

21

Circular Técnica

*Campinas, SP
Dezembro, 2012*

Autores

**Daniel Gomes dos Santos
Wendriner Loebmann**

Geógrafo, Mestre em Geografia,
analista da Embrapa Monitoramento
por Satélite Campinas-SP
daniel.gomes@embrapa.br

Renan Pfister Maçorano

Graduando em Geografia, bolsista
na Embrapa Monitoramento
por Satélite, Campinas-SP
renan.macorano@colaborador.embrapa.br

Gustavo Bayma Siqueira da Silva

Geógrafo, Mestre em Sensoriamento
Remoto, analista da Embrapa
Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
gustavo.bayma@embrapa.br

Luiz Eduardo Vicente

Geógrafo, Doutor em Geografia,
pesquisador da Embrapa Monitoramento
por Satélite, Campinas-SP
luiz.vicente@embrapa.br

Daniel de Castro Victoria

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Energia
Nuclear na Agricultura, pesquisador
da Embrapa Monitoramento por
Satélite, Campinas-SP
daniel.victoria@embrapa.br



Interpretação de alvos a partir de imagens de satélite de média resolução espacial

Introdução

Esta Circular Técnica tem como objetivo auxiliar usuários de imagens de satélite no reconhecimento e na identificação de alvos por meio da interpretação visual. Serão apresentadas informações visando à interpretação de cobertura vegetal natural, áreas antropogênicas e corpos d'água. Numa primeira etapa, serão apresentados os dados de sensores remotos utilizados para a interpretação. O espectro eletromagnético e os diversos tipos de composição de bandas serão apresentados na segunda etapa. Na terceira etapa, serão apresentados conceitos de sistemas de classificação e legenda. E, por fim, na quarta etapa, serão apresentados os alvos e uma proposta de organização. A visualização desses alvos é apresentada de duas formas: por meio de imagens de média resolução espacial e por meio de séries temporais de índices de vegetação, originadas de imagens de baixa resolução espacial.

Material e métodos

Dados de sensores remotos

Para cada classe de cobertura do solo, foram extraídas chaves de interpretação originadas de duas fontes de informação: imagens de média resolução espacial e séries temporais de índices de vegetação.

As imagens de média resolução espacial foram obtidas pelo sensor TM a bordo do satélite Landsat 5. Esse sensor gera imagens com resolução espacial de 30 m (120 m para as imagens termais), com cenas de aproximadamente 185 km x 185 km. Tem seis bandas que cobrem o espectro eletromagnético do visível, do infravermelho próximo e do infravermelho de ondas curtas (Tabela 1), além de uma banda no espectro do infravermelho termal. A cada 16 dias, o sensor gera uma imagem do mesmo ponto e órbita, permitindo o monitoramento das condições ambientais de toda a superfície terrestre. O satélite Landsat 5 tornou-se operacional em 1984 e foi desativado apenas em novembro de 2011, e é o satélite que gerou a mais longa série histórica de imagens (XIE et al., 2008).

Tabela 1. Características das bandas dos satélites Landsat 5 e 7.

Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações
1	(0,45 – 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos d'água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenoides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 – 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos d'água.
3	(0,63 – 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção. Por aparecer escura, permite bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e as áreas não ocupadas com vegetação (solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (campo, cerrado e floresta). Permite a análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal, a identificação de áreas agrícolas e o mapeamento da drenagem por meio da visualização da mata de galeria e do entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo a identificação de novos loteamentos.
4	(0,76 – 0,90)	Os corpos d'água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e o delineamento de corpos d'água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre geomorfologia, solos e geologia. Serve para analisar e mapear feições geológicas e estruturais, separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto e para mapear áreas ocupadas com vegetação que foi queimada. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 – 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 – 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 – 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxila. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: INPE (2009).

Uma forma de identificar a cobertura do solo em uma determinada região é analisar o ciclo fenológico da vegetação associada a essa cobertura. Essa análise pode ser feita por meio de séries temporais de índices de vegetação. Os índices são medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância e a atividade da vegetação verde (JENSEN, 2009). A variação dessas características ao longo do tempo, quando ocorre de modo cíclico, possibilita a identificação da vegetação que aparece na imagem. Por esse motivo, incluímos as assinaturas temporais do índice de vegetação EVI-2 (JIANG et al., 2008), disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (FREITAS et al., 2011; INPE, 2012), com o objetivo de facilitar a interpretação de imagens de satélite.

Espectro eletromagnético e composição de bandas

O espectro eletromagnético está dividido em faixas, ou bandas, sendo que cada uma delas compreende um determinado comprimento de onda. As possíveis combinações entre as bandas para formar composições coloridas estão descritas na Tabela 2. A importância do conhecimento das principais características das bandas é justificada pelo fato de o usuário poder realizar uma composição de bandas (composição RGB). Algumas das possíveis composições das bandas com as cores RGB e suas aplicações podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Composição RGB de bandas do sensor TM do satélite Landsat 5 e características aplicativas.

Bandas	Características
3, 2 e 1	Imagens em "cor natural", com boa penetração na água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos. A vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.
2, 3 e 4	Definem melhor os limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas pouco profundas e mostrando as diferenças na vegetação que aparece em tonalidades de vermelho.
3, 4 e 5	Mostram mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde e rosa.
4, 5 e 3	Uma banda no visível e as outras duas no infravermelho, permitem diferenciação da vegetação em tons avermelhados. As áreas de solo exposto e urbanizadas aparecem em tons de azul-claro. A água é vista em preto. Essa combinação é utilizada como base para uso e ocupação do solo.
2, 4 e 7	Mostram a vegetação em tons verdes e permitem discriminar a umidade tanto na vegetação como no solo

Fonte: Adaptado de INPE (2009).

A utilização de composições coloridas com as bandas 3, 4 e 5, independentemente da ordem, é bastante aplicada em análises relacionadas à vegetação. Isso ocorre porque essas bandas apresentam níveis diferentes de reflectância na curva espectral da vegetação, como pode ser observado na Figura 1. Os valores dessas bandas caracterizam melhor a curva típica do comportamento da vegetação. Em Ponzoni e Shimabukuro (2007), podem ser adquiridas mais informações sobre o comportamento espectral da vegetação.

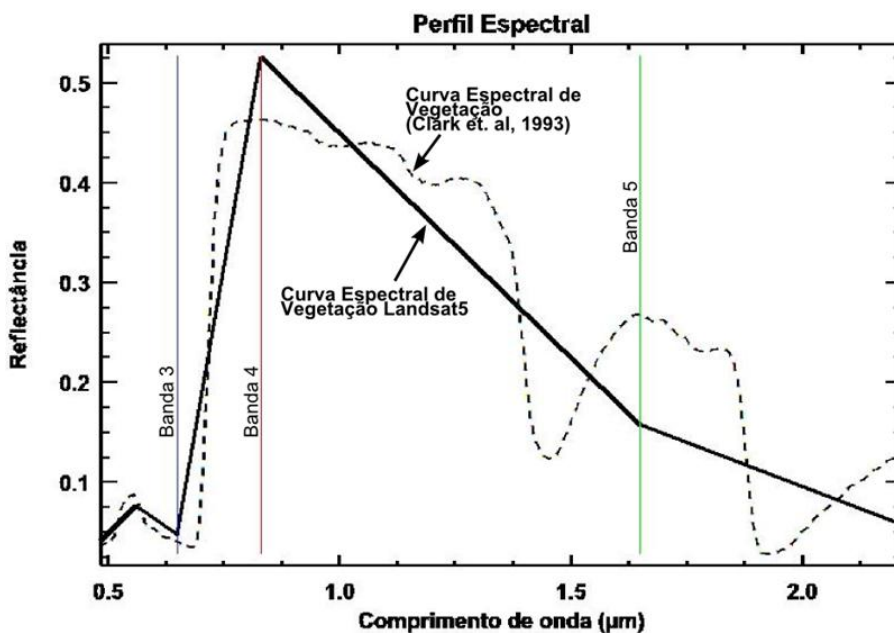


Figura 1. Comportamento espectral da vegetação e sua simulação em imagens TM/Landsat 5.

Sistemas de classificação e legenda

É importante para o usuário ter conhecimento da diferença entre um sistema de classificação e legenda. O termo **classificação** pode ser definido como a representação abstrata de uma situação de campo de acordo com critérios preestabelecidos (FAO, 2000). Esses critérios envolvem a definição de limites que permitem a distinção entre as diferentes classes, independentemente da escala ou fonte de dados original. Por exemplo: tomando-se como base critérios fisionômicos das plantas, de disponibilidade de nutrientes do solo e da composição florística, o bioma Cerrado pode ser dividido em 11 diferentes classes fitofisionômicas (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A **legenda**, por sua vez, é a aplicação de uma classificação a uma determinada área geográfica com escala e base de dados definidos (Figura 2). Dessa maneira, a legenda pode conter apenas parte das possíveis classes de um sistema de classificação, de acordo com a escala ou metodologia de mapeamento utilizada (FAO, 2000). Como exemplo, a partir do sistema de classificação fitofisionômica do Cerrado, pode-se obter:

- Uma legenda detalhada aplicada a uma imagem de alta resolução espacial, onde é possível diferenciar todas as 11 fitofisionomias do bioma Cerrado.
- Uma legenda generalizada aplicada a imagens de média resolução espacial, onde as classes fisionômicas são agrupadas de acordo com a formação vegetal (formações florestais, savânicas ou campestres).

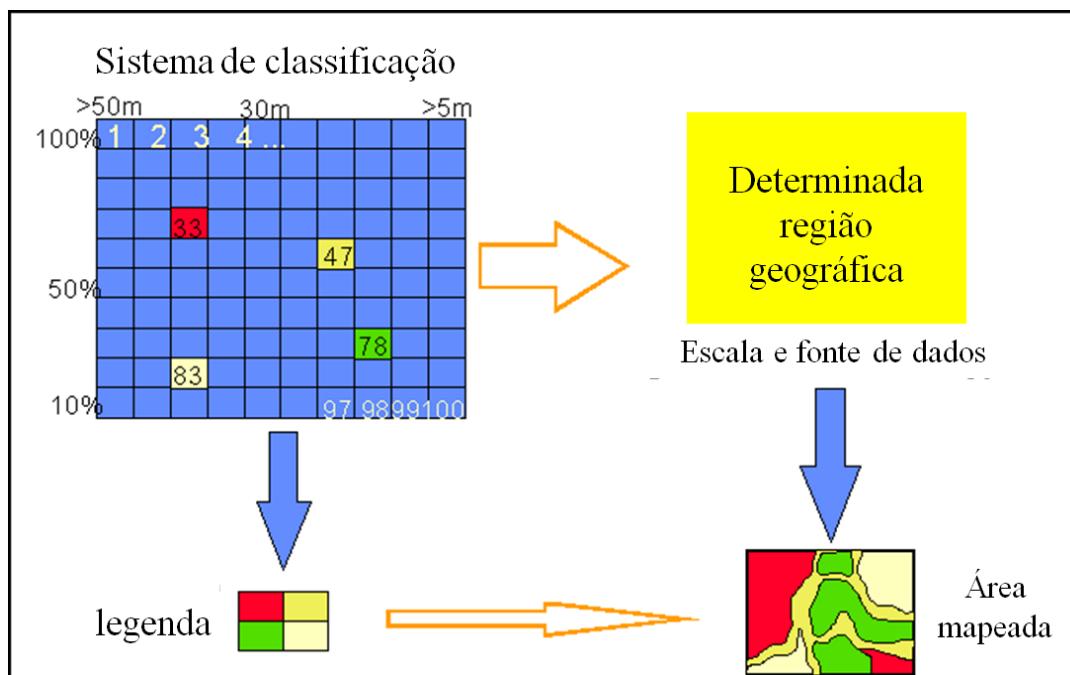


Figura 2. Representação do sistema de classificação e legenda de uma determinada área.
Fonte: Adaptado de FAO (2000).

Os sistemas de classificação podem ser divididos em a priori e a posteriori. No primeiro caso, são baseados na definição de classes antes da aquisição de dados. Sua vantagem consiste nas classes padronizadas independentemente da área utilizada. O que os torna desvantajosos é o fato de a definição de classes ser "rígida", acarretando na não classificação de algumas áreas encontradas em campo. O sistema de classificação a posteriori é flexível em relação aos sistemas a priori, e a classificação encaixa-se melhor às observações de campo em uma determinada área. Entre as suas desvantagens, estão a dependência de uma determinada área, a impossibilidade de definir classes padronizadas e o fato de o agrupamento das classes pode ser realizado somente após a coleta de dados (FAO, 2000).

Organização dos alvos a serem interpretados

A Figura 3 ilustra a organização dos alvos abordados nesta Circular Técnica.

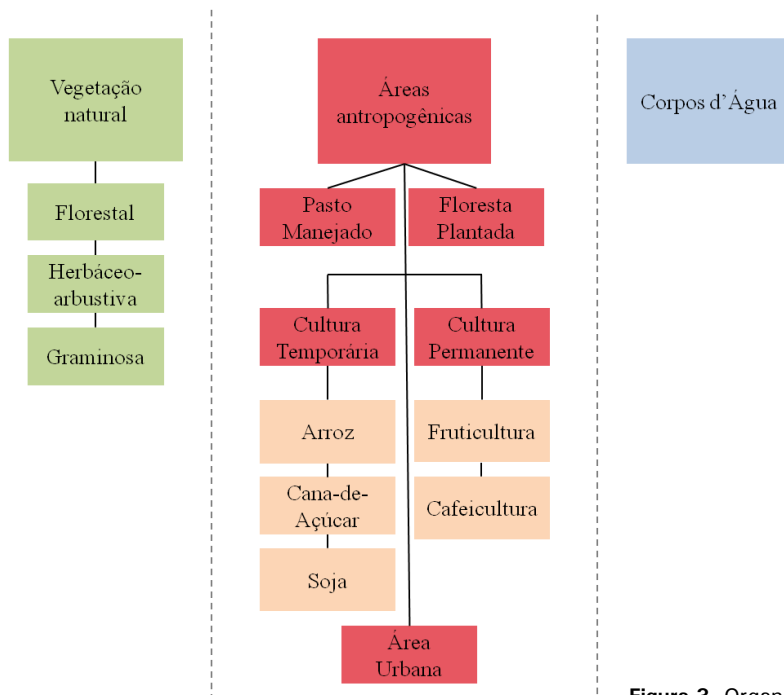


Figura 3. Organização dos alvos interpretados.

