

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA-UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA FLORESTAL

KAROLINA DOS REIS NUNES

**AVALIAÇÃO DA IRRIGAÇÃO MECANIZADA AUTOMATIZADA POR
CÂMERA RGB EM DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS EM
PLANTIO DE EUCALIPTO**

MONTE CARMELO

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA-UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA FLORESTAL

KAROLINA DOS REIS NUNES

**AVALIAÇÃO DA IRRIGAÇÃO MECANIZADA AUTOMATIZADA POR
CÂMERA RGB EM DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS EM
PLANTIO DE EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares

MONTE CARMELO

2022

KAROLINA DOS REIS NUNES

**AVALIAÇÃO DA IRRIGAÇÃO MECANIZADA AUTOMATIZADA POR
CÂMERA RGB EM DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS EM
PLANTIO DE EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares

Monte Carmelo, 19 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares
Orientador

Prof. Dra. Paula Cristina Natalino Rinaldi
Membro da Banca

Me. Raoni Xavier de Melo
Membro da Banca

MONTE CARMELO

2022

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter me sustentando e amparado durante toda a graduação.

Aos meus pais Adailto Caetano e Lucimar Nazário e a minha irmã Kayene Nunes, agradeço por todo esforço e apoio para esse sonho ser realizado. Essa vitória é também de vocês.

À minha família, agradeço pela formação dos meus princípios e por estarem sempre ao meu lado. Agradeço em especial meus primos Gabriela Ribeiro e Chrystian Saldanha que foram sinônimo de casa durante essa etapa em Monte Carmelo. Agradeço também ao meu afilhado Gabriel Caetano, que apesar da pouca idade, é um dos meus maiores apoiadores.

Aos meus amigos, agradeço por serem meu alicerce durante todo esse período, e por tornarem as situações mais leves.

Meus sinceros agradecimentos ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF pela oportunidade que me proporcionou uma grande experiência profissional e pessoal.

À empresa Bracell, agradeço por todo acolhimento e conhecimento transmitido por cada colaborador, em especial a equipe de Eficiência Florestal que não mediu esforços para me transmitir todos os conhecimentos possíveis.

Ao meu orientador Doutor Alvaro Soares, agradeço por toda confiança, pelo incentivo e por todos conhecimentos passados. Seu apoio foi essencial!

Aos professores e demais colaboradores da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, agradeço por todos ensinamentos e amizades desenvolvidas durante esse período.

A todos que de alguma forma contribuíram com esse trabalho, obrigada!

RESUMO

O aumento no consumo de produtos florestais vem cada vez mais pressionando o setor de plantios florestais, mais especificamente a silvicultura, a entregar madeira de qualidade, com baixo custo e com volume cada vez maior. Essa demanda tem levado o setor florestal a um estado de alerta, já que há uma tendência na redução de mão de obra no campo e assim a busca por inovações tecnológicas se torna crucial para o atual momento. O grande desafio está na mecanização das operações silviculturais. Um exemplo claro disso é a irrigação de plantio, que pouco evoluiu nos últimos anos e basicamente é realizada de forma semimecanizada. Devido a essa demanda, algumas tecnologias vêm sendo testadas para tentar suprir essa carência. Recentemente, foi lançado o irrigador da FMCopling, que possui uma câmera RGB a qual faz a identificação remota da muda e por meio de um software realiza o comando para a liberação de água para irrigação da planta. Assim, este trabalho teve como avaliar a efetividade de um irrigador mecanizado automatizado por câmera RGB, em áreas de plantio de *Eucalyptus* em diferentes condições operacionais, relacionadas ao preparado da área, i.e. com e sem realinhamento, e à direção de movimentação do irrigador, i.e. contra e a favor do sol. Como resultado, foi obtida a média de acertos na identificação de mudas de 91,4%, sem diferença significativa entre as condições operacionais testadas relativas à área de reforma com e sem realinhamento de plantio e relativas à direção da movimentação do trator contra ou a favor do sol. Em relação ao volume de água dispensado por muda, os valores médios obtidos nas simulações de bacia manual e mecanizada apresentaram-se abaixo do valor-meta para o qual o implemento foi calibrado, o que indica a necessidade de uma adequação entre calibração do implemento parado e o volume de água a ser dispensado em movimento. Por fim, a irrigação mecanizada acionada por identificação das mudas por câmera RGB se mostrou altamente promissora.

