



OLIVIA LAMOUNIER FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA SUBSOLAGEM DURANTE O
CICLO DO EUCALIPTO**

**LAVRAS – MG
2019**

OLIVIA LAMOUNIER FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA SUBSOLAGEM DURANTE O CICLO DO
EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do curso de Engenharia Florestal, para
a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior
Orientador
Dra. Maria Luiza de Carvalho Andrade
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2019**

OLIVIA LAMOUNIER FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA SUBSOLAGEM DURANTE O CICLO DO
EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do curso de Engenharia Florestal, para
a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 13 de novembro de 2019.
Dr. Moacir de Souza Dias Junior - UFLA
Dra. Maria Luiza de Carvalho Andrade - UFLA
Dr. Diego Tassinari - UFLA

Prof. Dr. Moacir de Souza Dias Junior
Orientador
Dra. Maria Luiza de Carvalho Andrade
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2019**

Dedico à Maria Luiza

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora das Graças por me permitir viver este momento, foram muitas dificuldades enfrentadas para chegar até aqui, mas sob esta proteção aqui estou para dar graças a esta conquista.

À minha família: minha mãe Margarida que me deu todo o apoio financeiro nestes longos anos de estrada e que me mostra a cada dia que o amor de mãe é algo incondicional e não é coisa deste mundo. Meu pai Savinho de uma fé inabalável que sempre carinhoso me ajudou a levantar nos momentos de dificuldade. Meu irmão Lauro, que fez o possível e o impossível para que eu compreendesse que cada um tem o seu tempo e que todos se encontram quando seguem o caminho do amor.

Aos meus muitos amigos de Lavras, pessoas especiais que conheci nesta trajetória, onde dividimos muitos momentos bons, de esperança, de otimismo, de alegria para com o futuro. Mas em especial meus amigos de república Mateus e Diego, que dividiram comigo os melhores e também os piores momentos da faculdade. Vocês sabem o que é lealdade. Desejo que consigamos nosso lugar ao sol neste mundo profissional que não é brincadeira.

Ao meu amor Rafael, que sempre segurou a minha mão e disse: todos conseguem ter uma vida digna, a gente também vai conseguir. Obrigada pelo carinho e amor que tem por mim, você é um grande homem. Agradeço também ao meu sogro Luiz Gonzaga que nos deixou antes dessa conquista chegar, faz muita falta, mas tenho certeza que olha por nós.

Agradeço ao DCS, por me permitir ser parte de uma grande história de tanto sucesso. Ao laboratório de Física do Solo, onde aprendi a trabalhar com responsabilidade e disciplina. Aqui fiz amigos. Obrigada Zélio, Diego, Doroteo, Rafa. Agradeço a Dulce, por tanto amor para comigo, os chás servidos para me acalmar ficarão na memória por toda a vida. Agradeço ao Professor Moacir, por tanta compreensão diante das minhas dificuldades. Agradeço a Maria Luiza, por essa amizade que ultrapassa os muros da UFLA, cada palavra, cada incentivo, cada conselho, me faz lembrar de ficar firminha diante das tempestades.

A minha família Lamounier e minha família Nascimento, que sempre torceram por mim. Agradeço as minhas amigas de Barroso, que se fizeram presentes mesmo distantes. Em especial minha amiga Katriane que mesmo distante se faz presente em meu coração, essa conquista também é sua.

Enfim, agradeço a Universidade Federal de Lavras a oportunidade de cursar Engenharia Florestal com tanta qualidade. É só gratidão.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a durabilidade dos efeitos benéficos das operações de subsolagem em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), um Argissolo Amarelo (PA) e um Espodossolo Acinzentado (EAC), durante o ciclo do eucalipto, em diferentes horizontes, através dos Modelos de Capacidade de Suporte de Carga (MCSC). O estudo foi conduzido em áreas comerciais pertencentes à Suzano Papel e Celulose situadas no município de Teixeira de Freitas – BA, cultivadas com Eucalipto - *E. grandis* x *E. urophylla* nas idades de 1, 2, 4, 5, 6 e 8 anos. Para os MCSC, para cada classe de solo, coletaram-se 15 amostras indeformadas nos horizontes AB/BA e nos horizontes B, totalizando 90 amostras. Para avaliar a durabilidade do efeito da subsolagem, coletou-se 3 amostras indeformadas nas diferentes idades e em diferentes horizontes, totalizando 150 amostras indeformadas para o LVA e PA e 60 amostras indeformadas para o EAC. Todas as amostras foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial. No LVA a perda dos efeitos benéficos da subsolagem ocorreu a partir do primeiro ano para todos os horizontes, indicando ineficiência desta operação. Para o horizonte AB do PA, os efeitos benéficos da subsolagem persistiram por todo o ciclo do eucalipto e no horizonte BA até 5 anos. Nos horizontes Bt1 e Bt2 do PA, os efeitos benéficos da subsolagem foram duradouros até 5 anos; contudo, no horizonte Bt3, a perda do efeito da subsolagem foi observada a partir de 2 anos, indicando uma tendência de retorno à condição inicial nos horizontes subsuperficiais para o PA. Nos horizontes AB e BA do EAC, os efeitos benéficos da subsolagem duraram por todo o ciclo do eucalipto. O mesmo ocorreu nos horizontes Bts1 e Bts2, indicando que a operação de subsolagem foi eficiente em todos os horizontes do EAC.

Palavras-chave: Pressão pré-consolidação. Subsolagem. Modelo de capacidade de suporte de carga.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the durability of the beneficial effects of subsoiling operations on a Yellow Red Latosol (LVA), a Yellow Latosol (PA) and a Gray Spodosol (EAC), during the eucalyptus cycle, in different horizons. through Load Carrying Capacity Models (MCSC). The study was conducted in commercial areas belonging to Suzano Papel e Celulose located in Teixeira de Freitas - BA, cultivated with Eucalyptus - *E. grandis* x *E. urophylla* at the ages of 1, 2, 4, 5, 6 and 8 years. For obtaining the MCSC for each soil class, 15 undisturbed samples were collected in the AB/BA horizons and B horizons, totaling 90 samples. To assess the durability of the subsoiling effect, 3 undisturbed samples were collected at different ages and horizons, totaling 150 undisturbed samples for the LVA and the PA and 60 undisturbed samples for the EAC. All samples were subjected to the uniaxial compression test. In the LVA the loss of beneficial effects of subsoiling occurred from 1 year for all surface and subsurface horizons, indicating inefficiency of this operation. For the AB horizon in the PA, the beneficial effects of subsoiling lasted throughout the eucalyptus cycle and the BA horizon for up to 5 years. In the Bt1 and Bt2 horizons of the PA the beneficial effects of subsoiling lasted for up to 5 years, however in the Bt3 horizon the loss of subsoiling effect was observed after 2 years, indicating a structural rearrangement of the soil layers in the subsurface horizons for the PA. In AB an BA horizons of the EAC, the beneficial effects of subsoiling lasted throughout the eucalyptus cycle, as well as the Bts1 and Bts2 horizons, indicating that the subsoiling operation was fully efficient in the EAC.

Keywords: Pre-consolidation pressure. Subsoiling. Load bearing capacity model.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1	A cultura do Eucalipto.....	9
2.2	Compactação do solo.....	10
2.3	Subsolagem.....	12
3	OBJETIVO.....	13
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1	Área experimental.....	14
4.2	Classes de solo e idades do eucalipto.....	14
4.3	Preparo do solo.....	14
4.4	Amostragem.....	14
4.4.1	Modelos de capacidade de suporte de carga.....	14
4.4.2	Durabilidade da subsolagem.....	15
4.5	Análises de laboratório.....	15
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
6	CONCLUSÕES.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é responsável por 6,2% do PIB industrial do país e abrange 7,84 milhões de hectares em áreas de florestas plantadas, sendo o gênero *Eucalyptus* o de maior relevância com 5,7 milhões de hectares. A alta produtividade deste gênero deve-se à condições favoráveis de clima e solo e investimentos em tecnologias no manejo florestal (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2017).

O segmento de papel e celulose concentra 34% da área total de florestas plantadas. O Brasil é segundo maior produtor mundial de celulose, sendo que em 2016 a produção foi de 18,8 milhões de toneladas, com 69% destinados à exportação. Na produção de papel, o Brasil é o oitavo maior produtor, com 10,3 milhões de toneladas, sendo 80% destinados ao consumo interno (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2017).

O ciclo do eucalipto no Brasil para a produção de celulose e papel ocorre entre 6 e 8 anos, variando de acordo com as condições de solo e clima, adaptabilidade do clone utilizado com a região, melhoramento genético e tratos silviculturais adequados (BASSA; SILVA JUNIOR; SACON, 2007).