Vegetação natural

Consiste em áreas com baixo grau de intervenção humana, onde predominam coberturas inalteradas ou em processo de regeneração. Inclui áreas exploradas por atividades humanas, desde que essas atividades não impliquem a substituição da cobertura natural. A vegetação natural pode ser dividida em função do gradiente de vegetação (Figura 4). Assim, na **vegetação natural florestal**, predominam as espécies arbóreas; na **vegetação natural herbáceo-arbustiva**, predominam as espécies arbustivas; e, na **vegetação natural graminosa**, predominam as gramíneas e outras espécies sem caule.



Figura 4. Gradiente de vegetação natural.
Fonte: Adaptado de Coutinho (1990) e Furley (1999).

Áreas antropogênicas

Esta classe reúne as coberturas naturais ou artificiais manejadas em maior ou menor grau para utilização humana:

- ▶ **Pasto manejado** – área com cultivo de forrageiras destinadas à produção pecuarista.
- ▶ **Floresta plantada** – área destinada à obtenção de produtos e subprodutos florestais, como madeira, papel, celulose e borracha.

- ▶ **Cultura temporária** – área com vegetação cultivada de ciclo vegetativo curto ou médio, em que é necessário um novo ciclo de crescimento da vegetação após a colheita para a continuidade da produção (IBGE, 2010). Em alguns contextos, as características espectrais, temporais e geométricas dos alvos na imagem de média resolução permitem a identificação de algumas culturas, como as de arroz, de cana-de-açúcar e de soja.
- ▶ **Cultura permanente** – área com vegetação cultivada de longo ciclo em que pode haver “colheitas sucessivas sem a necessidade de novo plantio” (IBGE, 2010). Inclui áreas de fruticultura e de cafeicultura.
- ▶ **Área urbana** – área alterada para estabelecimento de moradias, estabelecimentos comerciais, estabelecimentos industriais e demais instalações típicas de áreas urbanas, como loteamentos e áreas verdes urbanas.

Corpos d’água

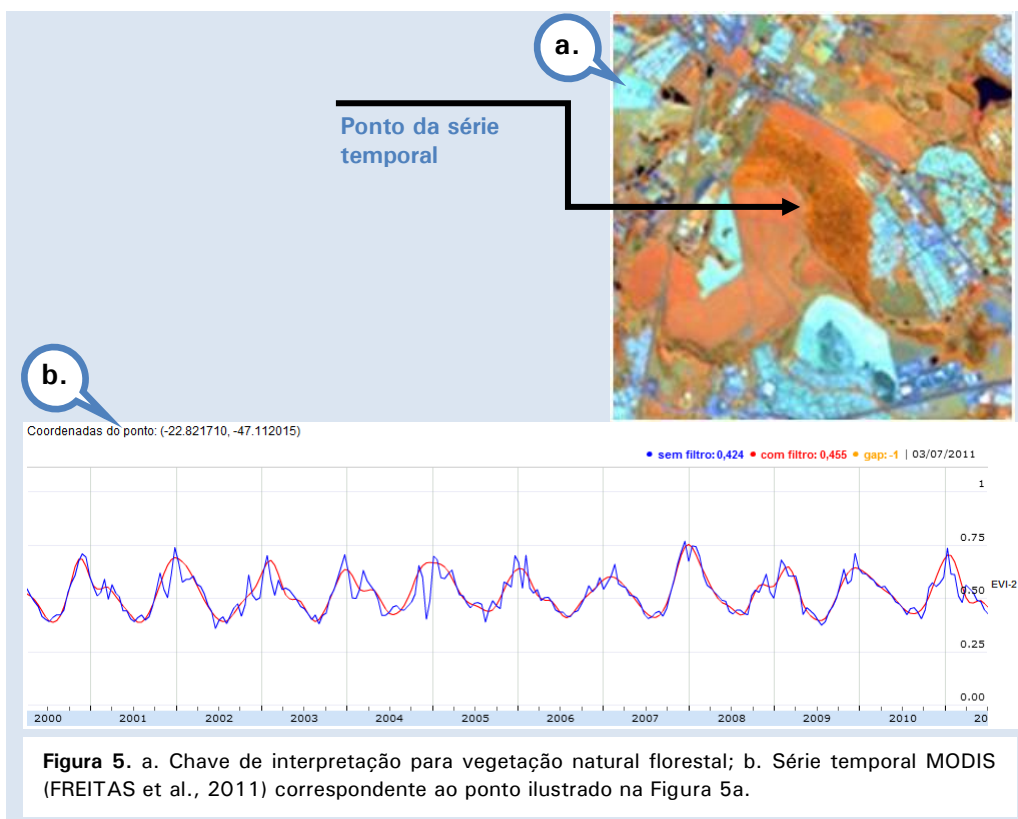
Esta classe reúne todo tipo de cobertura aquática, natural ou artificial, como rios, lagos, represas, canais, etc.

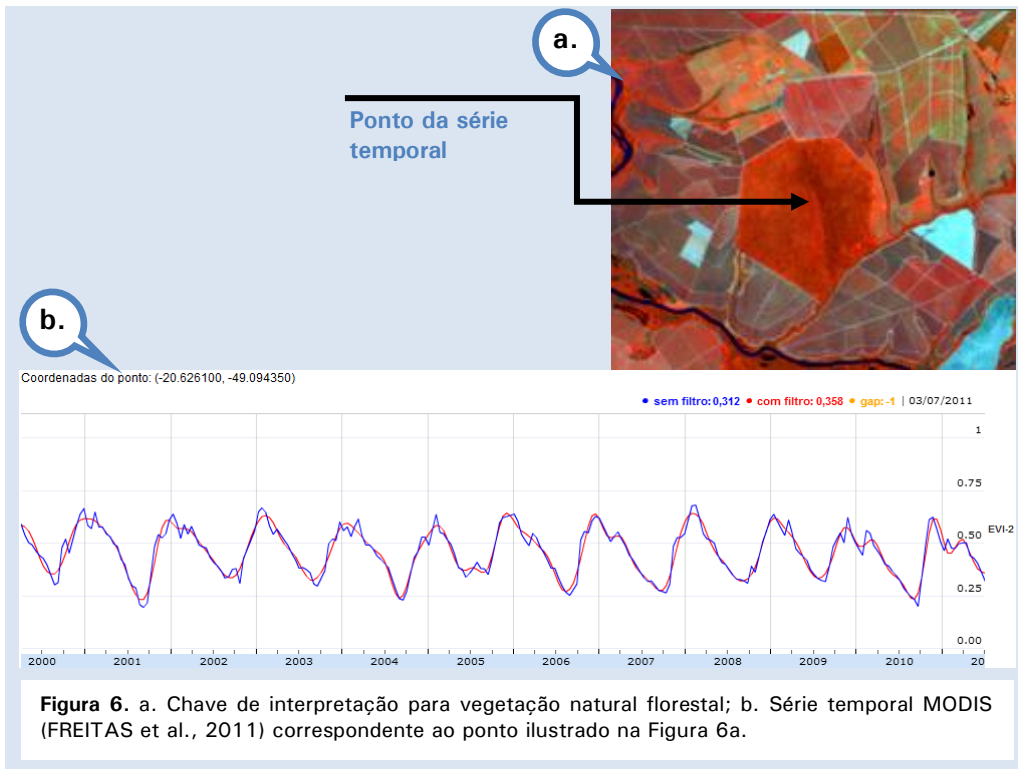
Chaves de interpretação

A seguir, é apresentada a chave de interpretação dos alvos listados acima para imagens do sensor TM/Landsat 5 na composição de bandas RGB 4-5-3. Além da chave de interpretação, também serão apresentadas as principais características dos ciclos fenológicos observáveis em séries temporais de índices de vegetação.

Vegetação natural florestal

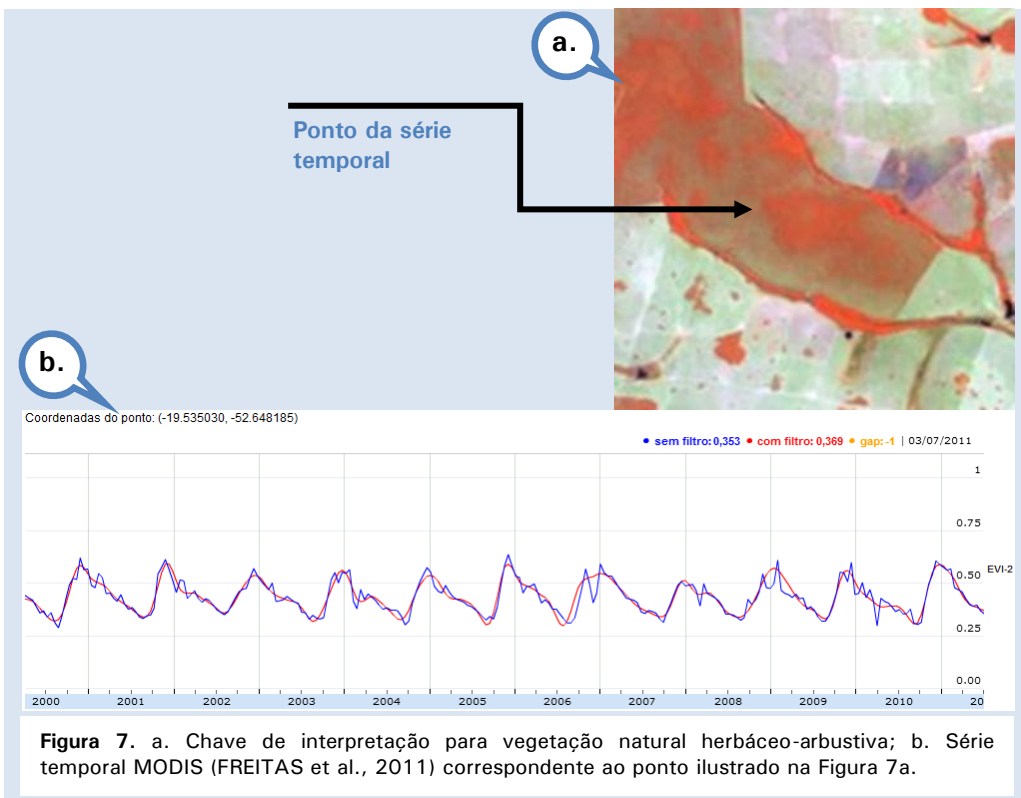
Aparecem como áreas de cor vermelha escura a média, com textura rugosa que caracteriza a densidade do dossel da vegetação (Figuras 5a e 6a). Seu ciclo temporal de índice de vegetação é bastante uniforme, com variações temporais relacionadas aos ciclos pluviais: o índice de vegetação é alto na estação úmida e baixo na estação seca; a variação entre as estações úmida e seca não apresenta transições bruscas (Figuras 5b e 6b).