Palavras-chave: Silvicultura, Mecanização Florestal, Sensoriamento Remoto

ABSTRACT

The increase in the consumption of forest products has been imposing increasing pressure on the forest plantation sector, more specifically on silviculture, to deliver quality wood at low cost and at ever-increasing volumes. This demand has led the forest sector to a state of alert, since there is a tendency to reduce labor in the field and thus the search for technological innovations becomes crucial for the current moment. A big challenge lies in the mechanization of silvicultural operations. A clear example is irrigation, which has evolved little in recent years and is basically carried out in a semi-mechanized manner. Due to this demand, some technologies have been tested to try to fill this need. Recently, the FMCopling irrigator was launched, which has an RGB camera which makes the remote identification of seedlings and, by means of an automatic algorithm, performs the command for the release of water for irrigation. Thus, this work aimed to evaluate the effectiveness of a mechanized irrigator automated by RGB camera in *Eucalyptus* plantations under different operational conditions related to the preparation of the area, i.e. with and without planting realignment, and the direction of movement of the irrigator, i.e. towards or away from the sun. As a result, an average of 91.4% was obtained in the identification of seedlings, with no significant difference between the operational conditions tested in relation to the area preparation with or without planting realignment and in relation to the direction of movement of the tractor towards or away from the sun. Regarding the volume of water dispensed per seedling, the average values obtained in the manual and mechanized basin simulations were below the target value for which the implement was calibrated, which indicates the need for an adjustment between the calibration of the implement when still and the volume of water to be dispensed when moving during operation. Finally, mechanized irrigation triggered by identification of seedlings by RGB camera proved to be highly promising.

Keywords: Silviculture, Forest Mechanization, Remote Sensing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Peças do irrigador mecanizado: Câmera RGB (1), Computador (2), Monitor (3), Tanque (4), Sistema de canecas (5) e Sistema de centrífuga e bomba (6).	12
Figura 2 - Mapa de localização das áreas de estudo.....	13
Figura 3 - Áreas de reforma sem realinhamento (A) e com realinhamento (B).....	13
Figura 4 - Método usado para calibração do equipamento.....	15
Figura 5 - Lonas colocadas para coleta de água por bacia.....	15
Figura 6 - Esquema demonstrativo das dimensões das bacias manuais e mecanizadas.....	16
Figura 7 - Exemplo de marcador de bacia usado no preparo de bacias mecanizadas	16
Figura 8 - Médias de efetividade testada para diferentes condições de área e para sentido de caminhamento do trator	18
Figura 9-Médias das quantidades de água captadas em bacias manuais e bacias mecanizadas	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teste de média avaliando condição de área e sentido de movimentação do trator. 18

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO	10
2) OBJETIVO.....	11
3) MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1) DESCRIÇÃO DO IMPLEMENTO	12
3.2) ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.3) MÉTRICAS DA QUALIDADE DA OPERAÇÃO.....	14
3.3.1) PERCENTUAL DE MUDAS EFETIVAMENTE IRRIGADAS.....	14
3.3.2) VOLUME DE ÁGUA DISPENSADO POR MUDA.....	14
4) RESULTADOS.....	17
4.1) IDENTIFICAÇÃO DAS MUDAS	17
4.2) VOLUME DE ÁGUA DISPENSADO POR MUDA.....	19
5) CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
8) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1) INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a demanda por produtos florestais tem se intensificado consideravelmente. Segundo o Livro Living Forest Report, estimativas apontam um aumento na demanda mundial de produtos florestais, em especial para energia, celulose e papel (WWF – World Wide Fund For Nature, 2013).

Dados recentes confirmam esta tendência mesmo após o mundo passar por uma pandemia. Segundo a IBÁ (2021) em 2020, a produção de celulose alcançou seu segundo maior volume histórico, totalizando 21 milhões de toneladas. Exemplo de aumento da demanda especialmente no período de pandemia são o papel-cartão, utilizado em embalagens de *delivery*, e o papel ondulado, voltado para o *e-commerce*, que tiveram um aumento de 4,9% em relação a 2019 chegando a 798 mil toneladas produzidas em 2020 IBÁ (2021). Houve aumento de demanda, inclusive, de pisos laminados e painéis de madeira, uma vez que o *home office* vem estimulando a adequação de lares para ambientes mais propícios também ao trabalho IBÁ (2021).