Na silvicultura, o preparo do solo é parte fundamental para o sucesso dos plantios. A mecanização do sistema produtivo do eucalipto proporciona maior produtividade, no entanto, o tráfego intenso das máquinas agrícolas, principalmente na colheita florestal, pode causar compactação do solo que é um processo limitante ao desenvolvimento das plantas.

A subsolagem tem o objetivo de romper as camadas do solo compactadas e adensadas e, nos cultivos de eucalipto ela é realizada na linha de plantio, podendo atingir profundidades de até 1 metro. No entanto, os agregados do solo podem rearranjar-se com o tempo, dependendo de fatores físicos, morfológicos e mineralógicos e, desta forma, o efeito benéfico da subsolagem pode não persistir durante todo o ciclo do eucalipto.

A pressão de pré-consolidação é uma propriedade do solo muito utilizada para estimar quantitativamente o risco de compactação do solo (ANDRADE et al., 2017; MARTINS et al., 2018; TASSINARI et al., 2015). O modelo de capacidade de suporte de carga do solo expressa a pressão de pré-consolidação em função da umidade ou do potencial matricial e pode ser utilizado para avaliar a compactação ou descompactação do solo (DIAS JUNIOR; MARTINS, 2017).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do Eucalipto

Atualmente, mais de 90% da madeira utilizada para fins produtivos é atribuído às florestas plantadas, que ocupam 1% do território brasileiro, totalizando uma área de 9,85 milhões de hectares. Muitos são os benefícios das florestas plantadas, dentre eles destacam-se: a diminuição da pressão sobre florestas nativas; o reaproveitamento de terras degradadas pela agricultura; o sequestro de carbono e a maior homogeneidade dos produtos (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2017; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2016).

Em 1966, o Programa de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento (PIFR) foi adotado no Brasil. Com este programa, o governo federal deduziu parte do imposto de renda de pessoas físicas e jurídicas que se propusessem a realizar as atividades de plantios florestais comerciais, resultando em mais de 5 milhões de hectares plantados. Desde então, a produtividade passou de $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na década de 60, podendo chegar à 40 a $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, dependendo das condições de sítio (FOELKEL, 2005). Aproximadamente 75% das áreas de florestas plantadas são destinadas ao eucalipto e estão localizadas, principalmente, nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%) (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2017).

O eucalipto pertence à família Myrtaceae e é nativo da Austrália, com exceção das espécies *E. urophylla* e *E. deglupta* que ocorrem em ilhas na Oceania. O nome eucalipto surgiu do Grego eu-, “bem”, mais kalipto, “cobrir”, devido à estrutura globular arredondada dos seus frutos, em que as sementes se apresentam como que protegidas por uma tampa em seus pequenos alojamentos (MORA; GARCIA, 2000). O eucalipto apresenta mais de 700 espécies que se adaptam facilmente a diversas condições de solo e clima (MORA; GARCIA, 2000), contudo, a ocorrência de pragas, doenças e estiagem podem influenciar na adaptação das espécies em uma determinada região (DEL QUIQUI; MARTINS; SHIMIZU, 2001).

O eucalipto tem sido preferencialmente utilizado no setor florestal devido ao seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões, e o alto potencial econômico, uma vez que; a planta pode ser aproveitada em sua totalidade em diversos setores, desde as folhas, que fornecem óleos para produtos de limpeza, alimentícios e perfumes; o tronco, que fomenta a indústria madeireira e siderúrgica e, principalmente, a fibra, que é utilizada como matéria-prima para a fabricação de papel e celulose. Os menores custos e

maiores taxas de retorno de investimento, bem como a média nacional de produção de madeira de $45,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em ciclos de corte de aproximadamente de sete anos, estimulam o cultivo do eucalipto, garantindo a competitividade de seus produtos nos mercados interno e externo (SANTA ROSA; PENTEADO JÚNIOR; GOULART, 2014).

O setor florestal contribui para a conservação da biodiversidade e de acordo com Gabriel et al. (2013) as empresas florestais, através do monitoramento, contribuem para o conhecimento da flora e fauna. Os autores observaram no sub-bosque do eucalipto o desenvolvimento de várias espécies arbóreo-arbustivas em 133 empresas florestais e que as plantações em mosaicos, intercalando florestas plantadas com remanescentes de florestas nativas favorecem a locomoção de inúmeras espécies de aves e mamíferos, sendo possível desta maneira conciliar produção e conservação.

A Certificação Florestal é utilizada para que se tenha uma maior sustentabilidade do setor. As florestas certificadas se comprometem a cumprir critérios ambientais, econômicos e sociais, obedecendo a padrões estabelecidos por empresas certificadoras. Segundo Paiva et al. (2015) a Certificação Florestal agrega valor à gestão operacional das empresas e acarreta benefícios tanto para o empreendedor, que torna seu produto mais competitivo no mercado, principalmente para exportação, como para a sociedade, com a contratação de mão de obra local, serviços, além de projetos sociais, ambientais e educacionais. Neste contexto, os investimentos em estudos e o emprego de metodologias que possibilitem aperfeiçoar a sustentabilidade do setor florestal são indispensáveis e muito demandados atualmente.

2.2 Compactação do solo

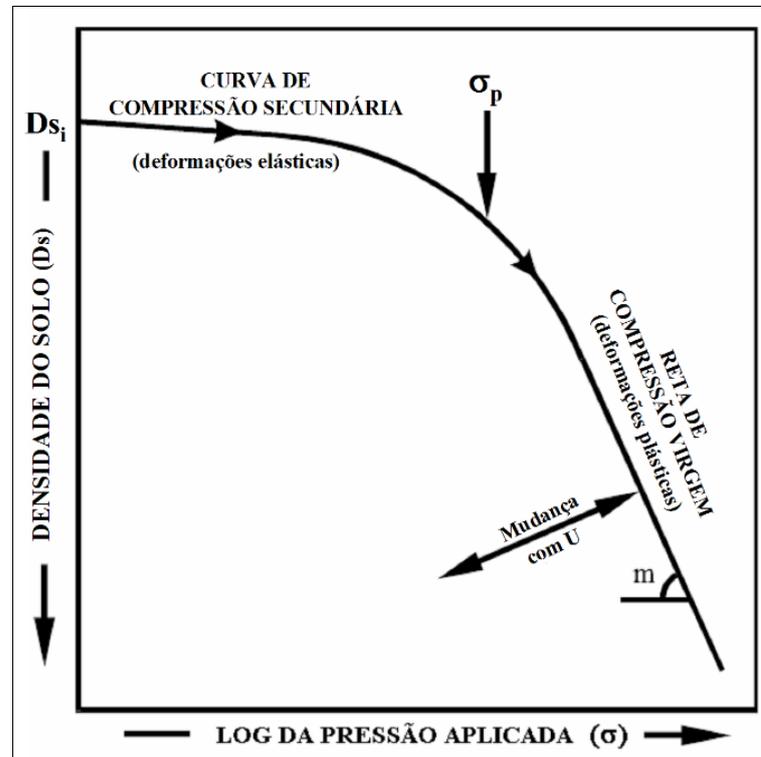
A compactação é o principal processo de degradação da estrutura do solo, e é resultado de um processo mecânico em que se tem uma diminuição do volume e o aumento da densidade, devido à expulsão do ar dos poros do solo, (MAGALHÃES et al., 2004).

O tráfego intenso das máquinas de colheita e baldeio florestal podem causar compactação do solo sendo, portanto, limitante à produção florestal. Além da diminuição do rendimento da cultura, a compactação do solo pode causar danos ambientais, expondo o solo à agentes erosivos, causando lixiviação, desestruturação e perda da capacidade de absorção de água, (IORI et al., 2014).

As curvas de compressão do solo (FIGURA 1), obtidas através do ensaio de compressão uniaxial (DIAS JUNIOR; MARTINS, 2017), permitem determinar a pressão de pré-consolidação. A pressão de pré-consolidação é utilizada para indicar o ponto de separação

entre a região de deformações elásticas (recuperáveis) e a região de deformações plásticas (irrecuperáveis) em solos que já sofreram pressões prévias (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996).

