

Utilização de imagens de videografia aérea na detecção de deficiências nutricionais em plantios de eucalipto

The use of aerial videography in the detection of nutritional deficiency in *Eucalypts* plantations

Paulo Pompermayer Neto
Hilton Thadeu Zarate do Couto

RESUMO: A videografia aérea é uma técnica que vem sendo utilizada para avaliação, detecção e prevenção de problemas na agricultura e no manejo de áreas naturais. Um dos motivos para o emprego desta técnica é o seu baixo custo para a obtenção das imagens e a rapidez com que estas podem ser captadas, processadas e analisadas. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi verificar a utilidade da técnica videográfica no levantamento de deficiências nutricionais em plantações de eucalipto, para sua utilização como instrumento no monitoramento nutricional, menos dispendioso que os métodos convencionais. Para isto, instalou-se um experimento com tratamentos de subtração de nutrientes com a finalidade de verificar a potencialidade da videografia aérea como técnica para distinguir os tratamentos com deficiência nutricional em plantios de eucalipto. Foram obtidas imagens nas faixas espectrais do verde, do azul, do vermelho e do infravermelho próximo, 12 meses após o plantio. Essas imagens foram capturadas com duas câmeras S-VHS: uma capaz de captar a faixa do espectro visível (PANASONIC) e, outra, capaz de captar a faixa do espectro visível mais uma parte do infravermelho próximo (COHU). Nestas câmeras foram também utilizados filtros de subtração para separar as faixas do espectro a serem trabalhadas. Além disso foi feita uma análise dos valores de pixels sobre as imagens de cada parcela, obtendo-se os valores mínimo, médio, máximo e o desvio padrão da média. Relações estatisticamente significativas entre os dados dendrométricos e os valores de pixel foram encontradas para as imagens obtidas a 1500 m de altura pela câmera COHU nas faixas do azul e do infravermelho próximo e pela câmera PANASONIC na faixa do vermelho do espectro eletromagnético.

PALAVRAS-CHAVE: Eucalipto, Deficiência nutricional, Videografia aérea, Sensoriamento remoto

ABSTRACT: Aerial videography is a technique that has been used to evaluate, detect and prevent agricultural problems, as well as in the management of natural areas. One of the reasons for the employment of this technique is its low cost for obtaining the images and the speed that they can be captured, processed, and analyzed. The aim of this work was to verify the usefulness of the videography in detecting nutritional deficiency in *Eucalypts* plantations, for using it as a tool in the nutritional monitoring, less costly than the conventional methods. For this, an experiment was set up with treatments of subtraction of nutrients with the purpose of verifying the potentiality of the aerial videography as a technique to distinguish the treatments with nutritional deficiency in *Eucalypts* plantations. Images were obtained in the green, blue, red, and near infrared bands, 12 months after planting. Those images were obtained with two S-VHS cameras: one capable of capturing images in the visible bands of spectrum (PANASONIC) and other capable of capturing images in the visible bands plus part of the near

infrared (COHU). Subtraction filters were used to separate the bands of the spectrum. Besides, it was made an analysis of the pixels values of each plot, being obtained the minimum, mean, maximum values and the mean standard deviation. Statistically significant relationships between dendrometric data values were found for images obtained from 1500 m of height by the camera COHU, in the bands blue and near infrared and for the camera PANASONIC, in the red band.

KEYWORDS: *Eucalyptus*, Nutritional deficiency, Aerial videography, Remote sensing

INTRODUÇÃO

A preocupação com os aspectos nutricionais dos plantios de eucalipto vem crescendo, devido às respostas obtidas quando são realizadas as fertilizações adequadas para determinado povoamento.

Visando detectar estas áreas com deficiências ou exigências nutricionais distintas, algumas empresas empregam o monitoramento nutricional de seus plantios de eucalipto, estabelecendo parcelas em que o crescimento e o estado nutricional das plantas são avaliados, principalmente nos dois primeiros anos, época de maior exigência de nutrientes e ainda em tempo de uma correção por meio de adubação suplementar.

Por ser um trabalho realizado por amostragem, nem sempre os pontos de coleta das amostras representam a real situação nutricional dos plantios, devido à existência de regiões com diferentes necessidades dentro de uma mesma área. Esta heterogeneidade ocasiona, em alguns pontos, regiões onde a exigência nutricional das árvores não é atendida e, em outros, onde ocorre o excesso de adubação e o conseqüente desperdício de recursos.

