

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

REGENERAÇÃO
E VIGOR DE BROTAÇÕES DE TOCOS DE *Eucalyptus* spp.
AFETADOS PELO PROCESSO DE EXTRAÇÃO FLORESTAL

DANUSIA SILVA LUZ

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
ABRIL – 2019

DANUSIA SILVA LUZ

**REGENERAÇÃO
E VIGOR DE BROTAÇÕES DE TOCOS DE *Eucalyptus* spp.
AFETADOS PELO PROCESSO DE EXTRAÇÃO FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. D. Sc. Luis Carlos de Freitas (UESB)

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
ABRIL – 2019

L994r Luz, Danusia Silva.

Regeneração e vigor de brotações de tocos de *Eucalyptus* SPP. Afetados pelo processo de extração florestal. / Danusia Silva Luz, 2020.

45f.

Orientador (a): D.Sc. Luis Carlos de Freitas.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referências. 40 - 45.

1. *Eucalyptus* – Vigor da brotações. 2. Rebrotas. 3. Máquinas florestais. 4. Colheita de madeira. I. Freitas, Luis Carlos de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD: 634.97342

DANUSIA SILVA LUZ

**REGENERAÇÃO
E VIGOR DE BROTAÇÕES DE TOCOS DE *Eucalyptus* spp.
AFETADOS PELO PROCESSO DE EXTRAÇÃO FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em:

Comissão examinadora:

Prof. Adalberto Brito de Novaes (D. Sc., Engenharia Florestal) – UESB

Prof. Elton da Silva Leite (D. Sc., Engenharia Agrícola) – UFRB

Prof. Luis Carlos de Freitas (D. Sc., Ciências Florestais) – UESB

Orientador

À minha família

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me dar forças nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Zeliene e Edivaldo, e aos irmãos Diana, Dimas, Darlis e Diego, pelo cuidado e amor incondicional.

Ao Adilton Sousa, pelo enorme carinho, paciência e palavras de incentivo e conforto.

Ao professor Luis Carlos de Freitas, a quem tenho imenso respeito e admiração, agradeço pela excelente orientação quanto à realização deste trabalho, bem como pela confiança concedida.

Ao professor Anselmo Eloy Silveira Viana, pelo apoio e sugestões para o desenvolvimento e enriquecimento desta pesquisa.

Ao professor Adalberto Brito de Novaes, pelo empréstimo dos aparelhos de medição.

Aos colegas Caio, Fabrício, Mariana e Theilon pelo apoio.

À empresa Ferbasa, pela concessão das áreas para implantação do projeto, pelo acolhimento e apoio durante o período de coleta de dados. Vocês foram fundamentais para esta realização pessoal e profissional.

À Ana Paula e Aline, companheiras de longas datas, a quem eu tenho imenso carinho, agradeço pela amizade, pelos momentos de descontração, consolo e incentivo.

À Fabrícia, pela amizade, carinho e socorro na correria do dia a dia.

Aos amigos de Iguai, que sempre me motivaram e que sempre que preciso me dão o apoio necessário, em especial à Juliana, Larissa, Patrícia e Yarlla.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo apoio para a realização deste trabalho.

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

O meu sincero agradecimento!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Toco escoriado (A) e esmagado (B) devido à baixa qualidade na atividade de colheita florestal.	12
Figura 2 – Dados de temperatura e precipitação média registrados durante os meses de julho a dezembro de 2018.	14
Figura 3 – Skidder da marca Caterpillar, modelo 555D.	15
Figura 4 – Caracterização da forma de passada do trator <i>skidder</i> de acordo com cada tratamento.	16
Figura 5 – <i>Skidder</i> carregado trafegando sobre a linha de plantio no processo de extração florestal.	17
Figura 6 – Representação esquemática do boxplot criado no software Rstudio.	18
Figura 7 – Dados de temperatura e precipitação média registrados durante os meses de setembro de 2018 a janeiro de 2019.	19
Figura 8 – <i>Forwarder</i> da marca Randon, modelo RK 614H.	20
Figura 9 – Caracterização da forma de passada do trator <i>forwarder</i> de acordo com cada tratamento.	21
Figura 10 – <i>Forwarder</i> carregado trafegando sobre a linha de plantio no processo de extração florestal.	22
Figura 11 – Representação esquemática da orientação para medição do diâmetro de copa.	22
Figura 12 – Representação esquemática do boxplot criado no software Rstudio.	23
Figura 13 – Percentual da capacidade de sobrevivência dos tocos em função dos tratamentos e do período de coleta de dados, para extração com o <i>skidder</i>	26
Figura 14 – Boxplot das observações obtidas para o número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB) e diâmetro dos brotos (DIAMB), aos 120 dias após o corte das árvores.	30
Figura 15 – Percentual da capacidade de sobrevivência dos tocos em função dos tratamentos e do período de coleta de dados.	32
Figura 16 – Boxplot das observações obtidas para o número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), número de inserção de galhos no broto de maior altura (INSG) e diâmetro de copa (DIAMC), aos 90 dias após o corte das árvores.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de tocos que brotaram em função dos tratamentos e período de coleta de dados.	25
Tabela 2 – Percentual de tocos danificados em função dos tratamentos.	27
Tabela 3 – Número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), aos 90 e 120 dias após o corte das árvores.	28
Tabela 4 – Coeficientes da correlação de Pearson entre número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB).	30
Tabela 5 – Número de tocos que brotaram em função dos tratamentos e período de coleta de dados, para o experimento com o <i>forwarder</i>	31
Tabela 6 – Percentual de tocos danificados em função dos tratamentos relacionados às formas e números de passadas do <i>forwarder</i> nas linhas de toco.	33
Tabela 7 – Número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), número de inserção de galhos no broto de maior altura (INSG) e diâmetro de copa (DIAMC) aos 60 e 90 dias após o corte das árvores.	34
Tabela 8 – Coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis: número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), inserção de galhos no broto de maior altura (INSG), diâmetro de copa (DIAMC).	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Extração florestal	3
2.2 Danos de tocos no processo de extração florestal	4
2.3 Regime de talhadia e capacidade de regeneração do eucalipto	4
2.4 Fatores que influenciam a capacidade de regeneração do eucalipto	7
2.5 Vigor das brotações	10
2.6 Controle de qualidade	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Experimento 1	14
3.1.1 Descrição da atividade de colheita florestal	15
3.1.2 Caracterização técnica do <i>skidder</i>	15
3.1.3 Processos avaliados e procedimentos estatísticos	16
3.2 Experimento 2	18
3.2.1 Descrição da atividade de colheita florestal	19
3.2.2 Caracterização técnica do <i>forwarder</i>	20
3.2.3 Processos avaliados e procedimentos estatísticos	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Experimento 1	25
4.1.1 Capacidade de regeneração	25
4.1.2 Vigor das brotações	28
4.2 Experimento 2	31
4.2.1 Capacidade de regeneração	31
4.2.2 Vigor das brotações	34
5 CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS	40

RESUMO

LUZ, Danusia Silva, M. Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, abril de 2019. **Regeneração e vigor de brotações de tocos de *Eucalyptus* spp. afetados pelo processo de extração florestal.** Orientador: Luis Carlos de Freitas.

O conhecimento sobre o vigor das brotações se torna pertinente para conduzir povoamentos em regime de talhadia com menores custos e maior rentabilidade. O objetivo deste trabalho foi analisar a regeneração dos tocos e o vigor das brotações de *Eucalyptus* spp. comprometidos pelos danos mecânicos provocados pela extração florestal com o uso dos maquinários *skidder* e *forwarder*. Avaliaram-se os impactos ocasionados pelo tráfego dos tratores florestais *skidder* e *forwarder* sobre os tocos de eucalipto, sendo adotados os seguintes tratamentos: no tratamento T1 foram avaliados tocos não impactados pelos rodados dos maquinários no processo de extração; no tratamento T2 foram avaliados tocos impactados pelo tráfego dos maquinários, com uma passada vazia sobre a linha de tocos; no tratamento T3 foram avaliados tocos impactados pelo tráfego dos maquinários, com duas passadas vazias sobre a linha de tocos; no tratamento T4 foram avaliados tocos impactados pelos maquinários, com uma passada vazia e uma carregada sobre a linha de tocos; no tratamento T5 foram avaliados os tocos impactados pelos maquinários, com uma passada carregada; no tratamento T6 foram avaliados tocos impactados pelos maquinários, com duas passadas carregadas sobre a linha de tocos. Foi considerado como vigor o número de brotos (NBR), a altura (ALTB) e o diâmetro (DIAMB) das brotações. Contudo, no experimento 2, considerou-se também o número de inserção de galhos no broto de maior altura (INSG) e o diâmetro de copa (DIAMC). Foram caracterizados como danos relacionados ao processo de extração o esmagamento e a escoriação dos tocos. A análise estatística foi realizada pelo teste t e correlação de Pearson. O teste t indicou que não houve diferença significativa entre o vigor das brotações, para os diferentes tipos de tratamentos, aos 120 dias após o corte das árvores com auxílio do trator *skidder*, a correlação de Pearson indicou relação positiva apenas entre as variáveis diâmetro dos brotos (DIAMB) e número de brotos (NBR). No experimento 2, os danos causados pelo trator *forwarder* não impediram a alta capacidade de rebrota dos tocos. O teste t indicou que houve diferença significativa entre as médias das alturas dos brotos

(ALTB) e entre as médias dos números de inserção de galhos (INSG). Os coeficientes de Pearson indicaram relação positiva entre as variáveis diâmetro de copa (DIAMC) e altura dos brotos (ALTB) e entre as variáveis número de inserção de galhos no broto de maior altura (INSG) e diâmetro dos brotos (DIAMB).

Palavras-chave: Rebrotas, máquinas florestais, colheita de madeira.

ABSTRACT

LUZ, Danusia Silva, M. Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, april, 2019. **Regeneration and vigor of *Eucalyptus* spp. affected by the forest extraction process.** Advisor: Luis Carlos de Freitas.

The knowledge about the vigor of the shoots becomes pertinent to conduct coppice regimes settlements with lower costs and greater profitability. The aim of this work was to analyze the regeneration of the stumps and the vigor of the shoots of *Eucalyptus* spp. compromised by mechanical damage caused by forest extraction with the use of skidder and forwarder machinery. The impacts caused by the traffic of the skidder and forwarder forest tractors on the eucalyptus stumps were evaluated, with the following treatments being adopted: in the T1 treatment, stumps not impacted by the machinery wheels in the extraction process were evaluated; in the T2 treatment, stumps impacted by machinery traffic were evaluated, with an empty pass over the stump line; in treatment T3, stumps impacted by machinery traffic were evaluated, with two empty passes over the stump line; in the T4 treatment, stumps impacted by machinery were evaluated, with an empty pass and one loaded over the stump line; in the T5 treatment, the stumps impacted by the machinery were evaluated, with a loaded pass; in the T6 treatment, stumps impacted by machinery were evaluated, with two passes loaded onto the stump line. The number of shoots (NBR), the height (ALTB) and the diameter (DIAMB) of the shoots were considered to be vigorous, however, in experiment 2, the number of branches insertion in the highest shoot (INSG) and the crown diameter (DIAMC). Crushing and excoriation of the stumps were characterized as damage related to the extraction process. Statistical analysis was performed using the t test and Pearson's correlation. The t test indicated that there was no significant difference between the vigor of the shoots, for the different types of treatments, at 120 days after cutting the trees with the aid of the skidder tractor, Pearson's correlation indicated a positive relationship only between the sprout diameter variables (DIAMB) and number of shoots (NBR). In experiment 2, the damage caused by the forwarder tractor did not prevent the high capacity of regrowth of the stumps. The t test indicated that there was a significant difference between the mean height of the shoots (ALTB) and between the mean number of branch insertion numbers (INSG). Pearson's coefficients indicated a

positive relationship between the canopy diameter (DIAMC) and shoot height (ALTB) variables and between the insertion of the number of branches (INSG) and the diameter of the shoots (DIAMB) variables.

Keywords: Regrowth, forest machines, harvesting wood.

1 INTRODUÇÃO

A busca pela otimização das atividades inerentes à colheita florestal tem caminhado junto à crescente demanda pelo setor madeireiro, promovendo uma maior competitividade de mercado. Neste sentido, diversos modelos de maquinários e implementos começaram a ser desenvolvidos, de modo a aprimorar o processo produtivo, fazendo com que as empresas adotassem sistemas mecanizados específicos para as suas condições de trabalho.

Com a adoção do uso de maquinários modernos, torna-se necessário o investimento em operadores capacitados a manusear sistemas complexos, de modo a acompanhar o avanço da produção e da demanda de produtos madeireiros. Jacovine et al. (2005) afirmam que, no Brasil, existem algumas empresas que adotam o sistema mecanizado sem uma avaliação e acompanhamento técnico eficientes; desta forma, as operações são caracterizadas pela baixa qualidade, com consequentes prejuízos para a produtividade dos plantios. Segundo Freitas et al. (2007), o uso do maquinário para fins florestais traz consigo impactos tanto nos recursos hídricos e edáficos, como para a fauna e flora.

