

Avaliação do Potencial de Produtos Derivados de Aeronaves Não Tripuladas na Atividade Florestal

Assessment of Potential From Products of Unmanned Airbone Vehicle Use in Forestry Activities

Marcelo Antunes Araújo ¹

Fernando Chavier ²

Jocival Luiz Domingos ¹

Resumo

A Aracruz Celulose S.A., líder mundial na produção de celulose branqueada de eucalipto de mercado, tem procurado fazer um uso intensivo de produtos de sensoriamento remoto como suporte à realização das atividades florestais. Recentemente avaliado, o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (UAV) mostrou-se bastante promissor e por isso foi definido o aprofundamento dos estudos a fim de determinar se os resultados efetivos de um estudo prático em plantios jovens na obtenção de dados de sobrevivência e qualidade do plantio podem ser obtidos em escala comercial. O produto final do estudo disponibilizou dados de número de mudas / árvores, mortalidade, espaçamento entre linhas e entre plantas, desvio da linha de plantio e área da copa com precisão adequada para poder substituir os métodos convencionais de coleta destes dados. Este trabalho mostrou que o UAV pode ser usado na coleta de dados por imagens e deste material podem ser extraídas informações importantes para a avaliação da qualidade dos plantios recém realizados.

Palavras-chave: UAV; gestão florestal; sensoriamento remoto.

Abstract

Aracruz Celulose S.A., the world's leading producer of bleached eucalyptus pulp has used remote sensing products intensively as a support to the forest

¹ Aracruz Celulose S.A., Rod. Aracruz – Barra do Riacho, Km25. CEP: 29197-900 Aracruz - ES. E-mail: maa@aracruz.com.br;jldoming@aracruz.com.br

² AGX Tecnologia Rua Doutor Serafim Vieira de Almeida, 285 - Jardim Paraíso. CEP 13561-130. E-mail: fernando.chavier@agx.com.br

operations. The use of Unmanned Airborne Vehicles (UAV) has been recently evaluated and it revealed as being sufficiently promising. Therefore, the studies continuation was defined in order to determine if the results of a practical study in young planted areas to obtain data about survival and quality of the plantation can be obtained in commercial scale. The results of this study gave us data about the number of seedlings and trees, mortality, spacing between lines and plants, deviation of the plantation line and the crown area with suitable precision so that we may substitute the conventional data collection methods. This work showed that the UAV can be used in the data collection through images, providing important information for the quality evaluation of the just formed eucalyptus plantations.

Key words: UAV; forestry management; remote sensing.

Introdução

A Aracruz Celulose S.A. (ARCEL) é a maior produtora mundial de celulose de fibra curta de eucalipto de mercado, com uma linha de produção em Barra do Riacho no Espírito Santo (UBR) e outra em Guaíba, no Rio Grande do Sul (UG). Suas áreas de plantio se encontram, além dos estados citados, nos estados da Bahia e Minas Gerais. Isto soma um patrimônio territorial de 421.840 ha, dois quais 252.350 ha de plantios de eucalipto, 140.850 ha de áreas de preservação e o restante utilizado para infra-estrutura, considerando áreas próprias e arrendadas. A empresa ainda mantém um programa de fomento florestal visando o complemento do abastecimento das unidades industriais, que totaliza 81.000 ha em contratos com produtores rurais.

Para a realização das atividades operacionais nas suas propriedades, a ARCEL conta com um sistema de gestão florestal completamente baseado numa base cartográfica com informações cadastrais bastante detalhadas. O uso constante destes dados faz com que seja necessário um processo de atualização intensivo destas informações de campo, resultando num gasto elevado com atividades de topografia e levantamentos gerais nas áreas da empresa.

Este trabalho diário é realizado seguindo métodos e conceitos tradicionais de levantamento de dados, através do deslocamento de equipes de campo até o local do evento a ser registrado, incluindo o uso de receptores GPS e estações totais. Os dados são coletados em formato vetorial e usados na atualização direta da base.