Outras dificuldades nesse sistema de amostragem são o emprego de um grande número de análises químicas, necessárias para determinar o estado nutricional da floresta e a fertilidade do solo, o longo período de tempo desde o início do trabalho até a obtenção dos resultados e, principalmente, falta de precisão na localização das áreas em que se deve utilizar a correção.

Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura, em 1997 o Brasil possuía 4.652.412 ha de florestas plantadas, sendo 2.949.345 ha de eucalipto. Do total plantado com eucalipto, apenas 350.000 ha (11,86%) eram adubados (Silveira et al., 1995).

A maximização dos recursos da adubação resultaria numa melhor utilização dos nutrientes pelas plantas e conseqüente melhoria na conservação dos recursos naturais, como a água e o solo, e em maior economia.

A videografia aérea é uma técnica que vem sendo utilizada desde a década de 1980, com o objetivo de monitorar a situação de áreas agrícolas, identificando infestações de ervas daninhas, diferenciando culturas adubadas de não adubadas, áreas queimadas e infestações de formigas (Everitt e Nixon, 1985).

O sistema consiste na utilização de uma ou mais câmeras de vídeo, acopladas ao piso de uma aeronave, de forma a obter imagens verticais, isto é, paralelas ao solo.

As imagens de vídeo podem ainda gerar dados digitais e índices de vegetação para estimar a altura do dossel de plantas, área foliar e produtividade (Richardson et al., 1990; Wiegand et al., 1992; Wiegand et al., 1994; Yang e Anderson, 1996; Yang e Anderson 1997).

Nixon et al. (1985) relatam como vantagens dos sistemas de vídeo, em relação a outros sistemas de sensoriamento remoto, a maior fotossensibilidade das câmeras, o que permite a separação das faixas do espectro eletromagnético visível (400 nm até 700 nm), além da possibilidade de captar imagens na faixa do infravermelho próximo (700 nm até 1100 nm).

Outra vantagem citada pelos autores é a possibilidade de visualização e processamento imediato das imagens.

Segundo Everitt et al. (1991b), a grande vantagem da utilização de sistemas de vídeo é a agilidade na coleta, processamento e utilização dos dados, já que este processo pode levar algo em torno de horas, ao invés de semanas ou até meses, requeridos por outros sistemas. Além disso, os autores destacam a importância da videografia em aplicações como monitoramento da produção agrícola e avaliação de catástrofes naturais, devido à rapidez do processamento das imagens obtidas que, facilmente, podem ser convertidas ao formato digital.

Everitt et al. (1991a) e Everitt et al. (1995) destacam o potencial de rápido processamento digital das imagens como um fator importante na utilização de sistemas de vídeo, ao invés de filmes fotográficos. Isto ocorre, principalmente, devido à especificidade do processamento de filmes aéreos e infravermelhos. Os mesmos autores citam ainda que, devido à alta sensibilidade à luz em comparação aos filmes fotográficos, o vídeo permite trabalhar em faixas espectrais estreitas e no infravermelho próximo, podendo-se também distinguir e quantificar feições do terreno com a utilização de filtros e sistemas computadorizados para processamento das imagens.

Para Yang et al. (1998) as grandes vantagens da videografia em relação às imagens de satélite e outros produtos de sensoriamento remoto são a sua alta resolução espacial, disponibilidade imediata de dados para análise, baixo custo e facilidade na operação dos equipamentos.

Couto et al. (2000) citam como principais vantagens do sistema de videografia aérea: a possibilidade de avaliar a imagem em tempo real; a simplicidade; o baixo custo e a facilidade de operação do equipamento; a possibili-

dade de identificação e correção de problemas com a rota do avião e obtenção das imagens, uma vez que o operador acompanha o vôo por um monitor; a grande quantidade de imagens adquiridas; a possibilidade de integração do sistema de videografia com GPS (Global Positioning System) e com Sistemas de Informações Geográficas.

Everitt et al. (1988a) utilizaram um sistema de quatro câmeras de vídeo para produzir imagens índice de vegetação e avaliar seu potencial para monitorar a produção de biomassa em parcelas de pastagem adubadas com nitrogênio, nas doses de 0, 56, 112, 168 e 224 kg.ha⁻¹, obtendo coeficientes de correlação estatisticamente significativos.

