste aplicada no centro das amostras indeformadas equilibradas após admissão de potencial por

pressurização de 10 kPa (0.1 bar) em câmara de *Richards*, equivalente à CC. Sendo registrados 240 valores de RSP para cada ensaio amostral, sendo descartados os 60 iniciais e os 60 últimos.

A RSP obtida in situ foi medida em função dos tratamentos e em profundidades por uso de penetrômetro automático digital da marca *FALKER*, modelo *SOLO STAR*, de motor com sistema de acionamento elétrico da haste penetradora, equipamento em conformidade a norma da *American Society of Agricultural Engineers ASAE S313.3* (ASABE, 2013).

Foram registrados valores de RSP a cada 0,01 m de profundidade, e velocidade de penetração constante com a unidade kPa com posterior conversão para MPa até a profundidade de 0,6 m conforme Mercante et al. (2003) e Lima et al. (2013b), com seis repetições em cada tratamento, de forma aleatória nas duas linhas centrais. Considerou-se como unidade observacional cada ponto amostral, composta pela média aritmética em MPa dos valores obtidos pelo penetrômetro.

Para a determinação da umidade do solo nas condições da coleta da RSP in situ, utilizou-se um trado do tipo holandês para a coleta de amostras deformadas em cada profundidade avaliada em cada tratamento, sendo armazenadas em recipiente plástico e conduzidas ao laboratório, sendo determinada pelo método gravimétrico em kg kg^{-1} por meio da relação entre a massa de água do solo úmido e a massa de solo após um período de 24 horas em estufa a 105°C .

4.4 Estimação volumétrica

Para estimação da produtividade do eucalipto em volume (m^3) de madeira por árvore, o volume individual foi estimado a partir das medidas dendrométricas de altura total (HT) e diâmetro à altura do peito (DAP) (1,30 m) de todas as árvores, realizadas com o auxílio de hipsômetro a laser da marca *Laser Technology*, modelo TRUPULSE 200B e por fita métrica, respectivamente. As medições foram realizadas em outubro de 2020.

Para à estimação do volume foi utilizado o modelo de dupla entrada proposto por Naslund (Equação):

$$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 HT + \beta_3 dap HT^2 + \beta_4^2 + \varepsilon \quad (Eq.)$$

Em que: V = volume, em m^3 ; dap = diâmetro (cm) a 1,30 m de altura; HT = altura total da árvore, em m; β_i = coeficiente determinados por regressão.

4.5 Análise estatística

Os valores dos atributos físicos do solo e de volumetria em metros cúbicos (m^3) de madeira para o efeito de preparo do solo, efeito profundidade do solo e de interação (preparo do solo x profundidade do solo), foram submetidos à análise de variância (ANOVA) teste f para teste de homogeneidade das médias realizadas pelo *software* Sisvar 5,6® (FERREIRA, 2014). Quando significativa foi aplicado teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Qualidade física do solo

Nos resultados para a densidade de partículas do solo (D_p) (Tabela 2), observou-se que os horizontes AB e BA da área sem o preparo apresentaram as maiores médias de D_p . Conforme destacado por Corrêa, et al. (2015) e Menezes et al. (2018), o caráter coeso é comumente observado nos horizontes transicionais AB e/ou BA a partir da superfície do solo, na zona de transição do horizonte A ou E com o horizonte B (horizontes BA, BE, Bt1 ou Bw1), sendo esta manifestação uma das características mais conspícuas nos Latossolos Amarelos (KER, 1997).

Tabela 2. Médias de Densidade de partículas no perfil do solo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

Horizontes	Profundidade (m)	D_p ($kg\ dm^{-3}$)			
		Solo sem manejo	PD	PC	PR
A	0-13	2,61	2,53	2,48	2,47
AB	13-42	2,71	2,54	2,33	2,33
BA	42-84	2,66	2,46	2,51	2,38
Bw1	84-112	2,60	2,49	2,45	2,55
Bw2	112-230+	2,63	2,44	2,43	2,35

D_p = densidade de partículas ($kg\ dm^{-3}$).

Os valores de D_p estão próximos ao valor médio ($2,65\ kg\ dm^{-3}$), encontrado na maioria dos solos minerais que predominam a caulinita e quartzo (KIEHL, 1979). Apresentando pequeno efeito nos valores entre os preparos, as médias mostraram-se muito próximas, da qual à análise de variância não apresentou diferença significativa de D_p entre os sistemas de preparo e em profundidade do solo (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância para densidade de partículas (kg dm^{-3}) no perfil do solo em cultivo de eucalipto, aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso em Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

FV	GL	SQ	QM
Preparo	3	0,178934 ^{ns}	0,059645 ^{ns}
Profundidade	3	0,062458 ^{ns}	0,020819 ^{ns}
Prep.* Prof.	9	0,110666 ^{ns}	0,012296 ^{ns}
erro	32	0,767437	0,023982
Total corrigido	47	32,348308	
CV%	6,27		
Média geral	2.4704375	n	48

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; QM - Quadrado médio; Prep. - Preparo; Prof. - Profundidade; ^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade; CV: Coeficiente de variação (%).