Conforme citado em Araujo e Sartório (2004), em função das limitações dos métodos convencionais de coleta de dados para atualização cartográfica e cadastral utilizados atualmente nas empresas florestais brasileiras, em específico na ARCEL, a empresa tem buscado constantemente avaliar novas tecnologias que possam suplantam

estas limitações e entregar produtos melhores, não somente para a área de geoprocessamento, mas para toda a empresa. Desde a década de 90 têm sido avaliadas várias alternativas, culminando com o projeto UAV realizado em 2004, em parceria com a AGX Tecnologia Ltda., o qual se mostrou muito promissor para a obtenção de imagens dos plantios para serem usadas no manejo das áreas. A partir destes resultados, a ARCEL decidiu por continuar os trabalhos, agora com um objetivo mais específico e detalhado, voltado exclusivamente para a avaliação da substituição de métodos convencionais de coleta de dados.

A partir desse contexto, os objetivos principais do presente trabalho são:

- realizar um inventário de sobrevivência em plantios com 20 dias de idade, coletando dados de mortalidade e padrão de plantio (distância entre linhas e mudas e orientação da linha de plantio);

- realizar um inventário de qualidade em plantios com 6 meses de idade, coletando dados de mortalidade, uniformidade de plantio e área de copa.

Como objetivos secundários desse trabalho tem-se:

- desenvolver métodos computacionais para análise das imagens obtidas, em escala operacional;

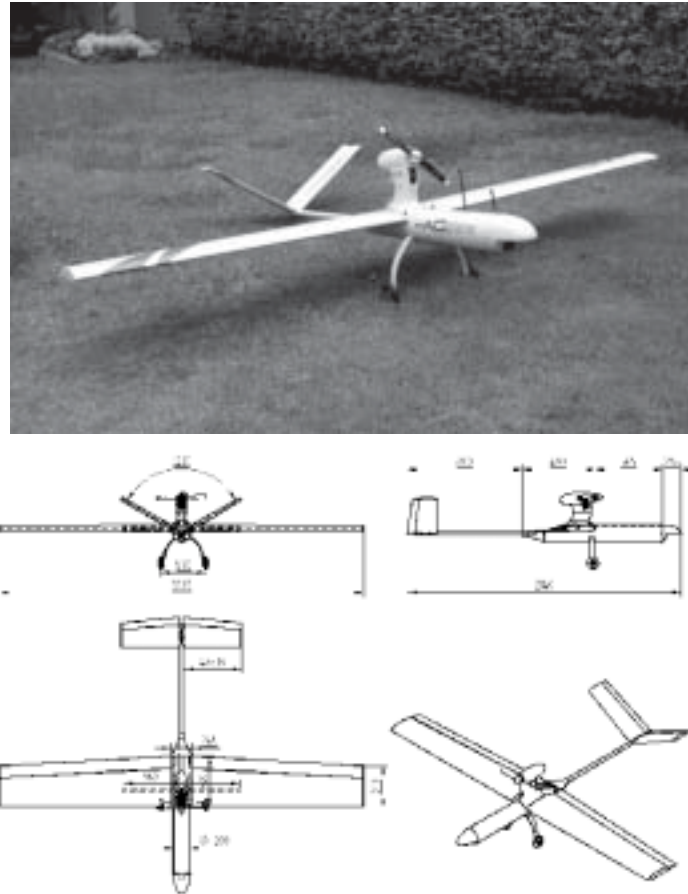
- avaliar aspectos relativos à operacionalização do uso do equipamento e propor melhorias.

