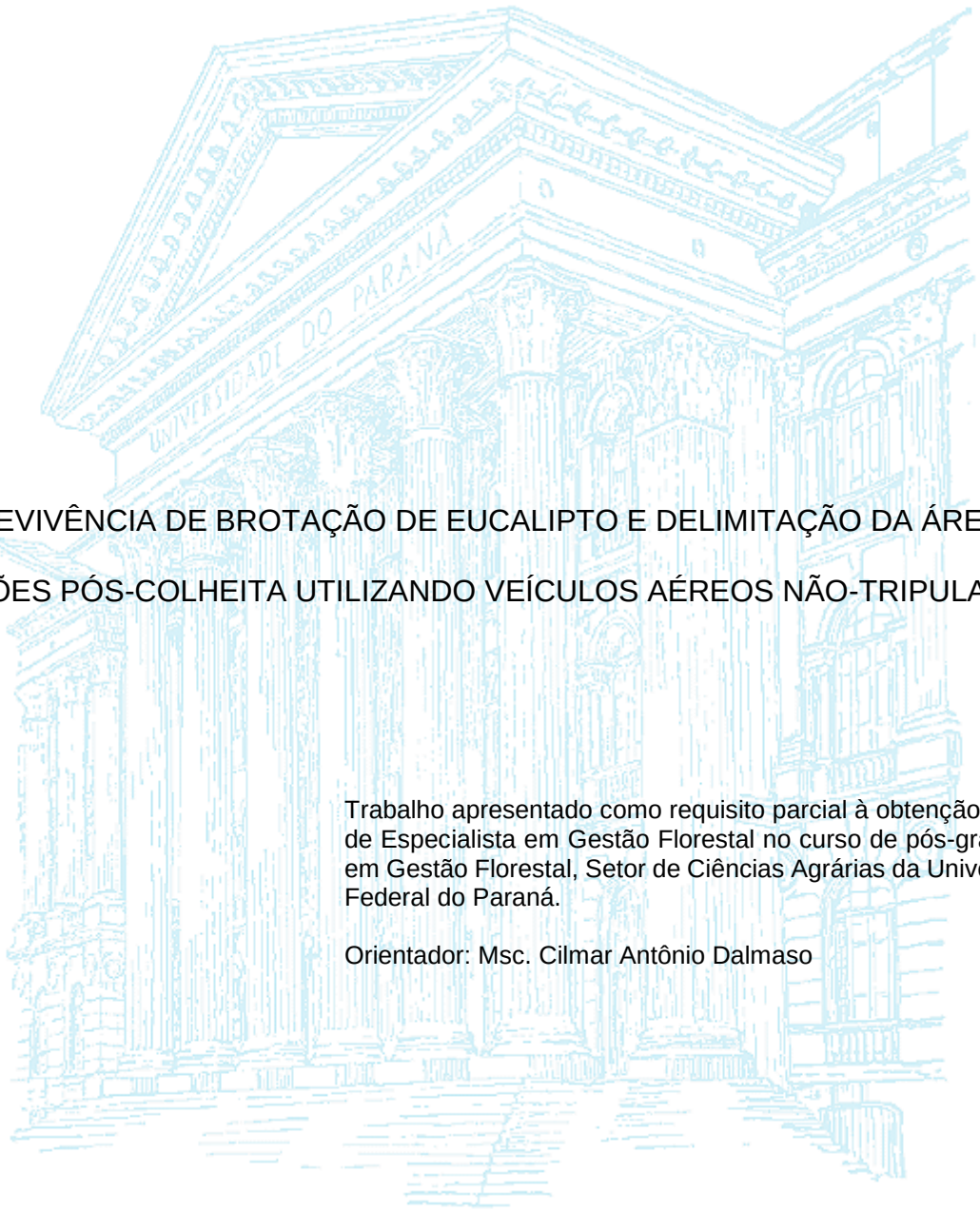
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE REGINA VERGANI

SOBREVIVÊNCIA DE BROTAÇÃO DE EUCALIPTO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE TALHÕES PÓS-COLHEITA UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS

CURITIBA
2015

ALINE REGINA VERGANI



SOBREVIVÊNCIA DE BROTAÇÃO DE EUCALIPTO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE TALHÕES PÓS-COLHEITA UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Gestão Florestal no curso de pós-graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Msc. Cilmar Antônio Dalmaso

CURITIBA
2015

RESUMO

Considerando-se que o investimento em inovação tecnológica permite a redução de custos de processos e o aumento de competitividade do setor florestal, esse trabalho teve como objetivo o teste e operacionalização do uso do VANT para a avaliação de sobrevivência de áreas de condução de brotação de eucalipto, e a delimitação da área de talhões, utilizando-se técnicas de sensoriamento remoto. Comparando-se os resultados obtidos com as medições por amostragem em campo, obteve-se uma taxa média de sobrevivência por talhão 10% mais baixa utilizando-se o método do VANT. Ao comparar os resultados dentro das parcelas coletadas em campo, essa diferença caiu para 3%, desconsiderando-se a presença de plantas dominadas. Esse valor pode ser atribuído ao erro da análise de sobrevivência, que é realizada por técnicas de classificação orientada a objetos. A diferença de 7% entre os métodos pode ser atribuída a diversos fatores, entre eles a presença de plantas dominadas, e o erro amostral do inventário de sobrevivência no campo. Com os resultados obtidos com o VANT, foi possível criar um relatório completo de sobrevivência, com classificação da área em níveis de densidade de plantas, e indicação das regiões do talhão com maior mortalidade. Concluiu-se que os resultados obtidos com o método do VANT são bastante válidos para a necessidade atual, e dão melhor suporte para área operacional, pois geram um produto de alta qualidade, e com informações espaciais de sobrevivência, o que permite um melhor entendimento sobre as causas da mortalidade, e a possibilidade da adoção de técnicas para melhor aproveitamento da área de plantio.