O tráfego de veículos pesados, que fazem a extração através do arraste ou baldeio, somado à carga transportada, pode levar à redução da produtividade florestal, quando impacta diretamente os tocos remanescentes ou quando causa o adensamento do solo (FENNER, 2014). Com o trânsito de máquinas nos talhões, os tocos remanescentes sofrem diversos tipos de danos mecânicos, como esmagamentos e escoriações, que poderão influenciar diretamente no desenvolvimento das brotações ou mesmo a própria compactação do solo, que tende a reduzir o crescimento das raízes (LIRA FILHO, 1993), levando, consequentemente, à perda de produção madeireira.

Algumas empresas de base florestal e fomentadoras têm adotado a condução das florestas plantadas pelo regime de talhadia, justificada pelas vantagens associadas a esta prática. Segundo Gonçalves et al. (2014), o regime de talhadia passou a chamar mais atenção para o manejo economicamente sustentável, devido à contenção de despesas, sendo esta técnica, de acordo com Gonçalves et al. (2013), normalmente aplicada em sistemas florestais com ciclos de curta duração.

No Brasil, espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* têm sido utilizadas em larga escala por proporcionarem versatilidade, além de capacidade de regeneração após o corte das árvores. Esta característica se dá, principalmente, devido às reservas nutricionais presentes no sistema radicular remanescente (REIS e KIMMINS, 1986; TEIXEIRA et al., 2002; KABEYA e SAKAI, 2005; WALTERS et al., 2005), e às estruturas de reservas (REIS e REIS, 1997, WHITTOCK et al., 2003; OLIVEIRA, 2006), permitindo a possibilidade de condução das florestas plantadas por mais de um ciclo.

Apesar do manejo consolidado de condução de brotação, existe uma carência de estudos sobre a influência do processo de mecanização no desenvolvimento de tais brotações. Conhecer os efeitos desses impactos sobre a regeneração do eucalipto permite conduzir a uma melhor estratégia de planejamento, visando otimizar a qualidade e, conseqüentemente, a produtividade florestal. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a regeneração de tocos e o vigor de brotações de *Eucalyptus* spp. comprometidos pelos danos mecânicos no processo de extração florestal, pelo uso dos maquinários *skidder* e *forwarder*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Extração florestal

A extração florestal corresponde à retirada de madeira do interior do talhão até a margem da estrada ou pátio temporário (SIMÕES e FENNER, 2010), sendo a forma de movimentação da madeira feita através do arraste, sobre autocarregáveis ou totalmente suspensas no ar (SEIXAS e CASTRO, 2014).

Para Salmeron (1980), dependendo do equipamento utilizado, a extração pode receber diversos sinônimos, sendo mais utilizados os termos baldeio, quando o transporte é feito por veículos que possuem plataforma de carga (carretas, caminhões e *forwarders*) e arraste, quando são utilizados guinchos ou arrastadores mecânicos (*skidders*).

As empresas nacionais têm adotado a extração mecanizada através de “*skidders*” e “*forwarders*” (OLIVEIRA et al., 2006; MORAES, 2012), que começaram a ser desenvolvidos no país a partir da década de 70 (MACHADO et al., 2014). Apesar de haver uma limitação no uso pelos empreiteiros, por conta do alto custo aquisitivo, grandes empresas optam por estes tipos de maquinários devido à alta produtividade e eficiência operacional (MACHADO, 2008).

O trator florestal *skidder* foi projetado com a finalidade de extrair toras compridas através do arraste de feixes do interior do talhão até a margem da estrada (MACHADO et al., 2014). Alguns modelos são dotados de uma garra traseira, que é acionada pelo sistema hidráulico ou sistema de cabos de aço para que seja realizado o arraste de feixes de toras (LIMA e LEITE, 2014), sendo que existem três tipos básicos de *skidders*: com cabo, com garra e com pinças invertidas (SEIXAS e CASTRO, 2014).

O trator florestal *forwarder* é o mais utilizado para o sistema de toras curtas (LIMA e LEITE, 2014) e apresenta como uma de suas vantagens o alto rendimento operacional (LEITE et al., 2014). É uma máquina autocarregável, com rodados de esteiras ou pneus (MINETTI et al., 2004), composta por uma grua hidráulica e caçamba, com chassi articulado, o que permite a realização de manobras dentro do talhão (LIMA e LEITE, 2014). Segundo Leite et al. (2014), nos casos de terrenos

acidentados, este maquinário tende a reduzir os custos, regularizar o processo produtivo da madeira e proporcionar melhores condições de trabalho ao operador.

2.2 Danos de tocos no processo de extração florestal

A mecanização pode estar envolvida em todas as fases da cadeia produtiva da madeira, seja no preparo inicial do solo, na implantação da floresta, no corte, no traçamento, na extração ou no transporte das toras até o seu centro de consumo (LIMA e LEITE, 2014). No entanto, Pincelli et al. (2014) afirmam que o uso intensivo das máquinas pesadas implica em impactos ambientais bastante significativos.

O tráfego de maquinários no maciço florestal resulta em impactos relacionados aos danos às árvores remanescentes em casos de desbaste e consequentes prejuízos à rebrota dos tocos (SEIXAS, 1997; FERNANDES e SOUZA, 2003; LOPES, 2003; PINCELLI et al., 2014); pode-se afirmar ainda que a intensidade de passadas aumenta as chances de atropelamento dos tocos, o que influencia o desenvolvimento das futuras brotações e provoca a baixa produtividade do sítio (LIMA e LEITE, 2014), ou seja, diminui a produção de madeira (FENNER, 2014). Conforme Lira Filho (1993), o intenso tráfego dos maquinários dentro dos talhões danifica a vegetação, causando esmagamento e perda de casca, dentre outros problemas.

Freitas et al. (2007), avaliando os impactos causados pela extração através do arraste de toras utilizando *timbco skidder*, *clambunck skidder*, *track skidder* e guincho TMO, observaram que além dos danos ao meio físico, como é o caso do adensamento do solo e do assoreamento dos rios, o arraste das toras acabou impactando a brotação pelos danos provocados pelos feixes de toras. Lima e Leite (2014) justificam esses efeitos provocados ao afirmar que o maquinário utilizado na exploração florestal, além de ser bastante pesado, apresenta o agravante pelo fato de empurrar, puxar, levantar as toras e trafegar no interior da área de plantio.

2.3 Regime de talhadia e capacidade de regeneração do eucalipto

Muitas espécies de eucalipto apresentam alta capacidade de renovação da parte aérea após o abate das árvores. Segundo Andrade et al. (1997), este é um atributo de suma importância, já que está diretamente relacionado à produtividade

da segunda rotação do plantio, quando adotado o sistema de talhadia. Para Graça e Toth (1990), é considerada talhadia a condução dos brotos provenientes dos tocos remanescentes que apresentam a habilidade de se regenerarem após o processo de corte. Para Oliveira (2006), este sistema de renovação se adequa a diversas espécies do gênero *Eucalyptus* por apresentarem capacidade de emissão de brotos de gemas adventícias presentes nos troncos.

A maior parte dos plantios de eucalipto conduzidos por regeneração de tocos é praticada em sistemas florestais com a duração da rotação entre 6 a 8 anos e em regiões com deficiência hídrica ou nutricional (GONÇALVES et al., 2013), sendo que no Brasil, os plantios comerciais são conduzidos em até três rotações (STAPE, 1997; HIGA e STURION, 1991; MACHADO, 2008).

O regime de talhadia possibilita maior facilidade no planejamento da produção madeireira em curto e médio prazos (STAPE, 1997) e também promove um rápido desenvolvimento inicial dos brotos (REIS e REIS, 1997). Esta característica se dá, principalmente, devido à presença de um sistema radicular formado, facilitando, desta forma, a absorção de água e nutrientes, assim como de reservas orgânicas e inorgânicas presentes tanto nas raízes quanto nos tocos remanescentes (REIS e KIMMINS, 1986; TEIXEIRA et al., 2002; KABEYA e SAKAI, 2005; WALTERS et al., 2005). A quantidade de reservas nutritivas presentes nos tocos e raízes é essencial para a sua regeneração (KABEYA e SAKAI, 2005), sendo que sua disponibilização pode estar relacionada ao diâmetro dos tocos (OLIVEIRA, 2006).

Conforme Oliveira et al. (1994), as reservas nutritivas presentes nos tocos e raízes contribuem de forma positiva na emissão da parte aérea da planta, tendo os tocos a atuação como fonte e dreno de nutrientes e, junto às raízes, apresentam ainda a competência de regular o transporte de nutrientes para a parte aérea da planta sob estresse. Segundo os mesmos autores, as reservas de fósforo presentes nas raízes de eucalipto colaboraram em 62% na taxa de emissão de novos brotos, aos 120 dias após o corte. Outro fator que pode estar ligado à capacidade de regeneração é a presença das gemas adventícias, que permitem a regeneração da planta submetida ao ataque de fogo, insetos, bem como após um período de seca ou geada (REIS e REIS, 1997).

Conforme Ferrari et al. (2005), existem diferenças na capacidade de rebrota entre as espécies pertencentes ao gênero *Eucalyptus*. Blake (1983) afirma que há

espécies que apresentam uma estrutura de reserva nutricional chamada de lignotúber, localizada no colo da planta, que permite a renovação das brotações.

A presença de lignotúber, além de facilitar a emissão da brotação, é uma característica possivelmente associada à capacidade que algumas espécies possuem em resistir ao fogo. Em locais onde há uma alta incidência de incêndios florestais é possível observar tal estrutura, caso contrário é verificado nas espécies procedentes de lugares com maiores índices pluviométricos (WHITTOCK et al., 2003; OLIVEIRA, 2006).

No entanto, a capacidade de sobrevivência não se resume apenas à presença ou não dessa estrutura de reserva. Balloni e Silva (1978), numa pesquisa realizada no estado de Minas Gerais, observaram que há espécies que se adaptam melhor em certas condições edafoclimáticas, como é o caso da espécie *Eucalyptus grandis*, cuja capacidade de sobrevivência pode chegar a mais de 85% em regiões de Mata; no entanto, essa taxa é reduzida para 25% no Cerrado. Segundo Higa e Sturion (1997), esta espécie não apresenta o lignotúber.

Após o corte das árvores há também o estímulo do crescimento das brotações proporcionado pelo desequilíbrio hormonal (BLAKE, 1983; REIS e KIMMINS, 1986). Neste caso, a formação de novos brotos se dá através do processo químico resultante da interrupção no fluxo de auxinas, que são hormônios produzidos na região apical das plantas e estão diretamente relacionadas às reservas de hidratos de carbono armazenados no sistema radicular (SOUZA et al., 1991).

Reis e Reis (1997) sugerem que a manutenção do vigor dos tocos remanescentes deve ocorrer através de uso de técnicas silviculturais adequadas desde a primeira rotação, como é o caso do espaçamento, adubação e idade de rotação e, além disso, devem-se evitar danos mecânicos aos tocos, bem como o sombreamento provocado pela permanência de resíduos sobre os mesmos durante a colheita da madeira. Desta forma, provavelmente ocorrerão maiores chances de sobrevivência dos indivíduos.

De acordo com Blake (1983), a capacidade de sobrevivência dos tocos pode ser influenciada pelo espaçamento ao se adotar distâncias menores, já que, neste caso, o aumento da competição entre os indivíduos resulta em maior número de falhas no povoamento.

2.4 Fatores que influenciam a capacidade de regeneração do eucalipto

Na literatura é possível encontrar diversos trabalhos informando que a regeneração e a produtividade do eucalipto estão relacionadas a fatores como a altura de corte e diâmetro do toco (ZEN, 1987; GRAÇA e TOTH, 1990; KLEIN, 1997; OLIVEIRA, 2008), presença de gemas adventícias e lignotúber (BLAKE, 1983; WILDY e PATE, 2002; WALTERS et al., 2005; FERRARI et al., 2005), idade de corte e práticas de desbrota (PAULA NETO et al., 1982; SOUZA et al., 2012; PEREIRA, 1980), nutrição do solo (SIMÕES e COTO, 1985), material genético, danos mecânicos, época do ano (SIMÕES et al., 1972; KLEIN, 1997), regime hídrico (REIS e REIS, 1997; GONÇALVES et al., 2014), sombreamento de tocos (STAPE et al., 1993; FERRARI et al., 2005), qualidade do material de corte e número de rotações (FERRARI et al., 2005), compactação do solo (SEIXAS, 1997) e topografia (SOUZA et al., 1991).