Material e Métodos

O equipamento em teste

A coleta das imagens foi realizada através do sistema AGPLANE, desenvolvido e operado pela AGX Tecnologia Ltda. Na figura 1, é mostrada a aparência do equipamento:

Figura 1. A aeronave e suas medidas



Este equipamento possui 3,2 m de envergadura por 2,6 m de comprimento, com peso seco de 14 kg, construída em fibra de vidro com resina *epóxi* e alumínio aeronáutico. No atual estágio de desenvolvimento tem um alcance de 3 km, sem barreiras e autonomia de 40 minutos vôo. Além da tecnologia de controle da aeronave, ela está equipada com uma câmera digital CANON EOS 10D de 6.3 *megapixels* para a tomada de imagens em posição vertical, mais uma câmera de vídeo digital SONY para orientação do vôo. O controle é feito da estação de controle e operação que acompanha o equipamento, montada sobre um computador que mostra as imagens de vôo com todas as variáveis necessárias, além de mostrar a seqüência programada para a tomada das fotos, já programada, conforme a figura 2.

As missões

A coleta foi programada em 19 talhões espalhados em 3 áreas de identificação totalizando 357 ha, todos localizados na Regional Aracruz (centro-norte do Espírito Santo), entre os meses de agosto e setembro de 2005. Estas áreas foram escolhidas por estarem, na época da coleta, com idades aceitáveis para a realização do trabalho e por representarem bem o padrão de distribuição e talhonamento das propriedades da ARCEL.

Após a definição dos locais de coleta, foi realizado o planejamento detalhado das missões para a programação de coleta das imagens, definição das áreas de pouso e decolagem, pontos de coleta, horários de trabalho, entre outros. Ainda assim, quando a equipe chegou ao local, foi realizada uma inspeção anterior aos locais de operação para possíveis ajustes no planejamento original.

Figura 2. Localização das áreas de estudo



Para que pudessem ser obtidas imagens com qualidade para o processamento posterior, foi desenvolvido um programa para cálculo de incidência solar, a fim de determinar a janela de coleta das imagens (os horários máximo e mínimo de coleta), com base no local de coleta e ângulo máximo de incidência solar pretendido. Este sistema funciona num equipamento *pocket pc*, com o auxílio de um receptor GPS acoplado.

Uso do modelo digital do terreno

Uma informação extremamente importante para a análise das imagens coletadas durante o voo é a distância da aeronave em relação ao solo no momento do disparo da imagem. A utilização dessa informação permite a determinação da escala da imagem, que é necessária nas operações de medição eventualmente realizadas sobre as imagens.

No sistema utilizado optou-se por um modelo digital do terreno da área monitorada, associado à altitude elipsoidal fornecida pelo receptor GPS a bordo do UAV para a obtenção da distância do solo, em contrapartida aos caros sensores comerciais (ex.: altímetro a laser), mantendo o conceito de um sistema de baixo custo. Subtraindo-se o valor da altitude elipsoidal da altitude do ponto central da projeção da imagem no solo, obtida a partir do modelo digital do terreno, obtém-se a altitude da aeronave em relação ao solo. A associação dessa altitude com os dados da câmera fotográfica – resolução, distância focal da lente e dimensões do sensor – permite definir as dimensões da projeção de um *pixel* da imagem no solo, possibilitando o cálculo de áreas e distâncias na imagem.

Para determinar a altitude do terreno na coordenada da imagem, é realizada uma interpolação entre o três pontos do *grid* que se encontram mais próximos do centro da imagem. A altitude do terreno é determinada pela coordenada Z do ponto de intersecção P entre o plano \pm formado pelos três pontos selecionados (P1, P2 e P3) e a linha vertical que passa pela posição da aeronave no momento do disparo.

O processamento das imagens

O processamento das imagens é um processo iterativo realizado com o auxílio de algoritmos computacionais especialmente construídos para tal. O trabalho deve ser realizado de forma automatizada, para grandes lotes de imagens, já objetivando a aplicação em escala operacional.

A etapa inicial consiste em uma fase de pré-processamento das imagens, com operações de ajuste de cor globais no lote de imagens. Isso inclui, por exemplo, operações de equalização, ajuste de brilho, contraste, ajuste por histograma, entre outros.