Palavras Chave: VANT, sobrevivência de brotação, sensoriamento remoto, classificação orientada a objeto.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVOS 3

2.1 Objetivo Geral 3

2.2 Objetivos Específicos 3

3 MATERIAL E MÉTODOS 4

3.1 Área Geográfica de Estudo 4

3.2 Obtenção das Imagens de Alta Resolução 4

3.3. Inventário de Sobrevivência (ISB) 5

3.4 Medição de Talhões 6

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 7

4.1 Validação da Metodologia de Trabalho 7

4.2 Obtenção de informações espaciais de sobrevivência 12

4.3 Relatório de sobrevivência para a área operacional 13

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 15

6 APÊNDICE 17

1 INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas brasileiro tem apresentado cada vez mais importância econômica, social e ambiental para o país. Isso se deve principalmente ao crescente emprego do reflorestamento como alternativa ao uso de florestas naturais para a produção de matéria prima, sendo que o PIB setorial do negócio de florestas plantadas cresceu 5,6% entre 2012 e 2013, frente aos 2,3% de crescimento nacional e, a área com florestas plantadas aumentou 2,8% no mesmo período (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2014).

Outro importante fator de crescimento é o clima favorável à produção de florestas plantadas e o alto desenvolvimento tecnológico do setor, onde a produtividade média do Brasil saiu de cerca de 20 m³/ha nos anos 80 para aproximadamente 40 m³/ha em 2012, um ótimo índice comparativamente a média mundial, que está entre 10 e 20m³/ha (Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA, 2012; *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO, 2014).

Do ponto de vista social e ambiental, o setor também é referência mundial, devido a grande adoção de certificações voluntárias, como o FSC (*Forest Stewardship Council*) e CERFLOR (Programa Brasileiro de Certificação Florestal) de grandes, médios e até de pequenos empreendimentos florestais.

Porém, nos últimos anos, é observada uma preocupante perda de competitividade do setor onde, em 2013, a inflação setorial (INCAF) atingiu 8,2% a.a. enquanto a inflação nacional (IPCA) foi de 5,9% a.a., fato que tem se repetido nos últimos 10 anos, fazendo com que o Brasil perdesse o posto de país com menor custo de produção de madeira para Chile, EUA e Indonésia (Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, 2014).

Entre os principais fatores para a perda de competividade, destacam-se o baixo crescimento da produtividade da mão-de-obra em relação ao aumento real de salários, infraestrutura inadequada e alto custo de logística, custo da energia, insegurança jurídica e tributação e juros (Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, 2014).

O investimento em inovação tecnológica permite a redução de custos de processos e o aumento de competitividade e, a adoção de novas técnicas e equipamentos, apresenta grande importância nesse cenário. Nesse contexto, o uso de

imagens aéreas obtidas através de VANT se apresenta como uma alternativa promissora visto que já são utilizadas na agricultura para mapeamento de culturas, avaliação de áreas cultivadas, e permitem a detecção de diversas deficiências (Molin, 2000).

Os VANT são muito utilizados em diversos países, em operações policiais, monitoramentos urbanos e levantamentos em áreas remotas. Na área florestal, além de levantamentos de sobrevivência de plantio, essa tecnologia de sensoriamento remoto é muito utilizada em monitoramentos de pragas e doenças, levantamento de desmatamento e invasão por movimentos sociais, cálculo de estoque de madeira, monitoramento de plantas daninhas, entre outros.

No trabalho realizado por Araújo et al (2006), foi realizado um teste com o VANT para avaliação de qualidade de plantio. Conclui-se que o equipamento pode substituir com precisão adequada os métodos convencionais para o levantamento de número de mudas, mortalidade, espaçamento entre linhas e entre plantas, desvio da linha de plantio e área da copa.

A avaliação de sobrevivência de brotação é uma atividade que demanda tempo e mão-de-obra, e seus resultados são importantes para as adequações de manejo da floresta de segunda rotação. O investimento em de tecnologias de sensoriamento remoto é importante para a melhoria da qualidade das informações obtidas, o que reflete nos custos da operação e na qualidade da floresta.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho é testar e operacionalizar o uso de imagens aéreas de alta resolução, obtidas através de Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANT) para a obtenção de informações de sobrevivência de brotações em áreas de segunda rotação de *Eucalyptus* e delimitação de talhões.