Stape (1997) dividiu esses parâmetros em três fatores: 1) fatores genéticos ou fisiológicos, aqueles referentes à sua capacidade de desenvolver os diferentes tipos de gemas (dormentes, adventícias e do lignotúber), ao reflexo da idade neste potencial de emissão, à condição fisiológica do toco em termos de balanço hormonal, à capacidade de resistência ao estresse hídrico e nutricional; 2) fatores operacionais são aqueles que estão relacionados às alterações do desenvolvimento dos brotos em função de atividades ou efeitos controlados parcial ou totalmente pelo homem; 3) fatores ambientais são aqueles fatores externos às árvores, que possibilitam maior ou menor desenvolvimento das brotações, por atuarem de forma contínua, e não sendo, a princípio, controlados pelo homem.

O material genético se apresenta como fator de importância para a regeneração dos tocos. Conforme Simões et al. (1972), o vigor das árvores selecionadas para o regime talhadia reflete positivamente no crescimento das árvores na segunda rotação; além disso, as técnicas de condução do povoamento contribuirão para o aumento da capacidade produtiva no segundo corte.

Estudos revelam que há uma grande influência da altura de corte para o vigor das brotações. Segundo Klein (1997), tocos mais altos apresentam um maior quantitativo de gemas, o que possibilita o aumento da capacidade de sobrevivência. Zen (1987), estudando a influência da altura de corte de 10 e 20 cm para diferentes

espécies de eucalipto, não observou diferença significativa, porém constatou que havia uma tendência a uma correlação positiva.

No que se refere ao diâmetro do toco, Oliveira (2008) confirma que plantas de maiores diâmetros apresentam sistema radicular mais desenvolvido, o que permite uma maior absorção de água e de nutrientes, e este fato estaria ligado à capacidade de sobrevivência e produtiva. Para Ferrari et al. (2005), os maiores índices de mortalidade dos tocos geralmente estão ligados às menores (3 a 10 cm) ou maiores classes diamétricas (20 a 38 cm).

As espécies que apresentam lignotubérculos mostram-se mais resistentes quando comparadas àquelas que não apresentam a estrutura. Apesar de o lignotúber ser considerado relevante para a formação dos brotos, principalmente para aquelas espécies que ocorrem naturalmente em regiões de maiores ocorrências de incêndio, a ausência dessa estrutura não impede a rebrota (HIGA e STURION, 1997).

Ladiges e Ashton (1974) afirmam que nem todas as espécies desenvolvem a estrutura de reserva, como exemplo o *Eucalyptus regnans*, *Eucalyptus fastigata*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus pilularis* e *Eucalyptus nitens*, enquanto outras espécies como é o caso do *Eucalyptus viminalis*, apresentam variações entre ausência e presença.

A idade de corte da planta também reflete a capacidade de sobrevivência e produtividade dos tocos. Segundo Souza et al. (2012), à medida que a planta envelhece há uma queda na taxa de sobrevivência e vigor dos tocos.

A época de corte e o teor de umidade do solo podem influenciar na capacidade regenerativa do eucalipto (RIBEIRO et al., 1987). Em estudos realizados com *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, em Guaíba-RS, Klein (1997) observou que nas épocas mais quentes do ano essas duas espécies apresentaram um maior desenvolvimento do que no inverno.

A capacidade de sobrevivência e produtiva dos tocos também estão relacionadas aos períodos mais chuvosos, já que melhores resultados são observados nos períodos de maior índice pluviométrico (FERRARI et al., 2005). Conforme Stape (1997), mesmo que haja uma escolha de material geneticamente interessante, não é recomendável a condução do povoamento pelo método de talhadia em situações de restrição hídrica severa.

Para rebrotarem, os tocos necessitam de energia solar, água e aeração. Desta forma, os resíduos provenientes da colheita não devem cobri-las de modo a abafá-las e impedir a emissão de novos brotos (FERRARI et al., 2005). Segundo Stape et al. (1993), a disposição incorreta dos resíduos provenientes da exploração florestal pode levar ao sombreamento dos tocos remanescentes impedindo que a luminosidade chegue até eles, gerando um retardamento na emissão dos brotos até o seu primeiro mês após o abate da floresta.

O processo de corte pode trazer prejuízos para a regeneração das árvores. Os maquinários de alta tecnologia precisam de atenção para a altura de corte e afiação das lâminas, no intuito de se evitar danos aos tocos e aumentar a capacidade de regeneração (FERRARI et al., 2005).

Para o número de rotações, há um aumento na taxa de mortalidade dos tocos à medida que se vai aumentando o número de conduções após a colheita. Para Ferrari et al. (2005), tanto o número de tocos vivos quanto a produtividade tendem a cair com o aumento do número de rotações, sendo um dos principais motivos a própria exaustão da planta pelo estresse dos sucessivos cortes e o declínio nutricional do solo.

A compactação do solo é um problema que merece atenção num sistema produtivo manejado pelo regime de talhadia. A resistência do solo à penetração, provocada pela intensidade do tráfego dos maquinários, promove a diminuição dos macroporos, aeração e reflete diretamente no crescimento das raízes, resultando em menor capacidade de regeneração e produtividade dos tocos (SEIXAS, 1997); o efeito é percebido quando a raiz encontra resistência mecânica ao seu crescimento (LOPES et al., 2006). Esses problemas são mais expressivos em solos argilosos na camada de 10 a 20 cm e em solos arenosos na camada de 20 a 30 cm (DEDECECK e GAVA, 2005).

Conforme com Souza et al. (1991), a topografia provoca variações na disponibilidade de água, na profundidade do solo e no microclima local, podendo afetar diretamente a capacidade de rebrota. Sendo assim, por apresentarem solos mais rasos e baixa disponibilidade hídrica, nos topos de morros observa-se maior percentual de falhas e menor desenvolvimento dos brotos. Em relação ao aspecto topográfico, os mesmos autores afirmam que a orientação da encosta para a face norte aumenta a probabilidade de sobrevivência e diminui a incidência de fungos nos tocos.

Em decorrência dos diferentes comportamentos em relação às condições em que a espécie se encontra, é importante que a capacidade de regeneração dos tocos seja avaliada sempre que haja a introdução de uma nova espécie ou procedência na área (HIGA e STURION, 1997).

Sendo assim, o conhecimento da influência de todos esses aspectos garante maior segurança para a empresa, devendo ser levado em consideração na tomada de decisão.

2.5 Vigor das brotações

Os plantios comerciais de eucalipto nas grandes empresas de base florestal têm sido provenientes de material genético altamente produtivo, com indivíduos apresentando alto vigor em sua primeira rotação (LOPES, 2012).

Ao estudar a espécie *Eucalyptus dunni*, Graça e Toth (1990) consideraram o vigor das brotações definido como a combinação entre o número e altura dos brotos. Para Souza et al. (2012), quando árvores de eucalipto são decepadas ainda na sua fase jovem, há possibilidade de se conduzi-las por meio de sucessivas e curtas rotações para fins energéticos.

Tocos que apresentam diâmetros muitos grandes ou muito pequenos, geralmente apresentam maior mortalidade, não promovendo a formação de novos brotos (FERRARI et al., 2005). Indicando, desta forma, que há uma classe ótima de diâmetro para a condução do povoamento através da seleção de clonagens.

Em estudo realizado sobre a regeneração de *Eucalyptus dunii*, Graça e Toth (1990) constataram que aqueles tocos que apresentaram diâmetro inferior a quatro centímetros desenvolveram brotações menos vigorosas, justificando a importância do diâmetro do toco para o vigor dos brotos. Na ocasião, estes mesmos autores perceberam que as classes de diâmetro dos tocos entre 12 a 20 cm proporcionaram brotos em maior número e altura, indicando que houve um maior acúmulo de carboidratos dentro desta classe de diâmetro.

Segundo Souza et al. (2012), a idade da planta está diretamente ligada ao vigor das brotações; os autores ainda afirmam que o vigor decresce à medida que a planta vai envelhecendo. Pereira et al. (1980) concluíram que há uma correlação positiva entre as idades de 6, 8 e 10 anos da árvore e diâmetro de até 36,6 cm, onde

o mesmo autor observou melhores aspectos em relação à altura e ao diâmetro dos brotos.

A altura de corte é outro fator que também deve ser levado em consideração quando o assunto é o vigor das brotações, uma vez que tocos mais altos apresentam uma área maior e, conseqüentemente, um aumento do número de gemas ativas (KLEIN et al., 1997).

Para Ribeiro et al. (1987), a altura tem efeito variável no vigor das brotações a depender da espécie. Estes mesmos autores observaram que a produtividade da espécie *Eucalyptus urophylla*, para as condições do experimento, não variaram por causa da altura de corte. Caso contrário ocorreu com a espécie *Eucalyptus microcorys*, em que houve um crescimento de forma gradual em relação à altura de corte, considerando as mesmas condições do experimento supracitado.

Machado et al. (1990) concluíram que os danos encontrados no topo e nas laterais dos tocos de *Eucalyptus alba* provocados pelo processo de extração com o guincho arrastador resultaram na redução do crescimento em altura dos brotos a um nível de 95% de significância. Com o objetivo de avaliar a influência do sombreamento de tocos de *Eucalyptus grandis* pelos resíduos florestais, Camargo et al. (1997) perceberam que houve retardamento na emissão da brotação e diminuição na altura dos brotos dominantes quando relacionados àqueles tocos que ficaram totalmente expostos à radiação solar.

2.6 Controle de qualidade

Devido à sua capacidade de atuar diretamente na gestão das atividades, o controle de qualidade tem sido adotado por muitas empresas do setor florestal, pois, segundo Picancio et al. (2018), trata-se de uma forma de identificar as variações indesejadas no processo produtivo dos subprodutos florestais. Em contraponto, a falta de planejamento das atividades maximiza a perda de produtividade do plantio. Seixas (1997) afirma que os danos causados diretamente nos tocos durante a colheita de madeira, pelo sistema mecanizado, entre outros fatores, como a compactação do solo, promovem prejuízos sobre a capacidade de rebrota e desenvolvimento dos novos fustes. Segundo Ferrari (2005), os danos causados nas cascas dos tocos acabam eliminando as gemas vegetativas e afetando a formação de novos brotos.

Entre os principais problemas, destacam-se aqueles que afetam diretamente os tocos remanescentes, como é o caso das rachaduras, espetos, esmagamento, escoriações (Figuras 1 e 2) e realização de cortes que não favorecem o escoamento de água nos tocos, facilitando a proliferação de diversos tipos de patógenos (FERRARI et al., 2005).

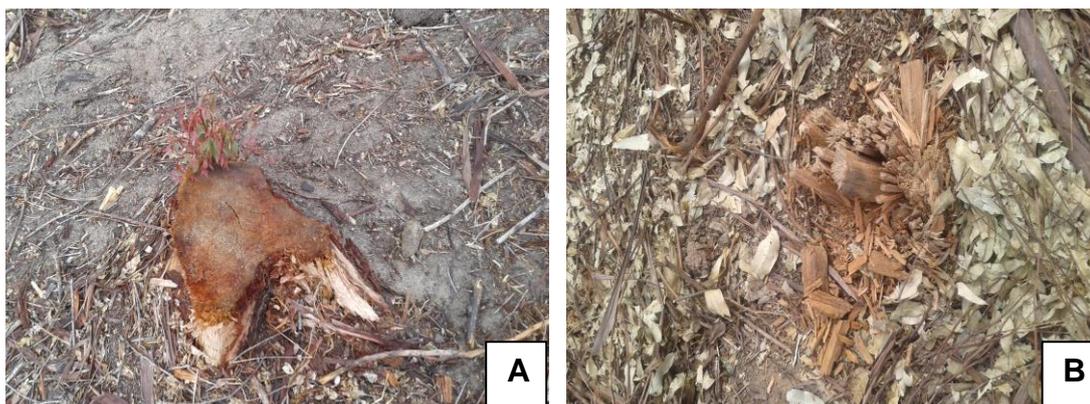


Figura 1 – Toco escoriado (A) e esmagado (B) devido à baixa qualidade na atividade de colheita florestal.

O acompanhamento das atividades permite identificar problemas que poderão promover prejuízos futuros, para então serem tomadas medidas cabíveis de modo a contorná-los. Jacovine et al. (2005), analisando a qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita semimecanizada e mecanizada, perceberam que a maior porcentagem de tocos danificados (18,8%) foi observada no subsistema *harvester + forwarder* e, para contornar o problema, os autores sugeriram que fossem evitadas as manobras dentro do talhão, além de se repensar no arranjo dos feixes, de modo a evitar o atropelamento dos tocos.

Para esse subsistema, Jacovine et al. (2005) observaram que haviam 4,2% de tocos com espeto e 3,2% com rachaduras, indicando que a floresta avaliada provavelmente teria prejuízos na emissão, sobrevivência e crescimento das futuras brotações. Tais conclusões indicam a importância de um bom planejamento e investimento na qualificação da mão de obra para que a empresa tenha sucesso em todo o processo de produção. Segundo Fiedler et al. (2013), todo investimento em prevenção de falhas e avaliação poderá aumentar os retornos da empresa.