Na próxima etapa, foram aplicadas várias técnicas de processamento de imagens mais específicas para o tema analisado, como segmentação, análise de forma e área de objetos, por exemplo. Com base nos dados obtidos a partir da seqüência de técnicas aplicadas, a imagem passa por uma fase de vetorização, onde os dados são convertidos do formato matricial (matriz de *pixels*) para um formato vetorial (pontos, arestas, polígonos, etc.).

Os dados obtidos na etapa de vetorização permitem uma grande flexibilização na extração de índices, facilitando, por exemplo, o cálculo de distâncias e parâmetros de distribuição e alinhamento de plantas. Esses cálculos são realizados na etapa de processamento vetorial. A iteratividade consiste na utilização dos dados gerados nesta última etapa como parâmetros adicionais para um novo ciclo da metodologia, retornando à etapa de pré-processamento. Muitos dos dados processados na forma vetorial podem otimizar técnicas de segmentação, por exemplo.

Obtenção dos dados de mortalidade

A principal atividade do inventário de sobrevivência é a avaliação da mortalidade das plantas durante os primeiros 20 dias após o plantio. A correta extração dessa informação a partir da análise de imagens aéreas permite uma avaliação mais abrangente e confiável do plantio, em relação a técnicas convencionais de amostragem em solo. Esta informação deve ser obtida tanto para o plantio de até 20 dias quanto para o plantio de 6 meses.

Na etapa de pré-processamento foram feitos os seguintes ajustes:

- remoção manual de áreas não referentes ao plantio em imagens obtidas na borda do talhão (ex.: estradas, mata virgem);
- realce da componente verde das imagens;
- remoção de áreas de solo exposto e sombra por classificação de cor (apenas para plantio de 6 meses).

Na etapa de processamento de imagem, foi realizada a segmentação das copas das plantas nas imagens. Para isso, foi utilizada a segmentação por faixa de cor (*threshold*) na componente verde das imagens, associada a uma filtragem das regiões segmentadas por área e forma. Os pontos centrais das plantas são então calculados como o centro das componentes conexas resultantes da segmentação.

Na etapa de vetorização, os pontos centrais das plantas são convertidos para um formato vetorial, aplicando-se em seguida uma técnica de triangulação para geração de uma malha irregular de triângulos sobre os pontos centrais das plantas.

O processamento vetorial para extração de dados de mortalidade é composto pelos seguintes procedimentos:

- detecção de direção do plantio: a direção aproximada do plantio é detectada com base em cálculos estatísticos sobre as arestas dos triângulos da malha;

- detecção de linhas de plantio: a análise de direção e interconexão das arestas dos triângulos da malha permite a determinação de quais arestas pertencem à linha de plantio e seus respectivos pontos;

- interpolação das linhas de plantio: com a interpolação dos pontos de cada linha de plantio, as retas de plantio “ideal” são definidas;

- cálculo da distância entre plantas: é calculada a média da distância entre as plantas dentro da linha de plantio;

- contagem de falhas: as distâncias entre plantas acima de um determinado valor esperado são classificadas como uma ou mais falhas.

Os índices extraídos das imagens foram:

- número de plantas na imagem;

- número de falhas no plantio.

Uniformidade de plantio

Um importante indicativo da qualidade do plantio é a uniformidade na distribuição das plantas na área de plantio. A falha no seguimento de um padrão de plantio (distância entre linhas e plantas, por exemplo) pode significar perdas no aproveitamento da área de plantio, afetando o crescimento das plantas. Imagens aéreas de alta resolução fornecem uma ferramenta eficiente de avaliação da uniformidade de plantio, quando comparadas a métodos terrestres.

Nesta seção, é apresentado o detalhamento de cada etapa da metodologia de processamento de imagens para a análise de uniformidade do plantio nas imagens coletadas. Essa análise foi feita tanto para o plantio de até 20 dias quanto para o plantio de 6 meses. Parte do processamento realizado utiliza as mesmas técnicas usadas no levantamento de mortalidade, particularmente na identificação dos pontos centrais das plantas e na triangulação.

