

## **Monitoramento de plantios de eucalipto utilizando técnicas de sensoriamento remoto aplicadas em imagens obtidas por VANT**

Guilherme Rodrigues de Pontes <sup>1</sup>  
Thiago Ubiratan de Freitas <sup>2</sup>

<sup>1</sup> International Paper do Brasil  
Rodovia SP 340, km. 171 – Mogi Guaçu - SP, Brasil  
guilherme.pontes@ipaper.com

<sup>1</sup> International Paper do Brasil  
Rodovia SP 340, km. 171 – Mogi Guaçu - SP, Brasil  
thiago.freitas@ipaper.com

**Abstract.** The main objective of this work is to present techniques that could be used on mosaic images obtained from unmanned aerial vehicles (UAV) to monitoring productivity of tree plantation for wood based companies supply. The equipment used to capture images and the software analysis techniques permits a quick evaluation of several quality indicators of stands used for wood production. Outcomes are presented in this work to saplings failure percentage, spacing between seedlings, standard in crown size of trees and soil utilization percentage. With the results obtained it can be concluded that UAV has great potential to provide useful information for forestry.

### **1. Introdução**

O mercado brasileiro de papel e celulose representa significativa importância para a economia nacional, contribuindo com mais de 750 mil empregos diretos e indiretos em 18 estados brasileiros e exportações que ultrapassam a marca de US\$ 6,5 bilhões (BRACELPA, 2014).

A principal cultura utilizada pelas indústrias do setor é o eucalipto, que ocupa 5,5 milhões de ha no território brasileiro. O Brasil possui a maior produtividade nas plantações desse gênero, atribuída à adaptação do gênero às condições edafoclimáticas do país, aos ganhos genéticos e às melhorias no manejo silvicultural.

Para que se possa gerenciar aspectos operacionais, como a uniformidade do plantio, taxa de sobrevivência, alinhamento, entre outros, é necessário que um constante monitoramento de produção seja feito a fim de auxiliar na tomada de decisões em operações silviculturais (RODRIGUEZ, 2001).

O monitoramento de produção é feito com o intuito de identificar situações que possam causar produtividade abaixo do esperado, e a utilização de recursos tecnológicos tem aumentado gradativamente para realização desta atividade. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para finalidades agrícolas teve seu início no Brasil na década de 80 (MEDEIROS *et al*, 2008). Com recursos capazes de gerar imagens com nível de detalhes maior que os satélites tradicionais, os VANTs representam ferramentas auxiliares de grande potencial para geração de mapas de produtividade em diferentes tipos de cultura (MOLIN, 2000).

O objetivo deste trabalho é demonstrar potenciais utilizações do VANT como recurso de monitoramento de falhas, espaçamento, homogeneidade de plantio e potencial de uso do solo em áreas destinadas ao cultivo de eucalipto.

## 2. Metodologia de trabalho

A primeira etapa para obtenção dos resultados deste trabalho é a obtenção de imagens aéreas. Para isto, foram utilizados aviões com 3 m de envergadura de asa e peso de aproximadamente 4 kg que são controlados remotamente. Antes de o voo ser iniciado, é feita uma programação no avião para determinar a velocidade do avião, a área a ser fotografada, o intervalo de tempo entre cada fotografia e o percurso que o avião deve seguir para capturar as imagens. A autonomia de voo é de aproximadamente 30 minutos e a câmera utilizada possui resolução de 12 mega pixel RGB.



Figura 1: Avião utilizado para captura de imagens.

Após o voo, é necessário realizar o mosaico das imagens obtidas. Esta etapa do processo é realizada através do software Agisoft PhotoScan 1.0.1 e consiste da união das diversas fotografias obtidas pela câmera do avião para formar uma única imagem de alta resolução.

Além da unificação das imagens, o software supracitado também permite o georreferenciamento da mesma, ou seja, é possível inserir no cabeçalho do arquivo que compõe a imagem final, diversas informações referentes às coordenadas geográficas e projeções espaciais que devem ser utilizadas como referência, permitindo que a mesma seja adequadamente posicionada quando utilizada em softwares específicos para análises de informações espaciais.