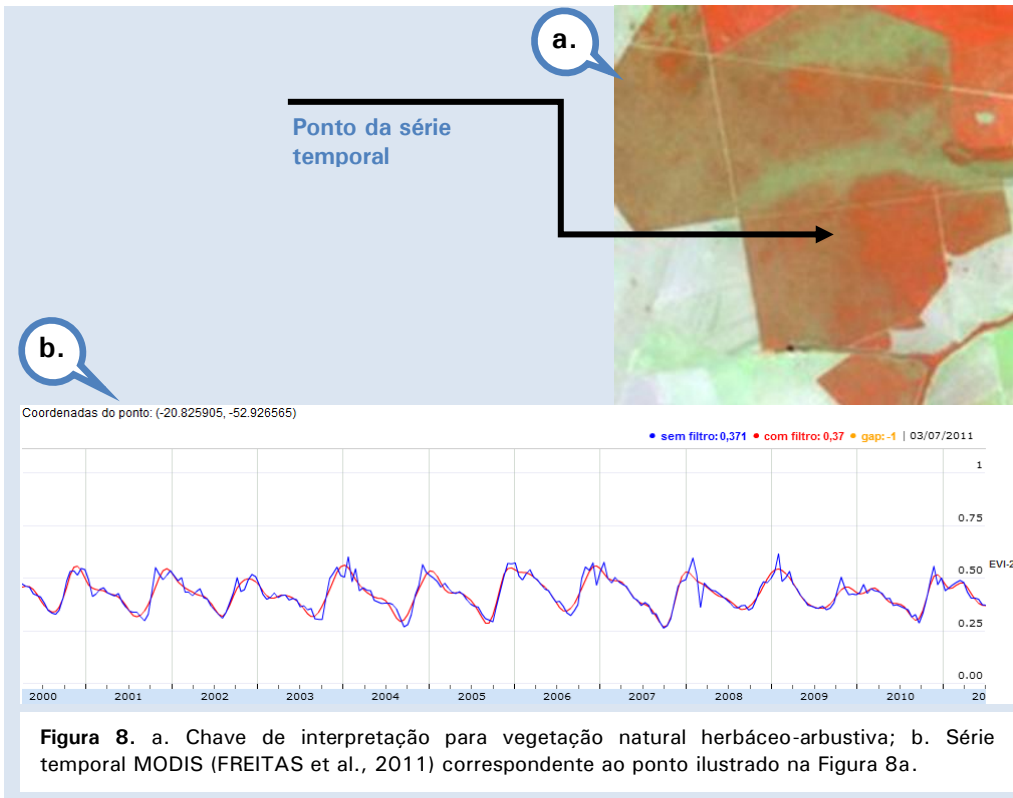




Vegetação natural herbáceo-arbustiva

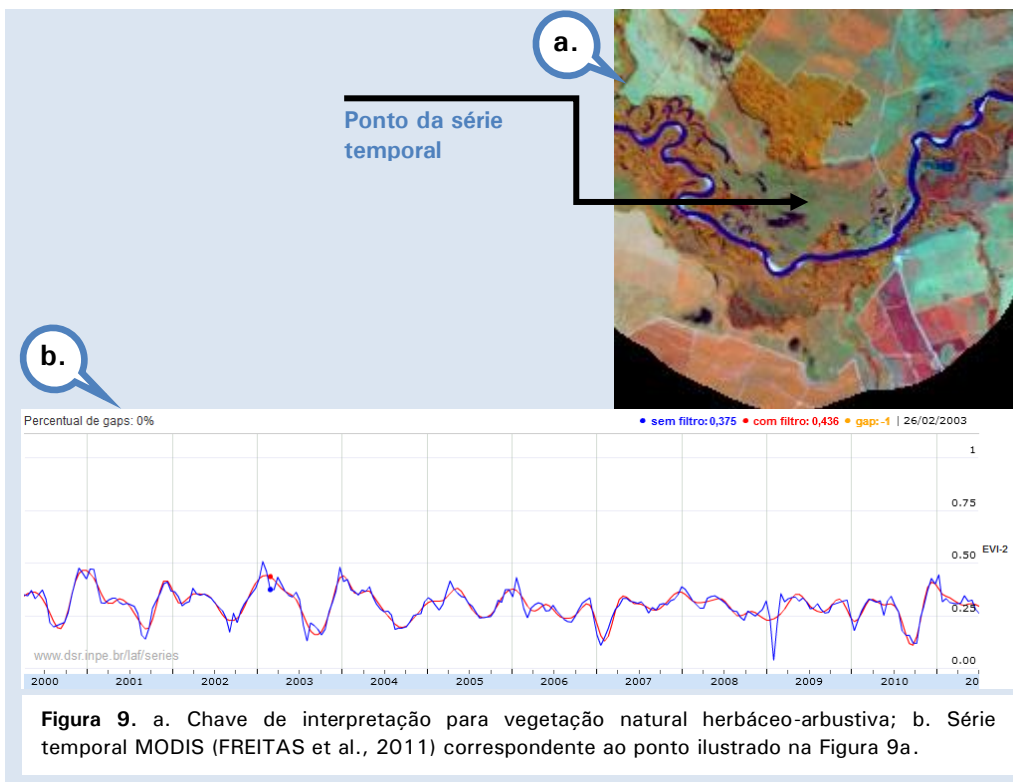
Mescla entre as cores verde e vermelha. Em alguns pontos, o verde ou o vermelho estarão mais intensos, porém a cor vermelha sempre será menos intensa e a textura será menos rugosa que a florestal (Figuras 7a e 8a). Série temporal de índice de vegetação semelhante à da formação florestal, porém com valores mais baixos (Figuras 7b e 8b).





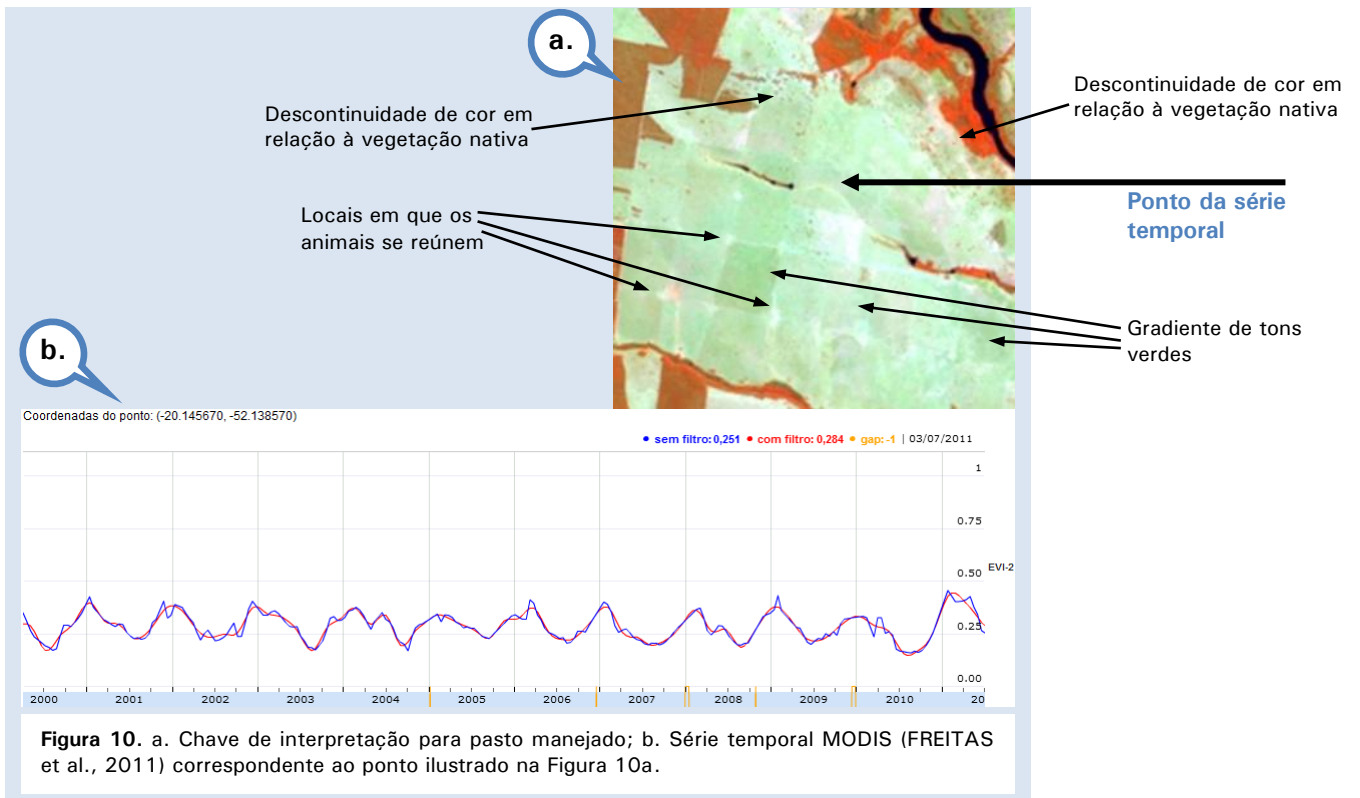
Vegetação natural graminosa

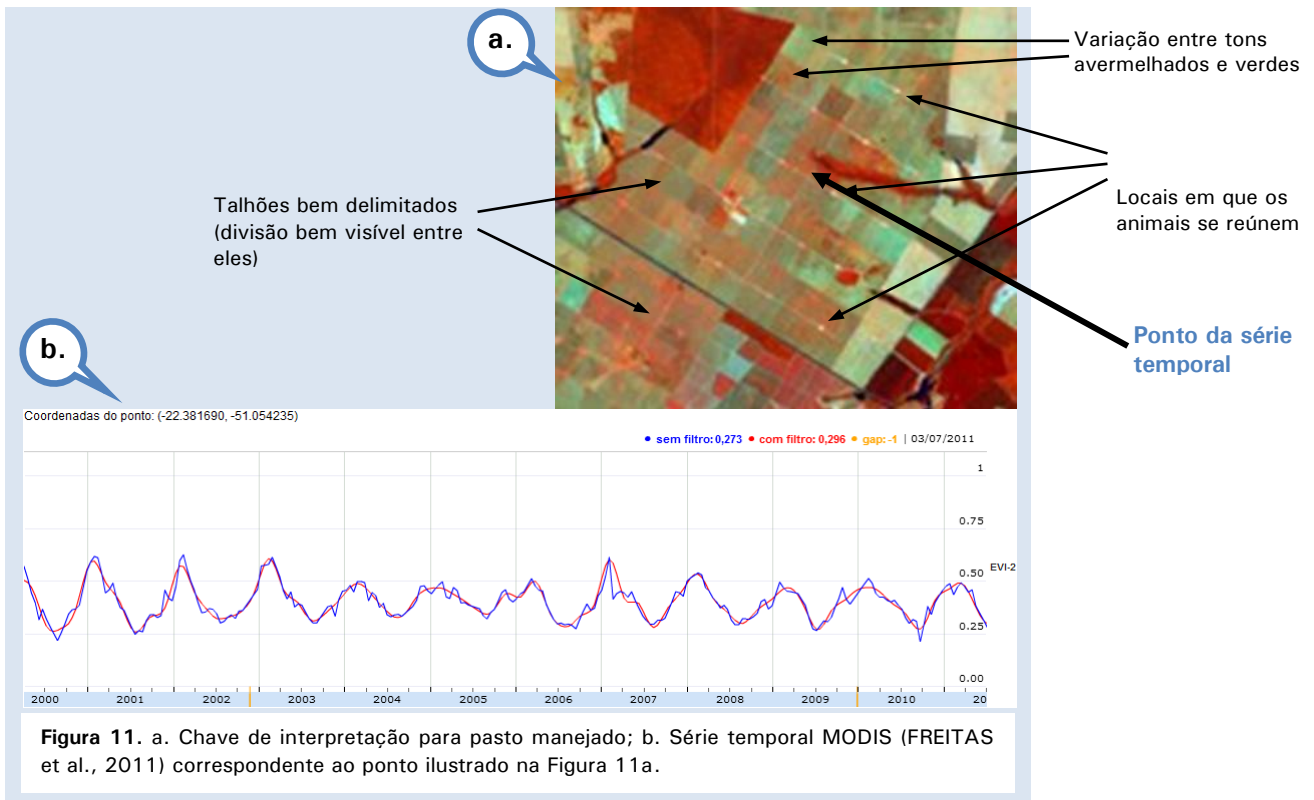
Cor de verde escura a clara, segmentos sem forma regular, com textura lisa ou pouco rugosa, podendo, em alguns casos, apresentar pontos avermelhados que denotam presença de árvores isoladas. Pode ocorrer em áreas sujeitas a inundação (Figura 9a). Séries temporais de índice de vegetação com valores ainda mais baixos que a vegetação herbáceo-arbustiva (Figura 9b).



Pasto manejado

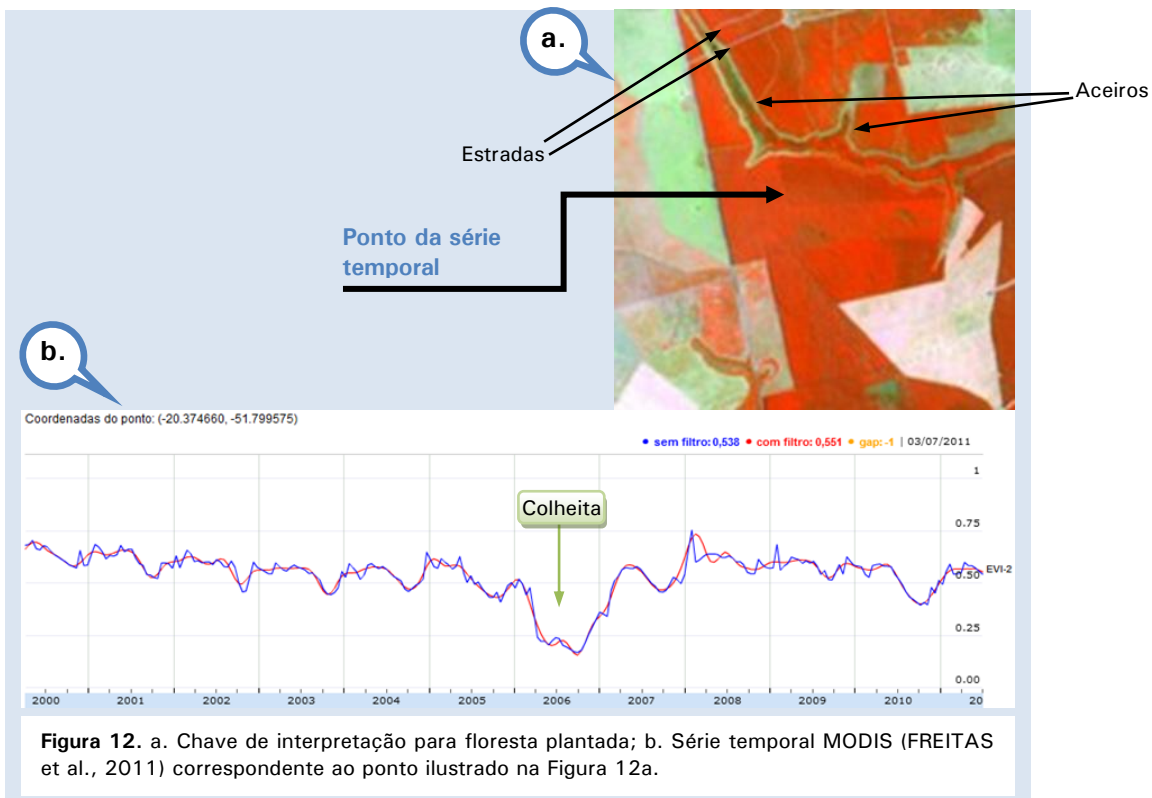
As Figuras 10 e 11 mostram áreas de pasto manejado, onde há uma variação ou mesmo uma mistura entre as cores de tons avermelhados e verdes. Esta classe pode apresentar gradiente de cores dentro de um mesmo talhão, por causa da irregularidade do dossel formado pelas gramíneas. Manchas avermelhadas mais fortes correspondem a árvores no meio do pasto (“pasto sujo”). Em algumas áreas, é possível notar curvas de nível destinadas ao combate à erosão (não ilustradas nesta Circular Técnica) e linhas divisórias entre talhões ou propriedades. Também é possível distinguir pontos mais claros nas extremidades dos talhões, o que indica a presença de locais em que os animais se reúnem (onde ficam os cochos com alimento ou os açudes para dessedentação, não visíveis na escala da imagem). O formato dos polígonos é regular e a textura é lisa, apresentando descontinuidade de cor e/ou padrão em relação à vegetação natural. Em alguns casos, pode-se identificar linhas contínuas e irregulares marcando o caminho do gado (não ilustradas nesta Circular Técnica). Essas linhas convergem para o ponto do talhão em que os animais se reúne. A série temporal de índice de vegetação apresenta uma variação sazonal correspondente às épocas chuvosas e secas, com ciclos que variam de acordo com a quantidade de chuva, o manejo e a qualidade do pasto.