Everitt et al. (1988b) detectaram problemas com a salinidade de solos em áreas agrícolas, utilizando imagens obtidas na faixa do infravermelho. Hart et al. (1988) também utilizaram um sistema de imageamento no infravermelho para detectar clorose (amarelecimento ocasionado por problemas nutricionais ou de raízes) em árvores do gênero *Citrus*.

Yang et al. (1998) utilizaram um sistema de videografia aérea para obter índices de produtividade em sorgo, obtendo correlações significativas entre os valores de pixel e os teores de P, K, Ca e Mn nas folhas, assim como uma estimativa muito próxima da produtividade de grãos.

Schlemmer e Francis (1998) utilizaram imagens multiespectrais de vídeo com os filtros azul (489 nm), verde (559 nm), vermelho (657 nm) e infravermelho próximo (841 nm) para estimar a biomassa e a produção de milho (*Zea mays* L.), por meio de índices extraídos dos dados digitais das imagens de vídeo. Os coeficientes de correlação para as curvas ajustadas para biomassa e produção de grãos foram de 0,80 e 0,87, respectivamente.

Everitt et al. (1991a), analisando imagens digitalizadas, distinguiram áreas com plantas

cloróticas das demais, estimando em 41% da área total. Esta análise foi comparada à de uma imagem fotográfica, que obteve como resultado 43% da área total, demonstrando dessa forma a viabilidade do sistema de vídeo em substituição às fotografias aéreas no monitoramento de culturas.

Nixon et al. (1985) e Everitt et al. (1988a), assim como Mausel et al. (1993), utilizaram filtros em câmeras de vídeo com o objetivo de destacar, em faixas específicas do espectro eletromagnético, determinadas características do terreno.

Filtros para captar imagens de vídeo nas faixas referentes ao verde, vermelho e infravermelho próximo foram utilizados por Yang et al. (1998), em um sistema de câmeras alinhadas, com o objetivo de calcular índices de vegetação para estimativa de produtividade de sorgo. Os autores encontraram relações estatisticamente significativas entre os valores de índice de vegetação, produtividade e níveis de P, K, Na, Ca e Mn nas plantas.

Schlemmer e Francis (1998) utilizando um sistema de câmeras com filtros, conseguiram boas correlações entre índices obtidos por meio das imagens de vídeo e acúmulo de biomassa e produtividade.

O objetivo desse trabalho foi estudar a viabilidade do uso da videografia aérea como um método alternativo na identificação de áreas com deficiências nutricionais em eucalipto, em um experimento de campo com deficiências nutricionais induzidas, otimizando a amostragem em trabalhos de monitoramento nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de subtração de nutrientes foi instalado na fazenda Santa Fé, de propriedade da Chamflora Agroflorestal Ltda., Município de Brotas, Estado de São Paulo (22°17'12"S / 48°07'30"W). A região onde foi montado o

experimento foi escolhida por possuir solo do tipo Areia Quartzosa, profunda, álica, com horizonte A moderado (AQ), de baixa fertilidade e baixa retenção de água. A região é sujeita a déficit hídrico de abril a setembro, com uma pequena reposição em junho. O clima da região é classificado como subtropical úmido, com inverno seco e verão chuvoso, Cwa, segundo o sistema de Köppen.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. A área de cada parcela dos tratamentos de omissão foi de 900 m², com 36 árvores mensuráveis. Os tratamentos de omissão de nutrientes estão apresentados na Tabela 1. As adubações dos tratamentos de omissão de nutrientes foram formuladas conforme os teores da adubação operacional, substituindo os componentes do adubo para cada tratamento, visando obter a subtração dos nutrientes estudados em cada um. As análises estatísticas foram realizadas no software SAS (Statistical Analysis System), (SAS Institute Inc., 1988).

Tabela 1

Tratamentos aplicados no experimento de subtração de nutrientes.

(Treatments applied on the experiment of nutrients subtraction).

Tratamentos	N	P	K	B	Denominação
T-1*	+	+	+	+	NPKB
T-2	+	+	+	-	NPK
T-3	+	+	-	+	NPB
T-4	+	-	+	+	NKB
T-5	-	+	+	+	PKB
T-6	-	-	+	+	KB
T-7	-	-	-	+	B
T-8	-	-	-	-	NADA
T-9	-	+	-	+	PB
T-10	+	-	-	+	NB

* adubação recomendada para o local; + = nutriente presente; - = nutriente ausente.

* recommended site fertilization; + = nutrient present; - = nutrient absent.