Assim, com o aumento da demanda, o setor florestal vem enfrentando alguns desafios. Os altos custos de insumos, a crescente falta de mão de obra qualificada e as condições subótimas de áreas destinadas aos plantios florestais – tais quais: relevo declivosos, presença de resíduos pós-colheita, déficit hídrico, solo pouco férteis, etc – exigem forte empenho no desenvolvimento de implementos e técnicas de forma a garantir qualidade e eficiência das operações silviculturais (ORLANDA,2013).

Dentre os desafios da implantação florestal, está a mortalidade das mudas no campo. A incapacidade das mudas se manterem hidratadas é a principal causa de mortalidade de espécies florestais após o transplântio (THOMAS, 2008). Para contornar este problema, comumente são realizadas irrigações durante e após o plantio como forma de diminuir mortalidade das mudas. Estas irrigações, quando necessárias, são normalmente realizadas por meio de caminhões pipas ou tratores adaptados, os quais depositam determinada quantidade de água por planta (FONTES,2013). No entanto, esta irrigação constitui uma operação de alto custo, elevando o valor final da cadeia produtiva. Desta forma, melhorias no sentido de aumentar a eficiência e a diminuição dos custos desta operação são imprescindíveis.

Um dos grandes aliados para desenvolvimento tecnológico de operações silviculturais é o sensoriamento remoto. Sensoriamento remoto é definido pelo IBGE como a técnica de obtenção de informações acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra, sem que haja contato físico com o mesmo. Para isso, é utilizado um dispositivo capaz de responder à radiação eletromagnética em determinada faixa de espectro eletromagnético, registrá-la e gerar

um produto numa forma adequada para ser interpretada pelo usuário (ROSA,2009) Um dos espectros utilizados no sensoriamento remoto é o RGB, que consiste num sistema de cores primárias (*Red*-Vermelho, *Green*-Verde, *Blue*-Azul) que compõem as cores das imagens.

Assim, especificamente no que tange ao problema da irrigação, o irrigador mecanizado surge com a proposta de, por meio do acionamento da irrigação com a identificação de mudas por uma câmera RGB, proporcionar irrigação de forma totalmente mecanizada. O funcionamento deste tipo de irrigador mecanizado consiste basicamente no reconhecimento das mudas ao longo da linha de plantio e no disparo de um sistema de canecas acoplada na frente do trator a cada muda identificada.

Um agravante que pode dificultar a automatização da irrigação por câmera RGB é a quantidade de resíduos deixado pela colheita no ciclo anterior. Esse resíduo, além de dificultar a passagem do trator, pode atrapalhar a visualização e a correta identificação das mudas pela câmera. Duas condições são muito comuns nas áreas a serem replantadas: áreas de reforma com e sem realinhamento. Áreas sem a necessidade de realinhamento são normalmente áreas de primeiro ciclo. Logo, nessas condições há menor quantidade de resíduo e baixa quantidade de tocos. Já o realinhamento é necessário em grande parte em áreas posteriores ao segundo ciclo. Estas áreas apresentam maior quantidade de resíduo resultante de plantios subsequentes e, conseqüentemente, maior quantidade de tocos, o que dificulta a movimentação de máquinas e implementos.

Outro possível gargalo, está ligado à tecnologia da câmera de RGB. Por se tratar de um identificador de imagem, a presença de sombra ou mesmo a incidência direta de radiação intensa pode dificultar a correta identificação das mudas. Desta forma, o sentido da movimentação da operação, seja contra ou a favor do solo, pode afetar a identificação das mudas.

2) OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho consiste em avaliar a efetividade de um o irrigador mecanizado automatizado por câmera RGB, em áreas de plantio de *Eucalyptus* em diferentes condições operacionais, relacionadas ao preparado da área, i.e. com e sem realinhamento, e à direção de movimentação do irrigador, i.e. contra e a favor do sol.