Poucos são os produtores que têm o conhecimento dos reais benefícios econômicos advindos de uma gestão de qualidade eficiente. Jacovine et al. (1999), avaliando os custos da qualidade da colheita semimecanizada em uma empresa de

médio porte, concluíram que a mesma apresentou um custo de falhas de R\$ 1.538,19/ha devido à má qualidade exercida na colheita da madeira. Segundo Pereira et al. (2012), esses tipos de custos provocam vários desperdícios por conta da realização de uma colheita de baixa qualidade, indicando a importância de se realizarem estudos para a quantificação dessas perdas em termos monetários, de forma a obter um processo sustentável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em plantios florestais de uma empresa siderúrgica localizada no litoral norte da Bahia, sendo dividido em dois experimentos:

3.1 Experimento 1

O experimento 1 contemplou as formas e os números de passadas do trator *skidder* sobre as linhas de tocos.

A implantação do projeto foi realizada no município de Entre Rios, Bahia, tendo a latitude 12' 08" 706° S e longitude 038' 17" 805° W, com área equivalente a 8,97 hectares. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima do tipo tropical úmido, tendo altitude de 162 metros e temperatura média anual de 23,9° C (SEI/BAHIA, 2010). A precipitação média anual é 1.164 mm, o tipo de solo é o Neossolo Quartzarênico órtico latossólico, apresentando relevo suavemente ondulado, conforme informações da empresa. Os parâmetros meteorológicos entre os meses de abrangência da coleta de dados (agosto a dezembro) foram obtidos no site do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO, 2019) (Figura 2).

A pesquisa foi conduzida em um plantio clonal do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Clone 0520), com espaçamento de 3,0 x 3,0 metros, idade de 10,2 anos e com duas rotações.

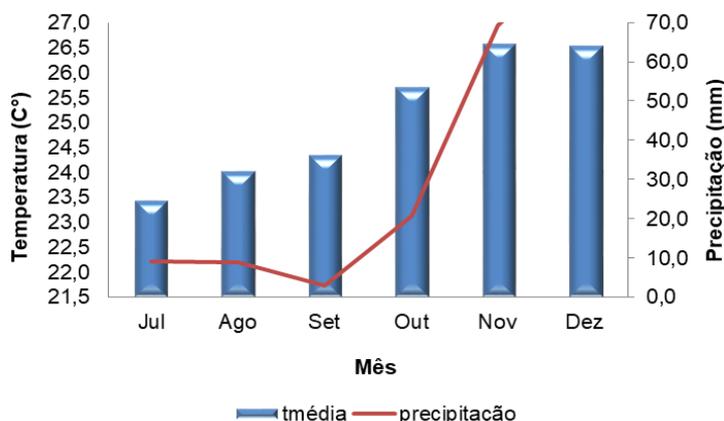


Figura 2 – Dados de temperatura e precipitação média registrados durante os meses de julho a dezembro de 2018.

Fonte: Agritempo, 2019.

3.1.1 Descrição da atividade de colheita florestal

A empresa adota o sistema classificado como árvores inteiras (Full-tree). Neste caso, a árvore é derrubada e extraída até a margem da estrada, onde é realizado o processamento (MACHADO et al., 2014). O corte de derrubada é realizado com auxílio do trator florestal *feller-buncher*, sendo a extração por meio do *skidder*.

3.1.2 Caracterização técnica do *skidder*

O trator florestal *skidder* utilizado no estudo foi da marca Caterpillar, modelo 555 D, com motor CAT C7.1 ACERT, 6 litros (L) de cilindrada, apresentando potência nominal de 205 kW (275 HP), tração 4x4, peso de 22.118 quilogramas (kg), capacidade da garra de 2,04 metros quadrados (m²), composto por rodados de pneus (Figura 3).



Figura 3 – Skidder da marca Caterpillar, modelo 555D.

A máquina apresenta conversor de torque com travamento que propõe maior facilidade de operação ao possibilitar uma partida suave. Além disso, apresenta rodados dianteiros e traseiros independentes, o que permite maior facilidade de manobras mesmo em condições de florestas densas e solos escorregadios (CATERPILLAR, 2015).

3.1.3 Processos avaliados e procedimentos estatísticos

O projeto foi implantado em setembro de 2018, 20 dias após o corte das árvores. Neste período, realizou-se a demarcação da área do experimento, contendo tocos sem brotações.

Todos os tratamentos, inclusive a Testemunha, sofreram ações diretas dos processos de corte e extração da madeira para as margens da estrada, antes mesmo da delimitação da área experimental. Após delimitação da área de estudo, foram caracterizados os respectivos tratamentos.

O experimento contemplou uma área formada por seis fileiras, com um total de 20 tocos em cada uma, totalizando 120 tocos. Cada fileira representou um tratamento e equivaliu a uma parcela, que foi caracterizada pela forma de passada do *skidder* (Figura 4). Cada toco avaliado foi considerado uma repetição.

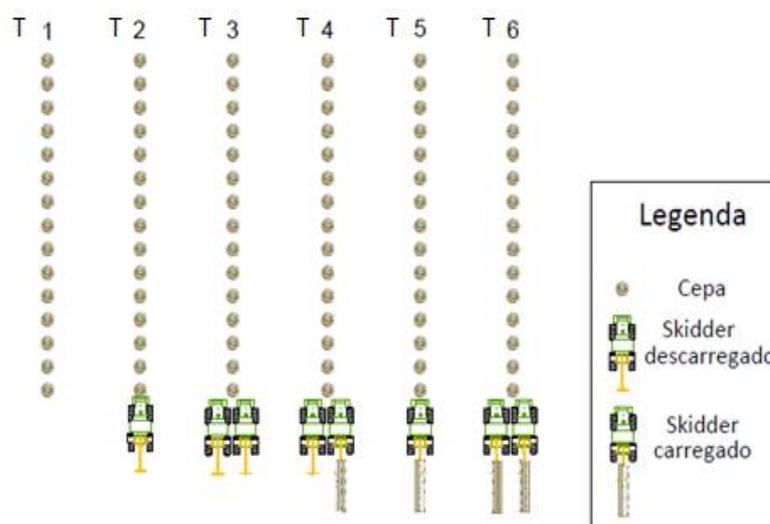


Figura 4 – Caracterização da forma de passada do trator skidder de acordo com cada tratamento.

O tratamento Testemunha (T1) serviu de parâmetro para comparação dos efeitos proporcionados pela forma e número de passadas da máquina sobre os tocos. No tratamento dois (T2), o trator *skidder* trafegou apenas uma vez e sem carga sobre a linha de tocos. O tratamento três (T3) foi caracterizado por duas passadas seguidas do trator descarregado sobre a mesma linha de tocos. O tratamento quatro (T4) foi caracterizado por uma passada sem carga e uma passada com carga, sobre a mesma linha de tocos. No tratamento cinco (T5), o *skidder* passou uma vez carregado sobre a linha de tocos. No tratamento seis (T6), o trator

passou por duas vezes carregado sobre a mesma linha de tocos.

Nas passadas com carga sobre as linhas de tocos, avaliou-se o *skidder* com sua capacidade máxima de carregamento (Figura 5).



Figura 5 – Skidder carregado trafegando sobre a linha de plantio no processo de extração florestal.

Foram avaliados os danos inerentes ao processo de extração florestal e o vigor das brotações, considerando cada forma de passada do trator *skidder*. Foram quantificados os tocos que apresentavam esmagamento e escoriações, danos considerados inerentes ao processo de extração florestal.

A altura e o diâmetro das brotações foram considerados como vigor das brotações (GRAÇA e TOTH, 1990), além do número de brotos. Para a medição das alturas das brotações foi utilizada uma trena, e um paquímetro digital para a aferição dos diâmetros. As avaliações das brotações foram realizadas aos 90 e 120 dias após o corte das árvores, sendo que na segunda avaliação as mensurações foram consideradas acumulativas.

Os dados coletados foram anotados em planilhas e posteriormente digitalizados em planilhas eletrônicas do software *Excel*. Na análise estatística, os dados foram avaliados pelo teste t, a 5% de probabilidade. Por apresentar um número de tratamentos superior ao recomendado pelo teste (até quatro tratamentos), fez-se necessária a aplicação da correção de Bonferroni. Logo, o nível de significância passou a ser de $p < 0,008$.

Foi realizada a análise descritiva através de gráfico de caixa (boxplot) com auxílio do programa estatístico Rstudio, versão 1.1.463 (Figura 6). Os gráficos boxplot permitem a avaliação do comportamento de um conjunto de dados

observados, segundo a dispersão, simetria e a existência ou não de valores discrepantes (*outliers*); logo, para a sua formação, são ordenados grupos (quartis), em que cada um representa 25% dos valores observados, ou seja, o quartil 1, quartil 2 (mediana) e o quartil 3, juntos, formam a caixa que concentra 50% das observações, as hastes inferiores e superiores indicam os limites e sugerem 25% dos valores abaixo do quartil 1 e 25% acima do quartil 3 (VEIGA CAPELA e CAPELA, 2011).

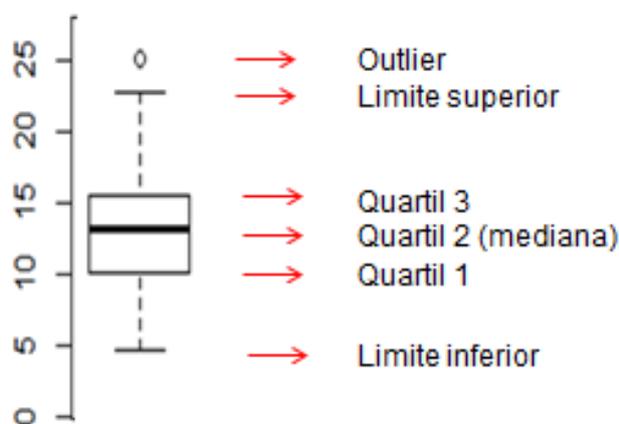


Figura 6 – Representação esquemática do boxplot criado no software Rstudio.

Para verificar a relação entre as variáveis consideradas como vigor das brotações foi realizada a análise da normalidade de dados pelo teste de Lilliefors e de homogeneidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Como os dados foram normais e homogêneos, seguiu-se com a correlação de Pearson entre as variáveis: altura dos brotos (ALTB), número de brotos (NUMB) e diâmetro dos brotos (DIAMB).

O teste de média e a correlação supracitados foram realizados pelo programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 23.0.

3.2 Experimento 2

O experimento 2 contemplou as formas e números de passadas do trator *forwarder* sobre as linhas de tocos.

O experimento foi implantado no município de Entre Rios, Bahia, tendo a área equivalente a 7,21 hectares. De acordo com Köppen, a região apresenta clima do tipo As (tropical úmido), com altitude de 162 metros e temperatura média anual de 23,9° C (SEI/BAHIA, 2010). A precipitação média anual é de 1.515 mm, o tipo de

solo é o argilossolo amarelo distrófico típico com textura arenosa/argilosa, com relevo declivoso, conforme informações da empresa. Os parâmetros meteorológicos entre os meses de setembro a janeiro foram obtidos no site do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO, 2019) (Figura 7).

O estudo foi conduzido em plantio clonal de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Clone 7490), com idade de 14,4 anos, em primeira rotação e com espaçamento de 3,0 x 3,0 metros.

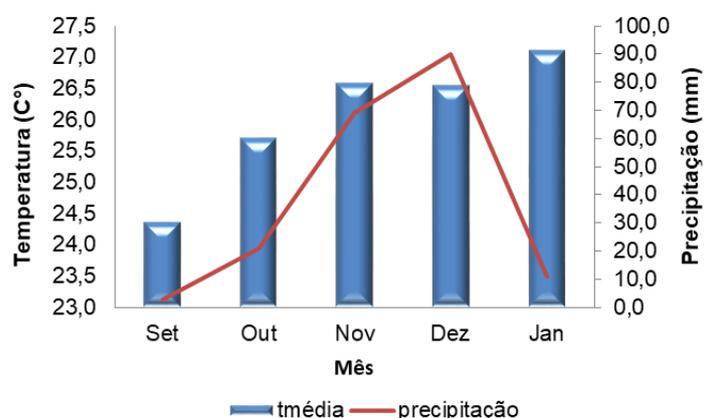


Figura 7 – Dados de temperatura e precipitação média registrados durante os meses de setembro de 2018 a janeiro de 2019.

Fonte: Agritempo, 2019.

3.2.1 Descrição da atividade de colheita florestal

O sistema adotado pela empresa é classificado como toras curtas (Cut-to-length). Neste caso, as árvores são processadas no interior do talhão e, em seguida, extraídas para a margem da estrada com comprimento inferior a seis metros (MACHADO et al., 2014).