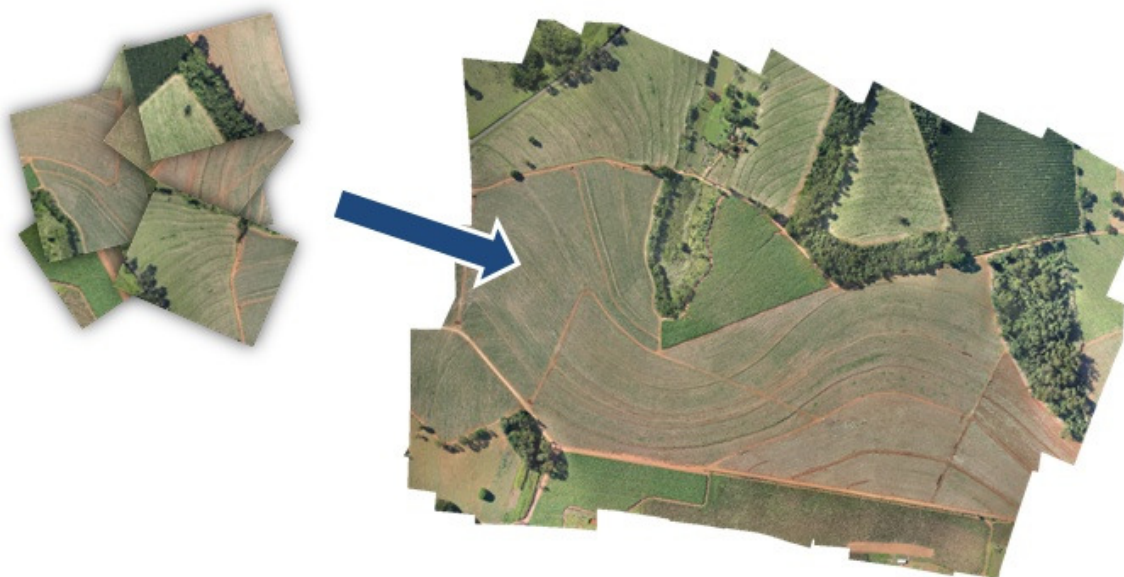


Figura 2: Ilustração de como o mosaico de imagens é realizado.

A imagem gerada pelo mosaico é composta por células cuja resolução varia entre 5 cm e 15 cm. Cada uma destas células contém um determinado valor para as bandas espectrais de cores vermelha, verde e azul utilizadas pela câmera RGB acoplada ao avião. A partir desta imagem, é possível realizar as análises a serem utilizadas para fins de monitoramento dos plantios de eucaliptos realizados pela empresa.

As análises de monitoramento são feitas através do software ArcGIS 10.1, desenvolvido pela empresa ESRI. Todo o processamento é realizado através de rotinas desenvolvidas que identificam padrões das células que compõem o mosaico, permitindo classificar o que é quais destas células representam mudas de eucaliptos, solo, corpos d'água, estradas e vegetação de áreas de preservação ambiental. A classificação é feita em parcelas circulares de 400 m<sup>2</sup> que são alocadas de forma aleatória a cada 5 hectares de plantio.

### 3. Resultados e discussão

**Falhas:** As falhas de plantio são estimadas a partir da identificação de ausência de copa de árvores nas linhas de plantio contidas no interior de cada parcela. A relação entre a quantidade de árvores faltantes e a densidade de indivíduos que deveria existir na área em estudo compõe o índice de falhas de cada parcela. O índice de falha do talhão de produção é realizado através de análises estatísticas obtidos entre os índices de todas as parcelas alocadas.



Figura 3: Exemplo de amostragem utilizada para estimativa do índice de falhas de plantio.

Tabela 1: Avaliação do número de falhas

Stand	Plots	Living Seedlings	Failures	% Failures
42	1	47	1	2.08
	2	45	3	6.25
	3	41	8	16.33
	4	40	8	16.67
	5	49	0	0.00
	6	43	4	8.51
	7	48	0	0.00
	8	47	5	9.62
	9	46	1	2.13
	10	46	1	2.13
<b>Average</b>	-	<b>45.2</b>	<b>3.1</b>	<b>6.42</b>



**Espaçamento:** A primeira etapa da verificação do espaçamento entre linhas de plantio consiste da identificação de cada fileira formada pelas copas das árvores, que são posteriormente representadas por figuras lineares. Em seguida, são realizadas diversas medições entre cada linha representativa para que uma nova análise estatística seja feita para se determinar se o espaçamento foi feito de maneira uniforme e dentro do plano de atividades estipulado pela equipe de silvicultura.

