

# Avaliação do efeito da correção atmosférica e retificação radiométrica no cálculo da transformação Tasseled Cap

Eliana Lima da Fonseca<sup>1</sup>  
José Marinaldo Gleriani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Tabuleiros Costeiros – Laboratório de Geotecnologias Aplicadas  
Caixa Postal 44 – 49025-040 – Aracaju – SE, Brasil

<sup>2</sup>DEF – Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Viçosa  
36570-000 – Viçosa – MG, Brasil  
gleriani@ufv.br

**Abstract.** The tasseled cap transformation is one of most used spectral transformation in remotely sensed images. The coefficients of the transformation are dependents of the soils spectral response and the physical data used like DN or at-sensor reflectance. The objective of this work is to evaluate difference it exists in the value of the coefficients for data transformed in at-sensor reflectance and data rectified radiometrically tends as reference an image corrected atmospherically corrected. The results shows that only graphical analysis is not enough to analyze this kind of data and statistical differences were found between two groups of data.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

## 1. Introdução

As transformações espectrais são úteis para realçar a informação de um alvo de interesse (Richards e Jia, 1998), minimizar efeitos topográficos (Lillesand e Kiefer, 1994) e reduzir o número de canais armazenados (Richards e Jia, 1998). Entres as transformações espectrais, a transformação espectral Tasseled Cap (Kauth e Thomas, 1976) tem sido bastante utilizada para os mais diversos fins.

As primeiras transformações Tasseled Cap realizadas, foram feitas com dados do sensor MSS (“Multispectral Scanner”) as quais foram denominadas de “brightness”, “greenness” e “yelowness”, essa última contem informações sobre senescência da vegetação. A quarta componente (“non such”) não tinha denominação especial e segundo alguns autores continha os ruídos atmosféricos (Mather, 1999). Crist e Ciccone (1984a) ao gerarem a transformação com dados simulados do sensor TM (“Thematic Mapper”) denominaram as componentes de “brightness”, “greenness”, terceira, quarta, quinta e sexta, e, somente no segundo trabalho com dados orbitais do sensor TM, Crist e Ciccone (1984b) denominaram a terceira componente de “wetness”, sem mencionar que informação as outras componentes continham. Assim, a componente “brightness” é a soma ponderada de todas as bandas, a componente “greenness” é o contraste entre a o canal do infravermelho próximo com as bandas do visível, a componente “wetness” é contraste entre o infravermelho médio com as faixas do visível e infravermelho próximo (Crist e Ciccone, 1984b).

Dymond et al. (2002) observaram que as componentes espectrais resultantes das diferenças temporais do “brightness” assim como das componentes “greenness” e “wetness” melhoraram a discriminação fenológica, resultando numa melhor classificação de áreas florestais. Hall et al. (1991) utilizaram a transformação para facilitar a localização de áreas pseudoinvariantes para o processo de retificação radiométrico. Cohen et al. (1995) aplicaram as componentes “brightness”, “greenness” e “wetness” para estimar a idade e estrutura das

florestal e observaram que a componente “wetness” é menos sensível a topografia contendo informações da estrutura do dossel e da umidade.

A transformação descreve a trajetória espectro-temporal dos pixels e tem sido gerada à partir de imagens em número digital (DN) (Crist e Cicone, 1984b), e também à partir do fator de reflectância (Crist, 1985); no entanto, nem sempre é possível encontrar amostras de solo seco e úmido assim como amostras vegetação vigorosa e senescente (Jackson, 1983) numa mesma cena, sendo necessário fazer o uso de várias cenas para aquisição desses dados (Crist e Cicone 1984b, Huang 2002). Na obtenção de dados temporais, a atmosfera e a geometria de aquisição são particulares a cada cena (Mather, 1999; Huang et al. 2002), o que pode resultar em valores errôneos para os coeficientes da transformação. Segundo Hall et al (1991) a retificação é um processo para minimizar degradação de detectores, ângulos solares e efeitos atmosféricos e garantir, numa análise temporal, que as variações detectadas sejam do alvo em questão.