Figura 1 – Curva de Compressão do Solo



Fonte: Adaptado de Dias Junior, 1994

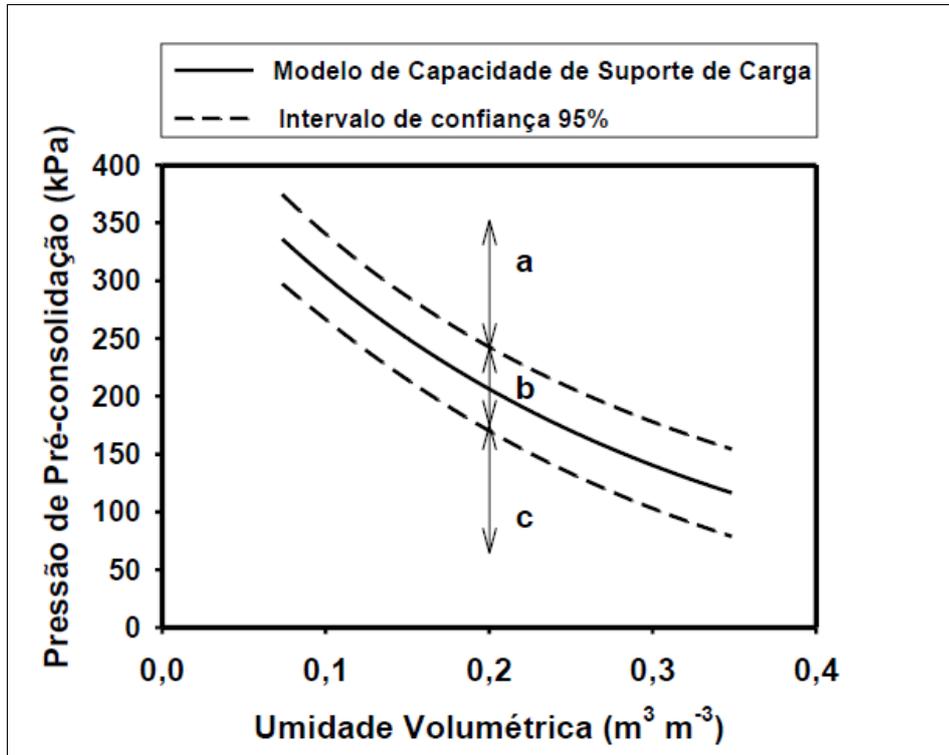
O modelo de capacidade de suporte de carga (MCSC) do solo proposto por Dias Junior e Pierce (1996), expressa a pressão de pré-consolidação (σ_p) em função das umidades (θ) simuladas em laboratório (1).

$$\sigma_p = 10^{(a+b \theta)} \quad (1)$$

Assim os MCSC indicam a máxima pressão que o solo pode suportar nas diferentes condições de umidade, sem sofrer compactação adicional. Este modelo pode, ainda, ser utilizado para avaliar a descompactação do solo, seja por processos físicos ou biológicos (SEVERIANO et al., 2010).

A partir dos MCSC, e utilizando os critérios propostos por Dias Junior et al. (2005) apresentados na Figura 2, pode-se determinar o potencial de descompactação do solo considerando-se as três regiões (DIAS JUNIOR et al., 2005).

Figura 2 – Modelos de Capacidade Suporte de Carga



Legenda: Região a: com compactação adicional; Região b: sem alteração estrutural; Região c: com descompactação do solo.

Fonte: Dias Junior et al. (2005).

Nas áreas de maior intensidade de mecanização, estas informações têm grande relevância, pois os MCSC conseguem prever a umidade em que o solo deverá ser trafegado sem sofrer compactação, contudo caso as medidas preventivas não sejam adotadas e ocorra a compactação adicional do solo, os MCSC podem, ainda, avaliar a eficácia das operações de descompactação.

2.3 Subsolagem

A subsolagem é recomendada para reduzir a resistência mecânica promovida por camadas compactadas ou adensadas (FERNANDES; SANTINATO; SANTINATO, 2012).

A redução da resistência mecânica do solo pela quebra dessas camadas propicia melhorias na aeração do solo, no armazenamento e infiltração da água no solo, estimulando a atividade biológica, favorecendo uma maior penetração das raízes e produtividade das culturas (VEIGA et al., 2006).

A operação de subsolagem estabeleceu-se no setor florestal; por promover maior desenvolvimento das plantas (DRUMOND et al., 2015), atingindo maiores produtividades, com reflexos no volume de madeira (GATTO et al., 2003).

Gatto et al. (2003) estudando diferentes formas de preparo do solo em plantações de eucalipto em áreas reformadas cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico, observaram uma maior produção de biomassa no tratamento utilizando subsoladores quando comparado ao cultivo mínimo utilizando o coveamento manual. Os autores atribuíram esta maior produção à melhoria nas propriedades físicas do solo, já que a subsolagem favoreceu a expansão radicular em profundidade, refletindo em maior diâmetro e altura comercial do eucalipto.

Os subsoladores são os principais implementos utilizados para o preparo do solo em cultivos de eucalipto, uma vez que; diminuem os efeitos negativos da compactação. No entanto, a operação de subsolagem possui um alto custo e é considerada a operação mais cara na implantação dos povoamentos florestais (SIMÕES et al., 2007). Segundo Gonçalves et al. (2016), é necessário que se identifique a adequação deste método de preparo ao tipo de solo, tempo de execução, umidade do solo, declividade do terreno e controle de qualidade da operação.

Apesar de a subsolagem ser amplamente usada para romper camadas subsuperficiais compactadas, essa prática tem sido muito questionada devido às incertezas da duração de seus efeitos benéficos. Os efeitos benéficos da subsolagem são, normalmente, temporários e de curta duração (BUSSCHER et al., 2002), podendo as propriedades físicas do solo retornarem a seus valores originais de dois a quatro anos após a subsolagem, dependendo do tipo de solo e das práticas culturais predominantes (BUSSCHER et al., 1995).

Segundo Sasaki (2005) o processo de re-adensamento do solo com teores variáveis de água pode ocorrer com o aumento da tensão entre as partículas quando o solo passa pelo processo de secagem, sendo assim, os ciclos de umedecimento e secagem podem ser responsáveis pela reestruturação do solo. A reestruturação do solo pode ocorrer ainda devido à contração e à expansão dos colóides do solo, a atividade macro e microbiológica e o teor de argila (SASAKI, 2005).

3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a durabilidade dos efeitos benéficos das operações de subsolagem em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), um Argissolo

Amarelo (PA) e um Espodossolo Acinzentado (EAC), durante o ciclo do eucalipto através dos modelos de capacidade de suporte de carga.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O estudo foi conduzido em áreas comerciais pertencentes à Suzano Papel e Celulose situadas no município de Teixeira de Freitas – BA, cultivadas com Eucalipto - *E. grandis* x *E. urophylla* nas idades de 1, 2, 4, 5, 6 e 8 anos.

4.2 Classes de solo e idades do eucalipto

Foram analisadas as seguintes classes de solo e idades do eucalipto, respectivamente:

- Latossolo Vermelho-amarelo (LVA): 1, 2, 4, 6 e 8 anos.
- Argissolo Amarelo (PA): 1, 2, 4, 5 e 6 anos.
- Espodossolo Acinzentado (EAC): 1, 2, 4, 6 e 8 anos.

A caracterização física desses solos nas diferentes idades do eucalipto encontra-se na Tabela 1.

4.3 Preparo do solo

O preparo do solo, após as operações de colheita florestal consistiu de: subsolagem à 60 cm de profundidade no Argissolo Amarelo e subsolagem à 80 cm de profundidade no Espodossolo Acinzentado e Latossolo Vermelho Amarelo. Durante as operações de subsolagem, todas as classes de solo foram submetidas à calagem e adubação.

4.4 Amostragem

4.4.1 Modelos de capacidade de suporte de carga

Para os modelos de capacidade de suporte de carga para cada classe de solo foram coletadas 15 amostras indeformadas na camada entre a base do horizonte AB e topo do horizonte BA (10 a 13 cm), e também no horizonte B (45 a 48 cm), antes das operações de

colheita florestal, totalizando 90 amostras indeformadas (15 amostras indeformadas x 3 classes de solo x 2 horizontes).

As amostras indeformadas foram coletadas utilizando um amostrador de Uhland com anel volumétrico de 6,40 cm de diâmetro interno por 2,54 cm de altura. Para preservar a estrutura e a umidade natural desde o momento da coleta até a realização das análises em laboratório, as amostras foram envoltas em filme plástico e parafinadas no campo.

4.4.2 Durabilidade da subsolagem

Após as operações de colheita florestal, as áreas foram submetidas às operações de subsolagem para a reforma do povoamento. Para avaliar a qualidade e a durabilidade da subsolagem em cada classe de solo, foram coletadas 3 amostras indeformadas nas diferentes idades do eucalipto, em diferentes horizontes. Nos horizontes AB (10 -13 cm), BA (30 - 33 cm), Bt1 (60 – 63 cm), Bt2 (70 – 73 cm), Bt3(77 – 80 cm) para o PA e nos horizontes AB (10 -13 cm), BA (30 - 33 cm), Bw1 (60 – 63 cm), Bw2 (70 – 73 cm) e Bw3 (77 – 80 cm) para o LVA, totalizando 150 amostras indeformadas (2 classes de solo x 5 horizontes x 5 idades x 3 amostras indeformadas). E nos horizontes AB (10 -13 cm), BA (30 - 33 cm), Bts1 (60 – 63 cm), Bts2 (70 – 73 cm) para o EAC, totalizando 60 amostras indeformadas (1 classe de solo x 4 horizontes x 5 idades x 3 amostras indeformadas).