A análise de variância constatou que não houve diferença significativa entre os atributos para fonte de variação preparo do solo em relação a Pt e Mi, profundidade para Pt, e interação (preparo x profundidade do solo) para todos os atributos avaliados a partir dos métodos da mesa de tensão e penetrômetro de bancada (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância dos atributos físicos do solo em cultivo de eucalipto, aos 84 meses de idade cultivados em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

FV	GL	Ds	Pt	Mi	Ma	RSP
		QM	QM	QM	QM	QM
Preparo	2	0,028217*	8,311317 ^{ns}	7,572091 ^{ns}	21,621402*	1,248225*
Profundidade	2	0,048067*	0,988089 ^{ns}	38,014135*	42,537735*	1,224389*
Prep. × Prof.	4	0,002283 ^{ns}	2,201472 ^{ns}	3,695899 ^{ns}	0,831471 ^{ns}	0,045625 ^{ns}
Resíduo	45	0,003	3,711	2,596	5,089	0,089
Total	53					
CV (%)		3,570	6,590	8,090	24,280	18,230
Média Geral		1,546	29,216	19,924	9,292	1,637

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; QM - Quadrado médio; Prep. - Preparo; Prof. - Profundidade; ^{ns} Não-significativo, * Significativo a 5% de probabilidade; CV: Coeficiente de variação (%); Ds: Densidade do solo (kg dm^{-3}); Pt: Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Mi: Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Ma: Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); RSP: Resistência do solo à penetração (MPa).

Visto que na Mi a significância foi apresentada apenas para FV profundidade, infere-se que, a Mi de um solo pode ser mais influenciada pela textura do solo e conteúdo de matéria orgânica do que pelo uso do solo (MOTA et al., 2012).

Para o teste de comparação das médias em função dos preparos do solo, observou-se que não houve diferença estatística nos atributos entre PD e PC. Os atributos do PR diferiram

dos demais preparos, exceto para Ma entre o PC, porém apresentou maior valor numérico de Ma (Tabela 5).

Tabela 5. Média dos atributos físicos do solo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

Preparo de solo	Ds	Ma	RSP
PD	1,572 a	8,252 b	1,775 a
PC	1,566 a	9,187 ab	1,804 a
PR	1,501 b	10,437 a	1,334 b

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Ds: Densidade do solo (kg dm^{-3}); Ma: Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); RSP: Resistência do solo à penetração (MPa).

Para a retenção de água no solo determinada em Ug e Uv no pontencial de 10 kPa (CC), observou-se que as médias dos teores de umidade foram muito próximas, variando pouco nos PC e PR respectivamente (Tabela 6), e indicando que as operações para estes tratamentos contribuíram para maior retenção de umidade no solo.

Tabela 6. Teores de Umidade gravimétrica e volumétrica em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

Tratamento	Profundidade (m)	Ug (kg kg^{-1})	Uv ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)
PD	0,00 - 0,20	0,101	0,155
	0,20 - 0,40	0,118	0,184
	0,40 - 0,60	0,132	0,211
PC	0,00 - 0,20	0,109	0,167
	0,20 - 0,40	0,124	0,190
	0,40 - 0,60	0,137	0,208
PR	0,00 - 0,20	0,102	0,158
	0,20 - 0,40	0,123	0,187
	0,40 - 0,60	0,133	0,211

Ug: umidade gravimétrica (kg kg^{-1}); Uv: umidade volumétrica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

Os resultados de menores Ds e RSP para o PR em relação ao PD e PC se deve a mobilização de parte do solo na linha de plantio no PR proporcionada pela subsolagem que rompeu a camada de solo endurecida, abaixo da profundidade arada trabalhada no PC, ao superar a profundidade de atingimento de implementos usados do PC e do preparo ausente no PD, isto refletiu nas condições de redução do adensamento da camada coesa (CHEPOTE *et al.*, 2014). Fato observado por (FREITAS, 2018), em que os efeitos do PR proporcionou

melhorias, como a diminuição de RSP e o aumento no volume dos Ma no cultivo do eucalipto.

O PC foi similar ao PD em relação a todos os atributos físicos avaliados. Esse resultado pode estar relacionado aos problemas que podem ocorrer ao PC, como a perda da qualidade estrutural do solo, e com o tempo é mais favorável a redução da qualidade física do solo e erosão superficial, (LISBOA et al., 2012), bem como o selamento superficial (ALMEIDA et al., 2018), e devido ao efeito do acúmulo das cargas da máquina e implementos no momento do preparo do solo, formando o efeito de “pé de grade” pode apresentar maior RSP (VOGEL e FEY, 2016). Além disso pode-se inferir de que os efeitos do PC por este não mobilizar as camadas mais profundas como no PR, manteve a condição de antes do preparo como ocorreu no PD.

O PD não diferiu em relação ao PC, que atribui ao resultado de maior Ds e menor Ma a condição de adensamento natural do solo não mobilizado (PREVEDELLO et al., 2013).

Em relação aos atributos físicos do solo em função da profundidade do solo, a Ds e RSP apresetaram aumento com a profundidade do solo (Tabela 7).

Tabela 7. Média dos atributos físicos do solo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função da profundidade do solo.

Profundidade (m)	Ds	Mi	Ma	RSP
0,00 – 0,20	1,508 b	18,457 c	10,701 a	1,471 b
0,20 – 0,40	1,525 b	19,950 b	9,523 a	1,503 b
0,40 – 0,60	1,605 a	21,363 a	7,652 b	1,938 a

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Ds: Densidade do solo (kg dm^{-3}); Mi: Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Ma: Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); RSP: Resistência do solo à penetração (MPa).

As médias de Ds observadas neste estudo apresentaram valores acima do estabelecido como limite crítico de 1,40 - 1,50 kg dm^{-3} para os franco-argilosos; e inferior a 1,70 - 1,80 kg dm^{-3} para os franco-arenosos (REICHERT et al., 2003). Em relação a profundidade do solo, esses resultados relacionam-se aos fatores pedogenéticos, decorrentes da evolução do solo, que podem resultar no adensamento de camadas subsuperficiais, em que materiais mais finos são transportados da superfície do solo preenchendo os vazios (poros) das camadas inferiores, aumentando a Ds (CAMARGO e ALLEONI, 2006). Além disso, a presença de material

orgânico e à atividade biológica e radicular serem menores em profundidade, proporcionando Ds mais elevadas (ROSA et al., 2018).