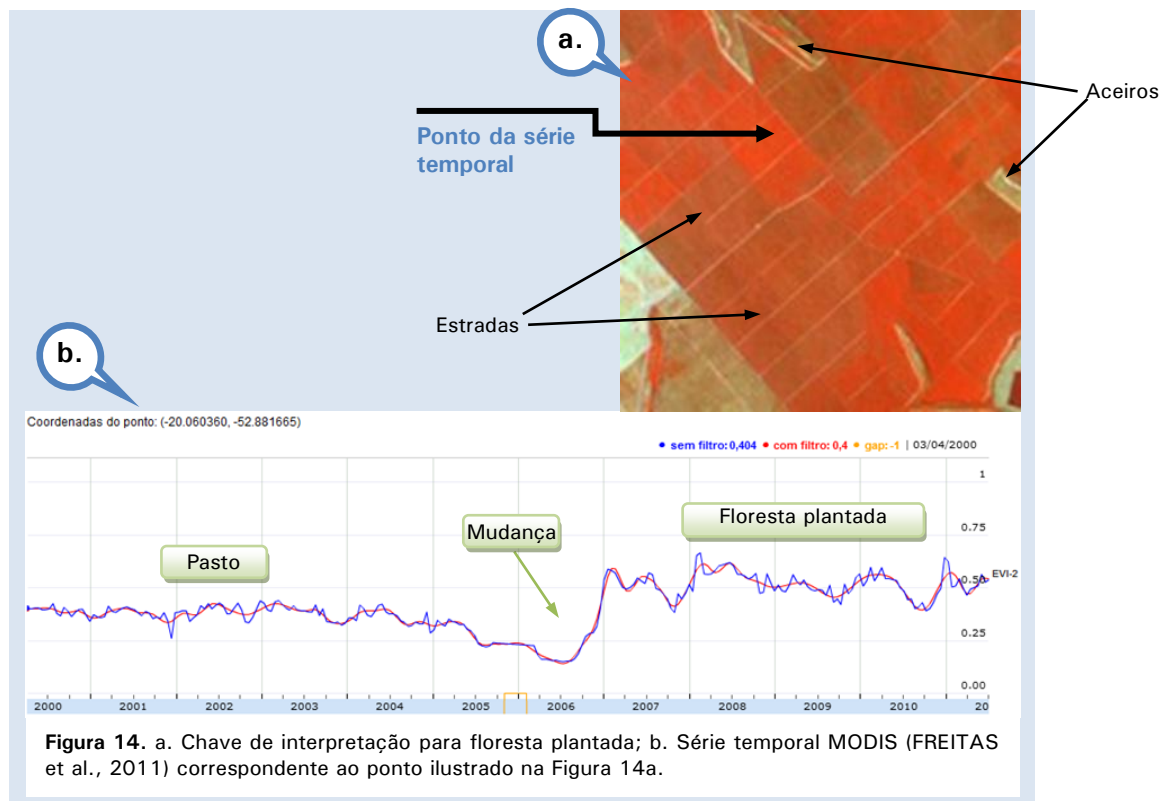
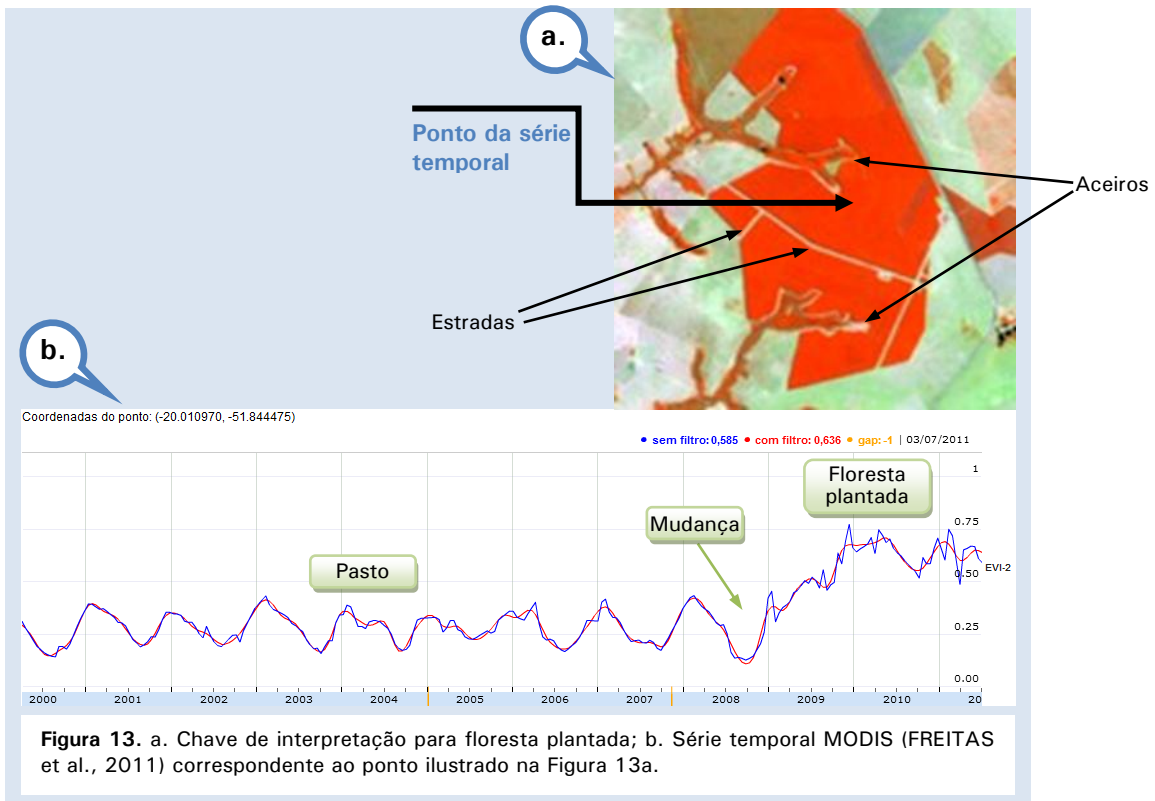




Floresta plantada

Assim como na vegetação natural florestal, a floresta plantada apresenta cor vermelha de forte a média (Figuras 12 a 14). Contudo, é possível notar estradas que recortam essas regiões, destinadas a levar o maquinário, assim como aceiros em seus limites com as matas de galeria. O formato dos polígonos é regular e a textura pode ser de lisa a rugosa, dependendo da altura das árvores e da espécie cultivada. A série temporal de índice de vegetação apresenta valores constantemente altos, com exceção dos períodos após a colheita. Em alguns casos, é possível identificar o momento da transição entre a floresta plantada e a cobertura anterior.





Cultura temporária

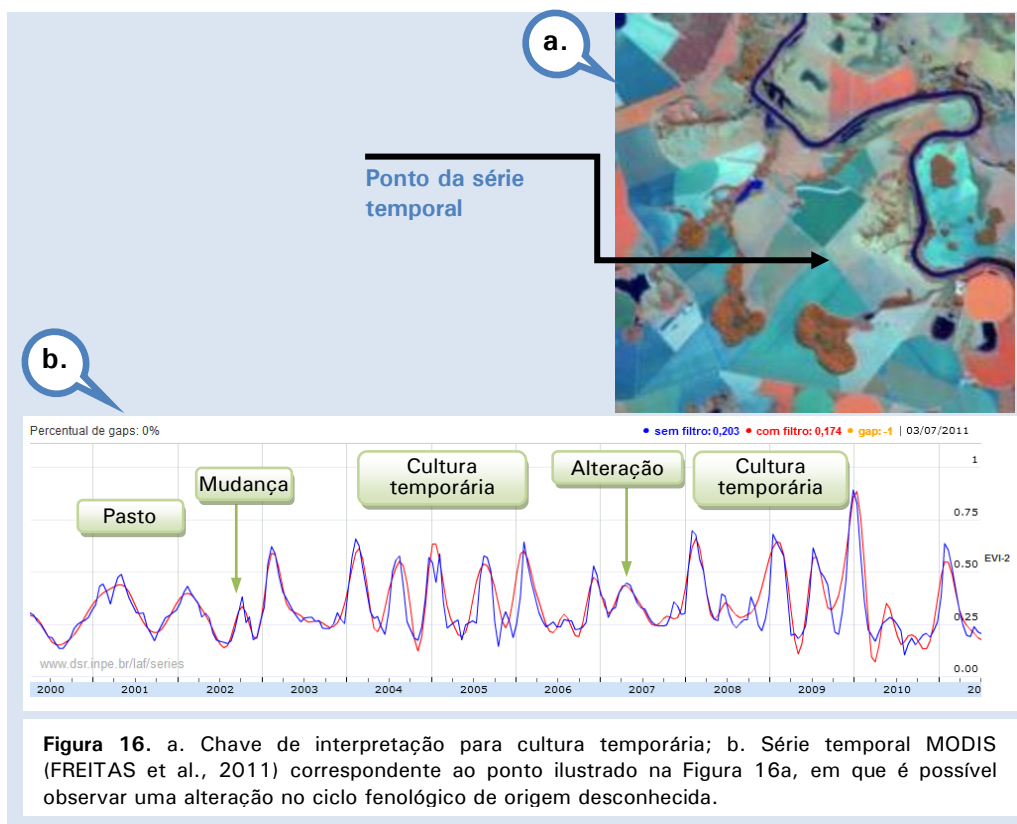
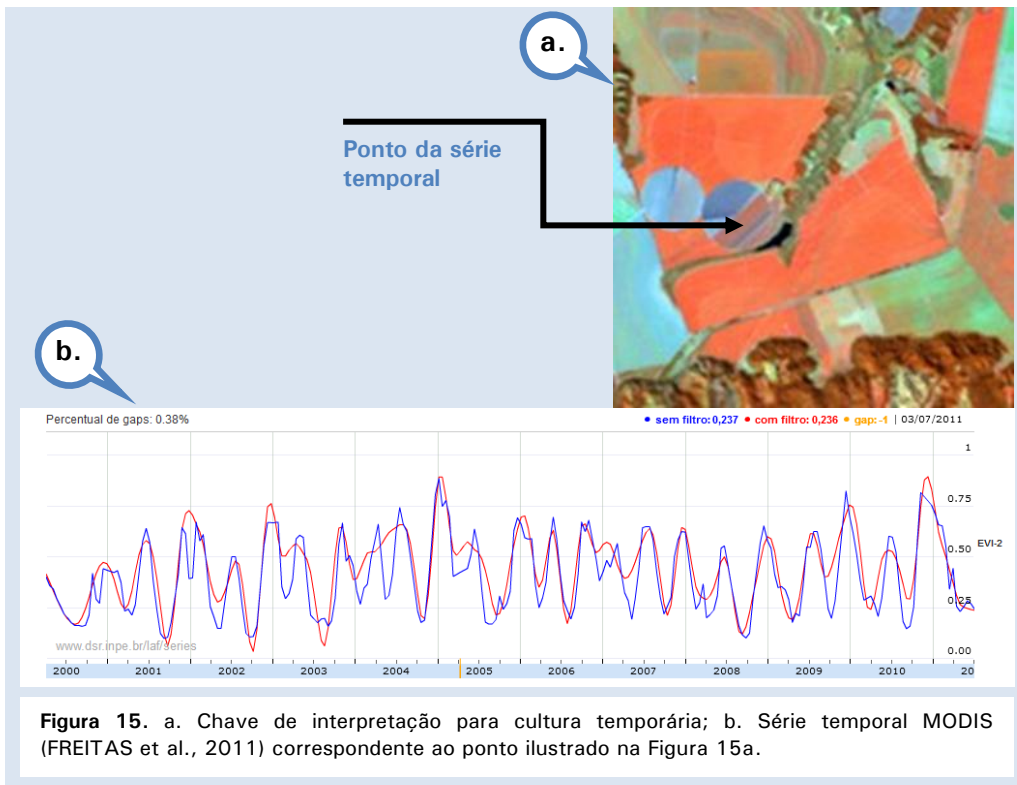
As Figuras 15 a 17 mostram áreas de cultura temporária, que surgem como áreas homogêneas, de textura geralmente lisa e cores que variam entre ciano, laranja, vermelho-claro, vermelho-escuro, amarelo-escuro, branco e azul-escuro. A diferença da tonalidade varia de acordo com a espécie cultivada, a técnica de manejo e o período do ciclo vegetativo em que a imagem foi obtida pelo satélite:

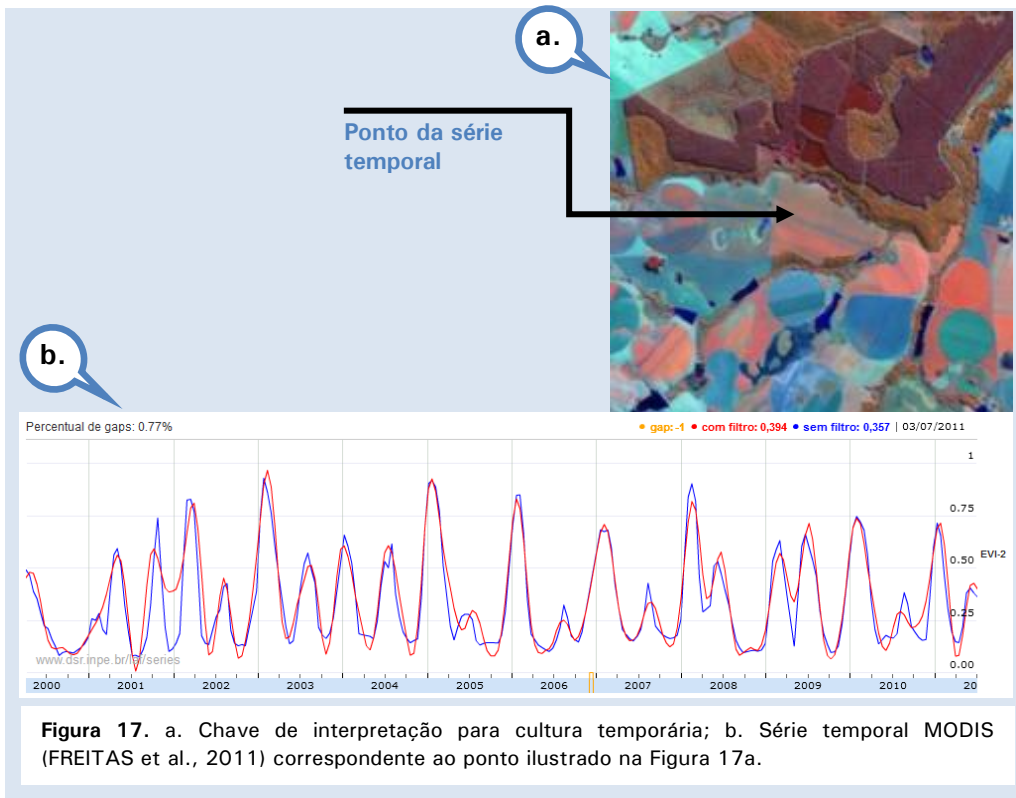
- Áreas com tons ciano correspondem ao **período de implantação**, quando o solo exposto é preparado para o cultivo, sem qualquer tipo de cobertura vegetal; quando o solo é arenoso ou dominado por minerais de cores claras, as lavouras nesse período também podem aparecer em cores esbranquiçadas.
- A cor vermelho-claro ou laranja-avermelhado corresponde ao **período de crescimento**, quando já existe atividade fotossintética, mas o dossel ainda não cobre totalmente o solo; esta coloração pode aparecer em apenas algumas partes do talhão, enquanto outras permanecem com a coloração da fase fenológica anterior.
- Cores vermelhas mais escuras e/ou intensas indicam o **período de maturidade**, quando a atividade fotossintética atingiu seu máximo.
- Dependendo da espécie, o **período de senescência**, que marca o declínio da atividade fotossintética, pode ser identificado pela cor amarelo-escuro ou laranja-amarelado; outras espécies passam a apresentar cores com menos brilho ou, ainda, os talhões passam a perder a uniformidade, apresentando manchas com menos brilho ou cores diferentes.
- Cores brancas podem estar relacionadas ao **período de dormência**, quando restos vegetais são mantidos sobre o solo após a colheita e a atividade fotossintética se anula; também podem estar relacionadas à exposição do solo após a colheita, quando a planta é removida por completo e o solo é muito arenoso ou formado por materiais de coloração clara.
- A cor azul-escuro ou roxo ocorre em áreas em que existe manejo de fogo. É bastante comum em áreas de cultivo de cana-de-açúcar durante os períodos de colheita, quando a palha seca é queimada para facilitar a coleta.

Os pivôs de irrigação geralmente indicam a presença de cultura temporária. No entanto, nessas áreas, é importante verificar o ciclo fenológico do cultivo, para evitar confusão com pivôs de irrigação em cafezais.

Nas séries temporais de índices de vegetação, os ciclos fenológicos apresentam diferentes períodos de duração, que podem ser de 3 a 18 meses, dependendo da espécie cultivada. Dependendo da disponibilidade de água, é possível que ocorra mais de um ciclo fenológico por ano no mesmo local.

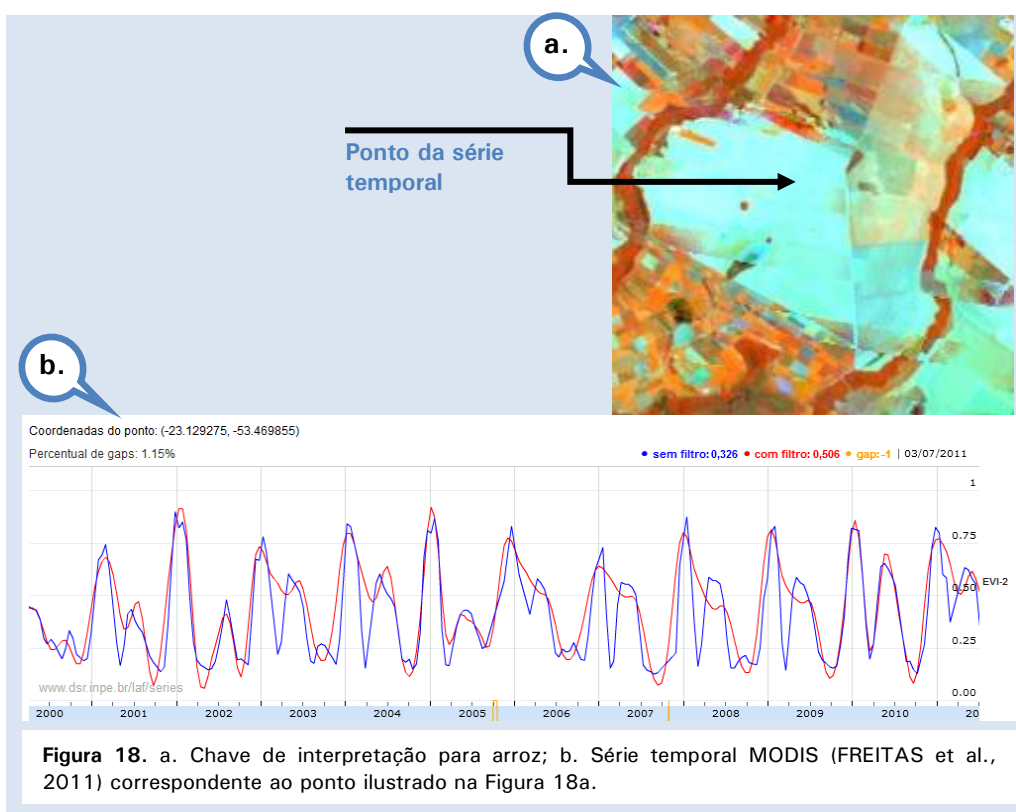
No entanto, em geral, é possível observar períodos de crescimento e de senescência bastante curtos. Em sistemas de cultivo com ciclo fenológico maior que três meses, é comum que pelo menos uma dessas fases seja curta. Em sistemas de cultivo com ciclo mais curto, geralmente as duas fases são curtas. É importante analisar muito bem o contexto do alvo que está sendo avaliado, já que diversos fatores podem implicar ciclos fenológicos diferentes do esperado para culturas temporárias. Um exemplo seria o atraso na colheita da lavoura, quando os produtores esperam melhoras nas cotações dos produtos agrícolas. Ou, ainda, os efeitos de pragas, secas ou excesso de chuvas sobre a lavoura mapeada.





Cultura temporária: arroz

O arroz é uma cultura temporária que pode ser identificada distintamente de outras culturas por estar comumente associada a terrenos com grande disponibilidade de água, onde é possível identificar canais de irrigação (Figuras 18a a 20a). A coloração varia de acordo com a fase fenológica ou com o tipo de solo em que a cultura é estabelecida. Em algumas fases da lavoura, a área cultivada pode apresentar tons brilhantes de azul, relacionados à presença de água com bastante material em suspensão. A série temporal de índice de vegetação varia de acordo com o regime de irrigação (Figuras 18b a 20b). Nas áreas irrigadas por inundação, o índice de vegetação apresenta valores mais baixos, devido à presença da lâmina d'água, que diminui os valores de refletância no infravermelho próximo (MOREIRA; RUDORFF, 2002).



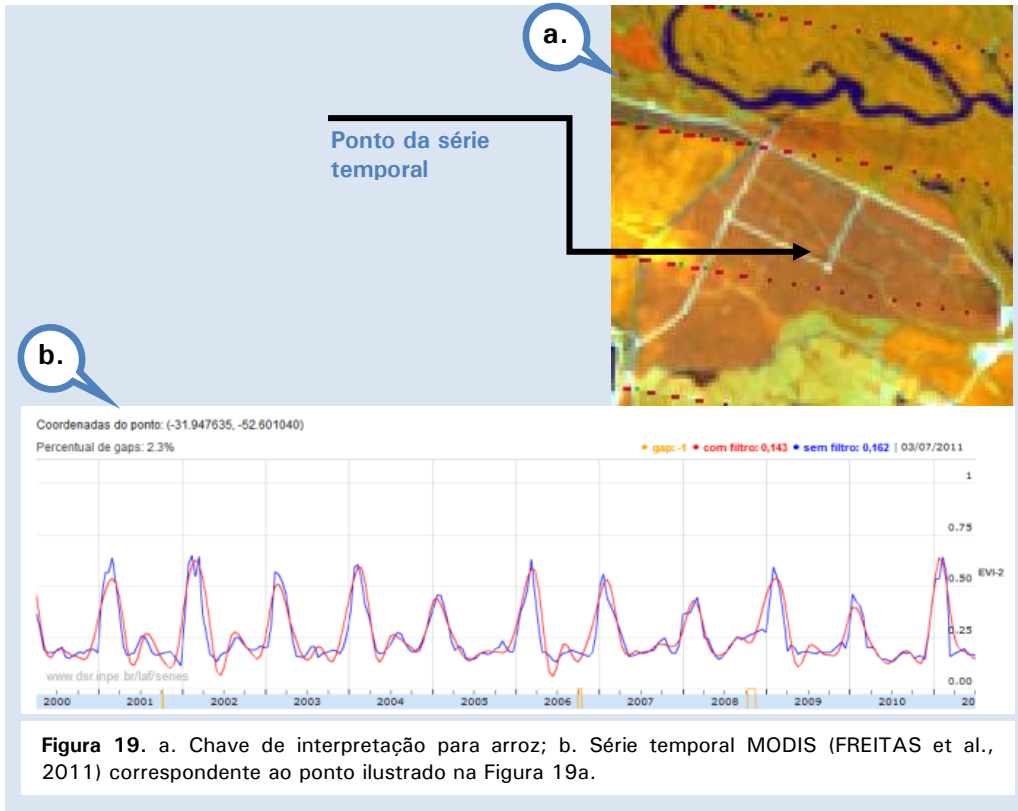


Figura 19. a. Chave de interpretação para arroz; b. Série temporal MODIS (FREITAS et al., 2011) correspondente ao ponto ilustrado na Figura 19a.

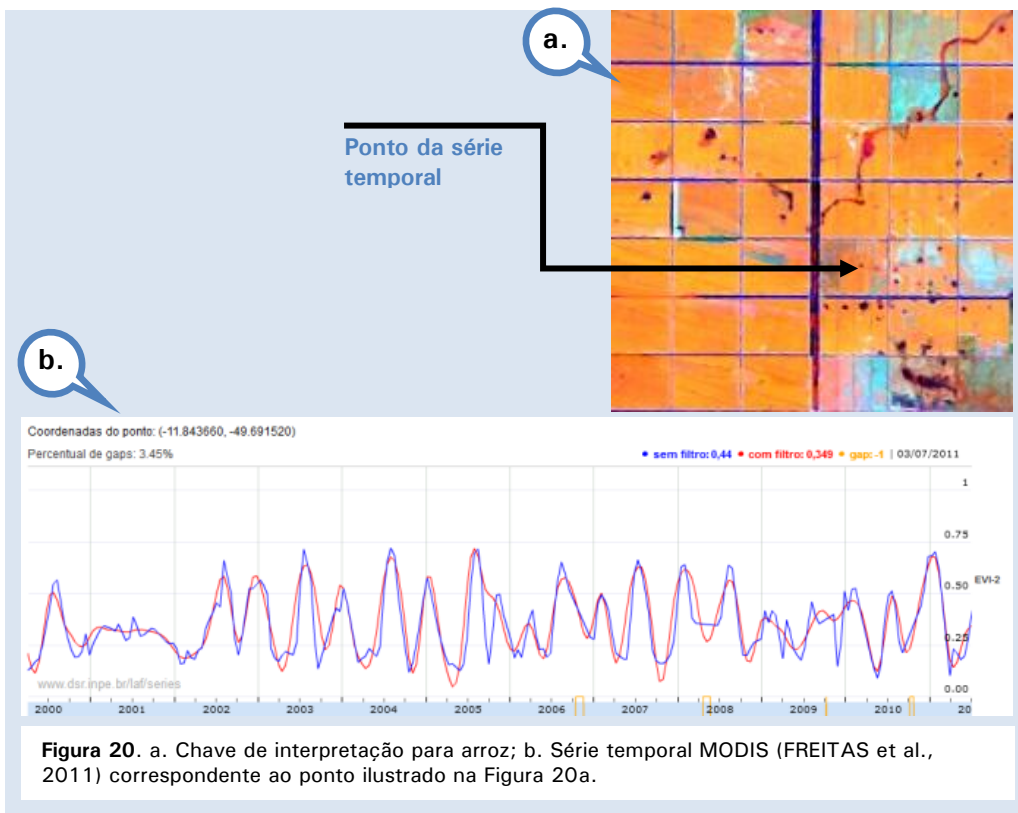


Figura 20. a. Chave de interpretação para arroz; b. Série temporal MODIS (FREITAS et al., 2011) correspondente ao ponto ilustrado na Figura 20a.

Cultura temporária: cana-de-açúcar

Disposta em talhões bem definidos, subdivididos por carregadores com formatos que variam de acordo com a topografia da região (Figuras 21a a 24a). Em áreas planas, os talhões e carregadores têm formato de trapézio, enquanto, em áreas mais onduladas, os talhões seguem o formato das vertentes.

Durante a fase de crescimento é possível que os carregadores não apresentem formatos definidos. A cor das áreas queimadas varia de acordo com o tempo: quanto mais escura a área, mais recente foi o uso do fogo.