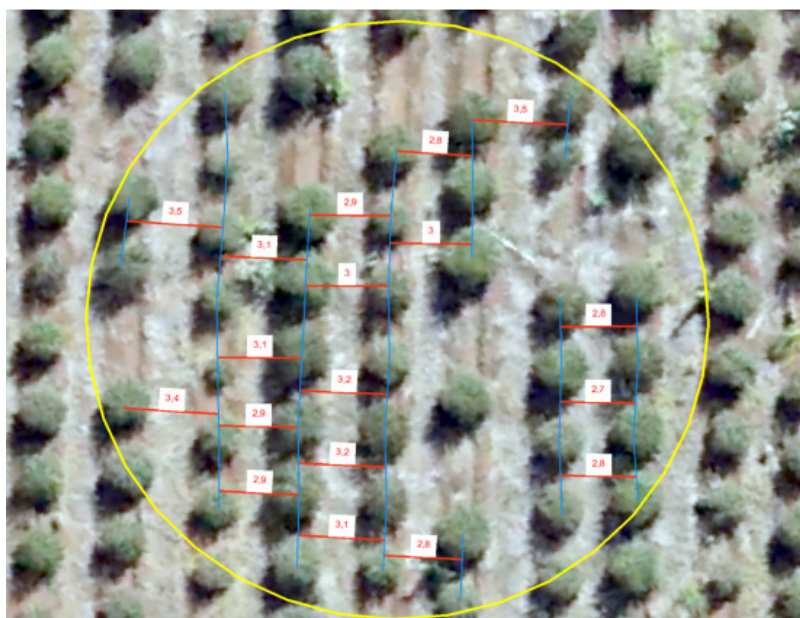


Figura 4: Exemplo de procedimento utilizado para verificação do espaçamento de plantio.

Tabela 2: Cálculo de desvio de espaçamento

Spacing	Plots										AVG	Deviation
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Line spacing	2.65	2.64	2.63	2.6	2.65	2.69	2.79	2.47	2.7	2.66	2.6	6%
Spacing between lines	2.91	2.82	2.82	2.71	2.89	2.91	2.89	2.99	3.24	3.15	2.9	2%
<b>Recommended spacing 7.5 m<sup>2</sup> per plant</b>											<b>7.8</b>	<b>4%</b>

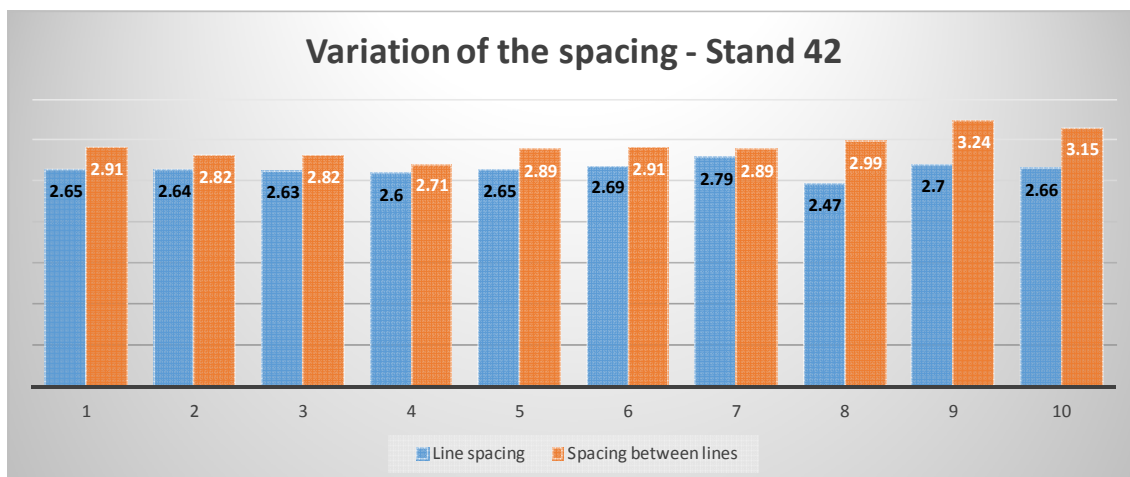


Figura 5: Gráfico de variação de espaçamento.

**Homogeneidade de plantio:** Outro resultado obtido através das imagens de VANT compõe estimativas referentes à homogeneidade do plantio. As florestas plantadas que contém maior uniformidade entre seus indivíduos componentes normalmente apresentam maior produtividade de madeira. Portanto, a possibilidade de mensurar a área ocupada pelas copas de cada árvore contida na parcela permite a geração de um importante indicador de desenvolvimento florestal.



Figura 6: Análise individual das copas de cada indivíduo componente da parcela em estudo.

Tabela 3: Avaliação de padrão de copas de árvores

Stand	Plots	Canopy Area m <sup>2</sup>	Number of Trees	Nº of Trees Nonstandard	%
42	1	2.94	47	6	12.77
	2	2.02	45	4	8.89
	3	2.11	41	9	21.95
	4	2.16	40	5	12.50
	5	2.67	48	2	4.17
	6	2.39	43	1	2.33
	7	2.30	48	5	10.42
	8	1.89	47	6	12.77
	9	2.21	46	5	10.87
	10	2.03	46	2	4.35
<b>Average</b>		<b>2.27</b>	<b>45.1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

**Porcentagem de uso do solo:** A porcentagem de uso do solo é obtida através de um censo realizado no talhão em estudo. Neste caso, especificamente, o resultado é obtido através da análise de todo o talhão, diferentemente dos outros resultados que são obtidos através da parcela circular. Para se obter este resultado é necessário identificar as copas de cada árvore e realizar uma contagem das mesmas. Em seguida, é possível estimar a área ocupada pelas árvores identificadas através do espaçamento utilizado durante o plantio. A relação entre a área ocupada por árvores vivas identificadas no mosaico e a área total do talhão representa a porcentagem de utilização do solo disponível para plantio no talhão de produção em estudo.