O aumento da Ds em profundidade pode ter influenciado na redução da Ma e aumento da Mi (PEREIRA et al., 2021). Os valores da macroporosidade do solo abaixo de 0,0 - 0,20 m, foram menores que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, que são considerados como limite do qual surgem problemas de aeração e de crescimento das raízes (FRANCZISKOWSKI et al., 2019). Fato este também observado por Silveira et al. (2014), no mesmo tipo de Latossolo deste estudo, os valores de Ma foram inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ nos horizontes Ap, AB e Bw1.

A análise de variância para a RSP in situ foi significativa em relação as fontes de variações preparo do solo e profundidade do solo e não significativo a interação dos preparos com a profundidade, igualmente ao penetrômetro de bancada (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de variância da resistência do solo à penetração - RSP (MPa) in situ em cultivo de eucalipto, aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso nos Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

FV	GL	SQ	QM
Preparo	2	6,150311*	3,075156*
Profundidade	2	5,104457*	2,552228*
Prep.* Prof.	4	3,074459 ^{ns}	0,768615 ^{ns}
erro	45	18,019081	0,400424
Total corrigido	53	32,348308	
CV%	20,70		
Média geral	3,0562407	n	54

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; QM - Quadrado médio; Prep. - Preparo; Prof. - Profundidade; ^{ns} Não-significativo, * significativo a 5% de probabilidade; CV: Coeficiente de variação (%).

O PR apresentou as menores médias de RSP diferindo do PC e PD que apresentaram comportamento similar com médias mais elevadas de RSP (Tabela 9).

Tabela 9. Média de resistência do solo à penetração (RSP), por penetrômetro de campo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

Tratamento	RSP (MPa)
PR	2,591 a1
PC	3,198 a2
PD	3,380 a2
Erro padrão	0,149

Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na (Tabela 10), estão apresentados os valores de RSP em função da profundidade do solo (m).

Tabela 10. Média resistência do solo à penetração (RSP), por penetrômetro de campo em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função da profundidade do solo (m).

Profundidade (m)	RSP (MPa)
0,00 - 0,20	3,400 a2
0,20 - 0,40	2,653 a1
0,40 - 0,60	3,115 a1 a2
Erro padrão	0,149

Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na (Tabela 11) estão apresentados os conteúdos de umidade gravimétrica em profundidade presente in situ na coleta da RSP.

Tabela 11. Teores de Umidade gravimétrica, in situ em plantio de eucalipto, aos 84 meses de idade em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

Tratamento	Profundidade (m)	Ug (kg kg ⁻¹)
PD	0,00 - 0,20	0,067
	0,20 - 0,40	0,083
	0,40 - 0,60	0,090
PC	0,00 - 0,20	0,082
	0,20 - 0,40	0,093
	0,40 - 0,60	0,100
PR	0,00 - 0,20	0,064
	0,20 - 0,40	0,104
	0,40 - 0,60	0,098

Ug: umidade gravimétrica (kg kg⁻¹).

As maiores médias de RSP, concentram-se na profundidade de 0,0 - 0,20 m, tendo visto ao menor teor de umidade concentrado nesta profundidade durante a coleta. O PC e PR favoreceram maior retenção de umidade ao solo.

Na (figura 3) estão apresentados os valores médios de RSP, com umidade volumétrica de 15,2%, observados antes das operações de preparo do solo na área de estudo em setembro de 2013, aos sete anos antes da avaliação deste estudo.

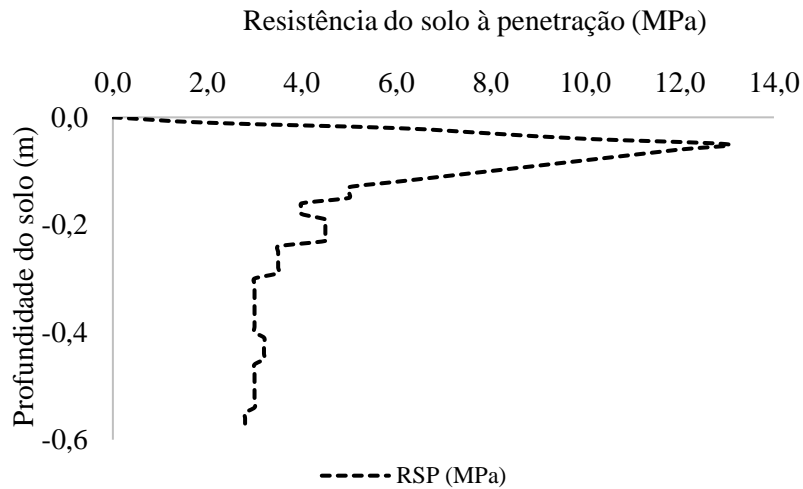


Figura 3. Resistência do solo à penetração - RSP (MPa), em profundidade do solo (m), antes das operações de preparo do solo em um Latossolo Amarelo distrocoeso.

Na (figura 4) estão apresentados os valores médios de RSP in situ pelo penetrômetro de campo aos 84 meses de idade. O comportamento da RSP em profundidade segue em conformidade com as condições de umidade no momento da avaliação para cada preparo. A RSP apresentou-se maior em 0,00 - 0,20 m, tendo esta o menor teor de umidade.