3) MATERIAL E MÉTODOS

3.1) DESCRIÇÃO DO IMPLEMENTO

O irrigador mecanizado utilizado neste trabalho é composto por (Figura 1):

1. Câmera RGB
2. Computador com software da empresa FmCoping – responsável pelo reconhecimento das imagens
3. Monitor para acompanhamento das plantas
4. Tanque de 6 mil litros
5. Sistema de canecas
6. Sistema de centrífuga e bomba capaz de operar com dois sistema de canecas

Este irrigador foi acoplado em um trator da marca Massey Ferguson com potência de 115 cv

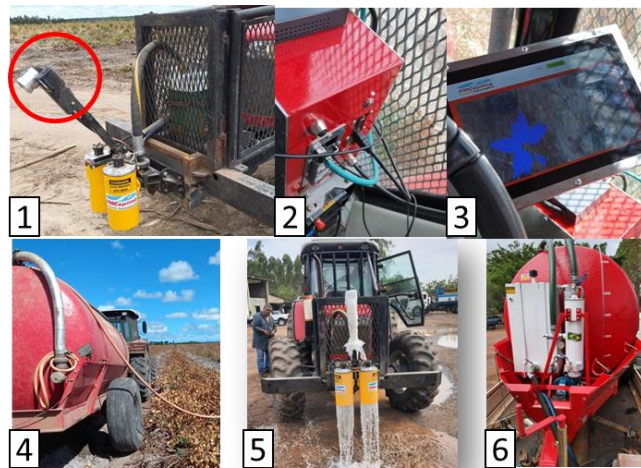


Figura 1 - Peças do irrigador mecanizado: Câmera RGB (1), Computador (2), Monitor (3), Tanque (4), Sistema de canecas (5) e Sistema de centrífuga e bomba (6). Fonte: Leonardo Antero

3.2) ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em fazendas da empresa Bracell, localizadas no município de Alagoinhas-Bahia (Figura 2), entre as coordenadas geográficas 12°08'01'' latitude sul e 38°25'25'' longitude oeste, com altitude média de 130 m. Em Alagoinhas o verão é longo, com temperaturas elevadas. Essa estação quente permanece por cerca de 6 meses, indo de novembro a abril, com média de 33 °C. Já a estação fresca (outono e inverno) permanece por 6 meses, com temperaturas médias de 29 °C.

O solo presente em grande parte das fazendas da empresa, é caracterizado pela grande presença de areia e pouca argila, de uma textura leve e granulosa, e impermeável à água.

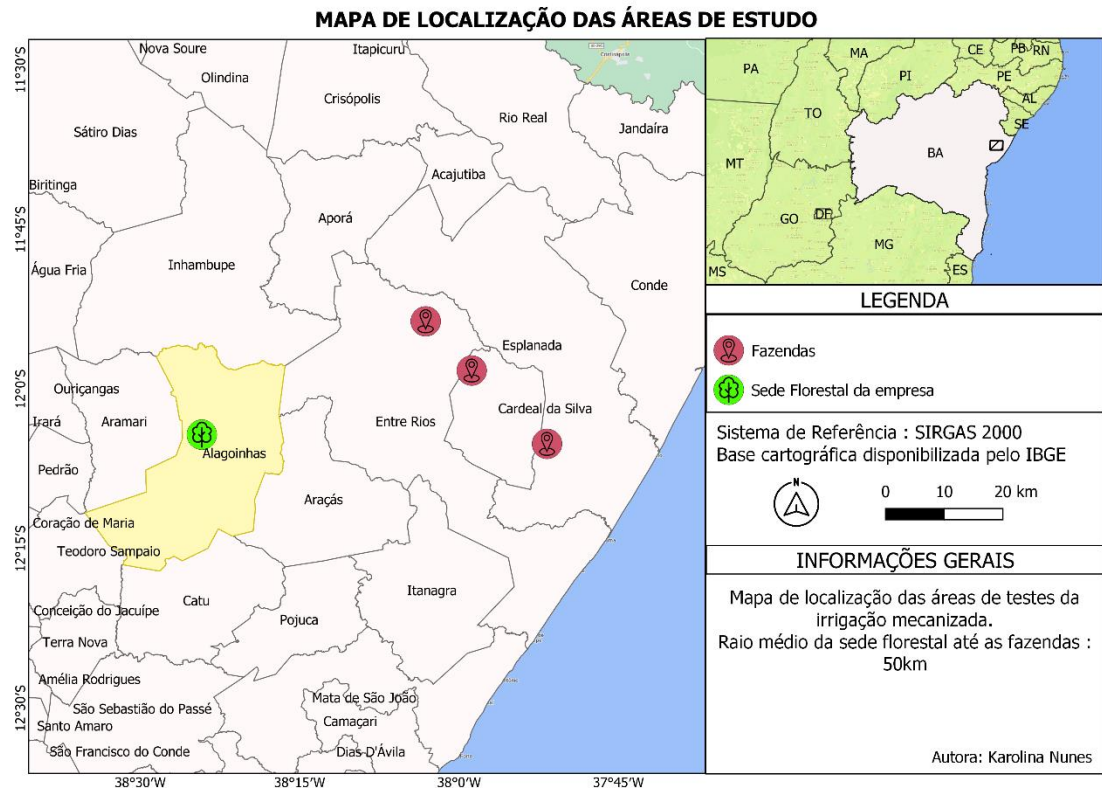


Figura 2 - Mapa de localização das áreas de estudo.