O processamento vetorial para extração de dados de uniformidade do plantio é composto pelos seguintes procedimentos:

- detecção de direção do plantio: a direção aproximada do plantio é detectada com base em cálculos estatísticos sobre as arestas dos triângulos da malha;

- detecção de linhas de plantio: a análise de direção e interconexão das arestas dos triângulos da malha permite a determinação de quais arestas pertencem à linha de plantio e seus respectivos pontos;

- interpolação das linhas de plantio: com a interpolação dos pontos de cada linha de plantio, as retas de plantio “ideal” são definidas;

- cálculo da distância da linha de plantio: a distância entre cada planta e a linha de plantio ideal é medida;

- cálculo da distância entre linhas de plantio: é medida a distância de uma linha de plantio a outra, em vários pontos ao longo das linhas;

- cálculo da distância entre plantas: a distância entre as plantas ao longo da linha de plantio é medida.

A tarefa de avaliação de uniformidade do plantio permite a utilização de vários índices, incluindo combinações entre os mesmos. Isso gera uma quantidade elevada de variáveis a serem levantadas nas fotos. São sugeridos e implementados, para o cálculo da uniformidade do plantio, os seguintes índices:

- média e desvio padrão da distância entre as plantas e a linha de plantio interpolada;

- média e desvio padrão da distância entre as linhas de plantio;

- média e desvio padrão da distância entre as plantas dentro da linha de plantio;

- desvio padrão da direção das linhas de plantio.

Tamanho da Copa

Essa análise foi feita apenas para o plantio de 6 meses. Parte do processamento realizado utiliza as mesmas técnicas usadas no levantamento de mortalidade, particularmente na identificação dos pontos centrais das plantas e na triangulação.

Na etapa de processamento de imagem é realizada a segmentação das copas das plantas nas imagens. Para isso, é utilizada a segmentação por faixa de cor (*threshold*) na componente verde das imagens. Em seguida, é aplicada uma técnica de delimitação de áreas de contribuição (*watersheds*) sobre os pontos centrais das plantas para separação de algumas copas adjacentes indevidamente conectadas. O resultado do processo de segmentação é utilizado para medição da área das copas com base na contagem de *pixels* das áreas segmentadas.

O único processamento adicional realizado na etapa de processamento vetorial é o ajuste da unidade de área de *pixels* para metros quadrados. Isso é feito com a utilização de parâmetros da câmera fotográfica e a altitude em relação ao solo, obtida a partir do modelo digital do terreno.

Os índices gerados foram:

- média do tamanho de copa (em m²);
- desvio padrão do tamanho de copa (em m²).

Avaliação da Amostragem

Com os resultados do trabalho de campo é importante avaliar a precisão estatística do levantamento. Para isso foram calculados os intervalos de confiança para cada variável, seguindo procedimentos de amostragem probabilística para populações finitas:

$$Ic' = \pm Z\alpha \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

Onde:

Ic' = Intervalo de confiança corrigido para populações finitas

Zα = Valor de z para o nível de confiança ao nível de 95% = 1,96

N = Tamanho da população

n = Tamanho da amostra

p = Proporção do atributo na população

Com isso foi possível avaliar se a quantidade de fotos tomadas para cada plantio representa adequadamente a variável a ser medida.

Resultados

O objetivo deste material não é detalhar todos os produtos gerados em todos os plantios analisados. Por isso serão colocados alguns exemplos, a fim de mostrar o potencial da ferramenta (figuras 3 e 4).

A diversidade de situações existentes no campo exige uma adaptação contínua dos métodos de coleta e de processamento das imagens. Os melhores resultados para sobrevivência foram obtidos em plantios mecanizados, com baixa quantidade de resíduos. Já para áreas com 6 meses, a quantidade de matocompetição pode ser um fator limitante.