2.2 Objetivos Específicos

a. Analisar as taxas de sobrevivência e mortalidade de áreas de brotação de *Eucalyptus urophylla,* comparando os métodos do VANT e do inventário de sobrevivência em campo;
b. Delimitar áreas de talhões pós-colheita;
c. Elaborar um relatório temático de mortalidade para subsidiar o planejamento das atividades de replantio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área Geográfica de Estudo

O estudo foi realizado em área de plantio de eucalipto na região de Eunápolis (Figura 1), situado nas coordenadas 16° 22’ 39” de latitude Sul e 39° 34’ 49” de longitude Oeste, a 189 m de altitude, no Estado da Bahia, Brasil. O clima da região é classificado por Köppen (1948) como Af, ou seja, tropical úmido, em que as precipitações ocorrem durante o ano todo.

A geomorfologia da região caracteriza-se pela presença de três unidades morfoesculturais: Superfície Pré-Litorânea; Tabuleiros Costeiros e Planícies Flúvio-Marinhas. A maior parte é ocupada pelos tabuleiros costeiros, sustentados por rochas e sedimentos pliocênicos do grupo Barreiras (DANTAS et al, 2002). As áreas de estudo apresentam relevo predominantemente plano a suave-ondulado.

3.2 Obtenção das Imagens de Alta Resolução

Para a obtenção das imagens, foi utilizado o VANT modelo *Ebee* da fabricante Suíça *SenseFly*. O equipamento é feito de fibra de carbono, e é operado automaticamente através de um *software* e um link de rádio. (*SenseFly*)

As imagens foram obtidas com a câmera S110 NIR, da marca *Canon*, com resolução de 12 megapixels. A câmera capta radiação nas bandas verde, vermelho e infra-vermelho próximo, permitindo uma melhor visualização da vegetação.

Para evitar a distorção das imagens no interior do talhão, foi aplicado um *buffer* de 60 metros durante a programação do plano de vôo, visando garantir a sobreposição média de 70% entre as imagens, necessária para a obtenção de mosaicos de boa qualidade. Além disso, durante o vôo, foram coletados pontos de controle com GPS de precisão submétrica para correção do posicionamento espacial das imagens durante o processamento.

Os *softwares* utilizados para o planejamento do vôo e processamento das imagens são também da empresa *SenseFly*. Para o planejamento e obtenção das imagens, foi utilizado o Software *eMotion*®, e para o processamento das imagens utilizou-se o *Postflight* Terra 3D®.

Durante o processamento e análise, utilizou-se a composição de bandas falsa cor (infravermelho próximo, vermelho e verde), com resolução espacial de 5 cm, e resolução radiométrica de 8 bits.

Uma empresa especializada foi contratada para a realização do vôo para obtenção das imagens, e entrega do mosaico georreferenciado, enquanto outra empresa foi contratada para a realização das análises automáticas de sobrevivência de plantio e atualização dos limites de talhões, através de um *software* próprio de classificação orientada a objetos.

3.3. Inventário de Sobrevivência (ISB)

O Inventário de Sobrevivência (ISB) é realizado em áreas de reforma e condução de brotação, entre 60 e 90 dias de idade. O método de amostragem utilizado é o sistemático com parcelas de 40 plantas, em linhas paralelas e equidistantes, e a amostragem é de 1,6 % em áreas de condução de brotação. O espaçamento de plantio utilizado na primeira rotação é de 4 metros entre linhas, e 3 metros entre plantas.

A obtenção das imagens com o VANT foi realizada no mesmo período, visando a comparação com os resultados obtidos em campo.

Em áreas de condução de brotação, o resultado da avaliação é determinante na tomada de decisão sobre a continuidade da condução, ou reversão da intenção de manejo para reforma.

3.4 Medição de Talhões

A medição de talhões é uma atividade que ocorre na empresa usualmente após a colheita, período em que as novas estradas já estão construídas. O levantamento é realizado por uma empresa especializada, com um GPS de precisão sub-métrica modelo *ProXT*, da marca *Trimble*. Após o levantamento, é gerado um arquivo em formato *shapefile*, que é entregue à empresa, e utilizado na atualização da base de dados da área de geoprocessamento.

Com o presente trabalho, essa atividade deve ser substituída pela delimitação automática das bordas dos talhões, que é um produto secundário da análise de sobrevivência de plantio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Validação da Metodologia de Trabalho

4.1.1 Sobrevivência de Brotação

Para a validação da metodologia de trabalho, foram realizados levantamentos de sobrevivência de plantio com o VANT em 28 talhões, totalizando aproximadamente 700 hectares, e posteriormente comparou-se esses dados com os resultados do ISB para cada talhão.