O ciclo fenológico da cultura de cana varia entre 12 e 18 meses (SEGATO et al., 2006; SUGAWARA; RUDORFF, 2011) (Figuras 21b a 24b). Geralmente os períodos de crescimento e senescência são bastante curtos enquanto o período de maturação é longo. Quando o solo apresenta sinais de esgotamento, é comum que a cana-de-açúcar seja substituída por uma leguminosa apenas por uma safra. Essa prática, conhecida como reforma da cana, é adotada para que o solo recupere nutrientes por meio das bactérias nitrificadoras presentes nas raízes das leguminosas.

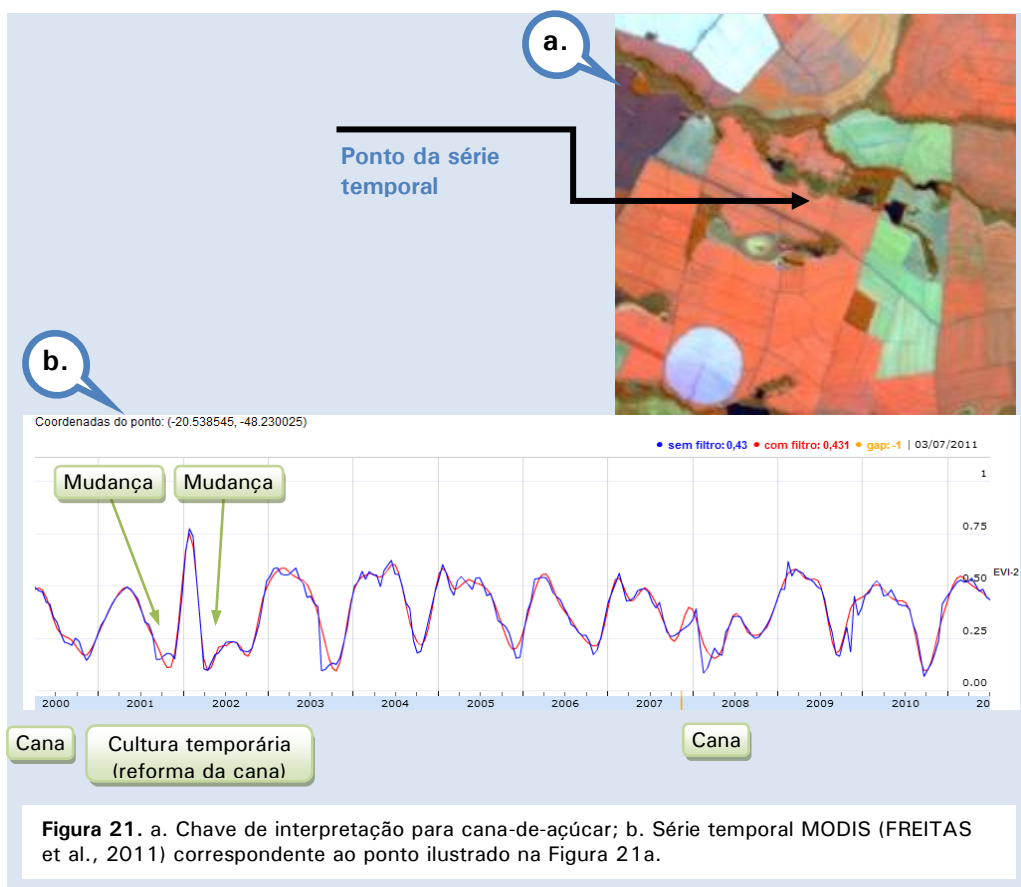
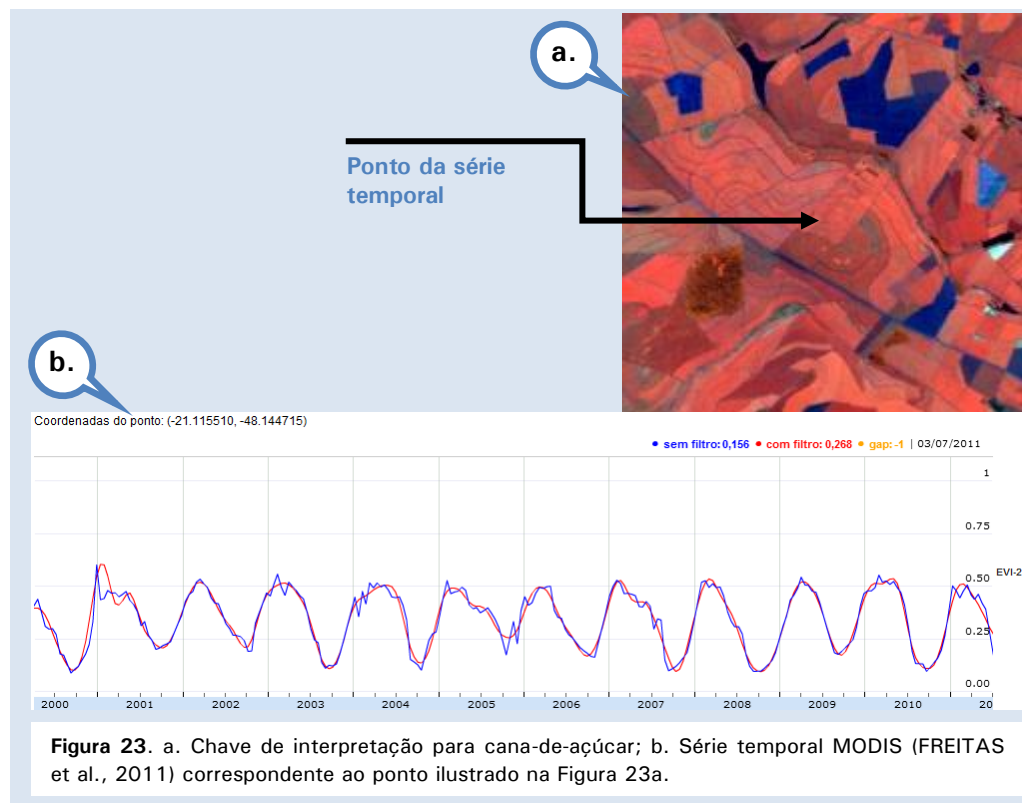
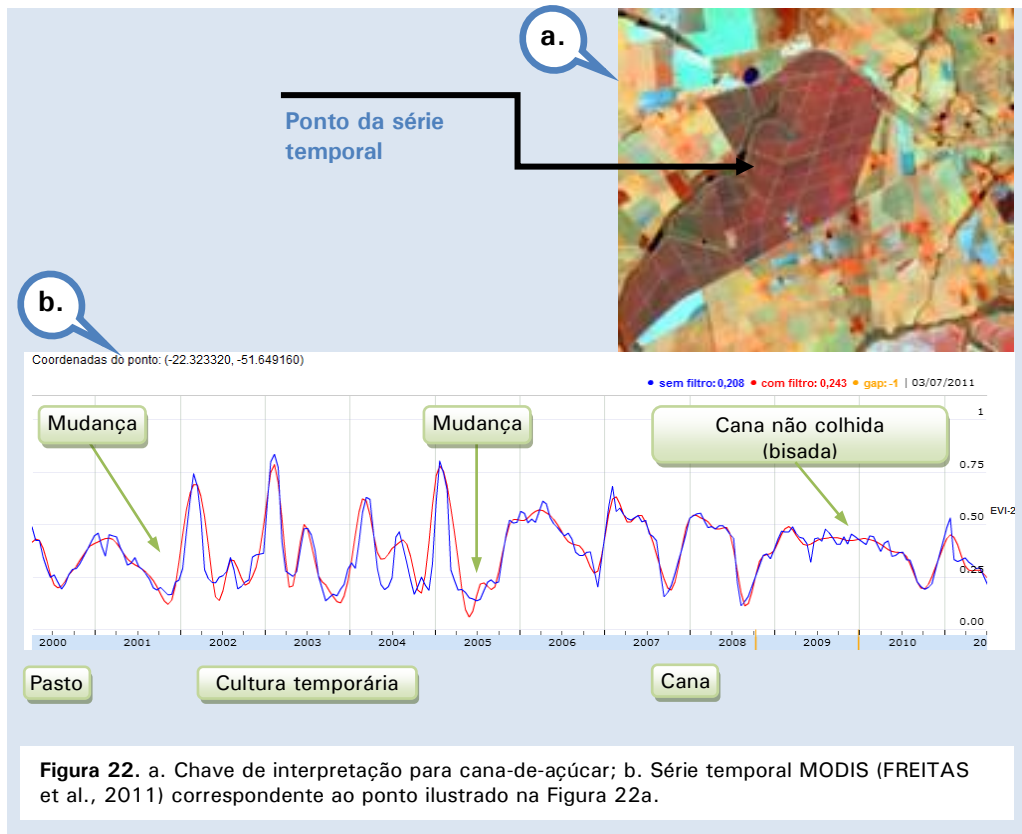


Figura 21. a. Chave de interpretação para cana-de-açúcar; b. Série temporal MODIS (FREITAS et al., 2011) correspondente ao ponto ilustrado na Figura 21a.