Figura 3. Linhas de plantio (direita) e rede triangular irregular (esquerda)

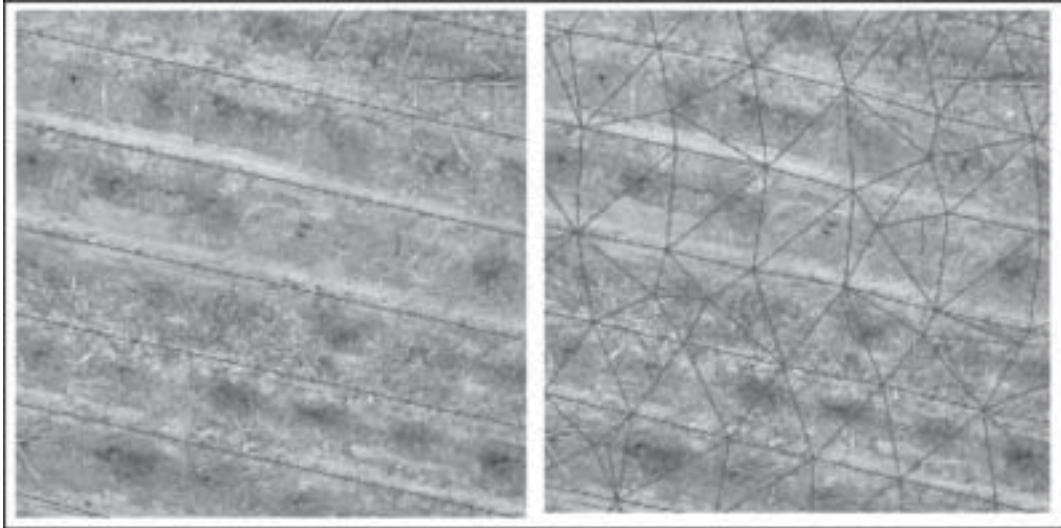
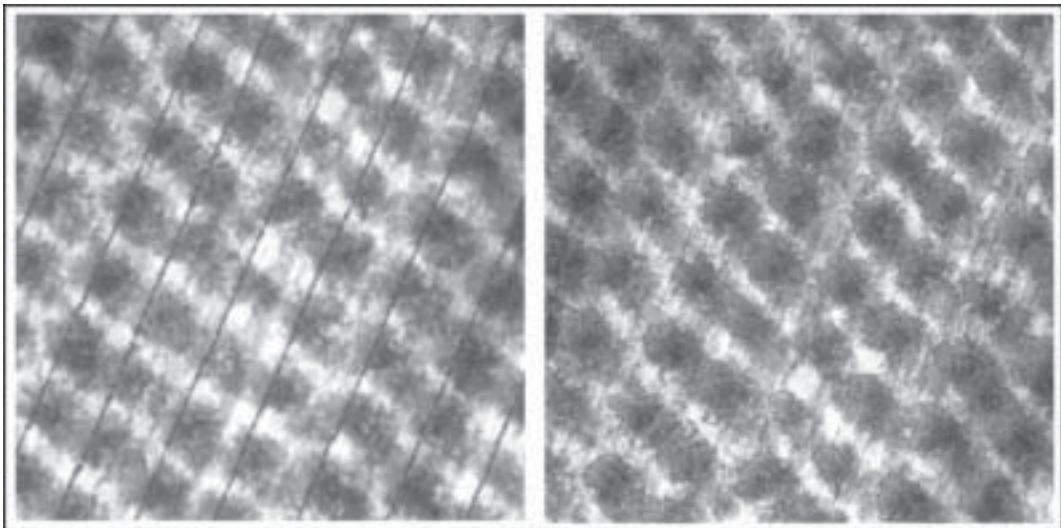


Figura 4. Linhas de plantio (direita) e áreas das copas (esquerda)



Todas as fotos foram geradas no formato GEOTIFF, o que permite que elas sejam lançadas sobre bases cartográficas existentes através de programas comerciais para a visualização de mapas. Para cada foto foram armazenadas as etapas pelas quais o processamento passou até a obtenção dos dados destas imagens.