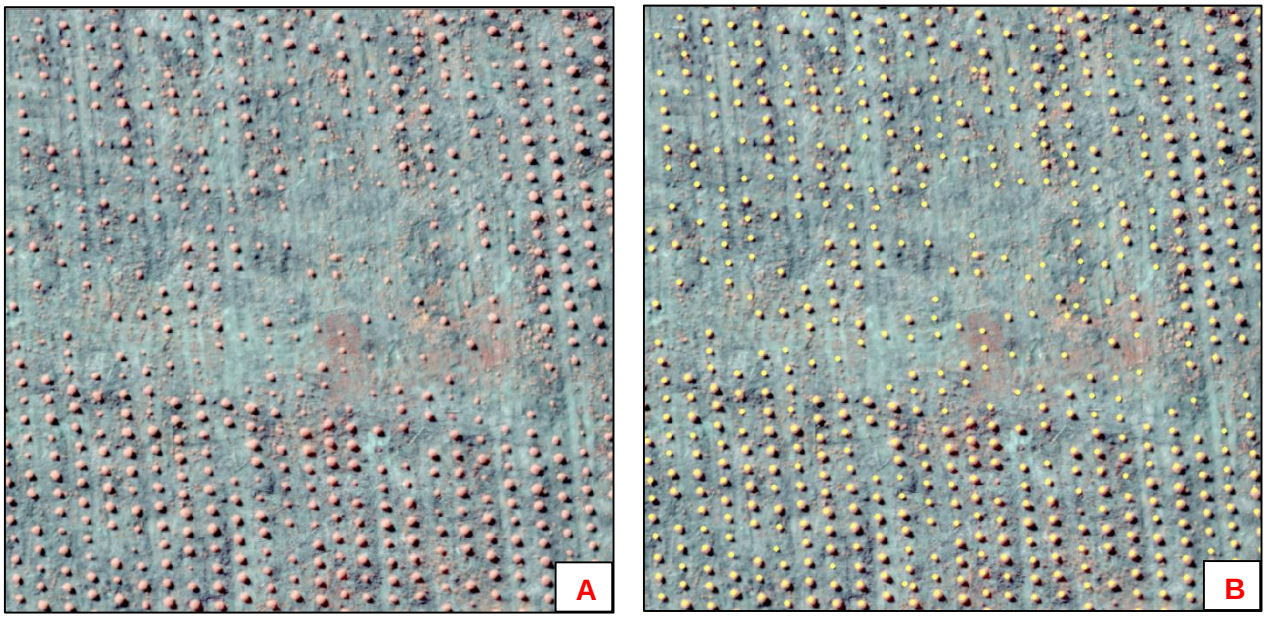


Figura 1: Exemplo de imagem obtida com o VANT para levantamento de sobrevivência de plantio (A) e imagem com localização das árvores após a análise (B).

Comparando-se os dados de sobrevivência de plantio por talhão, obteve-se uma diferença média de 10% entre os resultados do VANT e do ISB (Figura 2).

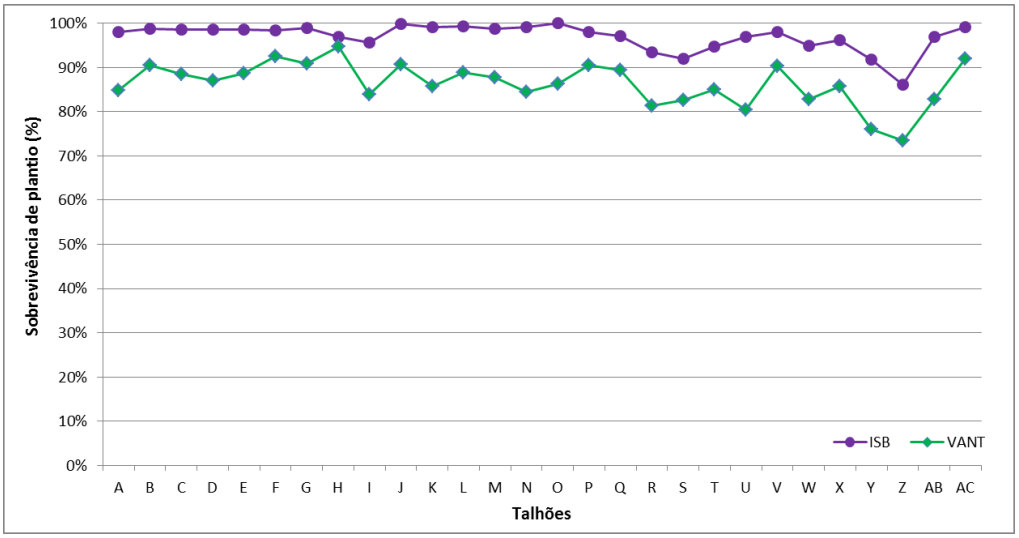


Figura 2: Comparação entre os resultados de sobrevivência por talhão, obtidos pelos métodos do VANT e ISB.

No trabalho realizado por Pontes (2015), foram adquiridas informações de sobrevivência e homogeneidade de plantio e espaçamento entre linhas e plantas, utilizando-se imagens obtidas com um VANT, em plantios jovens de eucalipto. Para a análise de sobrevivência, foram considerados dois índices: falhas de plantio e porcentagem de uso do solo. O primeiro índice, foi adquirido por amostragem, e representou um valor médio de 6,42%, e o segundo, adquirido através de censo, representou uma taxa de aproveitamento do talhão de 85% para o mesmo talhão. A diferença de aproximadamente 8,5% entre os métodos se assemelha ao resultado obtido no presente trabalho.

As hipóteses levantadas para explicar a diferença nos resultados obtidos através dos métodos do VANT e ISB são: erro amostral, quantificação de plantas dominadas, excesso de mortalidade em área de bordadura, qualidade das imagens, e erro de análise das imagens.