As amostras indeformadas foram coletadas utilizando um amostrador de Uhland com anel volumétrico de 6,40 cm de diâmetro interno por 2,54 cm de altura. Para preservar a estrutura e a umidade natural desde o momento da coleta até a realização das análises em laboratório, as amostras foram envoltas em filme plástico e parafinadas no campo.

4.5 Análises de laboratório

Amostras deformadas provenientes do excesso de solo das partes superiores e inferiores dos anéis de amostragem foram submetidas às seguintes análises de caracterização física: textura (DONAGEMMA et al., 2017) e densidade de partículas (VIANA; TEIXEIRA; DONAGEMMA, 2017). Estes resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Densidade de partículas e textura solos LVA, PA e EAC em diferentes horizontes e idades de eucalipto.

Classe de Solo	Horizonte	Dp 1 ano	Dp 2 anos	Dp 4 anos	Dp 5/6 anos	Dp 6/8 anos	Argila	Areia	Silte
		Mg m ⁻³					g Kg ⁻¹		
LVA	AB	2,68 ¹	2,68 ¹	2,68 ¹	2,66 ¹	2,62 ¹	430 ¹	560 ¹	10 ¹
	BA	2,65	2,70	2,68	2,59	2,67	480	500	20
	Bw1	2,67	2,73	2,72	2,65	2,67	580	410	10
	Bw2	2,63	2,70	2,70	2,61	2,64	600	390	10
	Bw3	2,66	2,57	2,69	2,63	2,74	600	390	10
PA	AB	2,61	2,60	2,62	2,65	2,59	160	840	0
	BA	2,63	2,62	2,65	2,62	2,62	240	750	10
	Bt1	2,65	2,60	2,65	2,64	2,63	320	650	30
	Bt2	2,62	2,64	2,63	2,64	2,61	400	560	40
	Bt3	2,65	2,59	2,63	2,60	2,59	400	550	50
EAC	AB	2,52	2,63	2,63	2,91	2,63	110	890	0
	BA	2,61	2,62	2,62	2,69	2,61	140	840	20
	Bts1	2,55	2,58	2,61	2,63	2,68	210	760	30
	Bts2	2,55	2,57	2,51	2,69	2,59	250	720	30

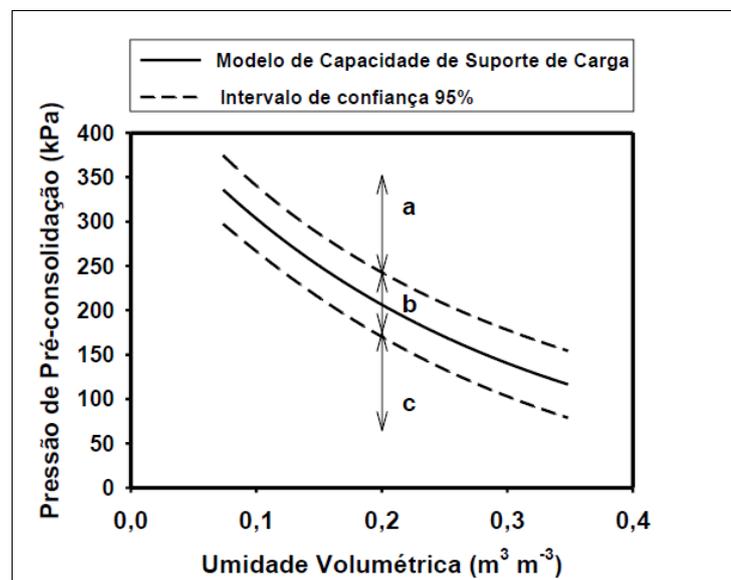
1: Média de três repetições

Fonte: Do autor (2019)

Para obter os MCSC, as amostras indeformadas foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial (DIAS JUNIOR; MARTINS, 2017) nos consolidômetros da marca Durham GeoSlope® modelo S-450 Terraload, com aplicação das pressões através de ar comprimido. As pressões aplicadas às amostras foram: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 kPa. Após a realização dos ensaios de compressão uniaxial, as pressões de pré-consolidação foram obtidas nas curvas de compressão do solo, de acordo com Dias Junior e Pierce (1995), e ajustadas em função das umidades volumétricas controladas em laboratório, obtendo-se os MCSC.

Para avaliar o efeito da subsolagem ao longo do ciclo do eucalipto, as amostras indeformadas foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial, como descrito anteriormente e as pressões de pré-consolidação foram representadas nos seus respectivos MCSC com as umidades de campo, utilizando os critérios descritos em Dias Junior et al.(2005).

Figura 3 – Modelo de Capacidade de Suporte de Carga



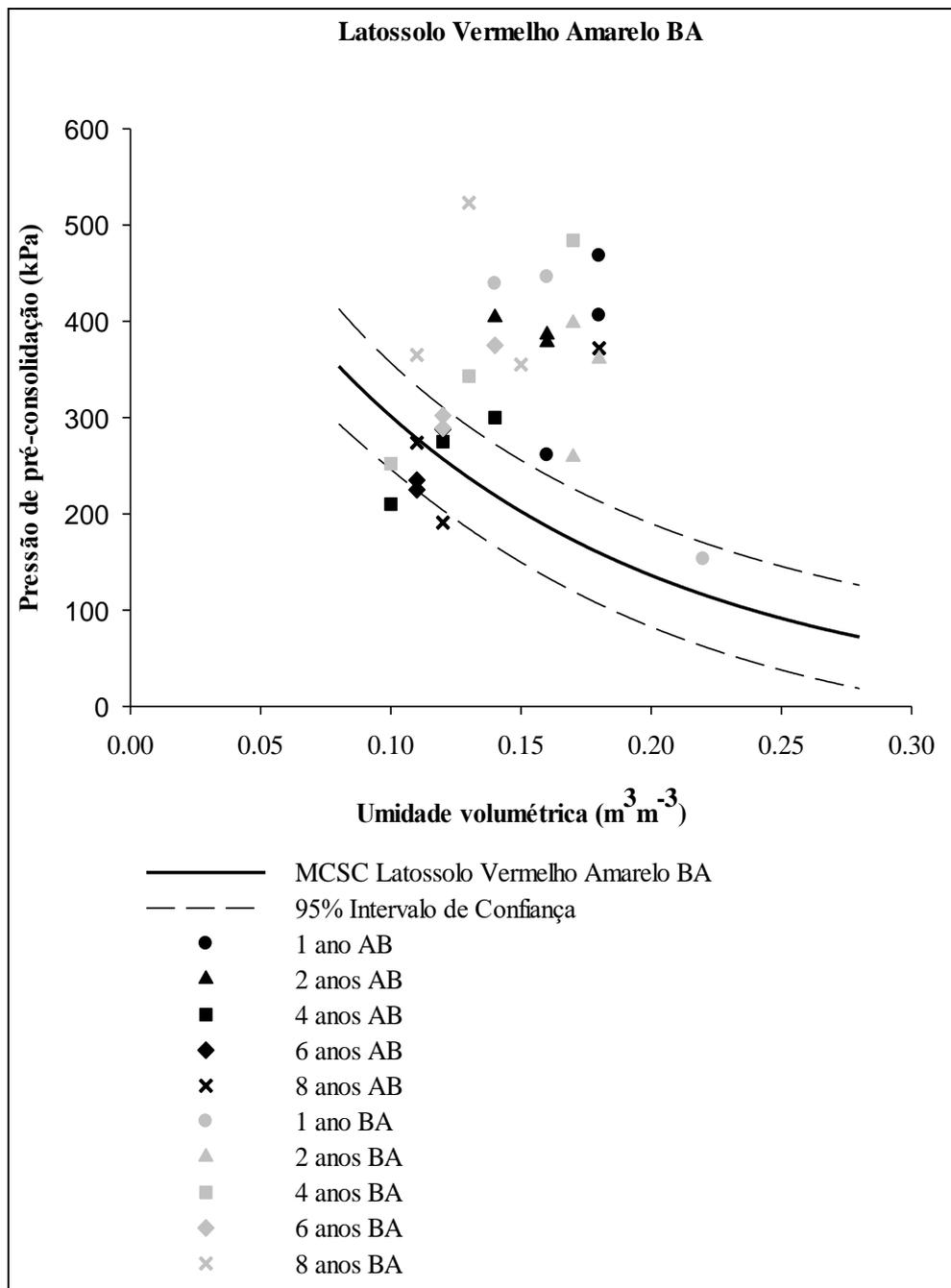
Legenda: Região a: perda dos efeitos da subsolagem; Região b: evidencia os efeitos da subsolagem, no entanto, com tendência a reestruturação do solo; Região c: evidencia os efeitos da subsolagem (DIAS JUNIOR et al.,2005; SEVERIANO et al., 2010).