Após o processamento das imagens foram montadas planilhas com os resultados por plantio examinado. Nas tabelas referentes aos plantios com 20 dias estão registradas as seguintes variáveis:

- número do talhão avaliado;
- nome do arquivo da foto;
- latitude do centro da foto;

- longitude do centro da foto;
- dplM: Média da distância (milímetros) das plantas às suas linhas de plantio;
- dplS: Desvio padrão da distância (milímetros) das plantas às suas linhas de plantio;
- eppM: Média do espaçamento (milímetros) entre as plantas nas suas linhas de plantio;
- eppS: Desvio padrão do espaçamento (milímetros) entre as plantas nas suas linhas de plantio;
- dlIM: Média da distância (milímetros) entre as linhas de plantio;
- dlIS: Desvio padrão da distância (milímetros) entre as linhas de plantio;
- pllM: Média dos ângulos (graus) das linhas de plantio em relação ao eixo X (paralelismo entre linhas);
- pllS: Desvio padrão dos ângulos (graus) das linhas de plantio (paralelismo entre linhas);
- mta: Total de árvores na imagem;
- mnm: Mortalidade absoluta;
- mnp: Mortalidade percentual.

Nas tabelas com os resultados dos trabalhos nos plantios de 6 meses de idade, foram mostradas todas as variáveis anteriores, mais as seguintes:

- Copa (m²): Média das áreas de copa em metros quadrados;
- Variação (%): Coeficiente de variação das áreas de copa na imagem.

A exemplificação das planilhas correspondentes a determinado talhão pode ser observada nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resultados das variáveis obtidas para o plantio 279-09-01 (20 dias)

Talhão	Imagem	Latitude	Longitude	dplM	dplS	eppM	eppS	dlIM	dlIS	pllM	pllS	mta	mnm	mnp
279-09-01	aracruz_279_120	-19,668392	-40,101653	103,1	98,7	3265,8	1746,8	2813,4	1378,0	65,1	1,1	85	7	7,53%
	aracruz_279_121	-19,668623	-40,102805	98,5	94,8	3393,8	2056,7	2746,1	621,9	55,1	1,7	105	10	8,70%
	aracruz_279_160	-19,668097	-40,096784	67,8	53,8	3193,7	1421,2	2534,3	977,6	49,1	0,9	68	4	5,56%
	aracruz_279_208	-19,667816	-40,099602	143,9	135,5	2448,2	1815,3	2705,9	1193,2	45,9	2,0	195	21	9,72%
	aracruz_279_215	-19,668634	-40,097609	71,5	74,6	3011,3	1193,7	2753,5	689,4	72,3	0,6	180	14	7,22%
	aracruz_279_216	-19,668641	-40,098577	119,7	117,0	2345,5	2093,7	2306,4	913,3	73,2	0,6	278	26	8,55%
	aracruz_279_217	-19,668555	-40,099545	95,4	104,6	2674,4	1596,4	2728,7	1113,0	69,3	2,2	150	9	5,66%
	aracruz_279_220	-19,668668	-40,100590	164,3	123,8	1490,4	1167,8	2525,9	889,0	62,1	1,4	301	18	5,84%

Tabela 2. Resultados das variáveis obtidas para o plantio 099-04-01 (6 meses)

Talhão	Imagem	Latitude	Longitude	Copa (m ²)	Variação (%)	dplM	dplS	eppM	eppS	dlIM	dlIS	pllM	pllS	mta	mnm	mnp
099_04_01	aracruz_099_053	-19,699502	-40,099039	3,99	22,25%	121,3	130,3	3059,4	544,0	3053,7	699,5	55,4	0,55	411	7	1,67%
	aracruz_099_055	-19,699600	-40,102810	3,99	18,34%	115,6	99,8	2573,5	396,1	2975,0	704,9	42,9	2,55	1203	8	0,66%
	aracruz_099_056	-19,6995876	-40,105004	3,21	29,56%	89,6	95,3	3082,4	416,4	2996,8	647,1	60,9	0,93	247	2	0,80%
	aracruz_099_060	-19,6993960	-40,106661	3,78	19,60%	91,4	79,7	2967,1	259,2	2988,2	973,4	66,0	1,99	1091	5	0,46%
	aracruz_099_061	-19,6993627	-40,104770	3,78	20,94%	111,6	102,8	3013,1	378,2	2894,8	594,4	77,6	0,72	1386	10	0,72%
	aracruz_099_062	-19,6993938	-40,102896	4,44	17,82%	117,0	115,5	2978,9	267,6	2783,4	642,1	60,9	1,38	969	2	0,21%
	aracruz_099_063	-19,6993949	-40,100968	4,22	21,04%	118,3	127,6	2978,1	367,1	2865,2	691,2	49,2	0,77	1316	9	0,68%