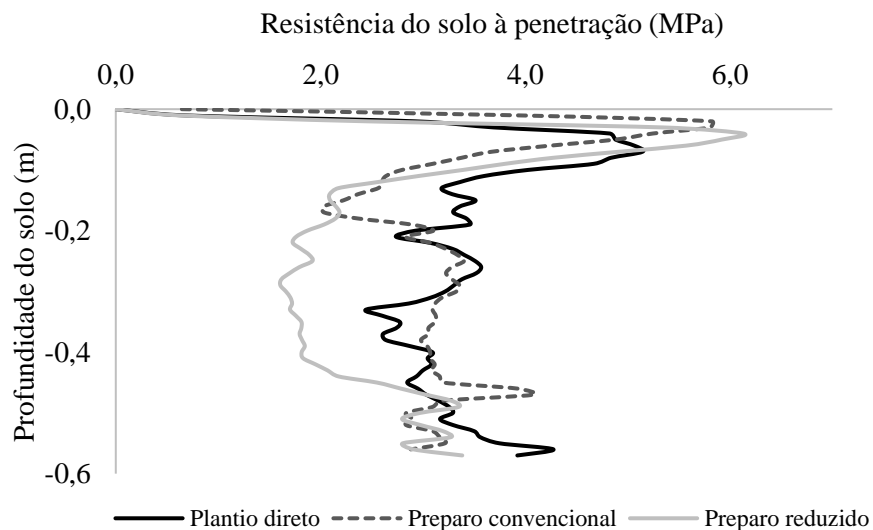


Figura 4. Comportamento da Resistência do solo à penetração - RSP (MPa) em profundidade do solo (m) em função dos preparos do solo de um Latossolo Amarelo distrocoeso em cultivo de eucalipto aos 84 meses de idade.

Comparando os níveis de RSP antes das operações de preparo, foi observada redução na RSP após os sete anos, mesmo as condições de umidade do solo in situ aos sete anos terem

vido mais baixas do que os teores de umidade in situ, no período anterior das operações, evidenciando que os efeitos pós preparo, mostraram-se persistentes no decorrer do tempo com maior efeito ao PR de menor RSP.

A RSP apresentou um comportamento decrescente com o aumento da profundidade em todos os tratamentos em conformidade com o conteúdo de umidade do solo durante a avaliação, salientando-se que a RSP pode ser condicionada pelo atual teor de água no solo (MELO et al., 2017), associando-se o aumento da umidade com a redução da RSP, devido à água influenciar a coesão entre as partículas do solo (SILVEIRA et al, 2010).

Os níveis de RSP encontrados neste estudo apresentaram-se dentro do intervalo dos valores considerados de moderado: $1,0 < RSP < 2,0$ MPa; a alta: $2,0 < RSP < 4,0$ MPa (ARSHAD et al. 1996), dentro das condições de umidade avaliadas no pontencial de 10 kPa com maior RSP para o PC, e no momento da amostragem in situ que mostrou-se na faixa pouco acima do níveis mínimos considerados limitantes ao crescimento radicular para espécies florestais acima de 2,5 MPa (ZOU et al., 2000; BENGOUGH et al., 2011), e acima de 3,0 MPa, para o sistema radicular do eucalipto (DEDECEK e GAVA, 2005), exceto para o PR que apresentou valores inferiores ao crítico para o eucalipto com a maior profundidade, sendo assim, com efeitos mais favoráveis ao sistema radicular da cultura.

5.2 Produtividade do eucalipto

Os resultados referentes a análise de variância para a produtividade do eucalipto, em volume (m^3) de madeira, mostraram-se significativos para os preparos do solo (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância da produtividade do eucalipto em volume (m^3) de madeira aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC) e reduzido (PR).

Fonte de Variação	Volume (m^3)		
	GL	QM	P-Valor
Preparo	2	0,006	0,002*
Resíduo	57	0,001	
Total	59		
CV (%)	20,47		
Média Geral	0,141		

FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade; QM - Quadrado médio; * Significativo a 5% de probabilidade; CV: Coeficiente de variação (%).

As maiores médias de volume estimado (m^3) de madeira por árvore foram observadas no preparo reduzido (PR) e convencional (PC), que mostraram-se similares. A menor média foi para o plantio direto (PD), que apresentou similaridade com o PC, mas diferiu do PR que apresentou o maior valor numérico entre os três (Tabela 13).

Tabela 13. Média de volume (m^3) de madeira do eucalipto, aos 84 meses de idade cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso em função do Plantio direto (PD), Preparo convencional (PC), e reduzido (PR).

Preparo do solo	Volume (m^3)
PD	0,126 b
PC	0,139 ab
PR	0,159 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados deste estudo demonstraram que a produtividade do eucalipto foi significativamente influenciada pelos efeitos nos atributos físicos do solo proporcionada pelos sistemas de manejos do solo avaliados.

A similaridade na produtividade entre os preparos PR e PC atribuí-se aos efeitos de mobilização do solo realizada tanto no PR quanto no PC em relação ao PD que foi realizado sem qualquer preparo mecânico prévio ao solo. E a similaridade do PC com o PD atrela-se ao PC que devido aos implementos revolver somente as camadas mais superficiais, refletiu na condição de adensamento da camada coesa não revolvida (CHEPOTE et al., 2014), além de sofrer maior efeito das cargas dos implementos da máquina no preparo (VOGEL e FEY, 2016).

A maior média de produtividade observada para o PR atribuí-se aos efeitos de mobilização realizada em maior profundidade do solo (PREVEDELLO et al., 2013). O PR com a profundidade trabalhada até os 0,57 m, promoveu melhorias fundamentais nas condições físicas do solo a camadas mais profundas, incluindo, a maior porosidade favorecendo a aeração e água (LIU et al., 2016), pelo o aumento da Ma (ALMEIDA et al., 2018) e redução da Ds e RSP, conseqüentemente, maior disponibilidade hídrica e aos recursos do subsolo pelas raízes, propocionando assim, efeitos mais positivos ao desenvolvimento da cultura (GONÇALVES et al., 2017; SCHNEIDER et al., 2017).