Huang et al. (2002) mostraram a necessidade de transformação da imagem DN em imagem reflectância aparente como meio de minimizar os efeitos da geometria de aquisição e da atmosfera. No entanto, os autores utilizaram apenas análise gráfica para ilustrar que os valores de reflectância dos alvos de características pseudo-invariantes tendem a situar-se numa reta 1:1 em um gráfico onde os valores nos eixos coordenados possuem diferença de meses.

O objetivo desse trabalho é verificar, estatisticamente, se existe necessidade de correção atmosférica e posterior retificação radiométrica das imagens de diferentes datas ou se apenas as imagens reflectância aparente de diferentes datas, são suficiente para gerar a transformação Tasseled Cap.

## **2. Material e Métodos**

A área de estudo compreende uma área de aproximadamente 610.000 hectares coberta pela imagem de órbita/ponto 222/82 do sensor ETM+/Landsat-7, sobre os municípios de Aceguá, Hulha Negra, Candiota e Bagé, na região da Campanha do Estado do Rio Grande do Sul. As principais atividades de uso da terra são as pastagens naturais para a criação extensiva de ovinos e bovinos, as lavouras de arroz e sorgo. O período de coleta de dados correspondeu ao estágio vegetativo da vegetação campestre, que ocorre durante as estações da primavera e verão, totalizando aproximadamente 6 meses. Devido à alta incidência de nuvens e de dias chuvosos na região, que impossibilitam a aquisição de imagens pelo satélite, foram realizados três trabalhos em campo para coleta de dados da vegetação, referentes as imagens adquiridas pelo sensor ETM+ nos dias 2 de outubro de 2002, 19 de novembro de 2002 e 6 de janeiro de 2003. Durante os trabalhos em campo foram estimadas, através de amostragem, a biomassa aérea de 15 polígonos delimitados previamente em campo, com área entre 1 e 5 hectares, conforme metodologia descrita por Fonseca (2004).

Para o cálculo das variáveis espectrais foram utilizadas imagens do sensor ETM+ as quais foram georreferenciadas no banco de dados geográficos e para corrigir os efeitos atmosféricos sobre os valores de reflectância e uniformizar as imagens das diferentes datas, foram realizados os procedimentos de correção atmosférica e de retificação radiométrica, necessários em estudos realizados com imagens multitemporais (Chuvieco, 1996; Mather, 1999). A correção atmosférica das imagens foi realizada utilizando o programa 6S (“Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum”), Vermote et al. (1997) na versão 4.1 do aplicativo implementado por Antunes (2001). A partir deste programa, foram convertidos os níveis digitais das imagens originais em radiância, posteriormente em reflectância aparente, para todas as bandas das imagens adquiridas no período de coleta de dados da vegetação. Para as bandas da imagem do dia 6 de janeiro foi calculada a reflectância de superfície sendo esta imagem escolhida como referência atmosférica devido ser a imagem

do conjunto 2002/2003 que apresentava atmosfera mais limpa no momento da aquisição da imagem, verificada durante a realização dos trabalhos em campo.

Para a retificação radiométrica das imagens do conjunto 2002/2003 foi utilizado o modelo proposto por Hall et al. (1991), descrito abaixo, sendo os cálculos realizados utilizando um conjunto de programas escritos no módulo LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) que compõe o aplicativo Spring. Para a geração das componentes “brightness” e “greenness” necessárias a localização de alvos pseudo-invariantes, que fornecem os dados de entrada do modelo de retificação radiométrica, foram utilizados os coeficientes apresentados por Huang et al. (2002), específicos para o sensor ETM+/Landsat 7.

Foram gerados dois conjuntos de imagens Tasseled Cap, um deles composto a partir das imagens de reflectância aparente, sem retificação, e o outro composto a partir do conjunto de imagens com correção atmosférica e posteriormente retificadas.