Por fim, os resultados consolidados dos plantios avaliados foram testados quando à representatividade das amostras realizadas. Seguem os resultados para mortalidade. Conforme a tabela 3, no plantio 02-279-06-01, para uma população total

de 12.243 árvores (N), com a amostragem realizada (n) de 1.969 árvores, foi obtido um intervalo de confiança (Ic') de 1,5% a 95% de probabilidade. Segundo o percentual de mortalidade obtido (p), o mesmo resultado teria sido possível se fosse realizada a amostragem de 208 árvores (n').

Tabela 3. Intervalo de confiança para os resultados de mortalidade

MORTALIDADE	Avaliação	Problemas (em %)				
		N	n	p	n'	Ic'
02-273-06-01	Sobrevivência	12343	1989	16,5%	208	1,5%
02-273-09-01	Sobrevivência	20775	2087	10,5%	144	1,3%
02-273-10-01	Sobrevivência	8925	1096	13,0%	169	1,8%
02-093-04-01	IFQ-6	20.390	6623	0,6%	10	0,2%
02-093-05-01	IFQ-6	22.520	5773	3,6%	53	0,4%
02-093-06-01	IFQ-6	18.267	5886	1,2%	19	0,2%
02-093-06-02	IFQ-6	16.425	4115	2,1%	32	0,4%
02-093-07-01	IFQ-6	10.346	2521	1,2%	19	0,4%
02-093-07-02	IFQ-6	25.215	5800	0,8%	12	0,2%
02-093-08-02	IFQ-6	16.748	4140	1,1%	17	0,3%

O mesmo teste foi conduzido para as demais variáveis, obtendo-se resultados adequados à necessidade do serviço.

Conclusões

Os resultados obtidos com a realização deste teste prático no campo mostram que a substituição de métodos tradicionais de inventário de sobrevivência e de inventário de qualidade aos 6 meses pode ser realizada, sem prejuízo, no que diz respeito à coleta de dados. Ainda foi possível obter outras variáveis, além da mortalidade e coeficiente de variação da área de copa que agregam mais valor ao trabalho de campo, como uniformidade de plantio.

Ainda existem algumas limitações que podem ser superadas com mais trabalhos práticos e algumas melhorias na aeronave e nos procedimentos. Os problemas relatados com a identificação de mudas podem ser resolvidos diminuindo a altura de vôo ou aumentando a resolução da máquina fotográfica, por exemplo.

Os obstáculos a serem transpostos agora já não se encontram tanto na questão tecnológica, mas em outras esferas como as questões relacionadas à prestação do serviço para as empresas interessadas ou no monitoramento da evolução da legislação sobre o uso deste tipo de equipamento. Um ponto importante também é desenvolver outros aspectos do uso do equipamento como suporte aos serviços de vigilância e principalmente, na tarefa de mapeamento. De qualquer forma, a recomendação principal que o presente trabalho demonstra é que é possível avançar para uma nova fase na tentativa de tornar a tecnologia disponível na forma de prestação de serviços.

Referência

ARAUJO, M. A., SARTORIO, R. C.; O uso de aeronaves não tripuladas como alternativa para monitoramento florestal na Aracruz Celulose S/A In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 6. 2004. Curitiba, *Anais...* Curitiba: FUPEF, Fundação de Pesquisas Florestais, 2004.