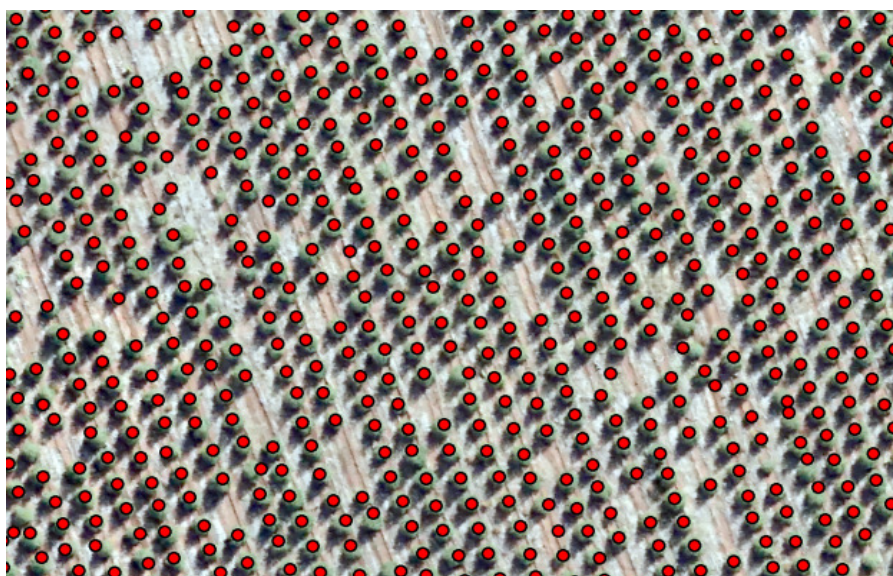


Figura 7: Exemplo de censo realizado entre as árvores identificadas no talhão em estudo.

Tabela 4: Avaliação de utilização de área de plantio

Stand	Registered Area (ha)	Area per plant (3.0m x 2.5m)	Quantity of Seedlings theoretical (486,000m/7.5m)	Quantity of Seedlings on image	% Utilization
42	48.60	7.50	64,800	54,972.00	85%

#### 4. Conclusões

A imagem obtida através do mosaico de fotografias obtidas por VANT apresentou nível de detalhes que permitem a utilização de técnicas para análises rápidas e precisas de indicadores de qualidade utilizados para monitoramento de plantio. Com isto, é possível obter resultados importantes para determinação de planos de ação em casos em que a produtividade possa ser comprometida, reduzindo eventuais problemas de produção de madeira e abastecimento das fábricas consumidoras.

Além disso, a possibilidade de acoplar câmeras adicionais no avião permite que outras informações sejam obtidas além das bandas RGB utilizadas neste trabalho, tais como: imagens térmicas e reflexão de infra-vermelho, fazendo com que a viabilidade de utilização do VANT tenha uma tendência de utilização crescente em empresas do setor florestal.

Para os objetivos adotados neste trabalho, a utilização de modelos automáticos de processamento de imagens obtidas pelo VANT proporcionou resultados satisfatórios para utilização em tomadas de decisão da equipe responsável por atividades silviculturais, confirmando o potencial desta ferramenta como recurso para monitoramento do cultivo de eucalipto.

#### Agradecimentos

A equipe de topografia da W.Z. Planejamento e Topografia, pela disponibilidade de realizar os levantamentos necessários em tempo hábil para entrega de resultados dentro do prazo.

Ao João Carlos Morato do Amaral, pelas contribuições para definições de melhor metodologia a ser adotada.

Ao Danilo Silva Ferreira, pelas contribuições técnicas utilizadas nas análises realizadas.

#### Referências bibliográficas

MEDEIROS, F. A.; ALONÇO, A. S.; BALESTRA, M. R. G.; DIAS, V. O.; JÚNIOR, M. L. L. **Utilização de um veículo aéreo não tripulado em atividades de imageamento georreferenciado**. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.8, p.2375-2378, nov, 2008.

RODRIGUEZ, L. C. E. Tornando o Planejamento Florestal Menos Complexo. **Revista Da Madeira**. Edição Nº59. Set, 2001. [acesso em 28/11/2013]. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=22&subject=E%20mais&title=Tornando%20o%20Planejamento%20Florestal%20Menos%20Complexo](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=22&subject=E%20mais&title=Tornando%20o%20Planejamento%20Florestal%20Menos%20Complexo)

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. p. 5 – 27.