### 3. Resultados e Discussão

Foram avaliadas as imagens Tasseled Cap compostas a partir das imagens de reflectância aparente, sem retificação e compostas a partir do conjunto de imagens retificadas e atmosféricamente corrigidas. Avaliou-se a distribuição dos dados (**Figuras 1 e 2**) na relação com a disponibilidade de forragem coletada em campo e as estatísticas das variáveis espectrais dessas bandas (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Sumário das estatísticas descritivas para as variáveis Tasseled Cap para o conjunto de imagens 1 (imagens de reflectância aparente sem retificação) e conjunto de imagens 2 (imagens com correção atmosférica e com retificação) e para a variável independente biomassa aérea.

Variável	Conjunto	Intervalo	Média	DP*	CV** (%)
Biomassa aérea	-	413,60 - 1225,60	704,17	199,13	28,28
Brightness	1	87,65 - 116,18	103,72	7,74	7,46
	2	90,55 - 141,94	112,79	18,49	12,85
Greenness	1	109,35 - 137,89	119,71	6,68	5,57
	2	123,90 - 155,83	135,75	7,14	5,26
Wetness	1	45,09 - 62,06	52,96	4,20	7,94
	2	4,61 - 49,28	28,46	12,99	45,64
Quarta componente	1	5,39 - 7,94	7,08	0,55	7,75
	2	1,50 - 5,65	3,37	1,27	37,70
Quinta componente	1	86,73 - 88,83	87,77	0,44	0,50
	2	95,31 - 99,33	97,56	1,09	1,11
Sexta Componente	1	97,11 - 99,55	98,00	0,63	0,64
	2	94,56 - 96,80	95,57	0,62	0,65

(\*DP - Desvio Padrão, \*\*CV – Coeficiente de Variação)

Foram comparados inicialmente os dois conjuntos de dados espectrais através do diagrama de espalhamento (**Figuras 1 e 2**) e da análise de variância (ANOVA) apresentada na **Tabela 2**, objetivando verificar a influência do processamento das imagens nos valores calculados das variáveis espectrais.

Tabela 2 - Resultados da análise de variância e do teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ) para as variáveis Tasseled Cap calculadas a partir da refletância aparente e com as imagens retificadas com o conjunto de dados dos meses de outubro, novembro e janeiro.

Variável	F calculado	<i>p value</i>	Tukey
Brighthness	12,81	0,0006	D.S.
Greenness	113,06	<0,0001	D.S.
Wetness	135,34	<0,0001	D.S.

Através da análise de variância entre os dois conjuntos de dados para cada uma das variáveis Brighthness, Greenness e Wetness (que apresentam significado físico associado) e da comparação entre as médias feitas pelo teste de Tukey (**Tabela 2**) observa-se que existe diferença significativa entre os dois conjuntos de dados para cada uma destas três variáveis. Este resultado é distinto dos resultados obtidos por Crist (1985), que comparou os dados coletados com espectrorradiômetro (refletância de superfície) com os dados de refletância do sensor TM (refletância aparente) para o cálculo da transformação Tasseled Cap e não observou diferença no comportamento destas variáveis entre os dois conjuntos de dados pelo autor, mas cabe ressaltar que o autor não trabalhou com procedimentos de correção atmosférica e nem com procedimentos de retificação dos dados.

Assim, para avaliar os resultados da retificação radiométrica no cálculo da transformação Tasseled Cap foi feita a análise de variância somente com os dados das imagens do mês de janeiro, sendo uma imagem de refletância aparente e uma imagem de refletância de superfície. Nesta análise somente a variável Brightness teve sua significância alterada, passando para ser não significativa a diferença entre a variância do conjunto de dados pelo teste F (F calculado = 0,09; *p value* = 0,7704).