Os dados dendrométricos, tais como diâmetro da planta a 1,30 m de altura (DAP), altura total da planta (ALT) e área da projeção da copa (ACOPA), assim como solo e material vegetal para análises químicas, foram coletados 12 meses após o plantio, nos dias 12 e 13 de outubro de 2000, alguns dias antes do sobrevôo para tomada das imagens.

O sistema de videografia utilizado no trabalho foi montado com duas câmeras S-VHS, sendo uma COHU modelo 2222, apta a captar imagens na faixa visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (400 nm - 1100 nm), e uma PANASONIC, modelo AG-456UP, apta a captar imagens na faixa visível do espectro eletromagnético (400 nm - 700 nm). Ambas as câmeras possuem qualidade de imagem de 450 linhas e captura de 30 quadros por segundo.

Foram capturadas imagens a 1500 m e 3000 m acima do solo, nas faixas referentes ao verde, azul e vermelho do espectro eletromagnético para ambas as câmeras, e da faixa do infravermelho próximo para a câmera COHU e visível para a PANASONIC. A separação das faixas foi realizada por meio de filtros subtrativos, montados com uso de gelatinas específicas para iluminação profissional. O sobrevôo foi realizado no dia 18 de novembro de 2000, sem nuvens e com boa visibilidade, entre 10:00h e 14:00h.

As imagens gravadas em fitas S-VHS foram digitalizadas no tamanho 640 x 480 pixels, por meio de uma placa de captura de vídeo Pinnacle Miro DC 30 Plus, chegando a uma resolução espacial entre 3 m a 4 m no sobrevôo de 1500 m e 6 m a 8 m no sobrevôo de 3000 m.

O trabalho de captura com duas câmeras, cada uma com quatro faixas do espectro, em duas alturas de vôo, resultou em dezesseis imagens capturadas, que tiveram analisados, com auxílio do software ENVI 2.6 (Envi, 1997), os valores dos pixels (médio, máximo, mínimo e desvio padrão), referentes à área útil de cada

parcela dos tratamentos do experimento de omissão de nutrientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aferição dos filtros

Os filtros subtrativos montados para a separação das faixas do espectro eletromagnético foram aferidos por meio de um espectrorradiômetro, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), comprovando sua eficiência, conforme mostram as leituras apresentadas na Figura 1.

Dados de nutrição mineral relativos às parcelas

O solo da área do experimento foi amostrado e analisado pelo Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, visando conhecer o nível de fertilidade, bem como se haveria variação entre as parcelas. Estas análises mostraram que os teores dos nutrientes no solo não variaram significativamente em nível de probabilidade de 1% entre as parcelas dos tratamentos. O solo foi considerado como de baixa fertilidade, indicando a predisposição do sítio a induzir problemas nutricionais.

Os teores dos nutrientes nas folhas foram analisados e apenas os tratamentos NADA e NPK apresentaram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade dos demais tratamentos. O tratamento com maior teor de Boro foi o completo (NPKB), sendo significativamente diferente dos demais. Abaixo do tratamento NPKB, estão os tratamentos B e NKB, significativamente diferentes dos demais e semelhantes estatisticamente entre si. O tratamento com o menor teor de Boro foi o NPK, significativamente diferente dos demais tratamentos, porém, mesmo com baixos teores não foram detectados sintomas visuais da deficiência deste micronutriente.