Fonte: Dias Junior et al. (2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os horizontes AB e BA do LVA, a perda dos efeitos benéficos da subsolagem ocorre a partir de 1 ano (FIGURA 4, TABELA 2). Isso se deve, provavelmente, à ineficiência da operação de subsolagem, que pode ter ocorrido em condições inadequadas de umidade e, solos com teores elevados de água não são mobilizados adequadamente (SASAKI, 2005). Beltrame (1983), avaliando o desempenho operacional de três subsoladores em um Latossolo Vermelho de textura argilosa, observou que a subsolagem foi mais eficiente quando executada em teores de água abaixo da faixa de plasticidade.

Figura 4 – MCSC do Latossolo Vermelho Amarelo no horizonte BA.



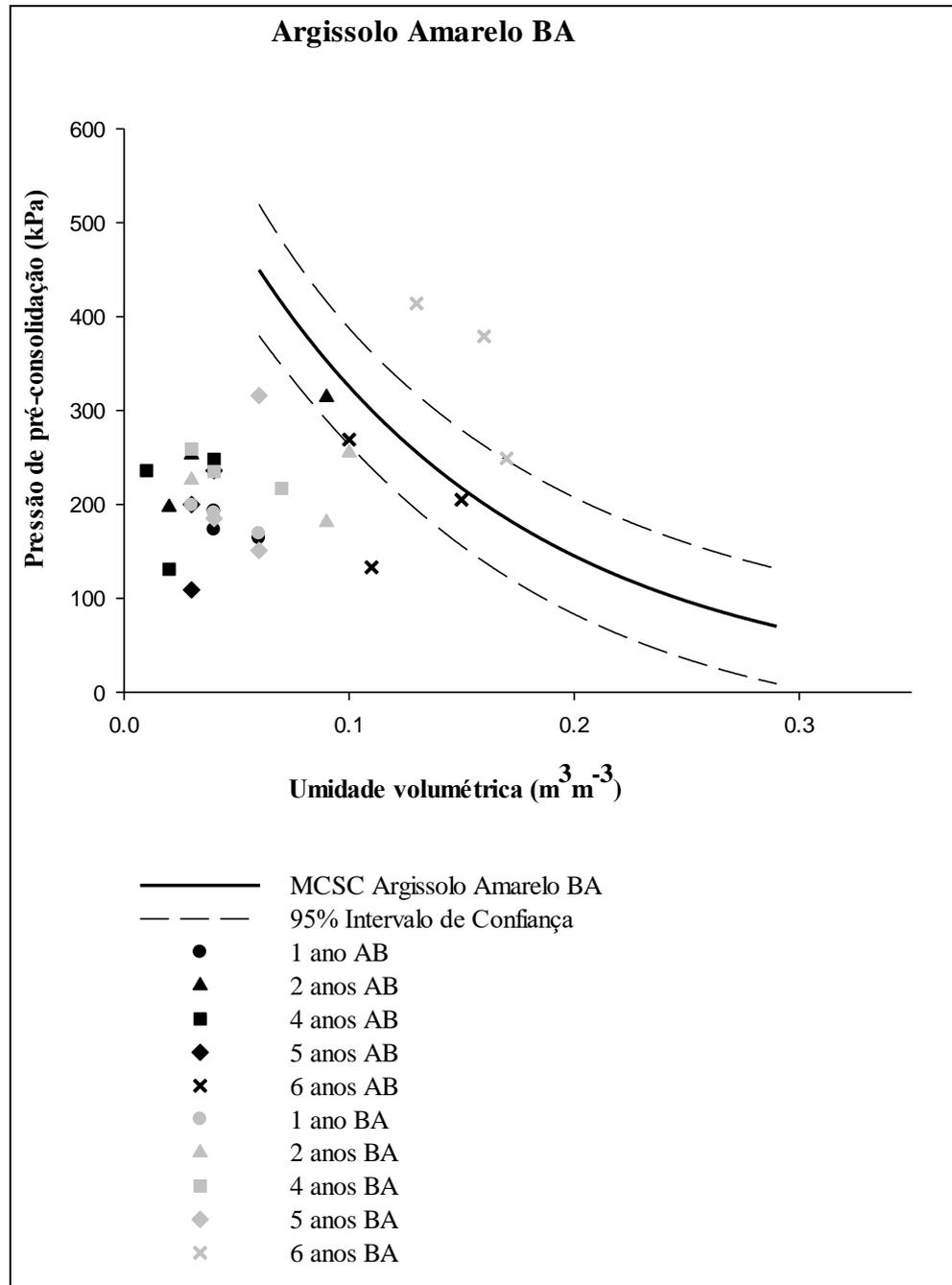
Fonte: Do autor (2019)

Nota-se na Figura 4 que as amostras de solo referentes ao efeito da subsolagem nas diferentes idades do eucalipto do LVA estão, em sua maioria, com umidade superior a $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e, em condições de alta umidade, existe o risco de compactação do solo com o tráfego do trator do próprio subsolador (SASAKI, 2005). É importante ressaltar que além da subsolagem ter sido pouco eficiente, o LVA apresentou uma tendência natural de recuperação de sua estrutura, já que todas as amostras de um ano encontram-se acima do limite superior do intervalo de confiança.

A amostragem foi realizada em vários talhões em diferentes idades para o mesmo solo, neste caso o LVA; pode ter ocorrido que nos talhões de 6 e 8 anos do horizonte AB e 6 anos do horizonte BA, a subsolagem tenha sido feita de forma mais adequada, respeitando-se a umidade e por isso essas amostras se encontram na região b, onde ainda existe os efeitos da subsolagem no entanto, com tendência a reestruturação. Outra hipótese é que nos anos iniciais dos cultivos florestais utiliza-se mais maquinário para adubações de cobertura, combate a plantas daninhas, aplicação de fungicidas, entre outros, o que pode causar compactação. Com a diminuição dos tratos silviculturais devido ao crescimento do plantio, a compactação pode ter sido naturalmente aliviada nos anos próximos a colheita.

Para o horizonte AB do PA, os efeitos benéficos da subsolagem duraram por todo o ciclo do eucalipto, e no horizonte BA, até 5 anos (FIGURA 5, TABELA 2). Esses resultados indicam que a operação de subsolagem foi eficiente e duradoura, nos horizontes superficiais, principalmente, no horizonte AB que possui os maiores teores de areia (TABELA 1).

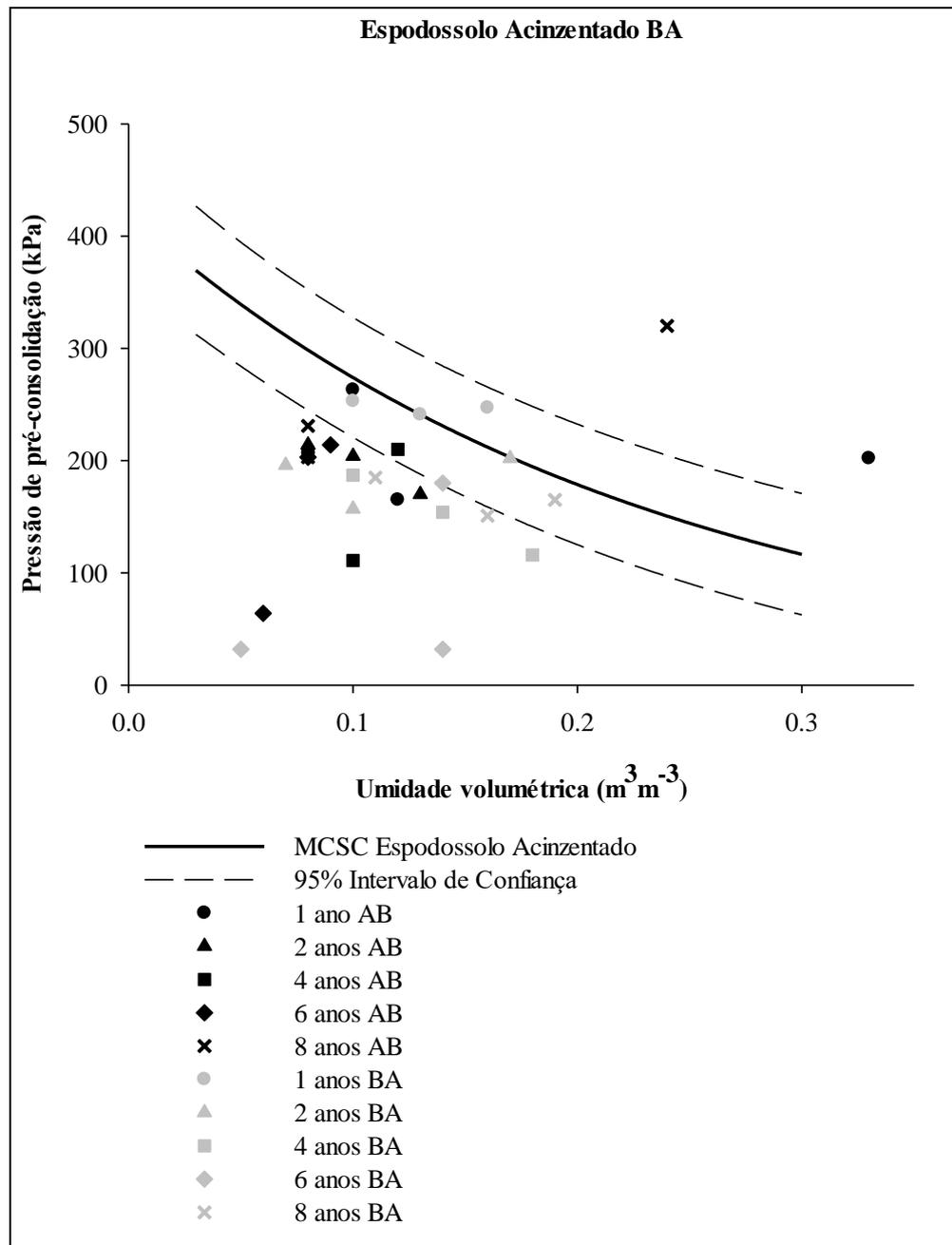
Figura 5 – MCSC do Argissolo Amarelo no horizonte BA.