O PC mesmo revolvendo somente as camadas mais superficiais do solo a 0,23 m e apresentado valores nos atributos físicos mais similares ao PD do que ao PR, também

apresentou similaridade no desenvolvimento do eucalipto com o PR. Como constatado por Prevedello et al. (2013), aos preparos com mobilização de solo resultaram em maior crescimento ao eucalipto em comparação ao PD de menor produtividade e maiores DS e RSP, por culminar em condições menos favoráveis a produtividade da cultura, atribuído isto por a prática não haver revolvimento do solo, mantendo como um dos desfavorecimentos o adensamento natural. A similaridade entre subsolador e gradagem no desenvolvimento do eucalipto foi encontrada por Barrios et al. (2015), que diferente desse estudo, atribuíram o resultado ao fato das condições do solo não terem sido limitantes ao desenvolvimento da raiz.

Nos resultados observados por Cavalli et al. (2020), apontam que a produtividade florestal em solos com alta capacidade de armazenamento de água, condiciona-se mais pela propriedade funcional do solo, particularmente a permeabilidade do solo à água e ao ar, enquanto que em solos altamente drenáveis como o Latossolo Amarelo distrocoeso a capacidade produtiva da floresta é condicionado a maior porosidade do solo, menor Ds e RSP.

Aos 48 meses no mesmo tipo de solo avaliado, Nunes et al. (2020), observou que tanto o PC quanto a PR tiveram rendimentos de madeira do eucalipto similares. Segundo os autores, a maior mobilização do solo por estes preparos aumentou a porosidade, promovendo assim, maior capacidade das raízes se desenvolverem e conseqüentemente favorecendo suas características dendrométricas em relação ao PD, evidenciando a influência dos preparos de solo com a mobilização, que favorecem melhor o desenvolvimento das raízes. Sendo comprovado por este estudo o seguimento deste comportamento até os 84 meses, sendo valor numérico maior no PR ao PC ao qual pode-se inferir pela necessidade radicular de exploração do solo com a idade em maior profundidade, mais favorecida pelo PR.

Em contraste ao observado por Rocha et al. (2015), em um Argissolo seis anos após o preparo do solo não ocorreu diferença significativa entre tratamentos para os atributos físicos nem para o crescimento do eucalipto, associando isto a homogeneidade dos povoamentos se restabelecerem alguns meses após o plantio, sendo provável reflexo da ação das raízes das árvores, assim como da atividade biológica. Os sistemas PC e PR em um Latossolo com eucalipto não promoveram diferenças significativas para os atributos físicos, aos dois anos da floresta, sendo observado apenas pequeno efeito da profundidade (FLORENTIM et al., 2020).

Com a idade aos 83 meses, com uso do subsolador de uma e três hastes não houve diferença entre os modos de preparo do solo, quanto ao volume de madeira do eucalipto,

supostamente em razão da reconsolidação do solo, que pode ser influenciada pela dinâmica da água no espaço poroso inter e intraagregados, assim como pela quantidade de água que infiltra nele (PAES et al., 2013).

Em Argisolo vermelho distrófico avaliando o plantio do *E. Grandis*, aos 38 meses, o preparo do solo com subsolagem na linha de plantio apresentou o maior desenvolvimento (CORRÊA et al., 2014), evidenciando comparação a este estudo, a maiores produtividades do eucalipto proporcionada pelo PR em regiões e solos diferentes.

6. CONCLUSÃO

O sistema de preparo reduzido proporciona maior macroporosidade, menores densidades do solo e resistência do solo à penetração, evidenciando que os efeitos da operação de preparo de solo reduzido mostram-se mais persistentes no decorrer do tempo, após os 84 meses do plantio em relação aos efeitos dos sistemas plantio direto e preparo convencional no Latossolo Amarelo distrocoeso.

Os resultados observados mostram os preparos de solo reduzido e o convencional, serem mais adequados no preparo do solo coeso estudado, para obter maiores volumes de madeira do eucalipto. Entretanto, o PR mostra-se mais recomendado por proporcionar efeitos mais positivos nos atributos físicos do solo por conseguir trabalhar as camadas coesas em maior profundidade, o que favorece o sistema radicular refletindo em melhor produtividade do eucalipto.

Recomenda-se avaliações conforme as diferentes condições de umidade e aos efeitos diretos ao sistema radicular da cultura por estes sistemas de manejo na perspectiva sobre o horizonte coeso para o estabelecimento da cultura do eucalipto nestes solos.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. S.; PANACHUKI, E.; OLIVEIRA, P. T. S.; SILVA MENEZES, R.; SOBRINHO, T. A.; CARVALHO, D. F. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 130 - 138, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711 - 728, 2013.
- ANDRADE, V. C. L.; GLORIA JUNIOR, M. A.; TERRA, D. L. C. V. Equações volumétricas para um clone jovem de eucalipto no Sul do Tocantins. **Nativa, Sinop**, v. 6, n. especial, p.7 95 - 801, 2018.
- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J., eds. **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.123 - 141. (SSSA Special Publication, 49).
- ASABE (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS). **Soil cone penetrometer**. St. Joseph: ASAE standard S313.3, p. 3, 2013.
- ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Agregação de um Nitossolo Vermelho Distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 58-66, 2010.
- BARRIOS, P. G.; BIDEGAIN, M. P.; GUTIÉRREZ, L. Effects of tillage intensities on spatial soil variability and site-specific management in early growth of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v. 346, p. 41-50, 2015.
- BARTZEN, B.T.; HOELSCHER, G. L.; RIBEIRO, L. L. O.; SEIDEL, E. P. How the soil resistance to penetration affect the development of agricultural crops? **Journal of Experimental Agriculture international**, v. 30, n. 5, p. 1-17, 2019.
- BAPTISTA, J. ; LEVIEN, R. Métodos de preparação de solo e sua influência na erosão hídrica e no acúmulo de biomassa da parte aérea de *Eucalyptus saligna* em um Cambissolo Háplico da depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 4, p. 567 - 575, 2010.
- BENGOUGH, A. G.; MCKENZIE, B. M.; HALLETT, P. D.; VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 59-68, 2011.
- BERTOL, I. 2016. **Conservação do solo no Brasil: histórico, situação atual e o que esperar para o futuro**. Sociedade brasileira de ciência do solo. 48p. (boletim informativo 42).
- BICALHO, I. M. Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e Manejo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, p.1, 2011.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. **Causas da compactação do solo**. 2006. Artigo em