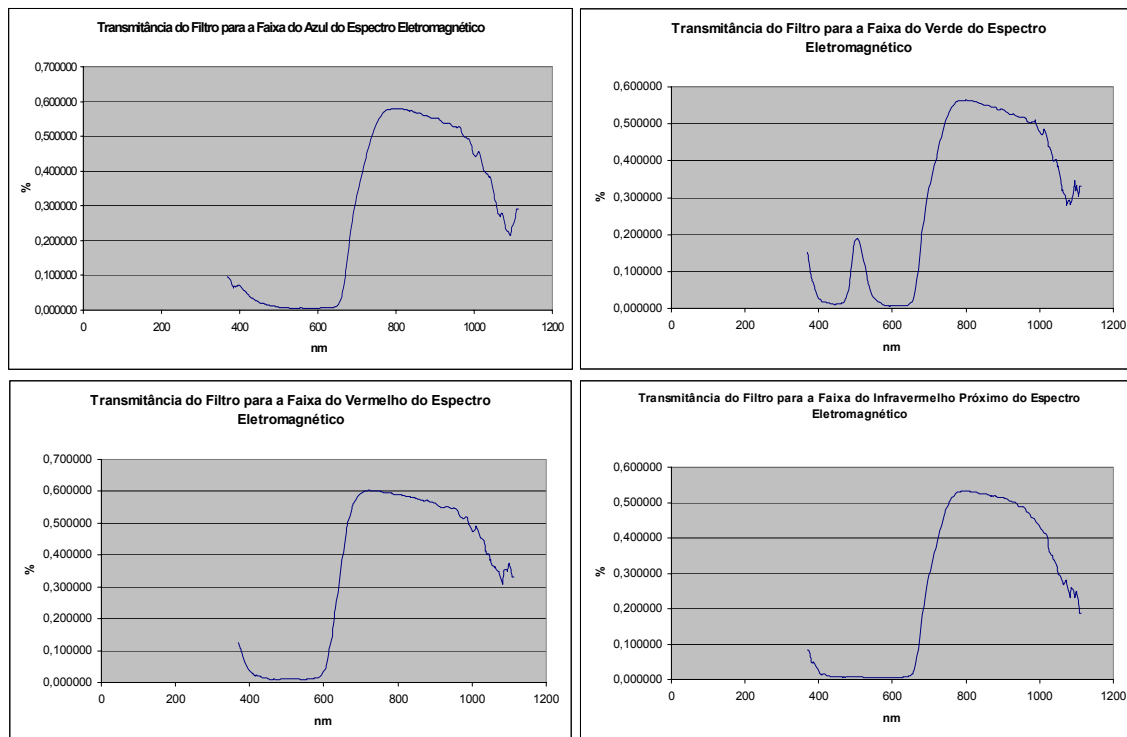


Figura 1
Transmitância dos Filtros Subtrativos
(Subtractive Filters Transmittance)

Tabela 2
Análise dos parâmetros dendrométricos.
(Analysis of the dendrometric parameters)

Parâmetros dendrométricos analisados					
Diâmetro		Altura		Área da Copa	
Tratamento	DAP* Médio (cm)	Tratamento	Altura Média(cm)	Tratamento	Área Média (m ²)
NPK	6,68 a	NPK	293,9 a	NPK	4,30 a
NPKB	6,64 a	NPKB	281,5 ab	NPKB	4,22 ab
PKB	6,06 ab	PKB	278,2 abc	PKB	3,82 ab
NPB	5,46 bc	NPB	257,4 bcd	PB	3,60 bc
PB	5,34 bc	PB	249,4 cde	NKB	3,56 bc
NKB	4,69 cd	NKB	245,4 def	NPB	3,50 cd
B	4,11 de	B	222,8 ef	B	3,29 cd
KB	3,74 de	NB	217,7 fg	NB	3,28 cd
NB	3,73 de	NADA	212,1 g	KB	3,04 de
NADA	3,06 e	KB	209,7 g	NADA	2,75 e

*DAP = Diâmetro do caule a 1,3 m do solo.

*DHB = Diameter at breast height (1,3 m).

Tabela 3

Relações significativas entre os parâmetros dendrométricos e os dados das imagens.
(Significant relationships between dendrometric parameters and image data)

Faixa do Espectro	Variável Dependente	Variável Independente	R ²	F	Pr > F
Imagem COHU azul 1500m					
Vermelho	DAP	MIN	0,5527	16,68	0,0001
	ALT	MIN	0,5285	31,39	0,0001
	ACOPA	MIN	0,5472	18,19	0,0001
Verde	DAP	MAX	0,6328	14,93	0,0001
	ALT	MED	0,6224	22,25	0,0001
Azul	DAP	MED	0,5961	19,92	0,0001
	ALT	MED	0,6184	21,87	0,0001
	ACOPA	DESPAD	0,5393	35,82	0,0001
Imagem COHU infravermelho próximo 1500m					
Vermelho	DAP	MIN	0,5328	15,39	0,0001
	ALT	MIN	0,6452	14,68	0,0001
	ACOPA	MIN	0,5172	11,28	0,0001
Verde	DAP	MIN	0,6774	20,64	0,0001
	ALT	MIN	0,6937	19,63	0,0001
	ACOPA	MIN	0,6442	12,36	0,0001
Azul	DAP	MIN	0,5746	11,70	0,0001
	ALT	MIN	0,6360	18,38	0,0001
	ACOPA	MED	0,5173	11,41	0,0001
Imagem PANASONIC vermelho 1500m					
Vermelho	DAP	DESPAD	0,5313	31,74	0,0001
Azul	DAP	DESPAD	0,5288	15,15	0,0001

MIN = valores mínimos dos pixels na imagem; MAX = valores máximos dos pixels na imagem; MED = valores médios dos pixels na imagem; DESPAD = desvio padrão da média dos valores dos pixels na imagem; DAP = diâmetro do caule a 1,3 m do solo; ALT = altura total da planta; ACOPA = área da copa das plantas.