Fonte: Do autor (2019)

Para os horizontes AB e BA do EAC, os efeitos benéficos da subsolagem duraram em todo o ciclo do eucalipto (FIGURA 6, TABELA 2). Esses resultados indicam que a operação de subsolagem foi eficiente e duradoura nos horizontes superficiais e, podem estar relacionados ao elevado teor de areia no EAC (TABELA 1), uma vez que, solos de textura arenosa possuem menor força de coesão entre as partículas (BAVER et al., 1972), o que facilita a penetração e favorece a operação dos subsoladores.

Figura 6 – MCSC do Espodossolo Acinzentado no horizonte BA



Fonte: Do autor (2019)

Uma descompactação eficiente e duradoura, como a que ocorreu no EAC e no PA, é desejável para o adequado estabelecimento do eucalipto, pois permite uma maior exploração do sistema radicular, aumentando absorção de água e nutrientes, reduzindo assim, os efeitos negativos das estiagens (PREVEDELLO et al., 2013).

Tabela 2 - Porcentagem de amostras que representam a durabilidade dos efeitos benéficos da subsolagem durante o ciclo do eucalipto para diferentes classes de solos e horizontes.

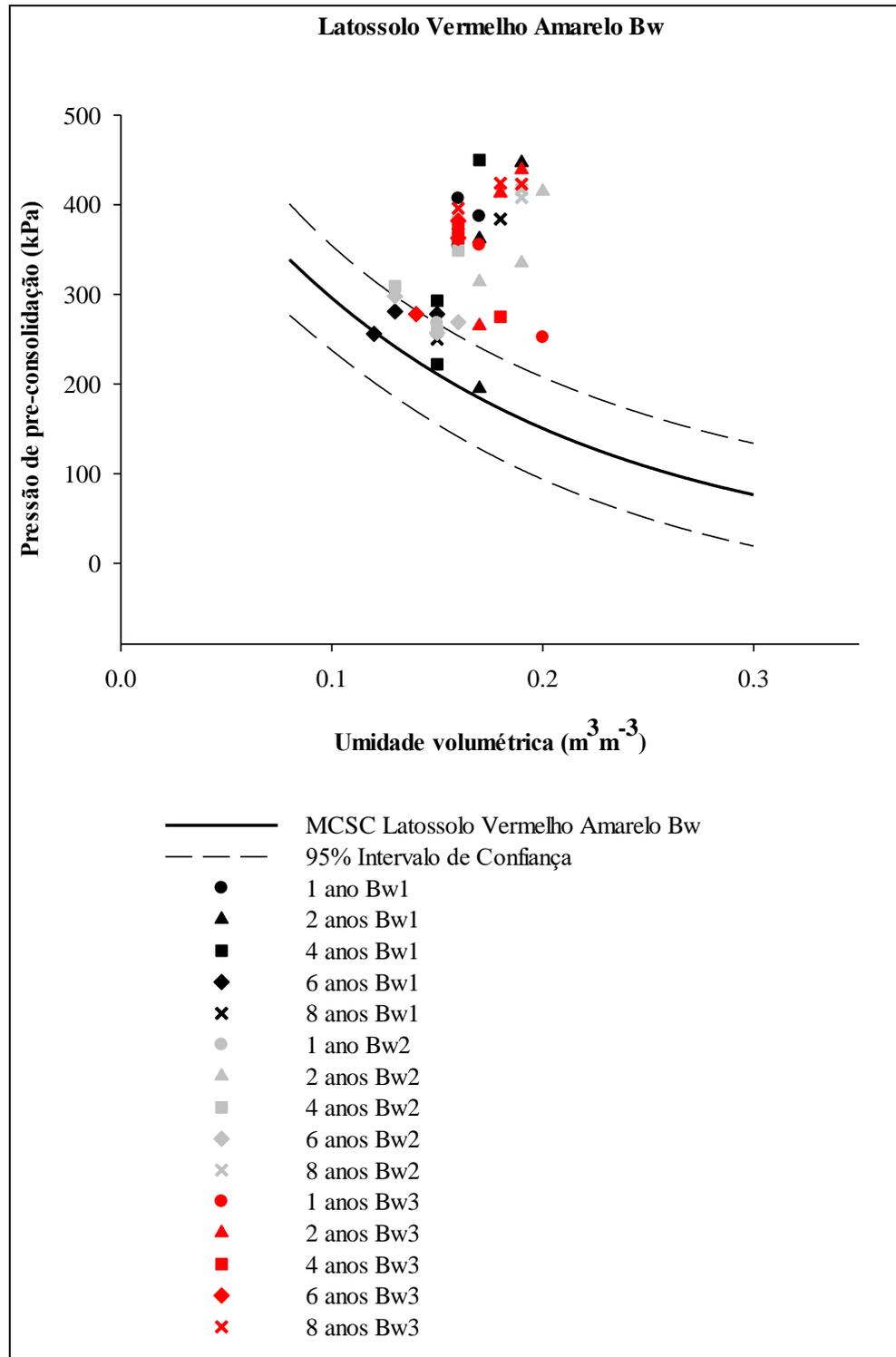
Classe de Solo	Idades do Eucalipto				
	1 ano	2 anos	4 anos	5/6 anos	6/8 anos
AB					
Argissolo Amarelo	100	100	100	100	100
Latossolo Vermelho Amarelo	0	0	67	100	67
Espodossolo Acinzentado	67	100	100	100	67
BA					
Argissolo Amarelo	100	100	100	100	0
Latossolo Vermelho Amarelo	33	0	33	67	0
Espodossolo Acinzentado	100	100	100	100	100
B1					
Argissolo Amarelo	100	100	67	100	0
Latossolo Vermelho Amarelo	33	33	33	67	33
Espodossolo Acinzentado	100	100	100	100	100
B2					
Argissolo Amarelo	100	100	67	100	0
Latossolo Vermelho Amarelo	100	0	0	0	0
Espodossolo Acinzentado	100	100	100	100	100
B3					
Argissolo Amarelo	100	67	33	67	0
Latossolo Vermelho Amarelo	0	0	0	33	0

Fonte: Do autor (2019).

Observou-se que nos horizontes Bw1, Bw2 e Bw3 do LVA, os efeitos benéficos da subsolagem não ocorreram, as amostras já a partir de 1 ano se encontram na região a (FIGURA 7, TABELA 2). Isso se deve, provavelmente, a ineficiência da operação de subsolagem, que pode ter ocorrido em condições inadequadas de umidade, além da textura do solo que é argilosa. Sasaki e Gonçalves (2005) estudando o desempenho operacional de um subsolador observaram menor rendimento nas áreas de Latossolo argiloso e muito argiloso com elevados teores de água quando comparados ao Latossolo de textura média.

Nota-se na Figura 7 que as amostras de solo referentes ao efeito da subsolagem nas diferentes idades do eucalipto do LVA estão, em sua maioria, com umidade superior a $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e, solos com elevados teores de água exigem menor potência para tracionar o subsolador, contudo, apresentam menor mobilização (CASSEL, 1979).

Figura 7 – MCSC do Latossolo Vermelho Amarelo no horizonte Bw.



Fonte: Do autor (2019)

Os valores de pressão de pré-consolidação do LVA (FIGURA 7) encontram-se acima do intervalo de confiança da população superior, indicando alta resistência mecânica devido ao adensamento do solo. O adensamento excessivo diminui a infiltração e redistribuição de

água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular, acarretando em um decréscimo da produção (BICKI e SIEMENS, 1991; RICHART et al., 2005; SOANE, 1990).