Foram realizados testes em duas condições operacionais relacionadas à área. A primeira condição consistia em áreas de reforma sem realinhamento, onde observa-se menor presença de tocos e resíduos (Figura 3 - A). A outra consistiu em área de reforma com realinhamento, onde, em contraste com as áreas sem realinhamento, observa-se maior presença de tocos e resíduos (Figura 3 - B).



Figura 3 - Áreas de reforma sem realinhamento (A) e com realinhamento (B)

3.3) MÉTRICAS DA QUALIDADE DA OPERAÇÃO

A qualidade da operação de irrigação mecanizada automática foi avaliada por duas abordagens. O percentual de mudas efetivamente irrigadas e o volume de água efetivamente alocado na posição da muda.

3.3.1) PERCENTUAL DE MUDAS EFETIVAMENTE IRRIGADAS

Primeiramente, foi avaliada a capacidade de a câmera RGB identificar corretamente as mudas e, conseqüentemente, irrigá-las. Para essa avaliação, foi contado o número de mudas pelas quais o implemento passou (n), o número de mudas irrigadas não irrigadas (e), ou seja, que o sensor não detectou. A variável avaliada foi o percentual de mudas corretamente irrigadas (a) dado por:

$$a = \frac{(n - e)}{n} \times 100$$

Com esse percentual, foi avaliada também a efetividade da irrigação sob duas diferentes condições operacionais relativa à luminosidade por consequência da direção do implemento a favor ou contra o sol. Assim, avaliou-se o percentual de acertos em condições em que o trator se movimentava a favor do Sol e em condições em que o trator se movimentava contra o sol.

Desse modo, foram avaliados 41 pontos amostrais, distribuídos em 7 talhões. Os dados de efetividade da irrigação, ou seja, percentual de acerto (a), foram submetidos a análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida. As parcelas foram constituídas pelas duas condições de reforma, com ou sem realinhamento, e as subparcelas foram constituídas pelas duas direções, contra e a favor do sol. Antes de realizar a ANOVA foi checada a pressuposição de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e para a homocedasticidade pelo teste de Bartlett. Todos os processamentos foram realizados no software R v 4.1.3 (R Core Team, 2021) e para todos os testes foi adotada a significância de 5%.

3.3.2) VOLUME DE ÁGUA DISPENSADO POR MUDA

Na empresa em que foram realizados os testes, o padrão de qualidade estabelecido da irrigação é de quatro litros por muda. Por isso além da correta detecção das mudas pelo sensor para liberação da água, é importante garantir o volume estabelecido a ser despejado por muda, já que o trator identifica e libera água de forma simultânea e com o trator em movimento.

Para isso, anteriormente foi realizada a calibração do implemento. Posteriormente, com o trator parado, foram posicionados baldes abaixo das duas canecas dispensadoras e, então, foi

simulada a passagem de mudas pela câmara. Assim, quando disparado o sistema, a água era liberada e quantificada com uso de uma balança (Figura 4). Caso a quantidade estivesse maior ou menor do que o esperado, era regulada a bomba para tentar chegar na quantidade ideal. Assim que atingiu quatro litros, o equipamento era considerado como calibrado.



Figura 4 - Calibração do equipamento Fonte: Leonardo Antero

Após a calibração, foram instaladas, no campo, lonas em covas e deixada uma muda sobre a posição de cada cova (Figura 5). Desta foram, com a passagem do trator e identificada a muda, ocorria a liberação da água que, posteriormente, foi quantificada por cova.



Figura 5 - Lonas colocadas para coleta de água por bacia

Assim foi avaliado o volume de água depositado pela irrigação mecanizada em duas condições: covas feitas de forma manual e covas feitas de forma mecanizada (Figura 6) . Nas operações desta empresa as covas manuais circulares, com cerca de 30 cm de diâmetro e 30 cm de profundidade, feitas com auxílio de uma enxada, já as covas mecanizadas têm formato elíptico com cerca de 70 cm de diâmetro maior, cerca de 30 cm de diâmetro menor e em torno de 20 cm de profundidade, feitas usando um marcador de covas implementado junto a subsolagem (Figura 7).