Para um ajuste dos dados e teste das hipóteses levantadas, foi realizado um inventário de campo com parcelas georreferenciadas, que tiveram seus resultados comparados com a contagem manual das árvores pela imagem (Figura 3). Durante o inventário, foram levantadas as plantas com diâmetro de copa menor que 50 cm (plantas

dominadas) e foram coletados pontos nas extremidades das parcelas com um GPS de precisão sub-métrica.

Realizou-se também um levantamento da qualidade das imagens (resolução espacial, nitidez e cobertura de plantas daninhas) utilizadas na análise.

A comparação dos dados foi realizada nas seguintes situações, descritas abaixo como A, B, C e D:

A: Considerando-se todos os dados, independente da qualidade das imagens, e sem distinção entre árvores com diâmetro regular ou dominadas. Para esse conjunto de dados, a diferença entre os dois métodos foi de 7%.

B: Contagem realizada apenas em imagens com boa qualidade, e sem distinção entre árvores com diâmetro regular ou dominadas. Para esse conjunto de dados, a diferença entre os dois métodos foi de 5%.

C: Contagem realizada em todas as imagens, desconsiderando-se as plantas classificadas como “dominadas” no inventário de campo. Para esse conjunto de dados, a diferença entre os dois métodos foi de 4%.

D: Contagem realizada apenas em imagens com boa qualidade, desconsiderando-se as plantas classificadas como “dominadas” no inventário de campo. Para esse conjunto de dados, a diferença entre os dois métodos foi de 3%.

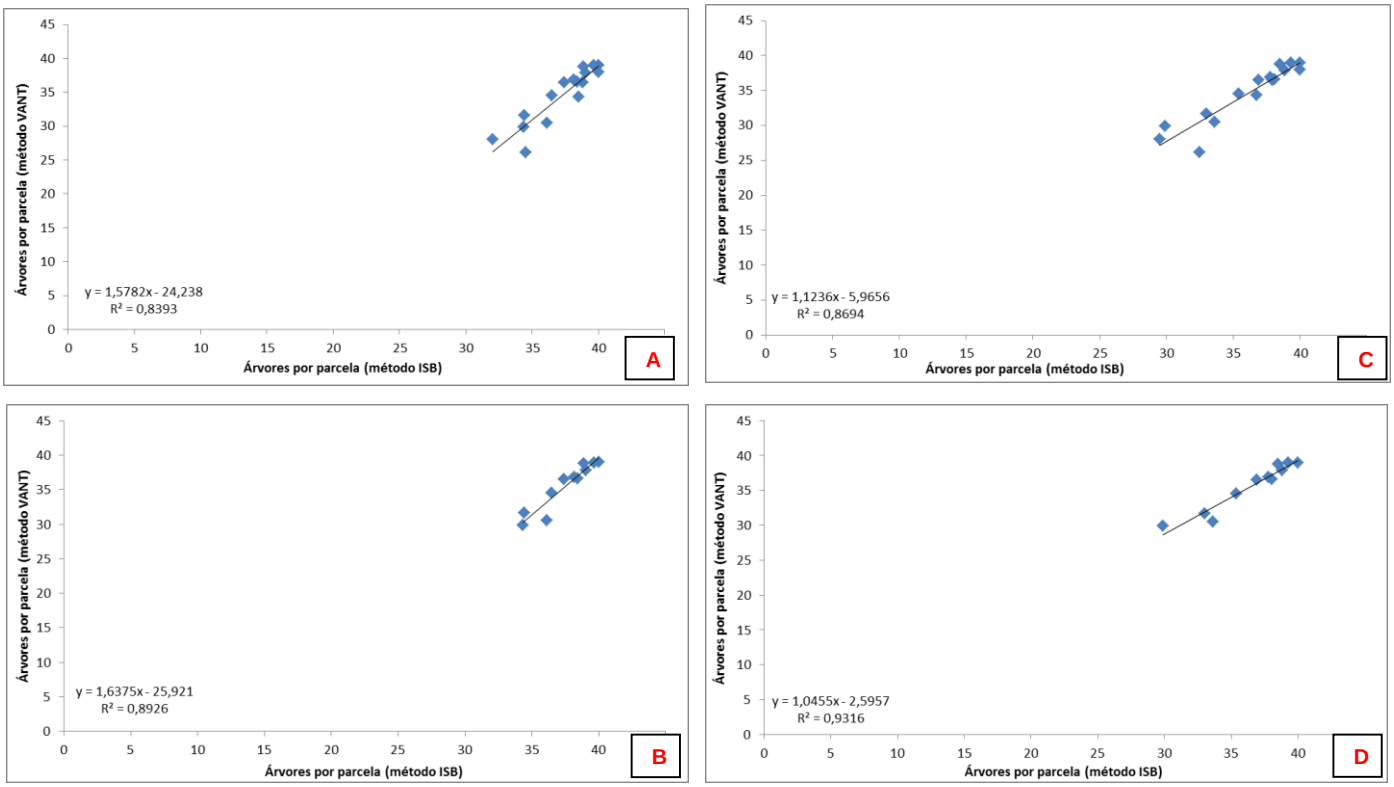


Figura 3: Comparação entre os métodos de análise de sobrevivência pelos métodos do VANT e ISB, nas situações A, B, C e D.