A variável Brightness é sensível às variações na refletância total das bandas, bem como a todos os processos físicos que alteram a refletância total (Crist e Cicone, 1984b), mas devido a correção atmosférica atuar de forma antagônica na refletância das bandas do visível e infravermelho, diminuindo os valores no visível para compensar o efeito do espalhamento Rayleigh e aumentando os valores da refletância do infravermelho para compensar a absorção (Chuvieco, 1996), estas diferenças tendem a se anular com isso pode-se esperar que os valores desta variável não sofram influência com o processo de correção atmosférica. Já a variável Greenness possui uma grande influência das bandas do visível (Crist e Cicone, 1984b), devido a absorção da radiação fotossinteticamente ativa (400 - 700 nm) pelas plantas, sendo esperada uma diferença significativa nos valores desta variável nos dois conjunto de dados analisados, devido os procedimentos de correção atmosférica alterarem bastante os valores de refletância destas bandas. Da mesma forma a variável Wetness, que representa o teor de umidade tanto do solo quanto da vegetação (Crist e Cicone, 1984b), tende a ter seus valores alterados com o processo de correção atmosférica devido ser o vapor d'água um constituinte atmosférico responsável pela absorção e pelo espalhamento da radiação tendo seus efeitos minimizados, tanto na atmosfera quanto na refletância dos alvos da superfície da Terra.

#### 4. Conclusões

Com base nas análises estatísticas realizadas nestes trabalho observou-se diferenças significativas no cálculo das imagens da transformação Tasseled Cap feitas utilizando

imagens com correção atmosférica e retificação radiométrica e feitas utilizando imagens somente com reflectância aparente.

## 5. Referências

- Antunes, M.A.H. **Second simulation of satellite signal in the solar spectrum - 6S**, versão 4.1. 2001.
- Chuvieco, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid: Ediciones Rialp, 1996. 568p.
- Cohen, W. B.; Spies, T. A.; Fiorella, M. Estimating the age and structure of forests in a multi-ownership landscape of western Oregon, U.S.A. **International Journal of Remote Sensing**, v.16, n.4, p.721-746, 1995.
- Crist, E. P.; Cicone, R. C. A physically-based transformation of Thematic Mapper data – the TM tasseled cap. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. GE-22, n.3, p. 256-263, 1984b.
- Crist, E. P.; Cicone, R. C. Application of the tasseled cap concept to simulated Thematic Mapper data, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.50, n.3, p. 343-352, 1984a.
- Dymond, C.C.; Mladenoff, D.J.; Radeloff, V.C.. Phenological differences in Tasseled Cap indices improve deciduous forest classification. **Remote Sensing of Environment**, v.80, n.3, p.460-472, 2002.
- Fonseca, E.L. **Integração de dados radiométricos orbitais em modelos de produtividade vegetal para formações campestres naturais**. São José dos Campos. 167p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. No prelo.
- Hall, F. G.; Strebel, D. E.; Nickeson, J. E.; Goetz, S. J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n.1, p. 11- 27, 1991
- Huang, C.; Wylie, B.; Yang, L.; Homer, C.; Zylstra, G. Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 8, 1741-1748, 2002.
- Jackson, R. D. Spectral indices in n-space. **Remote Sensing of Environment**, v.13, n.5, p.409-421, 1983.
- Kauth, R. J.; Thomas, G. S. The tasseled cap – a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen in Landsat. In: Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. West Lafayette, jun, 1976. **Proceedings**. West Lafayette, Indiana, 1976, p.41-51.
- Lillesand, T ; Kiefer, W. K. **Remote Sensing and Image Interpretation**. USA, John Wiley and Sons, 3ed. 1994. 370p.
- Mather, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images – an introduction**. Midsomer Norton, Wiley, 1999, 292p.
- Richards, J. A.; Jia, X. **Remote sensing digital image analysis – an introduction**. Germany, Springer, 2000, 363p.
- Vermote, E.F.; Tanré, D; Deuzi, J.L.; Herman, M.; Morcrette, J.J. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum: an overview. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 3, p. 675-686, Mai. 1997.

