

## Sistema de Avaliação dos Dados do Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por Satélite – DETER

Maria Isabel Sobral Escada<sup>1</sup>  
Taise de Farias Pinheiro<sup>1</sup>  
Camilo Daleles Rennó<sup>1</sup>  
Silvana Amaral<sup>1</sup>  
Luis Eduardo Maurano<sup>1</sup>  
Dalton de Morrison Valeriano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{isabel, camilo, silvana, maurano}@dpi.inpe.br  
{dalton,taise}@dsr.inpe.br

**Abstract.** The DETER system - Deforestation Detection in Real Time Deter, was created by INPE in 2004 as an alert system to support surveillance and deforestation control. Both shallow cut and areas in process of deforestation are detected and mapped using MODIS sensor data from Terra satellite, and WFI sensor data from CBERS. Due to the coarse satellites resolution (~250 m) used in DETER, the types of deforestation process cannot be discriminated. Thus, we developed a methodology to evaluate and classify DETER monthly data using as reference medium resolution images (TM/landsat and CCD/Cbers) and field data. We used photointerpretation techniques to classify the deforestation in the image and a decision tree to help defining the deforestation class during the field data analysis. The evaluation system developed makes the evaluation procedures more objective and systematic. The results obtained from DETER evaluation with satellite images, and field data acquired from three field data collections campaign carried out in Pará and Mato Grosso states The results of DETER evaluation indicated that it is an efficient system to detect shallow cuts and areas in advanced stage of forest degradation. This alert system is not so efficient to detect early stages of forest degradation and small deforestation areas.

**Palavras-chave:** Monitoramento da Floresta, Amazônia, Desmatamento, Qualificação.

### 1. Introdução

Desde o final da década de 80, as taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal são calculadas e divulgadas pelo Prodes (INPE, 2008). A partir de 1997 mapas digitais do desmatamento passaram a ser produzidos e vem sendo utilizados em diversos estudos e em ações e políticas do governo como o combate ao desmatamento e o ordenamento territorial da Amazônia.

No Prodes, desmatamento é definido como *a conversão de áreas de fisionomia florestal primária por ações antropogênicas, para desenvolvimento de atividades agrosilvopastoris, detectadas a partir de plataformas orbitais* (INPE, 2000a; 2000b). O mapeamento feito pelo Prodes exclui áreas afetadas por atividades de exploração madeireira ou por incêndios naturais. (INPE, 2000).

Embora esses dados sejam de grande importância para o monitoramento da floresta e para o estabelecimento de políticas públicas, não são apropriados para ações de prevenção e de fiscalização, devido ao longo tempo necessário para que sejam produzidos. O Prodes detecta apenas o desmatamento por corte raso, o processo em que a cobertura florestal é totalmente removida, em um curto intervalo de tempo. Este processo é facilmente identificável em imagens de satélite, pois a resposta espectral dos solos passa a predominar após a derrubada, e se diferencia de forma muito clara da resposta espectral da vegetação.

Em 2004 o DETER, Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo (quase) Real foi criado e passou a operar em conjunto com o PRODES, com objetivos de dar apoio a fiscalização. O DETER utiliza uma definição de desmatamento mais abrangente, incluindo não apenas corte raso, mas também a degradação florestal progressiva. Como grande parte

dessas alterações só é percebida quando há uma alta intensidade de perturbação, a esse tipo de desmatamento denominamos degradação florestal progressiva. Áreas de manejo florestal de baixo impacto, em geral, não são detectadas por esse sistema, apenas as que apresentam estágios mais avançados (INPE, 2008).

O DETER emprega as imagens do sensor MODIS (TERRA), da NASA, e imagens do sensor WFI (CBERS-2B), que recobrem toda a Amazônia no intervalo de tempo de dois a cinco dias, com uma resolução espacial de cerca de 250 m, permitindo mapear áreas superiores a 25 ha. Com esta resolução temporal é possível que os Alertas de desflorestamento sejam detectados, mapeados e enviados aos órgãos de fiscalização, possibilitando prevenir e interromper o avanço das atividades de desflorestamento.