A melhor correlação entre os métodos foi obtida na situação D, ou seja, desconsiderando-se as áreas com imagem de baixa qualidade e as plantas dominadas, ou seja, com diâmetro de copa abaixo de 50 cm.

4.1.2 Delimitação da área de talhões

Após a delimitação automática dos talhões através da imagem (Figura 4), calculou-se a diferença entre a área antes e após a atualização para cada talhão.

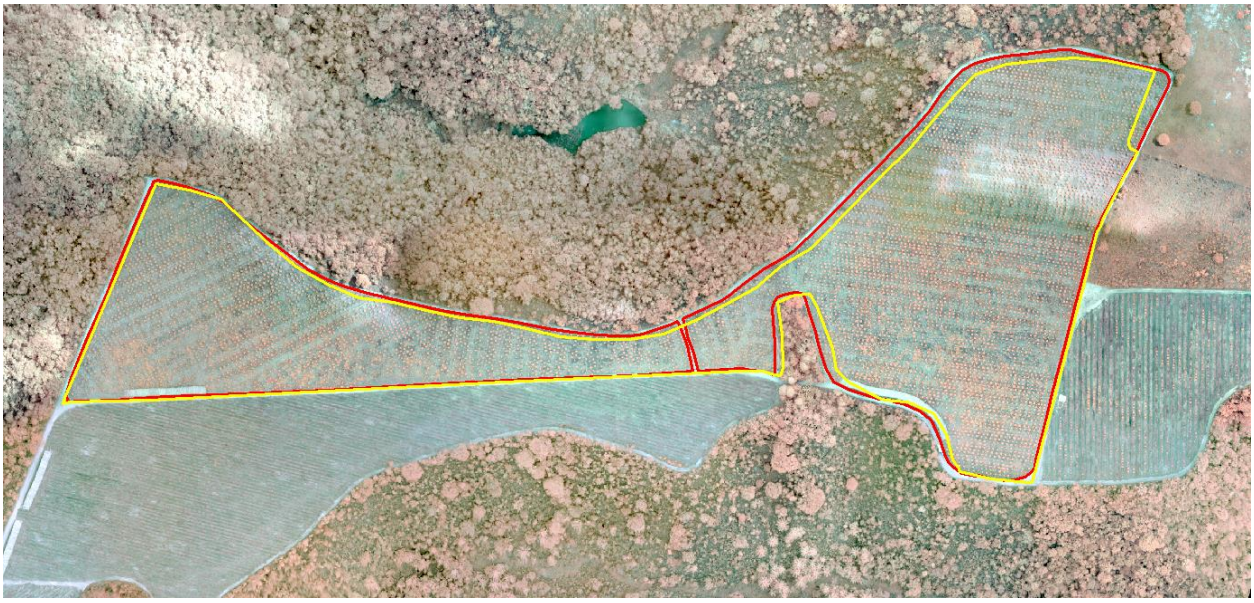


Figura 4: Exemplo de delimitação automática dos talhões. A linha amarela representa o limite antigo, e a linha vermelha representa o novo limite, obtido através da imagem do VANT.

Em média, com a atualização dos limites de talhão, obteve-se um aumento de 5% na área total sobrevoada, o que representa um valor expressivo para os pagamentos por serviços, e estimativa do crescimento da floresta. A comparação entre os dados de área total de talhões por fazenda sobrevoada está apresentada na Figura 5.

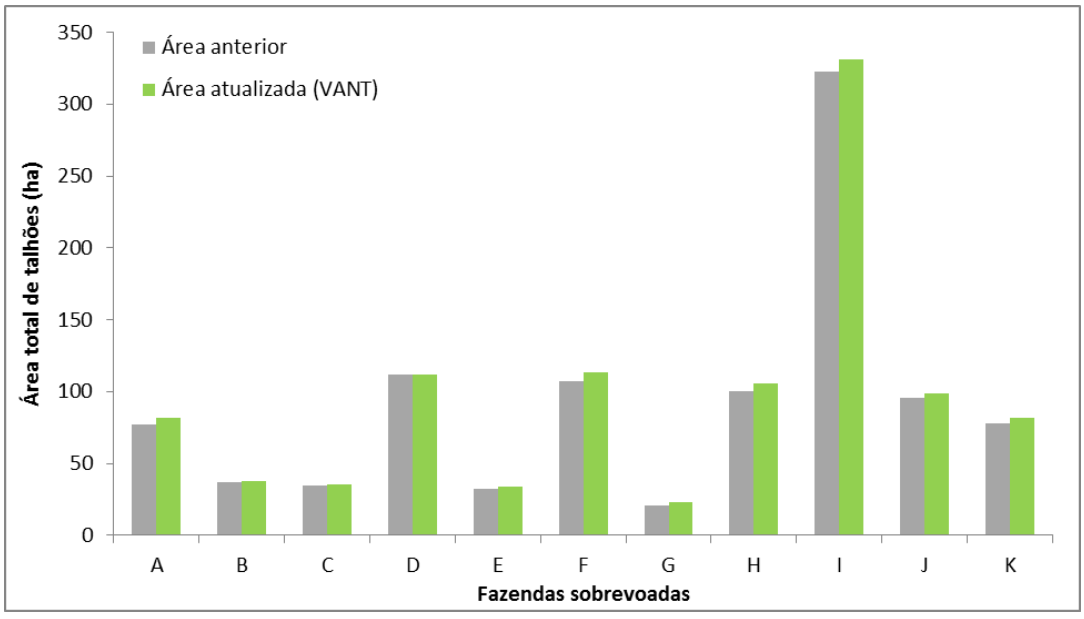


Figura 5: Comparação entre a área total dos talhões antes e após a atualização, para cada fazenda sobrevoada.