- Hypertexto.Disponível em:<<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C3/Comp3.htm>>
.Acesso em: 10 out. 2020.
- CASTRO, C. A. O.; RESENDE, R. T.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Breve histórico do melhoramento genético do eucalipto no Brasil sob a ótica dos avanços biométricos. **Ciência Rural [online]**, v. 46, n. 9, p. 1585 - 1593. 2016, Epub 16-Jun-2016. ISSN 1678-4596.
- CAVALLI, J. P.; REICHERT, J. M.; RODRIGUES, M. F.; ARAÚJO, E. F. Composition and functional soil properties of arenosols and acrisols: Effects on eucalyptus growth and productivity. **Soil and Tillage Research**, v. 196, p. 104439, 2020.
- CHEPOTE, R. E.; REIS, E. L.; ARAUJO, Q. R.; PACHECO, R.; VALLE, R. R. Efeitos de diferentes preparos de solo e regimes hídricos sobre atributos edáficos, crescimento e produção de coffea canephora cv. conilon em argissolo amarelo distrocoeso. **Agrotrópica** v. 26, n. 2, p. 127 - 134. 2014.
- CHICHORRO, J. F.; SILVA, A. L. P.; ANDRADE, W. S.P; HEGEDUS, C. E. N.; KUBOYAMA, F. Q. A. Custos e índices econômicos de povoamentos de eucalipto do Programa Produtor Florestal no Espírito Santo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 447-456, out./dez. 2017.
- CORRÊA, R. S.; SHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; HOPPE, J. M. Influência do tipo de preparo de solo no crescimento de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Eucalyptus online book e Newsletter**. 2014.
- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; ARAÚJO FILHO, J. C. D.; CAMÊLO, D. D. L. Formas de ferro, silício e, ou, alumínio na gênese de fragipãs e horizontes coesos dos tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 940-949, jul./ago., 2015.
- CORTEZ, J. W.; SOUZA, P. H. N.; RUFINO, M. V.; VIERO, R. M.; RODRIGUES, E. F.; OLSZEWSKI, N. Sistema de preparo do solo para não compactar. **Cultivar Máquinas**. v. 12, n. 147, dez. 2014.
- COSTA, B. S.; OLIVEIRA, M. L. Florestas plantadas de eucalipto no Brasil: uma cultura nociva aos recursos hídricos?. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 36, p. 23-141. 2019.
- DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na profundidade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 383-390, 2005.
- DEDECEK, R. A.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G.; SIMON, A. A. Effects of soil tillage systems on soil erosion and on black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.) productivity. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3/4, p. 205-214, 2007.
- DOMPIERI, M. H. G.; RESENDE, R. S.; BARRETO, A. C.; CRUZ, M. A. S.; SILVA, A. A. G.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; MELLO, W. M. P.; SILVA, I. M. A. S.; CUENCA, M. A.G.; FERNADES M. F. **Delimitação da Área Foco de Atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros e Principais Aspectos Fisiográficos**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

- ELIZONDO, B. E.; AGUILAR, A. D.; BONILLA, G. M.; SEGURA, E. E.; GAMBOA, A. M.; MORA, C. R.; JAKOBSEN, B. Effects of high intensity tillage applications to improve productivity on established teak (*Tectona grandis*) plantations in Specific site conditions in Northern Costa Rica. **Journal for Applied Life Sciences**, v. 3, n. 2; dez. 2016.
- FERNANDES, F. S. **Indicadores de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo**. 2019. 78f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, 2019.
- FERREIRA D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 38, p. 109-112, 2014.
- FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. D.; PAULA, T. R.; COUTINHO, R. P.; SILVA, R. L. D. Crescimento e produção de eucalipto na região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- FLORENTIM, S. E. T., CORREA, H. C. R., MARTINS, P. E. B., SILVA, F. C., ZEVIANI, W. M., SERAFIM, M. E. Physical soil attributes in different eucalyptus crop management systems in western mato grosso, brazil. **Floresta**, v. 50, n. 4, p. 1679-1688, 2020.
- FRANCZISKOWSKI, M. A.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; ANSCHAU, K. A.; MOTTIN, M. C. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura 1. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 6, p. 556-564, 2019.
- FREITAS, A. G. D. **Desenvolvimento inicial de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake sob diferentes sistemas de preparo do solo**. 2018. 44 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso dos Recursos Naturais Renováveis.) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, 2018.
- GAROSI, V. A.; GORENSTEIN, M. R.; GOMES, J. E. Inventário florestal e recomendações de manejo para a floresta estadual de assis – Instituto Florestal, SP. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**. São Paulo, n. 12, Ago. 2008.
- GATTO, A.; BARROS, N. F. DE; NOVAIS, R. F. DE; COSTA, L. M. DA; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 635-646, set./out. 2003.
- GONÇALVES, S. B, LOPES, E. S; FIEDLER N. C, CAVALIERI, K. M. V; STAHL, J.; DRINKO, C. H. F. Efeito da profundidade de trabalho na qualidade da operação de subsolagem para implantação florestal. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 40, n. 1, p. 29 - 37, jan./fev. 2016.
- GONÇALVES, S. B.; LOPES, E. S.; FIEDLER, N. C.; CAVALIERI - POLIZELI, K. M. V.; STAHL, J. Resistência do solo a penetração em diferentes profundidades de subsolagem. **Nativa, Sinop**, v.5, n.3, p.224-229, maio./jun. 2017.
- IAC – Instituto Agrônomo de Campinas (2014). **Solos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/>> Acesso em: 10 set. 2020.

- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual 2020**: ano base 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>> Acesso em: 09 set. 2020.
- JESUS, M. C.; SANTOS B. A., OLIVEIRA S. M.; TEIXEIRA, S. S.; CARVALHO, W. D. Permeabilidade ao ar e porosidade de solos na região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 25, n. 3, p. 230-239, maio. /jun. 2017.
- JORGE, R. F.; ALMEIDA, C. X.; BORGES, E. N.; PASSOS, R. R. Distribuição de poros e densidade de latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 159-169, Mar. 2012.
- KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, v. 5, n. 1, p. 17 - 40, 1997.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia** – relação solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.
- LIMA NETO, J. D. A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JÚNIOR, V. S. D.; LIMA, J. F. W.; FERREIRA, R. F. D. A. Caracterização e gênese do caráter coeso em latossolos amarelos e argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 33, n. 4, p. 1001-1011, 2009.
- LIMA, R. P.; LEÓN, M. J.; SILVA, A. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.1, p. 016-020, jan/fev, 2013a.
- LIMA, R. P.; LEÓN, M. J.; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 577-581, July/Aug, 2013b.
- LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. D.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 33-44, 2012.
- LIU, Z. D.; QIN, A. Z.; NING, D. F.; ZHAO, B.; ZHANG, Z.D.; LIU, Z.G.; NAN, J.Q. XIAO, J. F.; DUAN, A. W. Subsoiling effects on grain yield and water use efficiency of spring maize in northern China. **International Agricultural Engineering Journal**, v. 25, n. 2, p. 9-19, 2016.
- MAEDA, S; MEDRADO, M. J. S. Plantações florestais comerciais e o solo. In: OLIVEIRA, Y. M. M.; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, Cap. 2. p. 21 - 30, 2017.
- MAGALHÃES, M. W., CREMON, C.; MAPELI, N. C.; SILVA, W. M.; CARVALHO, J. M.; MOTA, M. S. Determinação da resistência do solo a penetração sob temas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 6, p. 21-32, out./dez. 2009.
- MAZURANA, M.; FINK, J. R.; SILVEIRA, V. H.; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 37 p. 1185-1195, 2013.

- MELO, M. L.; ARAÚJO, G.; GUIMARÃES, E.; SILVA, B.; CAIXETA, S. Resistência do solo à penetração em pasto de capim-tifton 85 sob irrigação e adubação nitrogenada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017.
- MENEZES, A. S.; ALENCAR, T. L.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; TOMA, R. S.; ROMERO, R. E.; COSTA, M. C. G.; MOTA, J. C. A. Functionality of the porous network of Bt horizons of soils with and without cohesive character. **Geoderma**, v. 313, n. 1, p. 290-297, 2018.
- MERCANTE, E.; URIBE-OPOZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p.1149-1159, nov./dez. 2003.
- MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v. 11, n. 3, 2015.
- 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, abr./jun. 2017.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. cap. 1 In: OLIVEIRA, Y. M. M.; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). *Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental*. Brasília, DF: Embrapa, p. 11-20, 2017.
- MOTA, F. O. B. ; NESS, R.L.L. ; CLEMENTE, C.A. ; MOTA, J. C. A. ; SOUSA, S.C. . Physical quality of an oxisol under different uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), Viçosa, v. 36, n. 6 , p. 1828-1835, nov./dez. 2012.
- NUNES, V. J. **Atributos Físicos de Latossolo de Tabuleiro Costeiro do Recôncavo da Bahia, sob Cultivo de Eucalipto em diferentes sistemas de manejo do solo**. 2017. 44 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2017.
- NUNES, Í. L.; LEITE, E. D. S.; LIMA, R. D. J.; MINETTE, L. J.; SCHETTINO, S.; SOUZA, A. P. Variabilidade espacial de clones de Eucalipto em função do preparo de solo e adubações/*Spatial variability of Eucalyptus clones in the function of soil tillage and fertilization*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 12334-12349, mar. 2020.
- PAES, F. A. S. V.; LIMA, A. M. N.; HAKAMADA, R. E.; BARROS, N. F. D. Impacto do manejo dos resíduos da colheita, do preparo do solo e da adubação na produtividade de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1081-1090, 2013.
- PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. D. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1591-1600, 2012.
- PEREIRA, B. L. S.; SOUZA, L. S.; SILVEIRA, F. G. F.; GOMES JUNIOR, F. A.; SANTOS, M. R.; GONÇALVES, Z. S. Atributos físicos do solo e sua influência na redistribuição da água em Latossolo Amarelo Distrocoeso. In: OLIVEIRA R. J. **Extensão Rural: práticas e**

- pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**, v.1, p. 100 - 112, 2021.
- PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; VOGELMANN, E. S.; FONTANELA; REICHERT, J. M. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em argissolo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 129 -138, jan./mar. 2013.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v. 27. p. 29 - 48, 2003.
- REICHERT, J. M.; ROSA, V. T.; VOGELMANN, E. S.; ROSA, D. P.; HORN, R.; REINERT, D. J.; SATTTLER, A.; DENARDIN, J. E. Conceptual framework for capacity and intensity physical soil properties affected by short and long-term (14 years) continuous no-tillage and controlled traffic. **Soil and Tillage Research**, v.158, p.123-136, maio, 2016.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo**. Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, 2006.
- RIBEIRO, M. D. D. S. B.; JORGE, L. A. B.; MISCHAN, M. M.; SANTOS, A. L. D.; BALLARIN, A. W. Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 31-45, Jan./Mar., 2017.
- ROCHA, S. P.; PREVEDELLO, J.; REINERT, D. J.; FLEIG, F. D.; VOGELMANN, E. S.; SOARES, J. C. W.; HEINZ, B. B. Propriedades físicas do solo e crescimento de eucalipto implantado em diferentes métodos de preparo do solo Soil physical properties and eucalyptus growth planted after different tillage methods. **Scientia. Forestales**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 965-977, dez. 2015.
- RODRIGUES, M. S.; SOUZA, C.; LIMA, D. D.; SILVA, S. D. P.; ALVES, D. C.; MACHADO, N. S. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida brasileira. **Ciencia del Suelo**, v.34, p.139-144, 2016.
- ROSA, S. F.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; FLEIG, F. D.; RODRIGUES, M. F.; GELAIN, N. S. Propriedades físicas e químicas de um argissolo sob cultivo de *Eucalyptus dunnii* Maiden na pampa gaúcha. **Ciência Florestal**, Santa Maria, vol. 28, n. 2, p. 580-590, 2018.
- SALES, F. C. V.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; GADELHA, F. H. DE L. Ajustes de modelos volumétricos para o clone *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* cultivados no Agreste de Pernambuco. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 4, p. 663-670, out./dez. 2015.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R. ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Revista e Ampliada, Brasília, DF: Embrapa, p. 356, 2018.
- SCHNEIDER, F.; DON, A.; HENNINGS, I.; SCHMITTMANN, O.; SEIDEL, S. J. The effect of deep tillage on crop yield—What do we really know?. **Soil and tillage research**, v. 174, p. 193-204, 2017.
- SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, D.J.; SILVA, V. R. Atributos físicos e rendimento

- de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados (Crop yield and physical attributes in two oxisols compacted and chiseled). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.58-64, jan./fev. 2009.
- SILVA, G. A.; CAMÊLO, D. L.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JUNIOR, V. S.; RIBEIRO-FILHO, M. R.; ARAÚJO FILHO, J. C. Pedogenesis on coastal tablelands area with low range altimetry in Paraíba State. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 458 -471, 2019.
- SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 659-667, 2010.
- SILVEIRA, F. G. F.; SOUZA, L. S.; PEREIRA, F. A. C.; OLIVEIRA, A. S.; SANTOS SILVA, F. T. Redistribuição da água e capacidade de campo em latossolo amarelo distrocoeso. **Magistra**, v. 26, n. 2, p. 221–230, 2014.
- SIQUEIRA, K. N.; SANTOS, R. F.; SANTOS, J. M.; SANTOS, J. H.; OLIVEIRA, Q. C.; FERREIRA, A. C. A. Resistência à penetração e estabilidade de agregados sob solos de mata nativa do cerrado, plantio convencional e pastagem. **Revista Tree Dimensional, ProFloresta**, Goiânia, v. 2 n. 4, p. 51, 2017.
- SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; PAIVA, A. Q.; RODRIGUES, A. C. V.; RIBEIRO, L. S. Distribuição do sistema radicular de citros em uma topossequência de solos de tabuleiro costeiro do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 503-513, mar./abr.2008.
- SUN, X.; DING, Z.; WANG, X.; HOU, H.; ZHOU, B.; YUE, Y.; ZHAO, M. Subsoiling practices change root distribution and increase post-anthesis dry matter accumulation and yield in summer maize. **Plos one**, v. 12, n. 4, 2017.
- TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 573 p. 2017.
- TEIXEIRA, W. G.; BHERING, S. B. Retenção de água no solo pelos métodos da mesa de tensão e da Câmara de Richards. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 33 - 46 p. 2017.
- THEODORO, G. F.; GOLIN, H. O.; REZENDE, R. P.; ABREU, V. L. S.; SILVA, M. S. Influência de sistemas de preparo na manutenção da palhada e resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 25-30, abr./jun. 2018.
- TORRES, L.R.T.; ANGELOTTI NETTO, A.; SOUZA, Z.M.; ASSIS, L.R. Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa. **Magistra**, v.27, n.3-4, p. 315-325, 2015.
- VECHI, A.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 3, n., p. 495-507, Jan./Jun, 2018.

- VIANA, J. H.; TEIXEIRA, W. G.; M.; DONAGEMMA, G. K. Densidade de partículas. In: Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, p. 76–81, 2017.
- VIEIRA, J.M.; ROMERO, R.E.; FERREIRA, T.O.; ASSIS JÚNIOR, R.N. Contribuição de material amorfo na gênese de horizontes coesos em Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 623-632, out./dez. 2012.
- VITTI, A. C.; MARIA, I. C.; FONTES, J. L.; BORTOLETTI, J. O.; DRUGOWICH, M. I.; ROSSETTO, R. **Boletim de recomendações gerais para conservação do solo na cultura da cana-de-açúcar**. 2016. 85p.
- VOGEL, G. F.; FEY, R.. Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 21-26, 2016.
- ZOU, C.; SANDS, R.; BUCHAN, G.; HUDSON, I. Least limiting water range: A potential indicator of physical quality of forest soils. **Australian Journal of Soil Research**. v. 38, n.5, p.947-958, 2000.