O processo de corte é realizado com o auxílio do trator florestal *feller-buncher*, com rodados de esteiras, sendo o desgalhamento conduzido de forma semimecanizada. As toras são processadas em comprimento de 2,5 metros (processador mecânico) e as pilhas projetadas no sentido perpendicular ao eixo de trabalho, visando facilitar a extração pelo trator *forwarder*.

3.2.2 Caracterização técnica do *forwarder*

O trator florestal utilizado foi da marca Randon, modelo RK 614 H (Figura 8), largura do maquinário de 2,70 metros (m), com potência nominal de 174 HP (2500 RPM), peso de 15.800 kg, capacidade de carga da grua de 14.000 kg, rodados de pneus, com tração 6x6, largura de 60 cm e calibração de 241 kPa.



Figura 8 – Forwarder da marca Randon, modelo RK 614H.

Na fase de carregamento, este trator posiciona-se próximo aos feixes de toras; em seguida, aciona-se o braço hidráulico em um ângulo de 90 graus em relação ao plano longitudinal do trator, tendo um alcance de 7,0 metros. Posteriormente, é realizado o carregamento no compartimento de carga (LIMA e LEITE, 2014).

3.2.3 Processos avaliados e procedimentos estatísticos

O experimento foi implantado no mês de novembro de 2018, 20 dias após o processo de colheita florestal. Na ocasião, foi realizada a demarcação da área que compusera o experimento estudado no processo de extração florestal. Até o momento os tocos não apresentavam brotações.

Todos os tratamentos, inclusive a Testemunha, sofreram ações diretas dos processos de corte e extração da madeira para as margens da estrada, antes mesmo da delimitação da área experimental. Após delimitação da área de estudo, foram caracterizados os respectivos tratamentos.

O experimento contemplou uma área contendo seis fileiras, cada uma com 20 tocos, totalizando 120. Cada fileira correspondeu a um tratamento e representou uma parcela, que foi caracterizada pela forma de passada do trator *forwarder* (Figura 9). Cada toco avaliado foi considerado uma repetição.

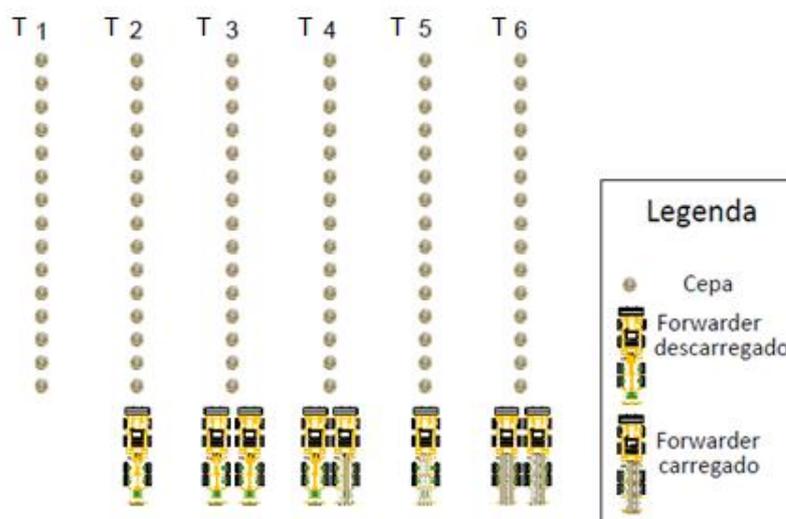


Figura 9 – Caracterização da forma de passada do trator *forwarder* de acordo com cada tratamento. *Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

O tratamento Testemunha (T1) serviu de parâmetro para comparação dos efeitos proporcionados pela forma e número de passadas da máquina sobre os tocos. No tratamento dois (T2), o trator *forwarder* trafegou apenas uma vez sem carga sobre a linha de toco. O tratamento três (T3) foi caracterizado por duas passadas seguidas do trator descarregado sobre a mesma linha de tocos. O tratamento quatro (T4) foi caracterizado por uma passada sem carga e uma passada com carga, sobre a mesma linha de tocos. No tratamento cinco (T5), o *forwarder* passou uma vez carregado sobre a mesma linha de tocos. No tratamento seis (T6), o trator passou por duas vezes carregado sobre a mesma linha de tocos.

Nas passadas com carga sobre as linhas de tocos foi avaliado o *forwarder* com sua capacidade máxima de carregamento (Figura 10).



Figura 10 – Forwarder carregado trafegando sobre a linha de plantio no processo de extração florestal.

Foram avaliados os danos inerentes ao processo de extração florestal e o vigor das brotações, considerando cada forma de passada como um tratamento. Foram quantificados os tocos que apresentavam esmagamento e escoriações, danos considerados inerentes ao processo de extração florestal.

O vigor das brotações foi considerado como o número e altura dos brotos (GRAÇA e TOTH, 1990), além do diâmetro dos brotos, inserção do número de galhos no broto mais alto e diâmetro médio de copa, sendo esta última variável tomada com base no modelo citado por Wink et al. (2012), em que são medidos os quatro raios da copa, seguindo os sentidos norte, sul, leste, oeste (Figura 11).

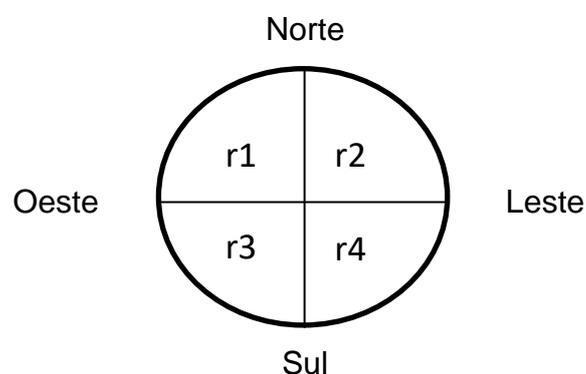


Figura 11 – Representação esquemática da orientação para medição do diâmetro de copa.
Fonte: Adaptado de Wink et al. (2012).

As avaliações das brotações foram efetuadas aos 60 e 90 dias após o corte, sendo que na segunda avaliação as mensurações foram consideradas acumulativas. Para a aferição das alturas dos brotos e dos diâmetros das copas foi utilizada uma

trena. Para medição do diâmetro dos brotos foi utilizado um paquímetro digital.

Os dados levantados foram anotados em planilhas e posteriormente digitalizados em planilhas eletrônicas do software *Excel*. Os dados foram avaliados pelo teste t, a 5 % de probabilidade. Foi aplicada a correção de Bonferroni para que fossem evitados erros causados pelas múltiplas comparações. Assim, o nível de significância passou a ser de $p < 0,008$.

Foi realizada a análise descritiva através de gráfico de caixa (boxplot) com auxílio do programa estatístico Rstudio, versão 1.1.463 (Figura 12). Os gráficos boxplot permitem a avaliação do comportamento de um conjunto de dados observados, segundo a dispersão, simetria e a existência ou não de valores discrepantes (*outliers*). Para a sua formação são ordenados grupos (quartis), em que cada um representa 25% dos valores observados, ou seja, o quartil 1, quartil 2 (mediana) e o quartil 3, juntos, formam a caixa que concentra 50% das observações, as hastes inferiores e superiores indicam os limites e sugerem 25% dos valores abaixo do quartil 1 e 25% acima do quartil 3 (VEIGA CAPELA e CAPELA, 2011).

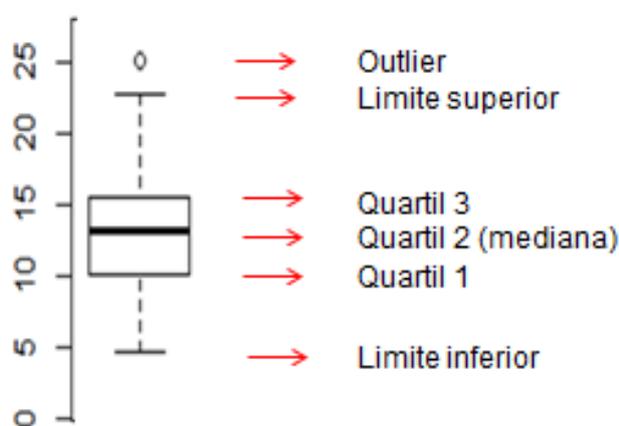


Figura 12 – Representação esquemática do boxplot criado no software Rstudio.

Para verificar a relação entre as variáveis consideradas como vigor das brotações, realizou-se a análise da normalidade de dados pelo teste de Lilliefors e de homogeneidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Como os dados foram normais e homogêneos, seguiu-se com a correlação de Pearson entre as variáveis: altura dos brotos (ALTB), número de brotos (NUMB), diâmetro dos brotos (DIAMB), número de inserções de galhos no broto de maior altura (INSG) e diâmetro médio de copa (DIAMC).

Para processamento dos dados na análise estatística foi utilizado o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 23.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

O experimento 1 contemplou os tratamentos referentes às diferentes formas e números de passadas do trator *skidder* sobre as linhas de tocos. Após as passadas foi possível quantificar os danos provocados pelo maquinário, bem como avaliar a capacidade de sobrevivência dos tocos e o vigor das brotações aos 90 e 120 dias após o corte das árvores.

4.1.1 Capacidade de regeneração

Foram considerados na experimentação os tocos que brotaram, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Número de tocos que brotaram em função dos tratamentos e período de coleta de dados.

Período de coleta	Tratamentos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
90 dias	14	11	11	13	13	15
120 dias	15	11	12	15	16	16

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

Os resultados obtidos nos dois períodos de coleta mostraram que os percentuais de sobrevivência dos tocos, após o tráfego, foram superiores a 50% em todos os tratamentos avaliados (Figura 13).

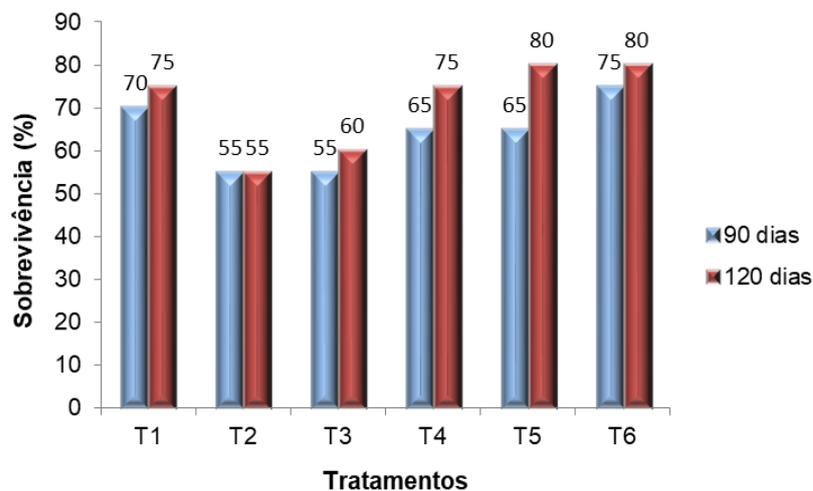


Figura 13 – Percentual da capacidade de sobrevivência dos tocos em função dos tratamentos e do período de coleta de dados, para extração com o *skidder*.

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

Aos 120 dias após o corte das árvores foi possível perceber que houve um incremento de 5% de cepas com brotações, em relação à primeira avaliação realizada aos 90 dias, tanto para a Testemunha quanto para os tratamentos T3 e T6. Para os tratamentos T4 e T5 este percentual foi de 10% e 15%, respectivamente.

Cabe ressaltar que o plantio avaliado já se encontrava na segunda rotação, o que também pode ter influenciado nos percentuais de sobrevivência observados entre os tratamentos avaliados. Segundo Reis e Reis (1997), com o aumento do número de rotações há um decréscimo na produtividade da floresta, sendo que as principais causas estão relacionadas ao grau de mortalidade de tocos, à falência nutritiva e ao adensamento do solo e/ou o decréscimo do vigor do toco pelo sistema radicular já estabelecido.

Deve-se considerar a compactação do solo, que neste caso torna-se cumulativo com o adensamento provocado desde sua primeira rotação. As operações de colheita de um povoamento de eucalipto causam compactação do solo, que persiste na área de rebrota até a próxima colheita (DEDECEK e GAVA, 2005). Sampietro e Lopes (2016) concluíram que com as sucessivas passadas dos tratores *feller buncher* e *skidder* houve alterações na compactação na maior parte do perfil do solo e até em camadas mais profundas, com maiores alterações ocorrendo de acordo com o aumento da intensidade de tráfego das máquinas.

Na época de corte da floresta houve baixos índices de precipitação e temperatura. Porém, no mês de novembro, esses índices se elevaram consideravelmente, o que pode ter favorecido o surgimento dos novos brotos observados em dezembro. Esses resultados podem ser justificados por Klein et al. (1997) ao realizarem testes feitos com *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, em que foi observado que a velocidade máxima de brotação foi atingida em torno de dois meses após o corte, em épocas quentes.