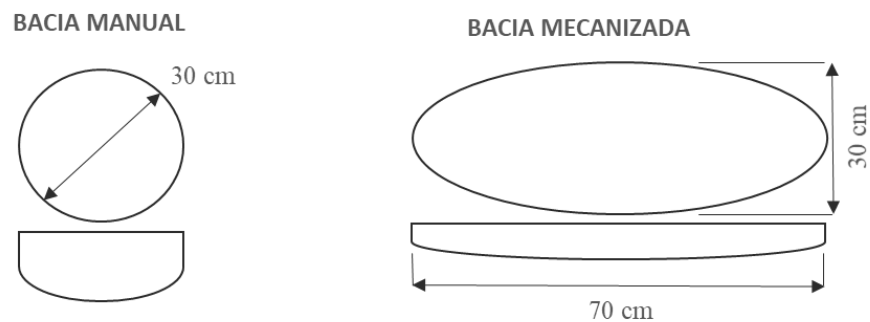


Figura 6 - Dimensões das covas manuais e mecanizadas



Figura 7 - Exemplo de marcador de cova usado no prepara de bacias mecanizadas Fonte: Bizmaq

Para quantificar o volume de água despejado por cova, um copo foi utilizado para transferir o volume de água de cada cova para um balde e este foi pesado em uma balança com unidades em kg com precisão de três casas decimais.

Para checar se houve diferença significativa entre o volume médio despejado por cova - em covas mecanizadas e manuais - em relação ao valor-meta de quatro litros, foi utilizado o teste t para uma amostra:

$$t_i = \frac{\bar{x}_i - \mu}{\frac{s_i}{\sqrt{n_i}}}$$

em que: \bar{x}_i é a média dos volumes de água quantificados por cova, μ é o volume-meta de 4,0 L, s_i é o desvio padrão amostral destes volumes, n_i é a quantidade de covas nas quais foram feitas as quantificações, e o índice i se refere ao método de coveamento: manual ou mecanizado.

Além disso, foi realizado também um teste t para duas amostras para checar se houve diferença significativa o volume médio despejado por cova mecanizada em relação a cova manual:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) \times s_1^2 + (n_2 - 1) \times s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \times \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

em que: os índices 1 e 2 se referem aos métodos de coveamento manual e mecanizado, respectivamente e os outros símbolos como especificado acima.

Por fim, foi realizado também um cálculo do tamanho amostral para número de covas que idealmente deveriam ter sido medidas para a simulação de irrigação mecanizada e manual, já que por questões operacionais foi possível coletar apenas 11 repetições, sendo 6 com bacias mecanizadas e 5 com bacias manuais, como mencionado anteriormente. O cálculo do tamanho ideal da amostra foi realizado individualmente cada método de coveamento - manual e mecanizado-, considerando um erro máximo de 5%:

$$n_{ideal} = \frac{t^2 \times cv^2}{erro^2}$$

em que cv = coeficiente de variação (%) do volume despejado por cova, t = valor tabelado t de Student a 95% de probabilidade e $n-1$ graus de liberdade, n = quantidade de covas em que se mediu a volume de água despejado.

4) RESULTADOS

4.1) IDENTIFICAÇÃO DAS MUDAS

Não houve desvio de nenhuma pressuposição na ANOVA. O teste de Shapiro Wilk apresentou o valor de 0,8341, enquanto os testes de Bartlett para condição, sentido e para interação entre esses apresentou, respectivamente, valores de 0,6622, 0,5455 e 0,3307.

Não houve diferença entre as condições da área nem entre os sentidos de movimentação do trator (Tabela 1). As médias de efetividade na identificação das mudas são apresentadas na Figura 7

Tabela 1 - Teste de média avaliando condição de área e sentido de movimentação do trator.