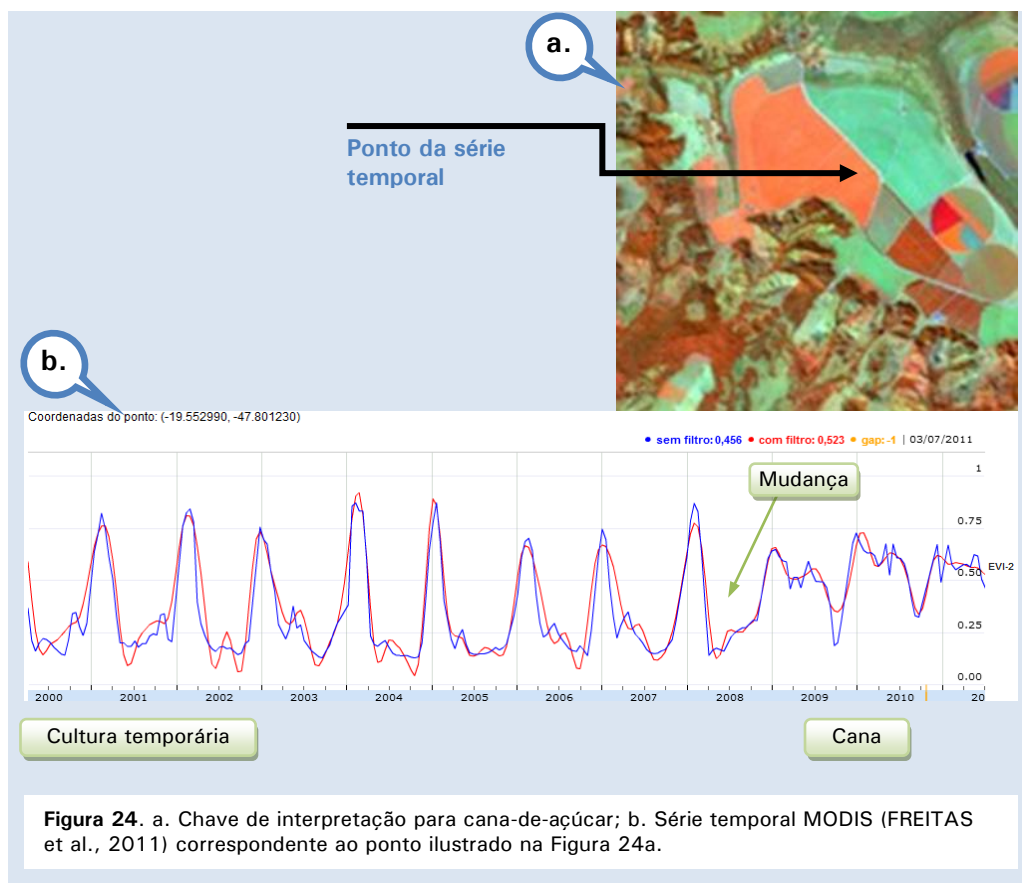
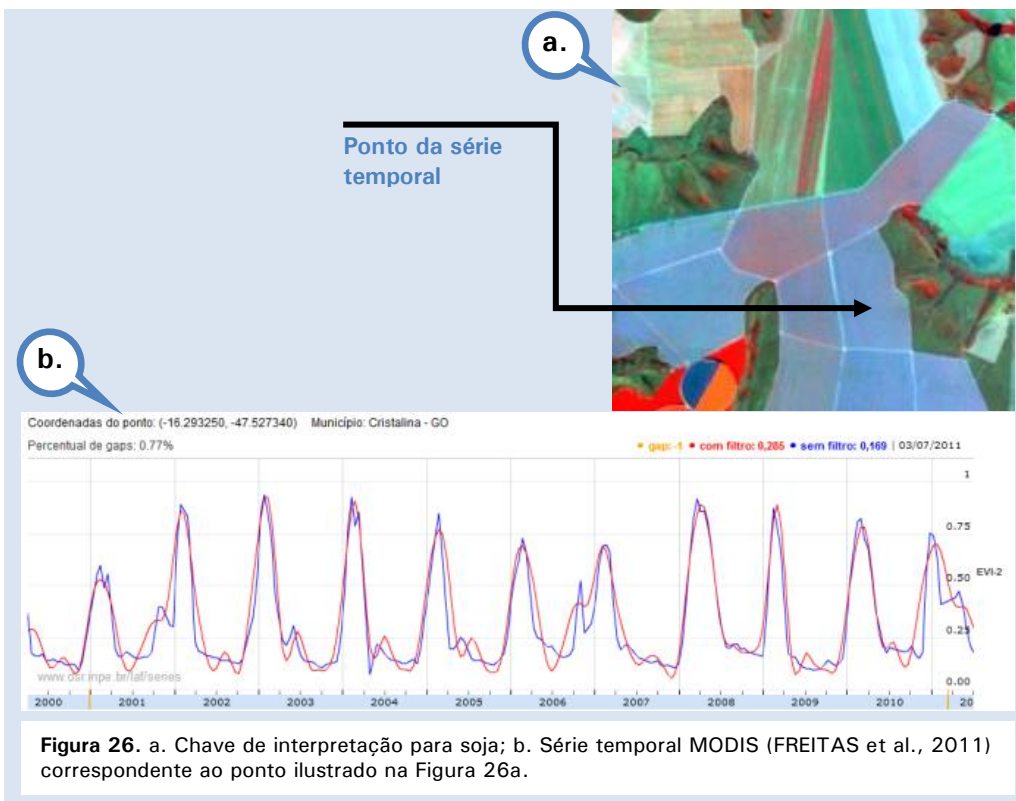
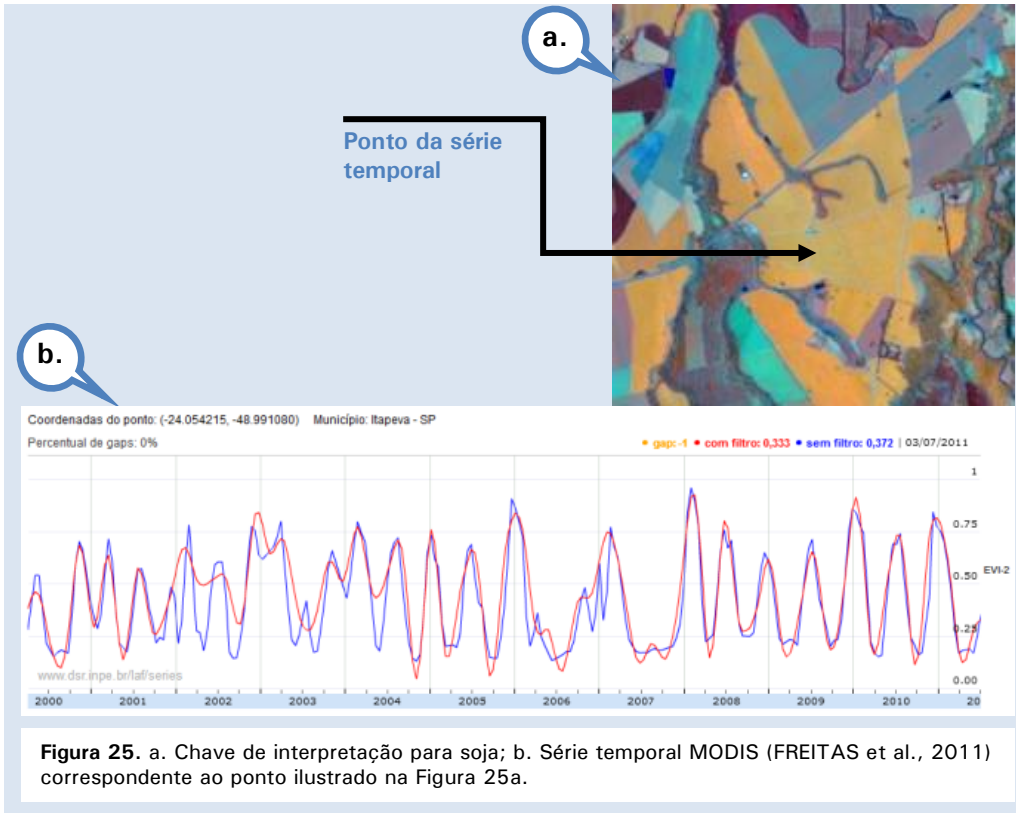
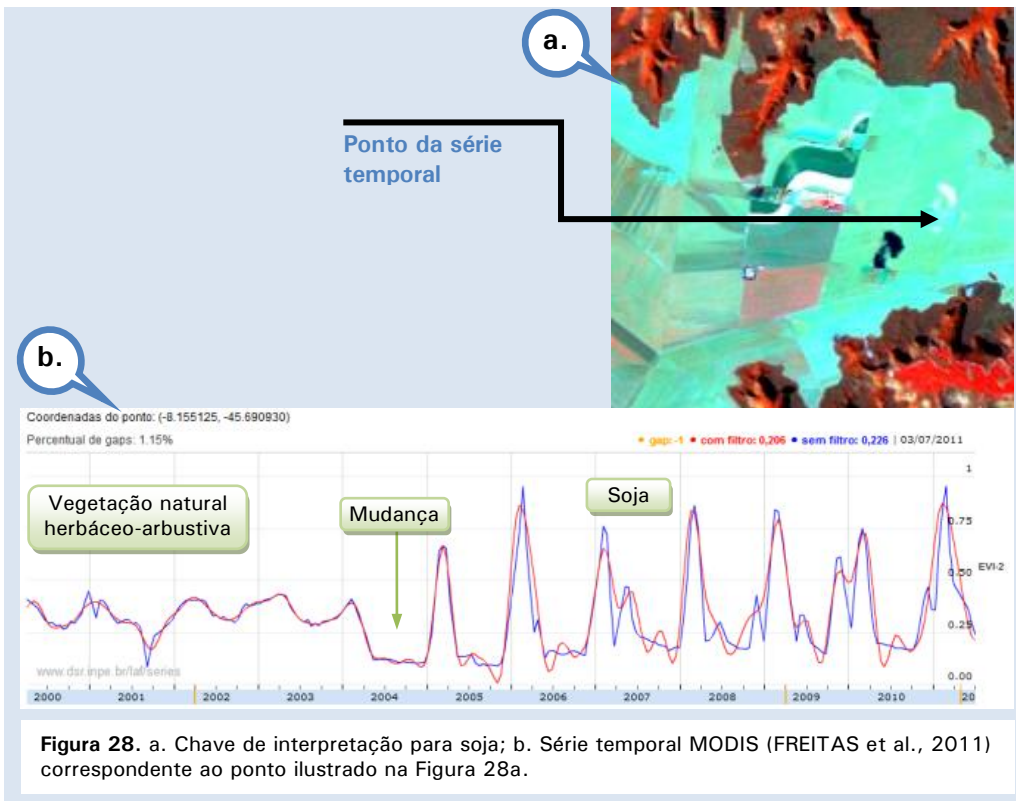
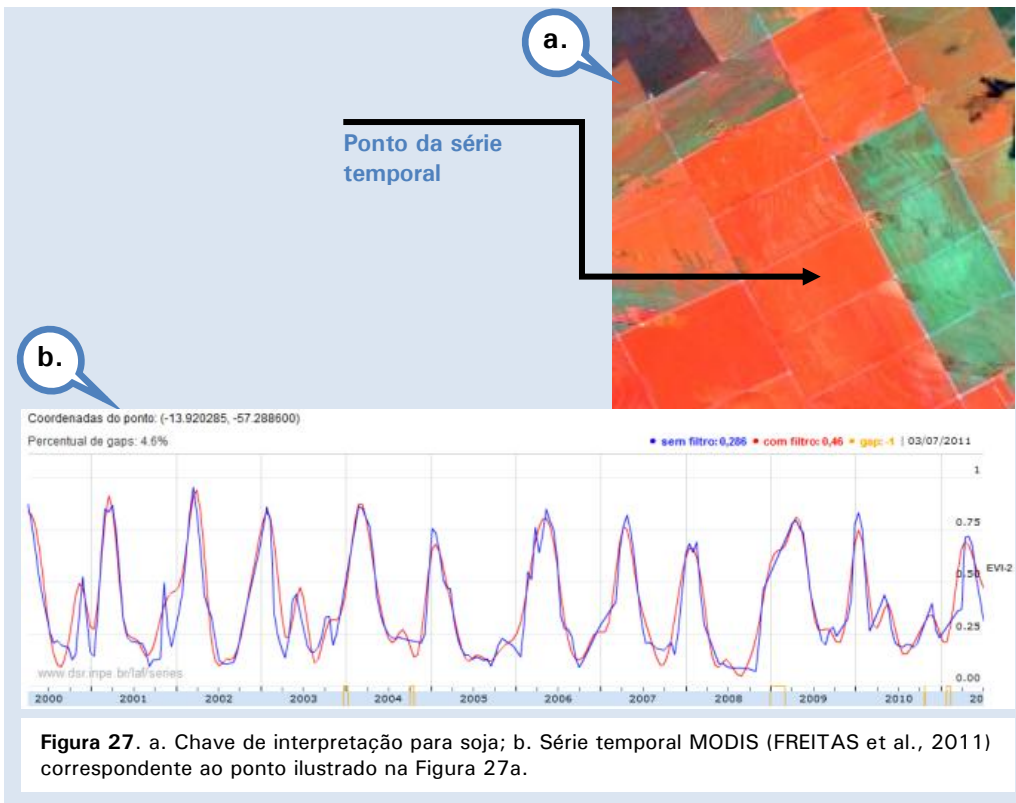


Figura 24. a. Chave de interpretação para cana-de-açúcar; b. Série temporal MODIS (FREITAS et al., 2011) correspondente ao ponto ilustrado na Figura 24a.

Cultura temporária: soja

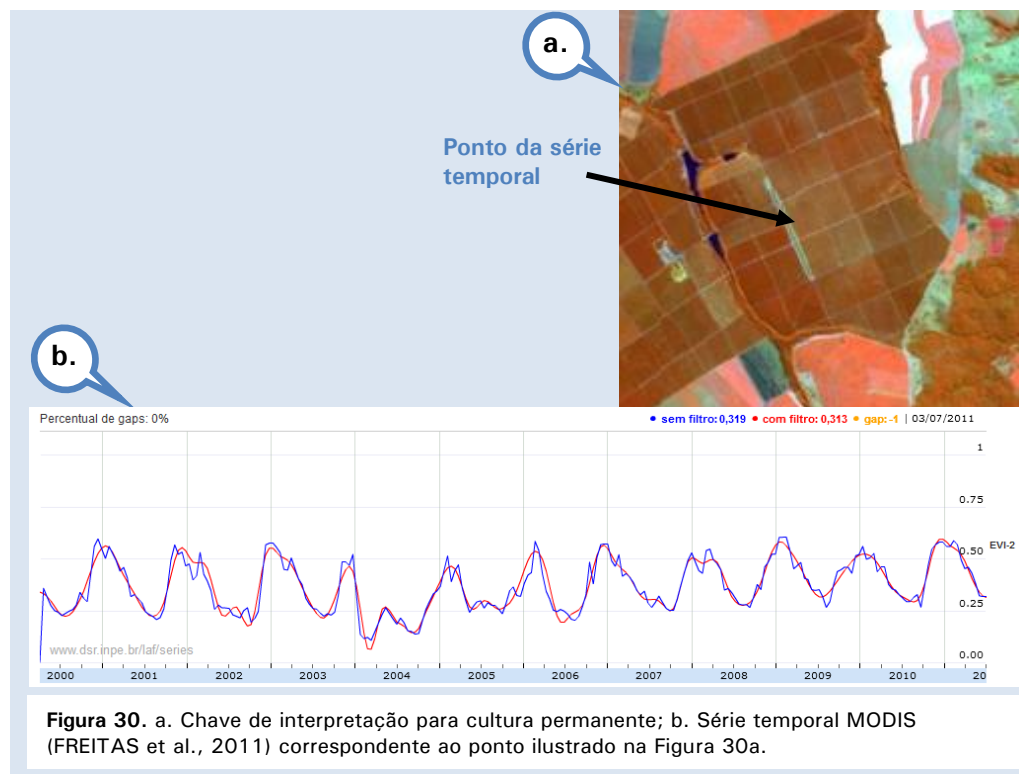
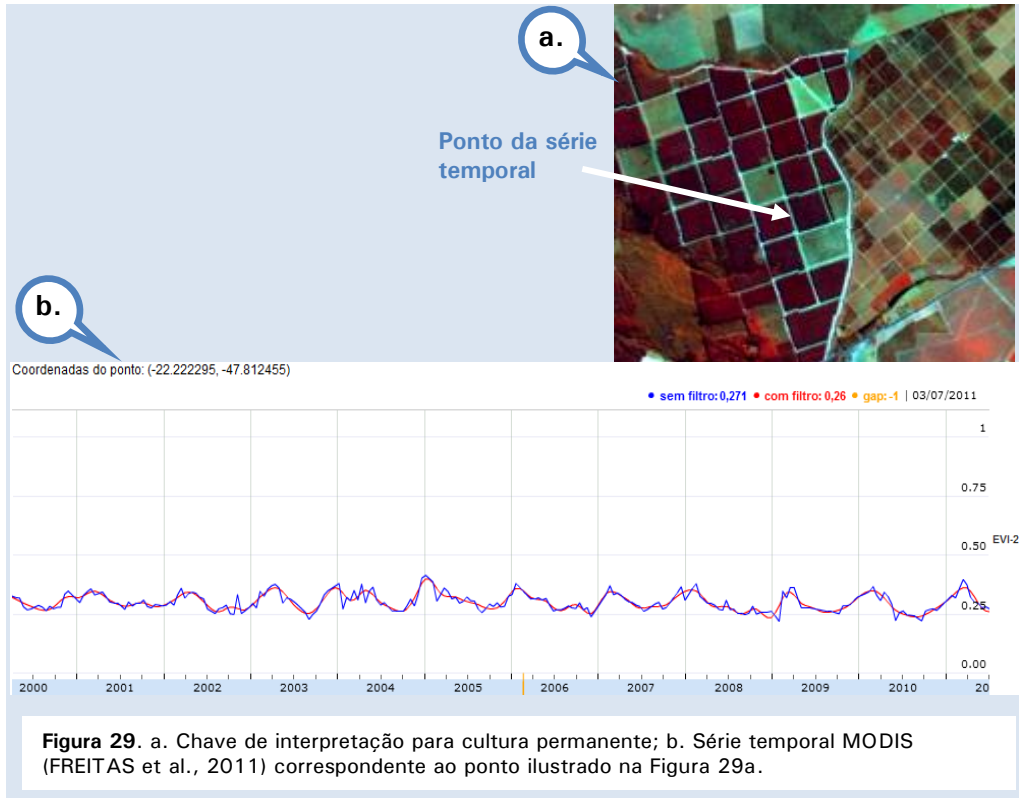
Surge em propriedades de porte relativamente grande. Nas imagens, apresenta-se com textura lisa bastante uniforme em todo o talhão ou com diferenças entre cores que seguem a direção das linhas de plantio (Figuras 25 a 28). Durante a fase de senescência, esta cultura apresenta coloração tipicamente amarelada (Figura 25), característica mais marcante e que melhor diferencia a soja das demais lavouras. No entanto, dependendo das datas de passagem do satélite e da cobertura de nuvens na imagem, é possível que nenhuma imagem seja obtida durante a fase de senescência, dificultando, assim, o mapeamento de áreas cobertas por esta cultura. A série temporal de índice de vegetação mostra ciclos fenológicos com duração aproximada de três meses. Dependendo da disponibilidade de água, é possível que existam até três ciclos produtivos num mesmo ano agrícola.