Para os tratamentos T2 e T3 foram observados maiores percentuais de tocos com escoriações (Tabela 2). Este tipo de dano esteve correlacionado ao maior número de falhas e pode ser justificado pelo quantitativo de gemas removidas juntamente com a casca.

Tabela 2 – Percentual de tocos danificados em função dos tratamentos.

Tratamento	Esmagados (%)	Escoriados (%)	Intactos (%)
T1	0	20	80
T2	10	65	25
T3	5	55	40
T4	5	45	50
T5	0	30	70
T6	25	35	40

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

A Testemunha (T1) apresentou 20% dos tocos com escoriações, dano provocado no ato da retirada da madeira do interior do talhão para a margem da estrada, antes mesmo da delimitação dos tratamentos em campo.

O maior quantitativo de tocos esmagados foi observado no tratamento em que ocorreram duas passadas carregadas sobre a linha de plantio (Tratamento T6). Em contrapartida, quando houve apenas uma passada sobre os tocos, com a máquina carregada (Tratamento T5), não foram encontrados tocos com este tipo de dano, evidenciando que o adicional de passadas, com o maquinário carregado, pode potencializar o esmagamento dos tocos.

4.1.2 Vigor das brotações

Os resultados obtidos apontam que não houve diferença significativa entre as médias observadas para os números de brotos em função dos tratamentos adotados, para os períodos de coleta, ou seja, a forma de passada do trator *skidder* não influenciou na emissão dos brotos emitidos aos 90 e 120 dias após o corte (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), aos 90 e 120 dias após o corte das árvores.

Tratamento	90 dias			120 dias		
	NBR	ALTB (cm)	DIAMB (cm)	NBR	ALTB (cm)	DIAMB (cm)
T1	5,9 a	51,4 a	6,0 a	5,7 a	93,1 a	8,5 a
T2	5,4 a	11,5 c	4,1 b	5,7 a	107,2 a	7,7 a
T3	5,3 a	15,5 bc	4,6 b	6,6 a	103,6 a	9,7 a
T4	5,9 a	11,0 c	4,0 b	5,9 a	92,8 a	8,2 a
T5	6,4 a	19,4 b	4,6 b	6,6 a	112,1 a	10,2 a
T6	5,2 a	15,4 bc	4,4 b	6,5 a	97,6 a	8,9 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t, com correção de Bonferroni, $p < 0,008$.

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

Os tratamentos T3 e T6 apresentaram, em média, um adicional de 1,3 brotos por cepa no segundo período de avaliação, realizado aos 120 dias. Estes resultados contrastam com a pesquisa de Fenner (2014), ao afirmar que os danos causados pelo tráfego de máquinas podem diminuir o número e a qualidade das brotações em uma segunda ou terceira rotação.

Para a altura dos brotos houve diferença significativa aos 90 dias, em que foi possível observar que a testemunha (T1) teve um destaque ao se comparar com os demais tratamentos. Aos 120 dias não houve diferença significativa entre as médias observadas.

A diferença entre os dois períodos de coletas mostrou para a Testemunha (T1) um acréscimo em 81% em relação à altura dos brotos, enquanto que para os demais tratamentos foram observados incrementos ainda mais expressivos. Para este parâmetro, o tratamento T6 apresentou menor variabilidade entre os dados observados, sendo que 50% dos brotos apresentaram alturas entre 90 cm e 120 cm,

aproximadamente (Figura 14). Machado et al. (1990), avaliando a influência dos danos mecânicos de topo e danos laterais nos tocos, provocados durante a extração, verificaram que estes afetaram negativamente o crescimento em altura das brotações até o décimo mês.

As médias dos diâmetros dos brotos indicaram que a Testemunha (T1) foi estatisticamente superior aos demais tratamentos, aos 90 dias após o corte. Aos 120 dias não foram observadas diferenças significativas. Foi constatado aos 120 dias que nos tratamentos em que ocorreram uma passada descarregada e uma carregada (T4) e duas passadas carregadas (T6) foram observadas menores dispersões em torno da média entre os diâmetros dos brotos (Figura 14). O valor menos expressivo em crescimento em diâmetro dos brotos foi observado no tratamento Testemunha (T1) (42%).

Observou-se que não houve diferença estatística entre as médias dos três parâmetros avaliados aos 120 dias (NBR, DIAMB e ALTB), sugerindo, no entanto, uma estabilização após os quatro primeiros meses de realização da colheita. Pode-se afirmar que o vigor das brotações foi o mesmo para os 120 dias após a colheita, independentemente dos tratamentos avaliados.

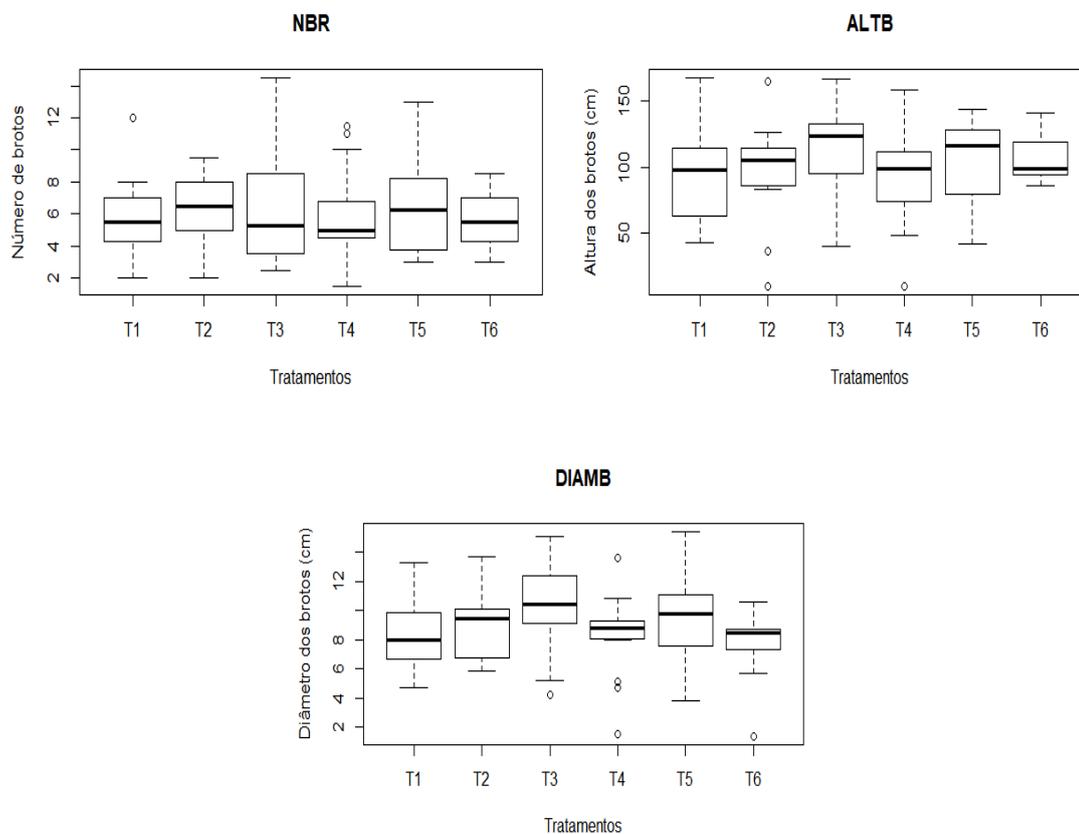


Figura 14 – Boxplot das observações obtidas para o número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB) e diâmetro dos brotos (DIAMB), aos 120 dias após o corte das árvores.

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

Os resultados da correlação de Pearson mostraram que não houve significância entre a maioria das variáveis estudadas (Tabela 4).

Tabela 4 – Coeficientes da correlação de Pearson entre número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB).

	NBR	ALTB	DIAMB
NBR	1,000		
ALTB	0,4795 ^{ns}	1,000	
DIAMB	0,8750 [*]	0,4864 ^{ns}	1,000

* Significativo ao nível 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo.

A correlação de Pearson foi realizada como forma de complementação do teste de média, tendo como objetivo avaliar as relações entre as variáveis silviculturais, não estando correlacionadas aos tratamentos avaliados no estudo com

o *skidder*. Foi observado que o diâmetro de brotos (DIAMB) apresentou correlação positiva com a variável número de brotos (NBR), indicando que os tocos com maiores capacidades de reservas nutritivas promoveram não apenas o desenvolvimento do quantitativo de brotação, mas também no desenvolvimento destes em termos diamétricos, para o período avaliado. Resultados contrários foram observados por Luz et al. (2018), ao avaliar a relação entre essas mesmas variáveis em brotações de tocos de *Eucalyptus* spp. cortados aos sete anos de idade, que se encontravam em sua primeira rotação.

4.2 Experimento 2

O experimento 2 contemplou os tratamentos referentes às diferentes formas de passadas do trator *forwarder* sobre as linhas de tocos. Após as passadas foi possível quantificar os danos provocados pelo maquinário, bem como avaliar a capacidade de sobrevivência dos tocos e o vigor das brotações aos 60 e 90 dias após o corte das árvores.

4.2.1 Capacidade de regeneração

Assim como no experimento 1, para o processamento dos dados na análise estatística foram considerados apenas os tocos que brotaram (Tabela 5).

Tabela 5 – Número de tocos que brotaram em função dos tratamentos e período de coleta de dados, para o experimento com o *forwarder*.

Período de coleta	Tratamentos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
60 dias	17	17	17	14	14	8
90 dias	18	18	18	15	18	18

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

Os resultados obtidos aos 60 e 90 dias após o corte das árvores permitiram observar que em nenhum dos tratamentos houve 100% de sobrevivência dos tocos (Figura 15).

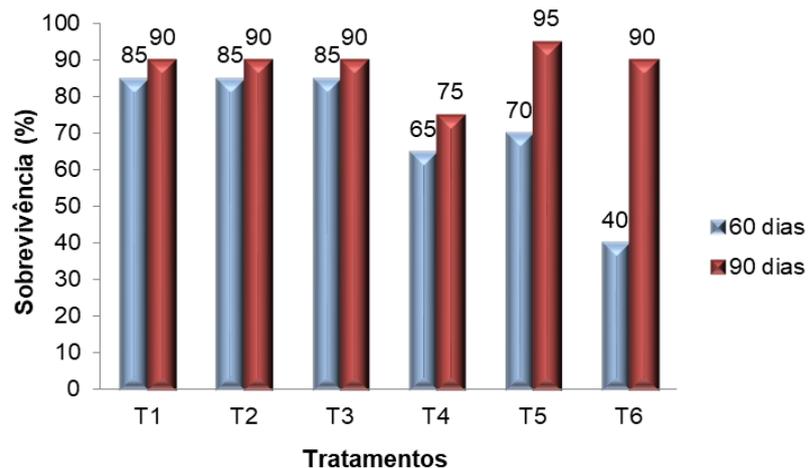


Figura 15 – Percentual da capacidade de sobrevivência dos tocos em função dos tratamentos e do período de coleta de dados.

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

No segundo período de coleta (aos 90 dias), os maiores incrementos percentuais de sobrevivência, em relação à primeira coleta, foram observados nos tratamentos T4 (+10%), T5 (+25%) e T6 (+50%). Estes resultados chamam a atenção pelas formas de passadas do trator *forwarder* nas linhas de tocos, indicando que o adicional de carga não afetou negativamente a emissão de brotações. Houve, portanto, um retardamento na emissão das brotações sem impedi-las de serem emitidas futuramente.

No geral, o clone apresentou boa capacidade de brotação. Camargo et al. (1997) realizaram estudo semelhante, porém com o uso de um machado ao avaliar a influência da perda de casca, realizada intencionalmente, com o intuito de simular danos causados pelos pneus de tratores utilizados na extração florestal, onde perceberam que a capacidade de sobrevivência de *Eucalyptus grandis*, 90 dias após o corte, foi inversamente proporcional à área de descolamento da casca, com valores variando entre 98% para tocos intactos e 85% para tocos com maior área danificada.

Camargo et al. (1997) afirmam que as vantagens relacionadas aos elevados valores de sobrevivência encontrados desde a primeira rotação estão atreladas à redução na necessidade de substituição do material genético, através da reforma, levando a uma melhor relação no benefício-custo.

A Tabela 6 mostra o percentual de tocos esmagados, escoriados e intactos, encontrados em cada um dos tratamentos.

Tabela 6 – Percentual de tocos danificados em função dos tratamentos relacionados às formas e números de passadas do forwarder nas linhas de toco.