Para os talhões sobrevoados, não foi realizada a atualização dos limites dos talhões em campo, por isso a comparação entre os dois métodos não será apresentada nesse trabalho.

4.2 Obtenção de informações espaciais de sobrevivência

Para facilitar a localização das áreas com baixa sobrevivência, foram gerados automaticamente polígonos de replantio, com área a partir de 20 m². Um exemplo dos polígonos gerados está apresentado na Figura 6.

Figura 6: Exemplo de distribuição das áreas de replantio (polígonos azuis) em um dos talhões sobrevoados.

Dessa forma, é possível a localização das áreas mais críticas, e também das áreas de deposição de pilhas de madeira, principal razão de baixa sobrevivência em áreas de condução de brotação.

4.3 Relatório de sobrevivência para a área operacional

O objetivo da entrega do relatório de sobrevivência é dar informações espaciais detalhadas sobre a sobrevivência de cada talhão, e dar suporte à decisão para a tomada de ações de mitigação para casos de baixa sobrevivência, como a compensação de fustes e o plantio de adensamento.

A compensação de fustes é utilizada em áreas próximas a falhas de plantio, onde são conduzidos dois brotos por cepa, ao invés de apenas um broto, o que é praticado usualmente.

O plantio de enriquecimento pode ser feito em áreas com maior número de falhas, onde a compensação de fustes não é suficiente para recuperação da produção de madeira.

O relatório de sobrevivência é feito por fazenda, com informações detalhadas de cada talhão, como:

- Mapa de densidade de plantio em grids, para obtenção de uma visão geral de distribuição da sobrevivência no talhão;

- Imagem em alta resolução com a localização das árvores detectadas;

- Polígonos de replantio;

- Limites de talhões atualizados

- Planilha com informações de sobrevivência geral por talhão, em porcentagem, e um relatório de distribuição dos polígonos de replantio, como é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Informações de distribuição dos polígonos de replantio para cada talhão sobrevoado, visando auxiliar na tomada de decisões sobre as medidas mitigadoras para áreas com baixa sobrevivência.

Fazenda	Talhão	Classes de área (m²)	Área total (ha)	Nº Polígonos	Área total bordadura (ha)	Nº Polígonos bordadura
A	1	0-100	0,12	49	0,08	29
		100-200	0,03	2	0,01	1
		200-300	0,08	3	0,05	2
		400-500	0,04	1	0,04	1
		TOTAL	**0,27**	**55**	**0,18**	**33**

O modelo de relatório completo está apresentado no Apêndice.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através do presente trabalho, foi possível a validação do método do VANT para análise de sobrevivência em áreas de brotação de eucalipto, e atualização dos limites de talhões.

O aproveitamento das imagens para a delimitação automática dos talhões permite a redução de uma atividade de campo, o que representa menor custo e mais agilidade na obtenção dos resultados. Além disso, esse método de medição permite a delimitação de áreas não plantadas no interior dos talhões, que muitas vezes são de difícil acesso no campo.

Para a obtenção das imagens, recomenda-se utilizar uma câmera com capacidade de captação de radiação eletromagnética na banda NIR (Near Infra Red), pois facilita a diferenciação entre as plantas e o solo, e simplifica a análise de sobrevivência.

Para a região onde foram realizados os testes, a recomendação é que o vôo seja realizado entre os horários de 07:00 e 16:00, preferencialmente em dias ensolarados. A qualidade das imagens fica prejudicada caso o vôo seja realizado em horários muito próximos ao nascer e ao pôr do sol, e em dias com pouca luminosidade.

O foco desse trabalho não foi a redução de custos das operações, mas sim o ganho na qualidade dos resultados e a redução da mão-de-obra no campo. Por esse motivo, o custo das operações não foi apresentado.

REFERÊNCIAS

Araújo, M. A.; Chavier, F.; Domingos, J.L. **Avaliação do Potencial de Produtos Derivados de Aeronaves Não Tripuladas na Atividade Florestal**. Ambiência, v. 2 Edição Especial 1. 2006.

BRACELPA- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Dados do Setor**. São Paulo: BRACELPA, 2012.