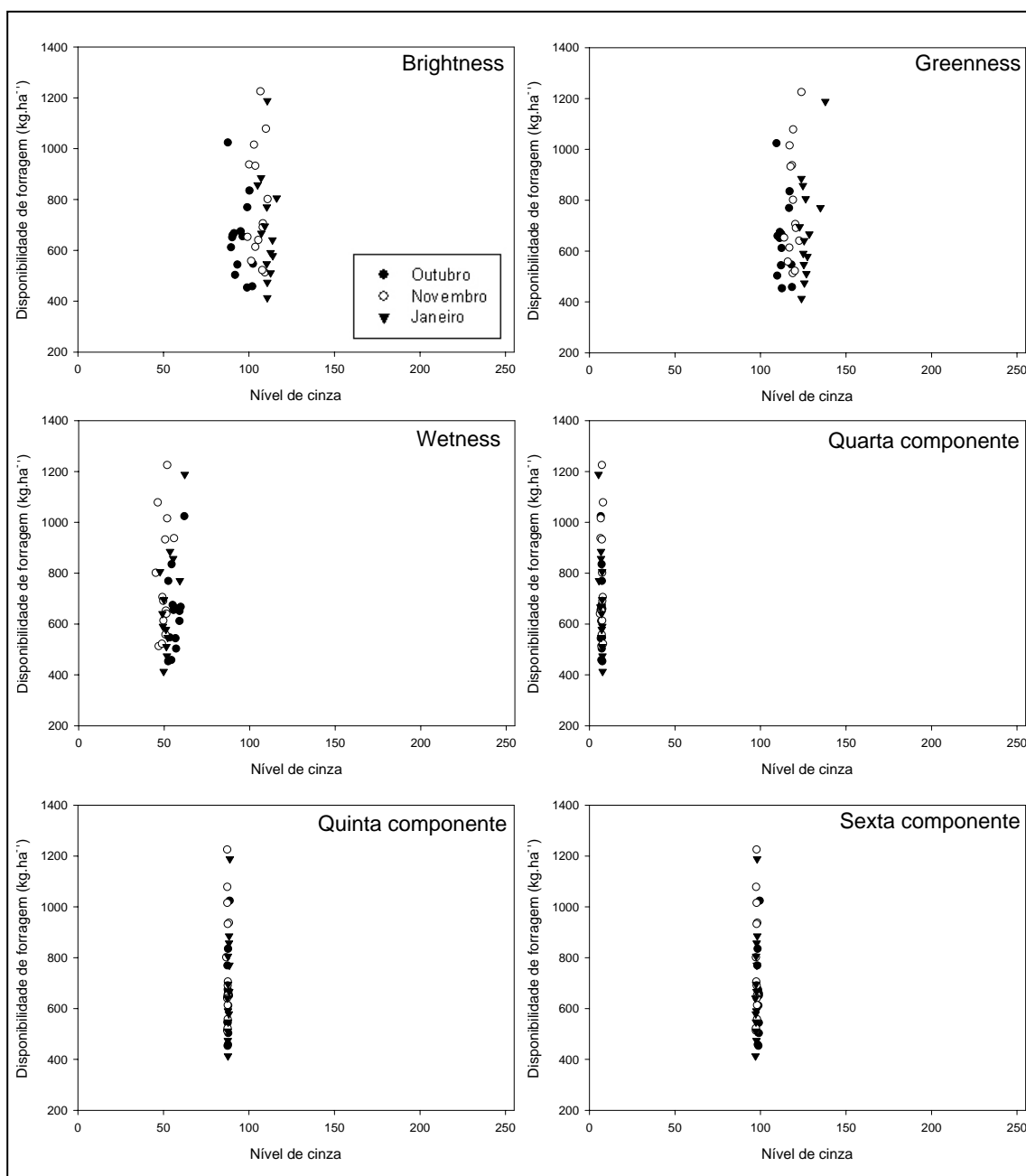


Figura 1 - Diagrama de espalhamento da disponibilidade de forragem versus a resposta espectral das imagens Tasseled Cap, obtidas a partir do conjunto de imagens de reflectância aparente, sem retificação.