Fonte de variação	p-valor *
Condição da área	0,6619
Sentido da movimentação	0,2490
Interação entre condição e sentido	0,1493

* p-valor da análise de variância adotando a significância de 0,05

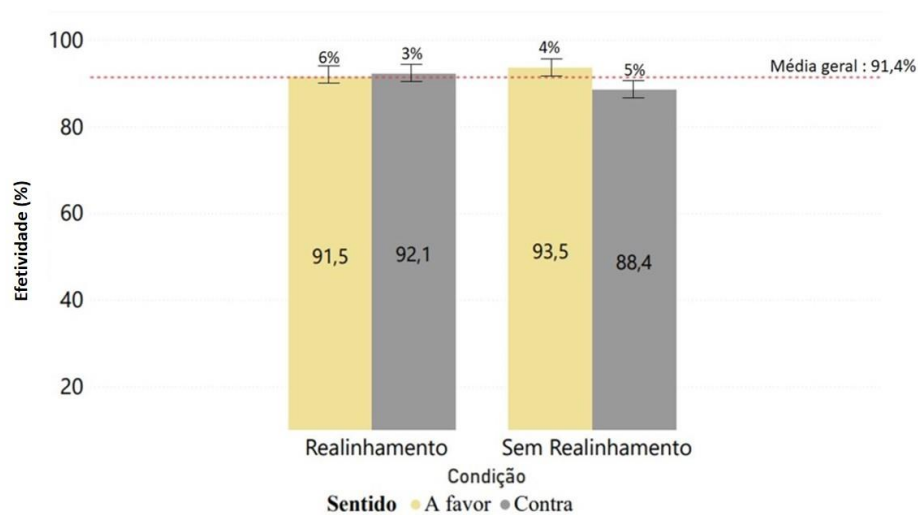


Figura 8 - Médias de efetividade testada para diferentes condições de área e para sentido de caminhada do trator

Os valores de efetividade na identificação das mudas aqui encontrados podem ser considerados promissores. Em um trabalho realizado por MARQUES et al. (2019), foi testado o equipamento na cidade de Itinga, no Maranhão onde através do mesmo método de avaliação, obtiveram 89% de efetividade, valor esse bem próximo do valor encontrado no presente trabalho. Com isso, é provável que se possa aumentar a efetividade da identificação das mudas ao que novos estudos sejam realizados, com câmeras com melhor qualidade da imagem, ajustes na posição da câmera, algoritmos de aprendizado de máquinas para identificação das mudas.

Em adição a elevada efetividade observada, outra importante constatação foi a de que nem as condições de áreas e nem a direção em relação ao sol apresentaram diferença significativa entre si. Esse resultado mostra o quão promissor é a tecnologia, já que caso

houvesse uma diminuição significativa em alguma dessas situações, isto poderia resultar na inviabilidade do equipamento para algumas condições.

Por fim, é necessário ressaltar que por se tratar de uma operação que afeta diretamente a sobrevivência das mudas, o ideal é que 100% das mudas sejam irrigadas. Para isso, além de aprimoramentos no implemento e no sensor, deve-se buscar alta qualidade no preparo da área – com menor quantidade de resíduos, treinamento dos operadores e entre outras pontos que podem afetar a performance da operação.

4.2) VOLUME DE ÁGUA DISPENSADO POR MUDA

Os valores médios de volume de água dispensado para ambas os tipos de irrigação (Figura 8), mecanizada e manual, diferiram-se estatisticamente do valor-meta de quatro litros (p-valores de 0,00033 e 0,00299, respectivamente, no teste t para uma amostra) e entre si (p-valor de 0,01652 para o teste t para amostras independentes) com maior volume médio captado nas covas manuais.