(MIN = minimum values of the pixels in the image; MAX = maximum values of the pixels in the image; MED = mean values of the pixels in the image; DESPAD = standard deviation of the average of the pixel values in the image; DHB = Diameter at breast height (1,3 m); ALT = total height of the plant; ACOPA = area of the crown of the plants).

Dados dendrométricos

O diâmetro, a altura e a área da projeção da copa das árvores úteis das parcelas do experimento diferiram significativamente em nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos e estão apresentados na Tabela 2.

Para todos os parâmetros dendrométricos, os tratamentos apresentaram uma seqüência semelhante, mostrando o efeito dos tratamentos no crescimento das plantas, embora os te-

ores dos nutrientes nas folhas não se tenham manifestado deficientes, com exceção do Potássio, que apresentou teores inadequados em todos os tratamentos, exceto no KB.

O tratamento NPK foi o que apresentou maior crescimento, porém não significativamente diferente do tratamento NPKB. Os piores tratamentos foram o de omissão de todos os nutrientes (NADA) e o que foi aplicado apenas K e B.

Relação dos dados das imagens com dados dendrométricos e teor de nutrientes

Foram feitas análises de regressão para encontrar modelos lineares com coeficientes de correlação significativos que explicassem o comportamento dos dados da estatística de pixels de cada imagem e suas relações com produtividade e teor de nutrientes nas folhas.

Relações entre os dados dendrométricos e os valores da estatística de pixels foram encontradas apenas para algumas imagens obtidas a 1500 m (Tabela 3). Para as imagens obtidas a 3000 m de altura, nenhuma relação significativa entre os dados das imagens e os parâmetros dendrométricos ou teor de nutriente nas plantas foi encontrada.

Apesar das relações entre os dados da estatística de pixels das imagens obtidas a 3000 m e os dados dendrométricos não apresentarem coeficientes de correlação significativos, qualitativamente é possível distinguir os tratamentos tão bem quanto nas imagens obtidas a 1500 m, mostrando que os valores dos pixels podem estar mascarados pela menor resolução espacial decorrente da altura de vôo. Isto indica que a utilização de câmeras de vídeo com maior resolução espacial, pode propiciar análises mais apuradas da situação de plantios de eucalipto, diferenciando o dossel de forma qualitativa.

CONCLUSÕES

Os valores digitais das imagens do azul e do infravermelho próximo, da câmera COHU, e da faixa do vermelho, da PANASONIC, obtidas a 1500 m de altura, apresentaram relação com os dados dendrométricos.

Os valores de pixel das imagens capturadas tiveram relação apenas com os dados dendrométricos. Isto mostra que as deficiências nutricionais foram detectadas de maneira in-

direta, uma vez que afetaram significativamente o crescimento das plantas.

A altura de vôo influenciou os valores de pixel das imagens capturadas com ambas as câmeras.

As imagens da câmera COHU, que é apta a capturar imagens na faixa do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, produziram mais relações significativas com os dados dendrométricos do que as imagens da câmera PANASONIC.

As imagens de vídeo são uma ferramenta potencial para avaliações quantitativas e qualitativas de plantios de eucalipto, devido à sua praticidade e baixo custo, além de proporcionar a avaliação imediata para tomada de decisões e a possibilidade de elaboração de mapas temáticos.

AUTORES

PAULO POMPERMAYER NETO é Mestre em Recursos Naturais pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. E-mail: paulo.florestal@floresteca.com.br

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO é Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: htzcouto@esalq.usp.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUTO, H.T.Z.; VETTORAZZI, C.A.; FERRAZ, S.F. de B.; POMPERMAYER NETO, P. Airborne videography as a data source for the decision-making process in agriculture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSPATIAL INFORMATION IN AGRICULTURE AND FORESTRY, 2, Lake Buena Vista, 2000. **Proceedings**. Lake Buena Vista: ERIM, 2000. p.459 - 461.