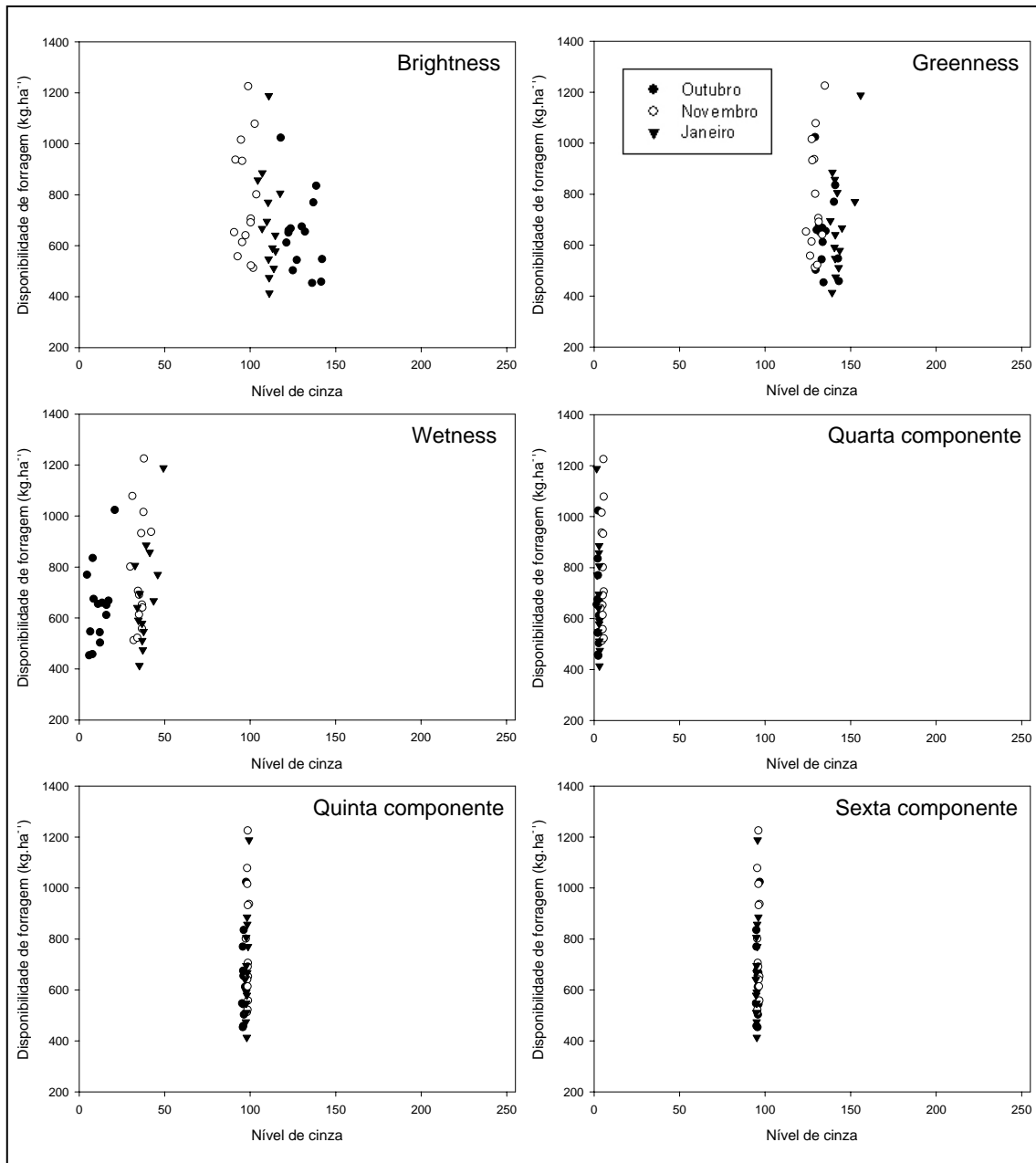


Figura 2 - Diagrama de espalhamento da disponibilidade de forragem versus a resposta espectral das imagens Tasseled Cap, obtidas a partir do conjunto de imagens com correção atmosférica e retificação.