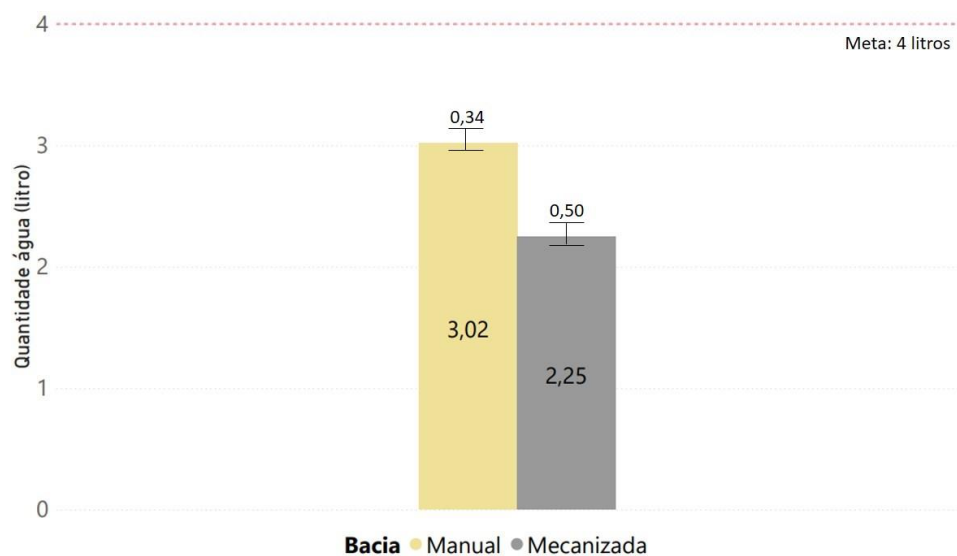


Figura 9-Médias das quantidades de água captadas em bacias manuais e bacias mecanizadas

Estudos internos da equipe de qualidade da empresa indicaram o valor ideal de irrigação para as condições da região de 4 L/muda, tornando assim uma premissa para a irrigação. No entanto, apesar de o implemento ter sido assim calibrado, esta quantidade não era efetivamente depositada nas copas durante a operação.

Dois fatores principais podem explicar este resultado. Um deles é o tempo de reação da câmera, que precisa identificar e acionar as canecas de irrigação. Outro é a irrigação em movimento, que torna velocidade do trator um item de extrema atenção para essa operação. Com isso, apesar de o trator estar calibrado para dispensar 4 litros, parte deste volume pode não chegar à bacia, levando assim uma menor quantidade que o esperado.

Era esperado que a quantidade de água captada em covas manuais fosse menor que nas mecanizadas, por aquelas serem menores que estas, especialmente na dimensão paralela à passagem do implemento. Uma possível explicação para isso pode ser a profundidade da cova que, quando mecanizada, pode ter profundidade mais superficial.

Por fim, o cálculo da suficiência amostral para se obter um erro de amostragem máximo de 5% resultou em 78 pontos amostrais para as bacias mecanizadas e 22 para as bacias manuais. Essa diferença no número de suficiência amostral, pode ser explicada pelo maior desvio padrão amostral encontrado para bacias mecanizadas quando comparada a bacias manuais. Desta forma, sugere-se a realização de novos testes com maior quantidade de pontos amostrados para validar, com maior robustez, os resultados aqui encontrados.

5) CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irrigação mecanizada acionada por identificação das mudas por câmera RGB se mostrou altamente promissora, com média de acertos na identificação de mudas de 91,4%. As condições operacionais testadas relativas à área de reforma com e sem realinhamento de plantio e relativas à direção da movimentação do trator contra ou a favor do sol não resultaram em efeito significativo.

Em relação ao volume de água dispensado por muda, os valores médios obtidos nas simulações de bacia manual e mecanizada apresentaram-se abaixo do valor-meta para o qual o implemento foi calibrado. Além de realizar mais coletas de amostras, é importante também a investigação das possíveis causas da não obtenção do volume estabelecido como meta por muda de forma a garantir a qualidade desta operação e atingir o resultado esperado em relação à minimização da mortalidade de mudas por déficit hídrico.

Logo, dos resultados aqui apresentados, é possível perceber que para a mecanização florestal, todas as operações silviculturais devem ser realizadas sob um forte controle de qualidade. Uma máquina como o irrigador mecanizado, poderá ter seu desempenho afetado por outras operações como o preparo da área. Portanto, é imprescindível o alinhamento de todas as operações às condições específicas das áreas de forma a maior eficiência e qualidade das operações e, por consequência, da produção florestal.

8) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FONTES, Luiz. **Irrigação do eucalipto na fase inicial de desenvolvimento em solos da bacia do Rio Doce.** [S. l.: s. n.], 2013

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2021.** [S. l.: s. n.], 2022. 3-9 p.

ORLANDA, F. J. Q. **Desenvolvimento de máquinas e de implementos para o preparo de solo e plantio.** Série Técnica IPEF, v. 17, n. 38, p. 62-75, 2013.

MARQUES, Murilo *et al.* **Avaliação da automação do irrigador automatizado.** Curitiba-PA: IUFRO, 2019.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto.** [S. l.: s. n.], 2009

THOMAS, D. S **Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting.** Forest Ecology and Management, n.255, p. 1305-1314, 2008.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Living Forests Report.** [S. l.]: WWF, 2012. Disponível em: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/living_forests_report_ch4_forest_products.pdf. Acesso em: 14 nov. 2022.