ENVI. **User's guide: version 2.6**. Colorado: ENVI, 1997.

- EVERITT, J.H.; NIXON, P.R. Video imagery: a new remote sensing tool for range management. **Journal of range management**, v.38, p.421-424, 1985.
- EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E.; VILLARREAL, R. Evaluation of single band video and video band based indices for grassland phytomass assessment. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v.54, p.1177-1180, 1988a.
- EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E.; GERBERMANN, A.H.; ALANIZ, M.A. Detecting saline soils with video imagery. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v.54, p.1283-1287, 1988b.
- EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E.; VILLAREAL, R.; NORIEGA, J.R.; DAVIS, M.R. Airborne video systems for agricultural assessment. **Remote sensing of environment**, v.35, p.231-242, 1991a.
- EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E.; NORIEGA, J.A. High resolution multispectral video system. **Geocarto international**, v.6, n.4, p.45-51, 1991b.
- EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E.; CAVAZOS, I; NORIEGA, J.R.; DAVIS, M.R. A three camera multispectral digital video imaging system. **Remote sensing of environment**, v.54, p.333-337, 1995.
- HART, W.G.; EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E.; DAVIS, M.R.; GARZA, M.G. Comparing imaging systems for assessment of diverse conditions of agricultural resources. In: WORKSHOP ON VIDEOGRAPHY, 1, Falls Church, 1988. **Proceedings**. Falls Church: ASPRS, 1988. p.160-165.
- MAUSEL, P.W.; KALALIKA, G.; EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E. Delineation of soil series sub areas using multispectral video in relation to rural tax assessment. In: BIENNIAL WORKSHOP ON COLOR AERIAL PHOTOGRAPHY AND VIDEOGRAPHY FOR RESOURCE MONITORING, 14, Logan, 1993. **Proceedings**. Logan: ASPRS, 1993. p.82 - 95.
- NIXON, P.R.; ESCOBAR, D.E.; MENGES, R.M. A multiband video system for quick assessment of vegetal condition and discrimination of plant species. **Remote sensing of environment**, v.17, p.203-208, 1985.
- RICHARDSON, A.J.; HEILMAN, M.D.; ESCOBAR, D.E. Estimating grain sorghum yield from video and reflectance based PVI measurements at peak canopy development. **Journal of imaging technology**, v.16, n.3, p.104-109, 1990.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS/ETS user's guide: version 6**. 2.ed. Cary: SAS, 1993. 1022p.
- SCHLEMMER, M.R.; FRANCIS, D.D. Monitoring above ground biomass with multispectral airborne imagery. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSPATIAL INFORMATION IN AGRICULTURE AND FORESTRY, 1, Lake Buena Vista, 1998. **Proceedings**. Lake Buena Vista: ERIM, 1998. v.2, p.581-568.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; GONÇALVES, J.L.M.; BRANCO, E.F. **Levantamento e estudo do mercado de fertilizantes em florestas brasileiras: relatório interno**. Piracicaba: IPEF, 1995. 117p.
- YANG, C.; ANDERSON, G.L. Determining within-field management zones for grain sorghum using aerial videography. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 26, Vancouver, 1996. **Proceedings**. Vancouver: ASPRS, 1996. p.606-611.
- YANG, C.; ANDERSON, G.L. Identifying spatial plant growth variability in grain sorghum using aerial videography. In: BIENNIAL WORKSHOP ON COLOR PHOTOGRAPHY AND VIDEOGRAPHY IN RESOURCE ASSESSMENT, 16, Falls Church, 1997. **Proceedings**. Falls Church: ASPRS, 1997. p.443-450.
- YANG, C.; ANDERSON, G.L.; EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E. Mapping plant growth and yield variations from aerial digital videography. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSPATIAL INFORMATION IN AGRICULTURE AND FORESTRY, 1, Lake Buena Vista, 1998. **Proceedings**. Lake Buena Vista: ERIM, 1998. v.2, p.577-586.
- WIEGAND, C.L.; EVERITT, J.H.; RICHARDSON, A.J. Comparison of multispectral video and SPOT-1 HRV observations for cotton affected by soil salinity. **Remote sensing of environment**, v.13, n.8, p.1511-1525, 1992.
- WIEGAND, C.L.; RHOADES, J.D.; ESCOBAR, D.E.; EVERITT, J.H. Photographic and videographic observations for determining and mapping the response of cotton to soil salinity. **Remote sensing of environment**, v.49, p.212-223, 1994.