Dantas, M.E.; Medina, A.I.M.; Shinzato, E. **Geomorfologia da Costa do Descobrimento – Extremo Sul da Bahia: Municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália.** Augustus, Rio de Janeiro, Vol. 07,N. 14, 2002

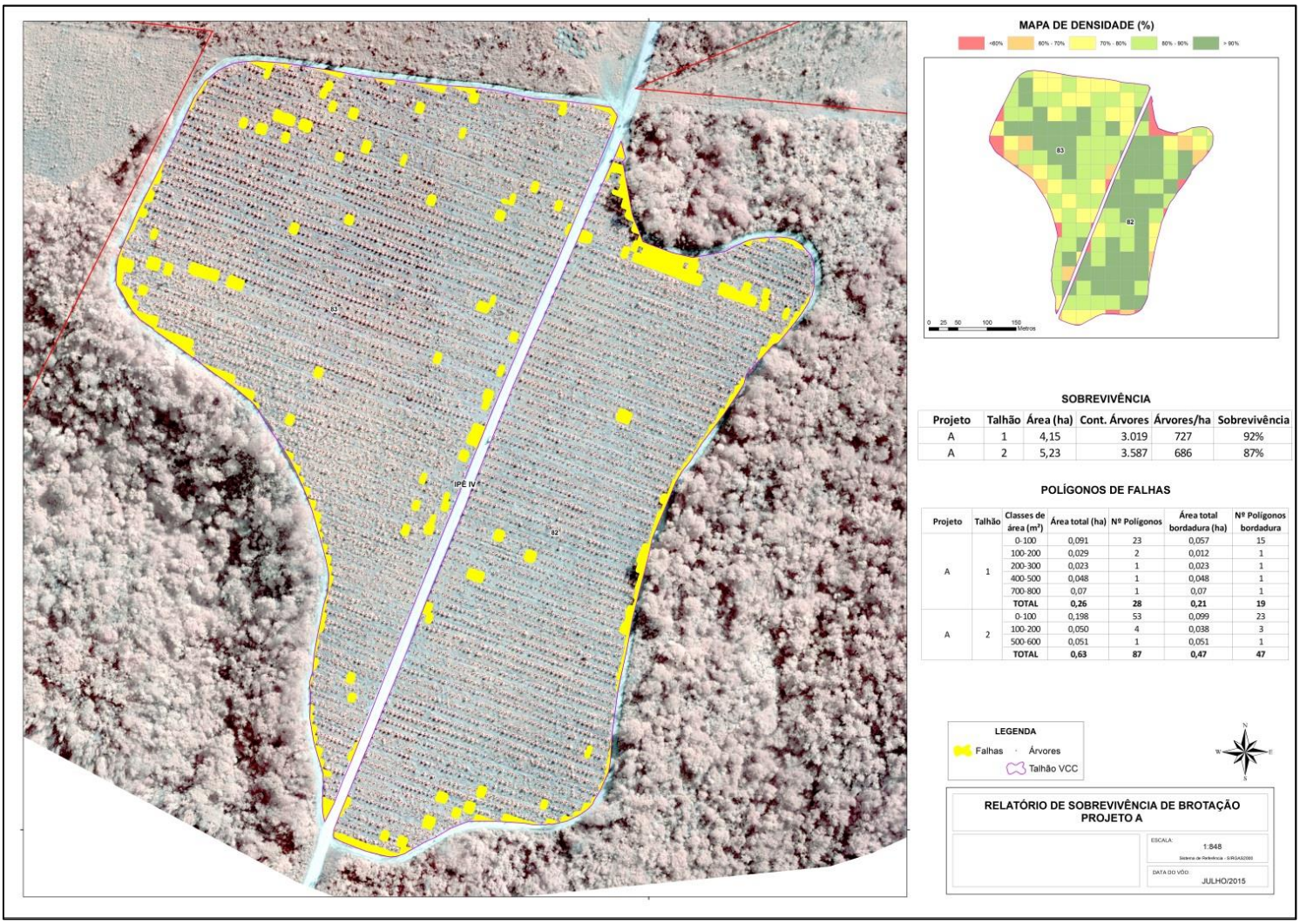
FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of the World's Forest Genetic Resources.** Roma: 2014.

IBÁ - INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Ibá 2014.** Disponível em: <http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf>. Acesso em: 19. abr. 2015.

Molin, J. P**. Agricultura de Precisão**. In: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Agricultura de precisão – Boletim Técnico. – Brasília: Mapa/ACS, 2011.

PONTES, G. R.; FREITAS, T. U. **Monitoramento de plantios de eucalipto utilizando técnicas de sensoriamento remoto aplicadas em imagens obtidas por VANT**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4057-4064. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4CCL>. Acesso em: 28/07/2015.

6 APÊNDICE



SOBREVIVÊNCIA

Projeto	Talhão	Área (ha)	Cont. Árvores	Árvores/ha	Sobrevivência
A	1	4,15	3.019	727	92%
A	2	5,23	3.587	686	87%

POLÍGONOS DE FALHAS

Projeto	Talhão	Classes de área (m²)	Área total (ha)	Nº Polígonos	Área total bordadura (ha)	Nº Polígonos bordadura
A	1	0-100	0,091	23	0,057	15
		100-200	0,029	2	0,012	1
		200-300	0,023	1	0,023	1
		400-500	0,048	1	0,048	1
		700-800	0,07	1	0,07	1
		TOTAL	**0,26**	**28**	**0,21**	**19**
A	2	0-100	0,198	53	0,099	23
		100-200	0,050	4	0,038	3
		500-600	0,051	1	0,051	1
		TOTAL	**0,63**	**87**	**0,47**	**47**

Figura 7: Modelo de relatório de sobrevivência de brotação para a área operacional.