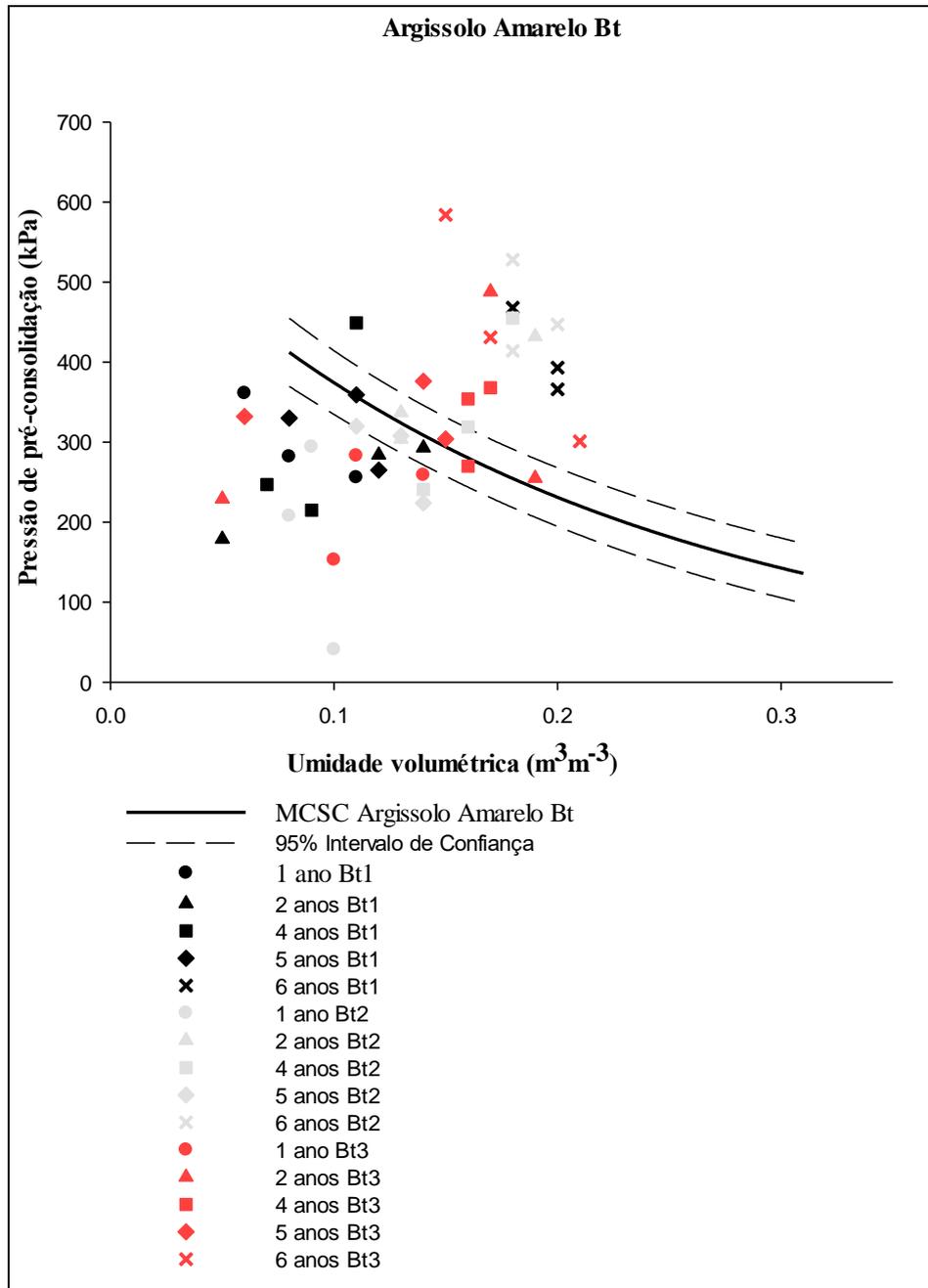
Observou-se que nos horizontes Bt1 e Bt2 do PA os efeitos benéficos da subsolagem foram duradouros até 5 anos, contudo no horizonte Bt3 a perda do efeito da subsolagem foi observada a partir de 2 anos (FIGURA 8, TABELA 2). Esses resultados indicam um rearranjo do solo nos horizontes subsuperficiais para o PA.

De acordo com Farias (2012), os Argissolos do Tabuleiro Costeiro possuem horizontes subsuperficiais coesos com alta resistência mecânica à penetração, que influencia na capacidade de infiltração e armazenamento de água, e no desenvolvimento do sistema radicular.

Segundo Gamero (2008) os valores de resistência do solo à penetração, para avaliar os efeitos benéficos da subsolagem, retornam a seus valores originais em cerca de 2 a 4 anos, dependendo do tipo de solo e das práticas culturais predominantes. Neste trabalho, avaliando a pressão de pré-consolidação dos horizontes subsuperficiais de um Argissolo Amarelo, a durabilidade dos efeitos benéficos da subsolagem variou de 2 a 5 anos. O rearranjo do solo é normalmente um processo demorado, contudo, agregados desestruturados por implementos de preparo de solo durante um período de tempo mais curto podem se rearranjar parcial ou totalmente (HORN; DEXTER, 1989).

No PA é possível observar que os horizontes mais arenosos não sofreram adensamento ao longo do tempo (FIGURA 5, TABELA 2), resultado muito adequado, já que os horizontes superficiais favoreceram o desenvolvimento radicular quando ocorre maior crescimento da cultura e também maior absorção de nutrientes, no início do ciclo. Já nos horizontes mais argilosos (FIGURA 8, TABELA 2) é possível observar a evolução do adensamento ao longo do tempo e a perda progressiva da subsolagem, principalmente a partir de quatro e cinco anos, o que não comprometeu a absorção de nutrientes, que é mais intensa nas idades iniciais, no entanto foi prejudicial para o desenvolvimento das raízes em profundidade, podendo causar tombamento.

Figura 8 – MCSC no Argissolo Amarelo no horizonte Bt



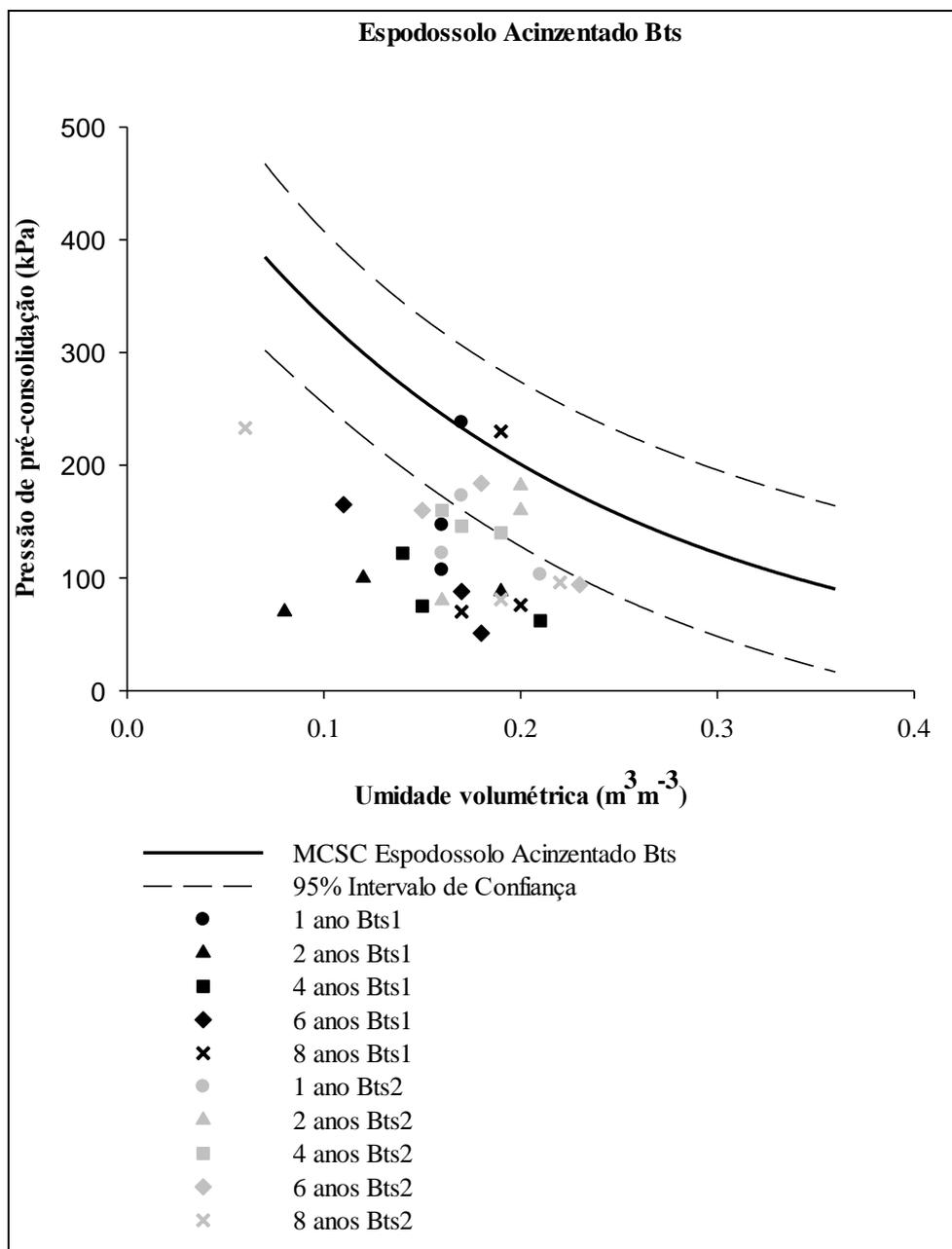
Fonte: Do autor (2019)

Nos horizontes Bts1 e Bts2 do EAC os efeitos benéficos da subsolagem foram duradouros durante todo o ciclo do eucalipto (FIGURA 9, TABELA 2). Esses resultados indicam que a operação de subsolagem foi totalmente eficiente nos horizontes subsuperficiais do EAC.