Tratamento	Esmagados (%)	Escoriados (%)	Intactos (%)
T1	0	40	60
T2	10	55	35
T3	25	60	15
T4	50	40	10
T5	5	80	15
T6	25	70	5

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

Ao analisar o tratamento relacionado a uma passada vazia e uma carregada do trator *forwarder* (Tratamento T4), pôde-se perceber que houve um número significativo de tocos escoriados (40%) e que metade dos tocos que compuseram o tratamento estavam esmagados. Tais valores refletiram, portanto, no grau de falhas encontrado neste tratamento (Figura 15). Apesar das falhas, houve uma resposta favorável na sobrevivência dos tocos, o que levou a perceber que mesmo nos casos em que sua estrutura foi parcialmente danificada, seu processo fisiológico respondeu de forma positiva, levando a planta a emitir brotações. O percentual de tocos escoriados, observado na Testemunha, pode ser justificado pelo dano causado no ato da retirada da madeira da área de corte para a margem da estrada, antes mesmo da determinação da área do experimento.

Os danos mecânicos provocados nos tocos muitas vezes causam a perda de casca total ou parcial dos mesmos, levando à redução da taxa de emissão de brotações (KLEIN et al., 1997), justificando os resultados encontrados no presente estudo, em que os tratamentos que apresentaram maiores percentuais de escoriações estavam relacionados àqueles em que houve menores taxas de brotações aos 60 dias, apesar da estabilização aos 90 dias.

No que se refere aos danos por escoriações, não foram percebidas relações diretas em relação ao número e forma de passadas pelo trator *forwarder* sobre as linhas de tocos, considerando os tratamentos avaliados.

Foram observados os mesmos valores percentuais de tocos esmagados (25%) para os tratamentos em que houve duas passadas sem carga (Tratamento

T3) e duas com carga (Tratamento T6), indicando que, nestes casos, a aplicação da carga não influenciou no percentual do dano em questão.

Na realização de uma pesquisa semelhante ao presente estudo, Jacovine et al. (2005) avaliaram o percentual de tocos danificados no subsistema *harvester + forwarder*, chegando a constatar que 18,8% dos tocos apresentavam algum tipo de dano, enquanto que no subsistema onde foi realizado o corte com motosserra e extração de forma manual não foram observados danos.

Nos tratamentos em que houve uma passada vazia e uma carregada (T4) e duas carregadas (T6), observaram-se os menores números de tocos intactos.

4.2.2 Vigor das brotações

O clone apresentou elevado número de brotos, não havendo diferença significativa entre as médias observadas, 60 dias após o corte da floresta; a mesma tendência foi também constatada aos 90 dias (Tabela 7).

Tabela 7 – Número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), número de inserção de galhos no broto de maior altura (INSG) e diâmetro de copa (DIAMC) aos 60 e 90 dias após o corte das árvores.

Tratamento	60 dias			90 dias				
	NBR	ALTB	DIAMB	NBR	ALTB	DIAMB	INSG	DIAMC
T1	12,3 a	28,4 a	3,7 a	19,1 a	59,7 b	3,8 a	17,4 a	104,0 a
T2	12,5 a	23,8 a	3,0 a	21,9 a	69,3 a	3,3 a	15,4 abc	116,6 a
T3	12,5 a	21,5 a	2,9 ab	20,0 a	57,5 b	3,8 a	17,3 ab	97,2 a
T4	21,1 a	20,3 a	2,3 b	28,3 a	56,6 b	2,9 a	15,3 abc	100,2 a
T5	16,5 a	22,4 a	2,7 ab	15,3 a	53,4 b	2,7 a	14,1 bc	94,1 a
T6	13,6 a	18,9 a	2,5 ab	21,1 a	43,9 b	2,5 a	13,1 c	69,9 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t, com correção de Bonferroni, $p < 0,008$.

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

O tratamento T5 apresentou menor dispersão entre os valores observados por tratamentos, sendo que 50% dos tocos apresentavam entre 8 a 20 brotos (Figura 16). O tratamento T4 houve um acréscimo de, em média, 7,2 brotos por cepa, no segundo período de coleta, o que representou um aumento de 34% de novos brotos. No entanto, o surgimento de novos brotos foi mais expressivo nos tratamentos T1 (55%), T2 (75%), T3 (60%) e T6 (55%). Foi constatada uma redução no incremento

de brotação aos 90 dias para o tratamento T5, o que provavelmente ocorreu em virtude de fatores externos, não estando correlacionada ao tratamento em questão.

Foi observado comportamento semelhante entre as médias das alturas dos brotos, aos 60 dias após o corte, contudo, aos 90 dias, a fileira submetida a uma passada com o trator descarregado (T2) indicou superioridade em relação aos demais tratamentos. Na Figura 16 é possível observar que este tratamento apresentou maior média de altura e simetria entre os dados coletados. Pode-se afirmar que, em um mês, as brotações de todos os tratamentos dobraram o seu crescimento em altura, evidenciando o rápido crescimento inicial dos brotos.

Para o diâmetro dos brotos, a Testemunha (T1) e o tratamento submetido a uma passada com o trator descarregado (T2) foram semelhantes entre si e superiores ao tratamento T4, aos 60 dias após o corte. Aos 90 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Estes resultados indicam que as brotações dos tratamentos que inicialmente apresentaram maior destaque se desenvolveram muito pouco em diâmetro; em contrapartida, os brotos mais finos conseguiram se desenvolver mais rapidamente até se igualarem estatisticamente aos demais superiores.

Em relação ao incremento em diâmetro, percebeu-se que dentro de um mês os brotos dos tratamentos T3 e T4 cresceram em 31% e 26%, respectivamente, sendo estes os valores mais expressivos, enquanto que os tratamentos T5 e T6 se mantiveram constantes. Os tratamentos apresentaram medianas semelhantes, porém o tratamento T3 apresentou maior grau de dispersão dos dados em torno da média (Figura 16) e um *outlier* (ponto discrepante), em virtude da presença de uma cepa de 14 cm, quando o limite máximo observado foi de aproximadamente 6 cm de diâmetro

A Testemunha (T1) apresentou superioridade na média do número de inserção de galhos no broto da maior altura quando comparada aos tratamentos T5 e T6, sugerindo que a carga transportada no processo de extração pelo *forwarder* influenciou negativamente o surgimento de galhos. Os tratamentos T2 e T5 apresentaram dados mais homogêneos e simétricos (Figura 16).

O estudo da copa das árvores se faz importante já que esta se apresenta muitas vezes correlacionada ao seu crescimento em diâmetro (SILVEIRA et al., 2015) e altura (WINK et al., 2012). No tratamento T6, relacionado às duas passadas carregadas sobre a linha de tocos, houve uma retração em aproximadamente 67%

em relação àquele em que foi encontrado o maior diâmetro de copa (Tratamento T2). A maior média de copa foi observada no Tratamento T2, onde também foi constatada menor dispersão e maior simetria entre os valores observados (Figura 16). Estatisticamente não foi observada diferença significativa entre os tratamentos.

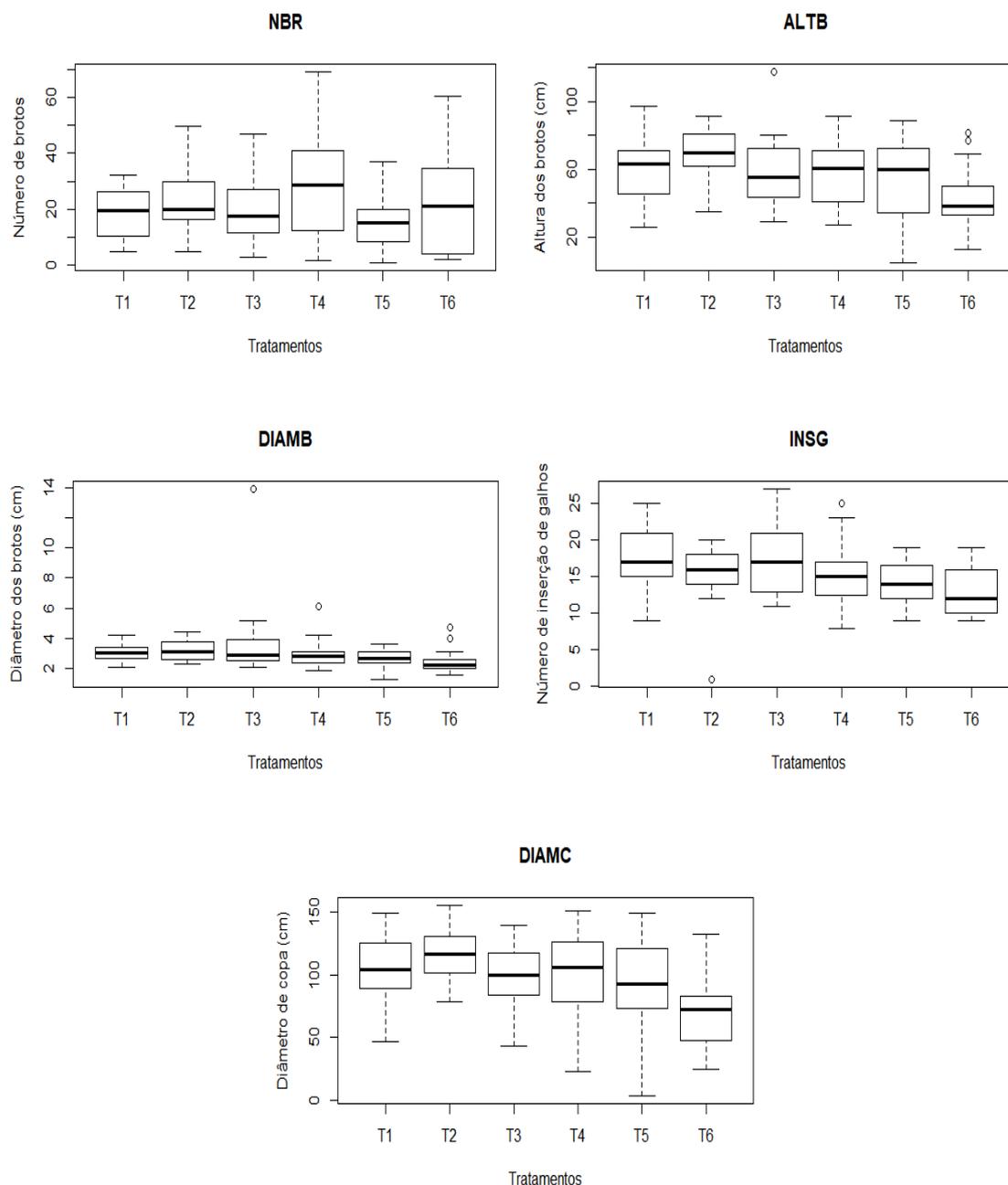


Figura 16 – Boxplot das observações obtidas para o número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), número de inserção de galhos no broto de maior altura (INSG) e diâmetro de copa (DIAMC), aos 90 dias após o corte das árvores.

*Tratamentos: T1: Testemunha; T2: Uma passada com o trator descarregado; T3: Duas passadas com o trator descarregado; T4: Uma passada com o trator descarregado e uma passada carregado; T5: Uma passada com o trator carregado; T6: Duas passadas com o trator carregado.

A correlação de Pearson indicou que não houve significância para a maioria das variáveis estudadas (Tabela 8).

Tabela 8 – Coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis: número de brotos (NBR), altura dos brotos (ALTB), diâmetro dos brotos (DIAMB), número de inserção de galhos no broto de maior altura (INSG), diâmetro de copa (DIAMC).

	NBR	ALTB	DIAMB	INSG	DIAMC
NBR	1,000				
ALTB	0,120 ^{ns}	1,000			
DIAMB	0,079 ^{ns}	0,638 ^{ns}	1,000		
INSG	0,032 ^{ns}	0,577 ^{ns}	0,814*	1,000	
DIAMC	0,123 ^{ns}	0,979**	0,595 ^{ns}	0,602 ^{ns}	1,000

* Significativo ao nível 5% de probabilidade. ** Significativo ao nível 1% de probabilidade. ^{ns} não significativo.

A correlação de Pearson foi realizada como forma de complementação do teste de médias, tendo como objetivo avaliar as relações entre as variáveis silviculturais, não estando estas correlacionadas aos tratamentos avaliados no estudo com o *forwarder*. Percebeu-se que o diâmetro de brotos (DIAMB) esteve correlacionado com a inserção de galhos nos brotos de maiores alturas. A maior capacidade fisiológica mostrada naqueles tocos com maiores diâmetros dos brotos foi também uma condição favorável para que houvesse, nestes casos, uma maior inserção de galhos.