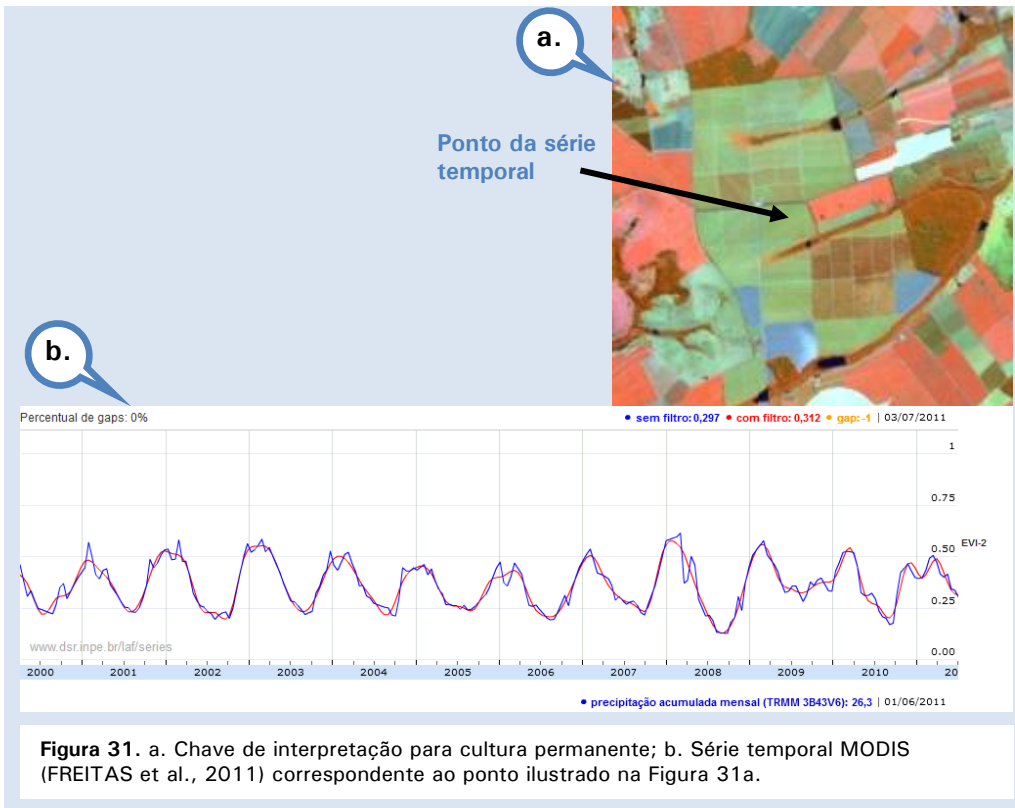




Cultura permanente

A cultura permanente apresenta carregadores e talhões bem definidos, polígonos com formato regular em xadrez, com cores que se alternam entre vermelho e verde, em diferentes tonalidades (Figuras 29 a 31). A textura varia de acordo com a espécie cultivada e com a cobertura do solo pela copa das plantas. Em áreas de cafezais, é possível distinguir as linhas de cultivo. A série temporal de índice de vegetação apresenta variação sazonal, de acordo com o regime pluviométrico. Esta variação é mais acentuada em áreas com vegetação mais aberta e quase nula nas áreas de vegetação mais densa.





Área urbana

Destaca-se padrão quadriculado formado pelas ruas e avenidas. As cores apresentam variações entre azul-claro e escuro, devido à presença de vários componentes minerais nos materiais urbanos. Não há um padrão definido para as séries temporais de índice de vegetação.

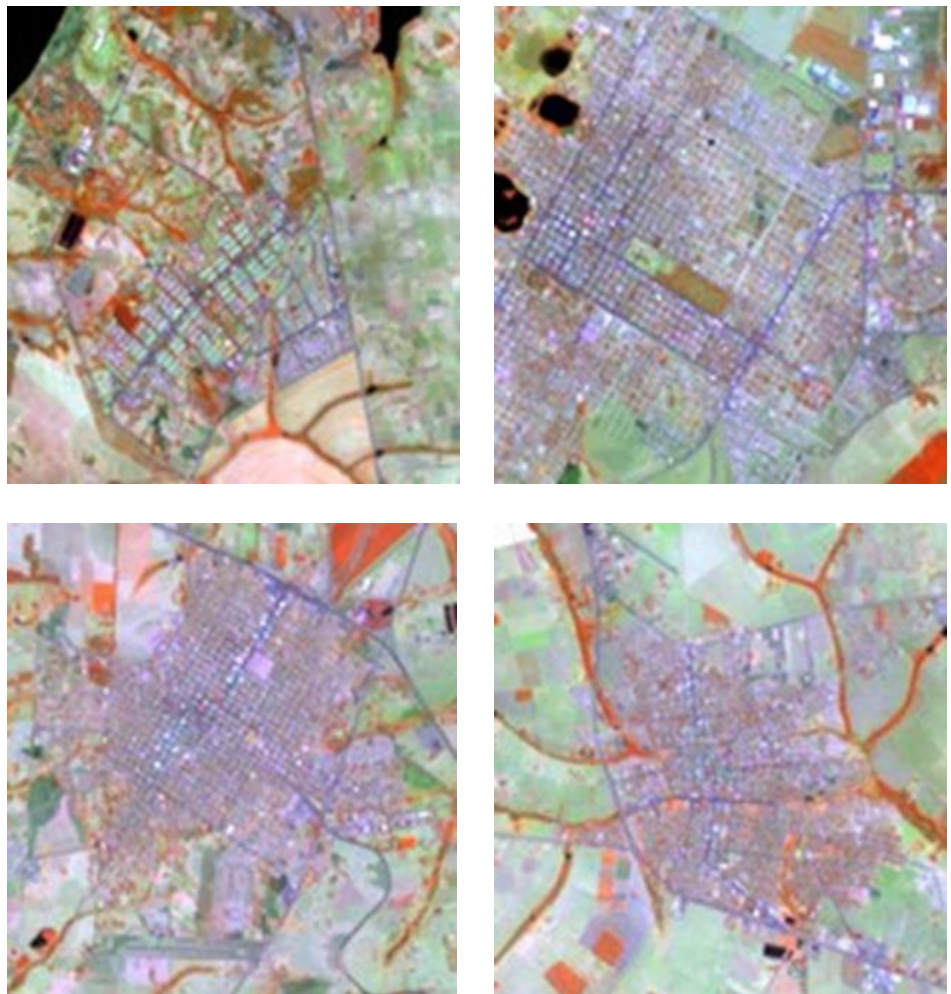


Figura 32. Chave de interpretação para área urbana.

Corpos d'água

A água é facilmente interpretada, já que ela absorve grande quantidade do infravermelho e do visível, por isso a sua cor é preta. Há casos em que ela apresenta cor azulada (última imagem da Figura 33), o que indica presença de grandes quantidades de sedimento em suspensão (NOVO, 2001). Não há um padrão definido para as séries temporais de índice de vegetação.

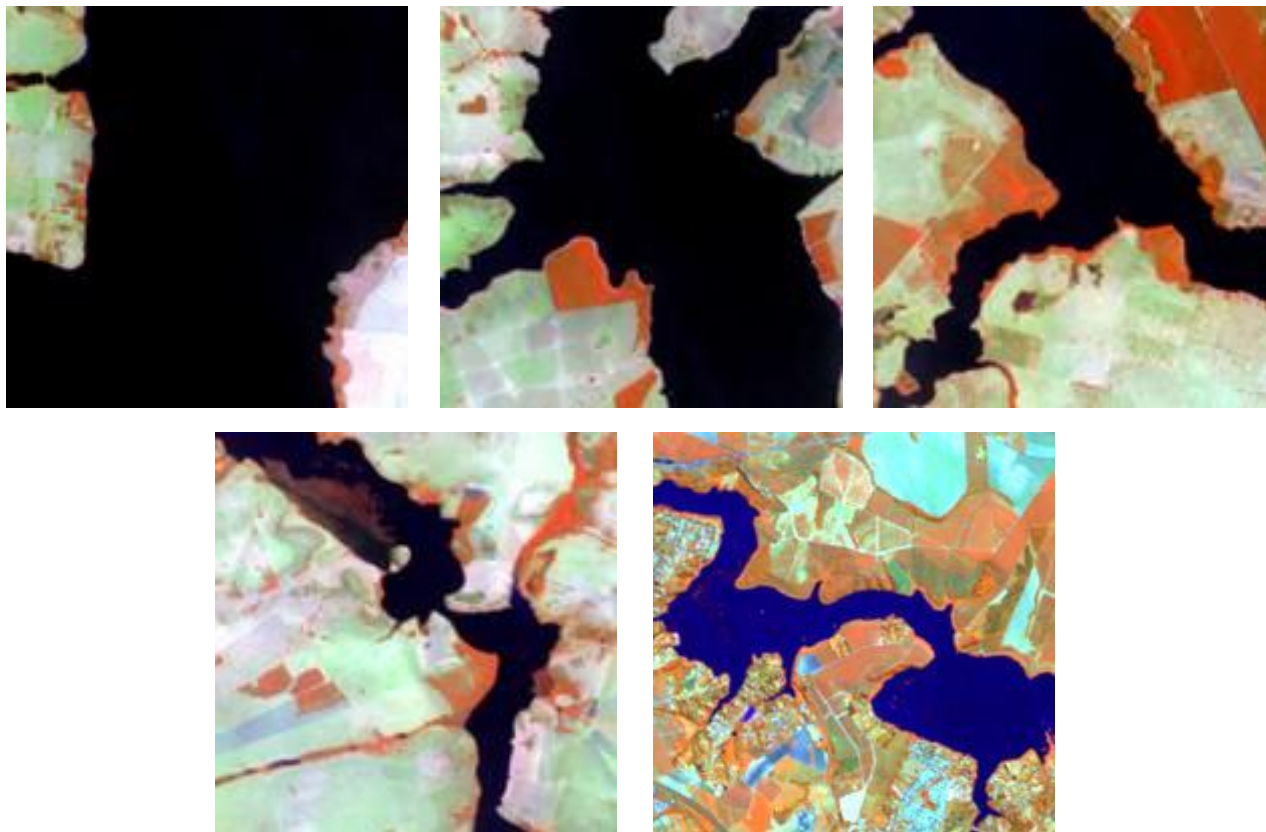


Figura 33. Chave de interpretação para corpos d'água.

Conclusões

Este trabalho apresentou exemplos de diferentes alvos identificáveis em imagens de satélite de média resolução espacial, para auxiliar na interpretação dessas imagens. No entanto, é preciso ressaltar que a abordagem aqui utilizada serve apenas como uma primeira aproximação, realizada com exemplos simplificados. No processo de interpretação de imagens, surgem muitas dúvidas que só podem ser resolvidas com informações obtidas em campo. Como exemplo, podemos citar algumas áreas de expansão do cultivo de cana-de-açúcar no noroeste do Estado de São Paulo, em que canaviais substituíram pasto manejado. Em determinados locais dessa região, as raízes da cana-de-açúcar não conseguem se fixar de maneira firme, por causa das características do solo, e as plantas acabam tombando com a ocorrência de ventos. As áreas em que a cana tombou apresentam características, na imagem de satélite, diferentes das áreas de canaviais comuns, que podem levar o intérprete a cometer erros de classificação.

Referências

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990.

FAO. **Land Cover Classification System (LCCS)**. 2000. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/X0596e00.htm#P-1_0>. Acesso em: 12 out. 2012.

FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; FERREIRA, A. S.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, n. 1, p. 57-68, 2011.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, n. 3/4, p. 223-241, 1999.

IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, 2010. v. 37, 91 p.

INPE. **Divisão de Geração de Imagens**. 2009. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_LandSat.php>. Acesso em: 12 out. 2012.

INPE. **Séries temporais**. Disponível em: <<https://www.dsr.inpe.br/laf/series/index.html>>. Acesso em: 12 out. 2012.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José C. N. Epiphany, Antonio R. Formaggio, Athos R. dos Santos, Bernardo F. T. Rudorff, Cláudia Maria de Almeida, Lênio S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833-3845, out. 2008.

MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T. **Sensoriamento remoto aplicado à agricultura**. São José dos Campos: INPE, 2002. 19 p. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.14/doc/CAP9_MAMoreira.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2012.

NOVO, E. M. L. M. Comportamento espectral da água. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (Org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: Editora da Universidade de Brasília; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 201-222.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. v. 1. 140 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 151-212.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBINI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. p. 19-36.

SUGAWARA, L. M.; RUDORFF, B. F. T. Acompanhamento do crescimento vegetativo da cana-de-açúcar por meio de séries temporais de NDVI do sensor Modis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 391-398.

XIE, Y. C.; SHA, Z. Y.; YU, M. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. **Journal of Plant Ecology**, v. 1, n. 1, p. 9-23, mar. 2008.

Circular Técnica, 21

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303
Fazenda Chapadão, CEP 13070-115, Campinas, SP
Fone: (19) 3211-6200
Fax: (19) 3211-6222
E-mail: cnpm.sac@embrapa.br
www.cnpm.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2012): versão on-line



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Cristina Criscuolo

Secretária: Bibiana Teixeira de Almeida

Membros: Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann, Fabio Enrique Torresan, Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães Andrade, Shirley Soares da Silva e Vera Viana dos Santos

Expediente

Supervisão Editorial: Cristina Criscuolo

Revisão de texto: Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica: Vera Viana dos Santos

Diagramação eletrônica: Shirley Soares da Silva