O EAC possui elevados teores de areia tanto nos horizontes superficiais como nos subsuperficiais e foi o solo que apresentou maior durabilidade dos efeitos benéficos da subsolagem. Sixel (2009) sugere que o preparo do solo em solos arenosos não precisa ser feito

a cada reforma florestal, e sim, a cada dois ciclos, caso não ocorra déficit hídrico ou alteração na estrutura do solo pelo tráfego de máquinas. Solos arenosos estão menos sujeitos ao re-adensamento pelo aumento da tensão entre as partículas durante a secagem, contração e expansão dos colóides do solo e atividade macro e micro biológica que promovem a reestruturação do solo após a subsolagem, diferentemente de solos argilosos. Informações sobre a durabilidade da subsolagem em áreas de eucalipto são muito relevante já que são operações de alto custo e é considerada a operação mais cara na implantação dos povoamentos florestais (SIMÕES et al.,2007).

Figura 9 – MCSC do Espodossolo Acinzentado no horizonte Bt.



Fonte: Do autor (2019).

6 CONCLUSÕES

No LVA a subsolagem foi pouco eficiente nos horizontes superficiais e subsuperficiais, indicando ineficiência nas operações de subsolagem.

No PA o efeito da subsolagem foi mais duradouro nos horizontes superficiais enquanto que nos horizontes subsuperficiais a subsolagem teve durabilidade inferior ao ciclo do eucalipto de 6 anos, indicando rearranjo da estrutura nos horizontes subsuperficiais.

Já para o EAC o efeito da subsolagem foi duradouro tanto nos horizontes superficiais quanto nos subsuperficiais, permanecendo durante todo o ciclo do eucalipto, indicando que a subsolagem foi eficiente e duradoura.

Os efeitos da subsolagem mantiveram-se, em geral, por todo o ciclo nos solos e horizontes de textura mais arenosa. Nos horizontes argilosos, a subsolagem foi ineficiente, ou quando eficiente, não durou por todo o ciclo do eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M. L. de C. et al. Soil compaction caused by harvest and logging operations in eucalyptus forests in coarse-textured soils from northeastern Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 2, p.191-200, abr. 2017.
- BASSA, A. G. M. C.; SILVA JUNIOR, F. G.; SACON, V. M. Mistura de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do processo Lo-Solids®. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, n.75, p.19-29, set. 2007.
- BAVER, L. D. et al. **Soil physics**. 4. ed. New York: Wiley, 1972.
- BELTRAME, L.F.S. Avaliação de desempenho de três subsoladores em latossolo vermelho-escuro. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 7, n. 1, p. 37-52, 1983.
- BICKI, T. J.; SIEMENS, J. C. Crop response to wheel trapnc soil compaction. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**. St. Joseph, v. 34, n. 3, p. 909-913, jul./aug.1991.
- BUSSCHER, W.J. et al. Residual effects of slit tillage and subsoiling in a hardpan soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 35, p. 115-123, 1995.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; FREDERICK, J.R. Recomposition of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 68, p. 49-57, 2002.
- CASSEL, D.K. Subsoiling. **Crops and soils magazine**, Madison, v. 32, p.7-10, 1979.
- DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* para o Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, p.1173-1177, 2001.
- DIAS JUNIOR, M. de S. **Compression of threesoils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 f. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - Michigan State University, East Lansing, 1994.
- DIAS JUNIOR, M. de S.; PIERCE, F. J. Revisão de literatura: o processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 175-182, 1996.
- DIAS JUNIOR, M de S.; PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. **Soil technology**, v. 8, n. 2, p. 139-151, 1995.
- DIAS JUNIOR, M. de S.; LEITE, F.P.; LASMAR JÚNIOR, E.; ARAÚJO JUNIOR, C.F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.3, p.248-255, 2005.

DIAS JUNIOR, M. S.; MARTINS, P. C. C. . Ensaio de Compressão Uniaxial e Modelos de Capacidade de Suporte de Carga do Solo.. In: Paulo César Teixeira; Guilherme Kangussu Donagemma; Ademir Fontana; Wenceslau Geraldes Teixeira. (Org.). Manual de Métodos de análise de Solo. 3ed.Brasília - DF: EMBRAPA, 2017, v. , p. 152-171.

Donagemma, G.K., Viana, J.H.M., Almeida, B.G. de, Ruiz, H.A., Klein, V.A., Dechen, S.C.F., Fernandes, R.B.A., 2017. Análise granulométrica, in: Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. (Eds.), Manual de Métodos de Análise de Solo. Embrapa, Brasília, DF, pp. 95–116.

DRUMOND, M. A. et al. Influência do preparo de solo no crescimento de híbridos de *Eucalyptus* na chapada do Araripe, Pernambuco. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

FARIAS, I. L. **Comportamento mecânico e hídrico de um argissolo amarelo de tabuleiros costeiros cultivado com cana-de-açúcar**. 2012. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2012.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, R. Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para produção de café cultivado no cerrado mineiro. **Enciclopédia Bioesfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1648, 2012.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão agrícola**. Piracicaba, v. 4, p. 66-69, julho 2005. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-florestas-plantadas03.pdf>>. Acesso em: 30 nov 2017.

GABRIEL, V. A. et al. A importância das plantações eucalipto na conservação da biodiversidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 203-213, abr./jun. 2013.

GAMERO, A. C. **Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral (“Paraplow”), em função de diferentes velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho**. 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

GATTO, A. et al. 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, 2003.

GONÇALVES, S. B. et al. Efeito da profundidade de trabalho na qualidade da operação de subsolagem para implantação florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.40, n.1, p.29-37, 2016.

HORN, R.; DEXTER, A. R. Dynamics of soil aggregation in an irrigated desert loess. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 253-266, abr. 1989.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2017**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2017.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. v. 31, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2016_v31.pdf>. Acesso em 29 nov. 2018.

IORI, P. et al. Seasonal change of soil precompression stress in coffee plantation under sub-humid tropical condition. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 145-154, may. 2014.

MAGALHÃES, R. P.; MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C. Estudo da espacialidade do índice de cone em função do local amostrado em uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 1., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. p. 1-7.

MARTINS, P. C. C. et al. Soil compaction during harvest operations in five tropical soils with different textures under eucalyptus forests. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 42, n. 1, p. 58-68, jan. 2018.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

PAIVA, S. N. de. et al. A certificação florestal pelo FSC®: um estudo de caso. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 213-222, abr. / jun. 2015.

PREVEDELLO, J. et al. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em Argissolo. **Ciência Florestal**, v. 23, n.1, p. 129-138, 2013.

RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n.3, p.321-344, 2005.

SANTA ROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. **Cultivo de eucaliptos em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. EMBRAPA, Brasília, 2014.

SASAKI, C. M. **Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos**. 2005. 95p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

SASAKI, C. M.; GONÇALVES, J. L. M. Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.69, p.115-124, dez. 2005.

SEVERIANO, E. C. et al. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.39-45, 2010.

SIMÕES, D. FENNER, P. T.; MARCELINO, F. A.; MAHL, D.; SILVA, J. R. Desempenho do conjunto trator de pneus e subsolador adubador no preparo do solo para o plantio de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: CONBEA, 2007. 1 CD-ROM.

SIXEL, R. M. M. **Produção de florestas com qualidade**: Preparo do solo. 2009. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/preparodesolo.asp>> Acesso em: 03 dez. 2018.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v. 16, n. 1-2, p. 179-201, apr. 1990.

TASSINARI, D. et al. Short term changes on soil physical quality after different pasture renovation methods on a clayey oxidic Red Latosol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p.485-491, 2015.

VEIGA, M. da. et al. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v.92, p.104-113, 2006.

Viana, J.H.M., Teixeira, W.G., Donagemma, G.K., 2017. Densidade de partículas, in: Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. (Eds.), **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Embrapa, Brasília, DF, pp. 76–81.