As variáveis diâmetro de copa (DIAMC) e altura dos brotos (ALTB) mostraram-se correlacionadas positivamente. Desta forma, pode-se afirmar que o aumento do diâmetro de copa tende a aumentar a eficiência da taxa fotossintética favorecendo o crescimento da planta em altura. Tonini e Arco-Verde (2005) observaram essa mesma tendência ao relacionar o diâmetro de copa com a altura e o DAP (diâmetro à altura do peito) de árvores das espécies castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos para os experimentos 1 (*skidder*) e 2 (*forwarder*) foi possível obter as seguintes conclusões:

- Os tratamentos T5 e T6, relacionados às passagens dos tratores *skidder* e *forwarder* com carga sobre a linha de tocos, não mostraram grandes variações percentuais na capacidade de sobrevivência dos tocos (falhas), quando comparados às Testemunhas.
- As formas e o número de passadas do trator *skidder* sobre as linhas de tocos não interferiram no vigor das brotações, aos 120 dias após o corte das árvores.
- Sobre o experimento com o trator *forwarder*, o tratamento T2, referente ao deslocamento do mesmo sobre a linha de tocos com apenas uma passada vazia, mostrou maior destaque em relação à altura dos brotos, quando comparado aos demais tratamentos. Os tratamentos T5 e T6, referentes a uma ou duas passadas carregadas, respectivamente, sobre a linha de tocos, indicaram inferioridade no surgimento de novos galhos, quando comparados à Testemunha, para o período de 90 dias após o corte das árvores.
- A correlação de Pearson mostrou relação positiva apenas entre as variáveis diâmetro de brotos e número de brotos, para o período de 120 dias, quando da avaliação pelo trator *skidder*.
- Houve uma relação diretamente proporcional entre as variáveis diâmetro de copa e altura dos brotos, bem como entre as variáveis inserção de galhos e diâmetro de brotos, para o período de 90 dias após o corte das árvores, quando da avaliação pelo trator *forwarder*.
- Observa-se a necessidade de avaliações dos tratamentos analisados por períodos superiores a 120 dias (*skidder*) e 90 dias (*forwarder*), de forma a

observar o comportamento dos respectivos parâmetros em fase mais avançada do processo de desenvolvimento das brotações.

REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Sistemas de Monitoramento Agrometeorológico**. Brasília: Embrapa (Informática Agropecuária). Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/graficoMicrorregiao.jsp?siglaUF=BA>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- ANDRADE, H. B.; BENEDETTI, V.; MADASCHI, J. C.; BERNARDO, V. Aumento da produtividade da segunda rotação de eucalipto em função do método de desbrota. **Série Técnica do IPEF**, v. 11, n. 30, p. 105-116, 1997.
- BALLONI, E. A.; SILVA, A. P. **Condução de touças de *Eucalyptus***: resultados preliminares. Boletim Informativo do IPEF, Colombo, v. 6, n. 16, 1978, p. b1-8.
- BLAKE, T. J. Coppice system for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. **Australian Forest Research**, v. 3, n. 3/4, p. 279-291, 1983.
- CAMARGO, F. R. A.; SILVA, C. R.; STAPE, J. L. Resultados experimentais da fase de emissão de brotação em *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 115-122, 1997.
- CATERPILLAR. **Tratores florestais de rodas – 525D/535D/545D/555D**. 2015. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/70586732-525d-535d-545d-555d-tratores-florestais-de-rodas.html>>. Acesso em: 15 fev. 2019.
- DEDECECK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 383-390, 2005.
- FENNER, P. T. Compactação do solo. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 426-447.
- FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P. Compactação de um latossolo vermelho causada pelo tráfego do “Forwarder”. **Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 279-284, 2003.
- FERRARI, M. P.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005, 28 p. (Embrapa Floresta. Documentos, 104).
- FIEDLER, N. C.; CARMO, F. C. A.; SÃO TEAGO, G. B.; CAMPOS, A. A.; SILVA, E. N. Análise da qualidade da colheita florestal de eucalipto em diferentes declividades. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 22, n. 1, 2013.
- FREITAS, L. C.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; JACOVINE, L. A. G. Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em dois módulos. **Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 313, p. 292-303, 2007.
- GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER,

A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 6-27, 2013.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; BEHLING, M.; ALVES, J. M.; PIZZI, G. T.; ANGELI, A. Produtividade de plantações de eucalypto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 411-419, 2014.

GRAÇA, M. E. C.; TOTH, V. B. R. **Rebrota de *Eucalyptus dunnii***: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. Colombo-PR: EMBRAPA (Boletim de Pesquisa Florestal), n. 20, p. 49-57, 1990.

HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. **Avaliação da brotação de treze espécies de *Eucalyptus* na região de Uberaba – MG**. Colombo-PR: EMBRAPA (Boletim de Pesquisa Florestal), n. 22/23, 1991, p. 79-86.

HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. Capacidade de brotação em subgêneros e espécies de *Eucalyptus*. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 23-30, 1997.

JACOVINE, L. A. G.; REENDE, J. L. P.; SOUZA, A. P. S.; LEITE, G. L.; TRINDADE, C. Descrição de uma metodologia para avaliação dos custos da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 143-160, 1999.

JACOVINE, L. A. G.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; MINETTI, L. J. Avaliação da qualidade operacional e cinco subsistemas de colheita florestal. **Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005.

KABEYA, D.; SAKAI, S. The relative importance of carbohydrate and nitrogen for the resprouting ability of *Quercus crispula* seedlings. **Annals of Botany**, v. 96, p. 479-488, 2005.

KLEIN, J. E. M.; BORTOLAS, E. P.; ASSIS, T. F.; PERRANDO, E. R. Fatores operacionais que afetam a regeneração do *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 95-104, 1997.

LADIGES, P.Y.; ASHTON, D. H. A comparison of some populations of *Eucalyptus viminalis* Labill. **Australian Journal of Botany**, v. 22, p. 81-102, 1974.

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem do desempenho da extração de madeira pelo "forwarder". **Árvore**. Viçosa, v. 38, n. 5, p. 879-887, 2014.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 46-73.

LIRA FILHO, J. A. **Impactos ambientais da exploração florestal de madeira numa área de floresta plantada em região acidentada, Vale do Rio Doce, MG**.

Viçosa-MG: UFV, 1993, 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

LOPES, S. E. **Compactação de um latossolo submetido ao tráfego de máquinas de arraste de madeira.** Viçosa-MG: UFV, 2003, 62 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; VIEIRA, L. B.; MACHADO, C. C.; RINALDI, P. C. N. Compactação de um solo de uso florestal submetido ao tráfego de arraste de madeira. **Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 369-376, 2006.

LOPES, H. N. S. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma.** Viçosa-MG: UFV, 2012, 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

LUZ, D. S.; FREITAS, L. C.; PRATES, C. J. N.; BARROS, A. P. S. Influência da altura e diâmetro dos tocos na rebrota de *Eucalyptus* spp. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 39-45, 2018.

MACHADO, C. C.; IGNÁCIO, S. A.; DO VALE, A. B.; SOUZA JUNIOR, H. S. Efeito da extração de madeira com guincho arrastador na brotação do *Eucalyptus alba*. **Árvore**, Viçosa, n. 14, v. 1, p. 55-60, 1990.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008, 501 p.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; CASTRO, G. P. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 15-45.

MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; SILVA, K. R. Análise técnica e econômica do forwarder em três subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 91-297, 2004.

MORAES, A. C. **Análise do treinamento de operadores de máquinas de colheita de madeira.** Viçosa-MG: UFV, 2012, 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, V. A. B.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; LEAL, P. G. L. Raízes e tocos de mudas de *Eucalyptus* como fonte de nutrientes para brotações. **Árvore**, v. 18, p. 22-32, 1994.

OLIVEIRA, C. H. R. **Decepa de plantas jovens de clones de eucalipto e condução da brotação em um sistema agroflorestal.** Viçosa-MG: UFV, 2006, 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, C. H. R.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; XAVIER, A.; STOCKS, J. J. Área foliar e biomassa de plantas intactos e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 59-68, 2008.

PAULA NETO, F.; PEREIRA, A. R.; BRANDI, R. M.; PAIVA, H. N. Fatores que influem no desenvolvimento de brotações em povoamento de eucaliptos. **Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 133-139, 1982.

PEREIRA, A. R.; REGAZZI, A. S.; RIBEIRO, S. C.; RAMALHO, L. R. Efeito do diâmetro dos tocos no desenvolvimento de brotações de *Eucalyptus* spp. **Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 215-20, 1980.

PEREIRA, D. P.; FIEDLER, N. C.; GUIMARÃES, P. P.; MÔRA, R.; BOLZAN, H. M. R.; PLASTER, O. B. Avaliação da qualidade do corte florestal com motosserra. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 197-203, 2012.

PICANCIO, A. C. S.; ISBAEX, C.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T. Controle do processo de produção de carvão vegetal para siderurgia. **Caderno de Administração**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1-17, 2018.

PINCELLI, A. L. P. S. M.; SEIXAS, F.; NUNES, R. Compactação e fertilidade do solo após colheita do eucalipto utilizando *feller buncher* e *skidder*. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 191-198, 2014.

REIS, M. G. F.; KIMINS, J. P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de broto de *Eucalyptus* spp. **Árvore**, Viçosa, v. 10, p. 112-125, 1986.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997.

RIBEIRO, F. A.; MACEDO, P. R. O.; MENDES, C. J.; SUITER FILHO, W. Projeto: Segunda rotação de eucaliptos. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 11, p. 23-29, 1987.

SALMERON, A. A mecanização da exploração florestal. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 88, p. 1-11, 1980.

SAMPIETRO, J. A.; LOPES, S. Compactação de cambissolo causada por máquinas de colheita florestal especializada com geoestatística. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 3, p. 307-314, 2016.

SEIXAS, F. Potencial de danos dos sistemas de colheita de madeira no solo e nos tocos. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 63-78, 1997.

SEIXAS, F.; CASTRO, G. P. Extração. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 106-160.

SILVEIRA, B.D.; FLORIANO, E. P.; NAKAJIMA, N. Y.; HOSOKAWA, R. T.; ROSOT, N. C.; GRACIOLI, C. R. Relação da morfometria e competição com o crescimento de *Trichilia clausenii* em um fragmento de floresta semidecidual, RS. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 373-382, 2015.

SIMÕES, J. W.; KROGH, H. J. O.; CIERO NETO, A. D.; POMPEU, R. M. Efeito do vigor das árvores sobre a brotação das touças de eucalipto. **IPEF**, n. 5, p. 51-56, 1972.

SIMÕES, J. W.; COTO, N. A. S. Efeito do número de broto e da fertilização mineral sobre o crescimento da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith em segunda rotação. **IPEF**, v. 31, p. 23-32, 1985.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do forwarder na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 711-720, 2010.

SOUZA, A. J.; ZEN, S.; GIBERTONI, P. E.; SANCHEZ, O. A. Observações preliminares de alguns fatores que afetam a brotação do eucalipto. **Circular Técnica do IPEF**, v. 177, p. 1-9, 1991.

SOUZA, F. C.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; ALVES, F. F.; FARIA, R. S.; PEREIRA, M. M. Sobrevivência e diâmetro de plantas intactos e brotações de clones de eucalipto. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 44-54, 2012.

SPSS – Statistical package for the social sciences, versão 23.0: programa de computador, ambiente Windows. EUA: 2014.

STAPE, J. L.; MADACHI, J. C.; BACACICCI, D. D.; OLIVEIRA, M. C. Manejo de brotação de *Eucalyptus* spp: resultados técnico-operacionais. **Circular Técnica do IPEF**, v. 183, p. 1-12, 1993.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 51-62, 1997.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Estatísticas dos municípios baianos**. Salvador: SEI, 2010. v. 1, 414 p.

TEIXEIRA, P. C.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; TEIXEIRA, J. L. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 160, p. 263-271, 2002.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.

VEIGA CAPELA, M.; CAPELA, J. M. V. Elaboração de Gráficos Box-Plot em Planilhas de Cálculo. In: do Congresso de Matemática Aplicada e Computacional. **Anais...** Araraquara: UNESP, 2011, p. 361-64. Disponível em: <<http://sbmac.locaweb.com.br/cmacc/mac-se/2011/trabalhos/PDF/235.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2019.

WALTERS, J. R.; BELL, T. L.; READ, S. Intra-specific variation in carbohydrate reserve and sprouting ability in *Eucalyptus obliqua* seedling. **Australian Journal of Botany**, v. 53, p. 195-203, 2005.

WHITTOCK, S. P.; APIOLAZA, L. A.; KELLY, C. M.; POTTS, B. M. Genetic control of coppice and lignotuber development in *Eucalyptus globulus*. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 57-67, 2003.

WILDY, D. T.; PATE, J. S. Quantifying above - and below - ground growth responses of the western Australian oil mallee, *Eucalyptus kochii* subsp. *plenissima*, to contrasting decapitation regimes. **Annals of Botany**, v. 90, p. 185-197, 2002.

WINK, C.; MONTEIRO, J. S.; REINERT, D. J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 057-067, 2012.

ZEN, S. Influência da altura de corte na brotação de *Eucalyptus* spp. **Série Técnica do IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 11, p. 30-32, 1987.