O DETER utiliza os mapas de desflorestamento do Prodes como referência para diferenciar os desmatamentos mais antigos e identificar quinzenalmente novas áreas desflorestadas por corte raso ou por processo de degradação florestal. Em 2008 foi elaborado um sistema de avaliação dos dados produzidos por esse sistema. O principal objetivo desta qualificação é caracterizar o dado do Alerta quanto ao tipo de desmatamento mapeado, além de informar a proporção de Alertas confirmados como desmatamento.

A qualificação é feita mensalmente no período de abril a outubro, quando a cobertura de nuvens é menor. No período de outubro a março a qualificação é realizada em intervalos de tempo de três meses. Em complemento à qualificação mensal são realizadas campanhas de campo periódicas para coleta e verificação dos Alertas. Essas expedições são restritas a algumas regiões geográficas, onde há um alto índice de Alertas e possibilidade de realizar sobrevôos, considerando condições meteorológicas e de infra-estrutura.

Este artigo apresenta a metodologia desenvolvida para a avaliação dos dados do DETER com imagens de média resolução (Landsat e Cbers) e dados de campo. Os resultados dessas análises são apresentados fornecendo um panorama sobre os padrões e processos de desmatamento que ocorrem nas diferentes regiões da Amazônia.

## **2. Metodologia de Avaliação**

A qualificação mensal dos dados DETER tem como principal objetivo caracterizar de forma amostral os dados produzidos mensalmente pelo DETER. O tamanho da área amostrada e sua representatividade variam a cada período analisado de acordo com as condições atmosféricas e a disponibilidade de imagens de média resolução. Embora não seja possível verificar todo o conjunto de dados com imagens de média resolução, devido a cobertura de nuvens, em alguns meses da estação seca é possível qualificar mais de 50% da área dos Alertas. A metodologia de avaliação dos dados do Deter envolve dois procedimentos: 1) qualificação mensal com imagens de média resolução espacial e; 2) verificação de campo.

A verificação de campo complementa a qualificação e tem como objetivo principal calibrar e ajustar os procedimentos de mapeamento utilizados no DETER. A coleta de dados de campo não cobre toda a extensão da Amazônia, assim, os indicadores obtidos nessas análises não podem ser generalizados para todo o conjunto de dados DETER do mesmo período, uma vez que podem refletir especificidades locais.

As seções 3.1 e 3.2 descrevem os métodos utilizados nos dois procedimentos de avaliação dos dados do DETER.

### **2.1 Qualificação mensal dos dados do DETER**

A qualificação mensal do DETER é realizada em quatro etapas que envolvem: 1) Escolha de cenas de média resolução (Landsat ou Cbers); 3) Foto-Interpretação; 4) Análise Quantitativa.

Para a qualificação mensal, faz-se uso de imagens provenientes dos sensores dos satélites Cbers e Landsat, adquiridas em período equivalente ao das Imagens Modis, com resolução espacial mais fina, de 20 e 30 m, respectivamente. A escolha de imagens para a qualificação dos Alertas baseia-se no número de Alertas por cena, na existência de imagens TM/Landsat ou Cbers de boa qualidade e, no percentual de cobertura de nuvens. Imagens dos anos ou meses anteriores são utilizadas como dado auxiliar durante a foto-interpretação. As imagens selecionadas são georeferenciadas e importadas para um banco de dados geográficos, o SPRING (INPE, 2008).

Na qualificação dos desmatamentos, os Alertas são sobrepostos às imagens de resolução espacial mais fina e então são classificados a partir de critérios de foto-interpretação (INPE, 2008) como Corte Raso ou Degradação Florestal de Intensidade Leve, Alta ou Moderada. Nessa avaliação os Alertas não confirmados como desmatamento também são contabilizados. O esquema de classificação é sistematizado conforme apresentado na Figura 1. Após a qualificação, os dados passam por uma auditoria e quando aprovados, os resultados são quantificados e analisados para a produção de relatórios mensais.

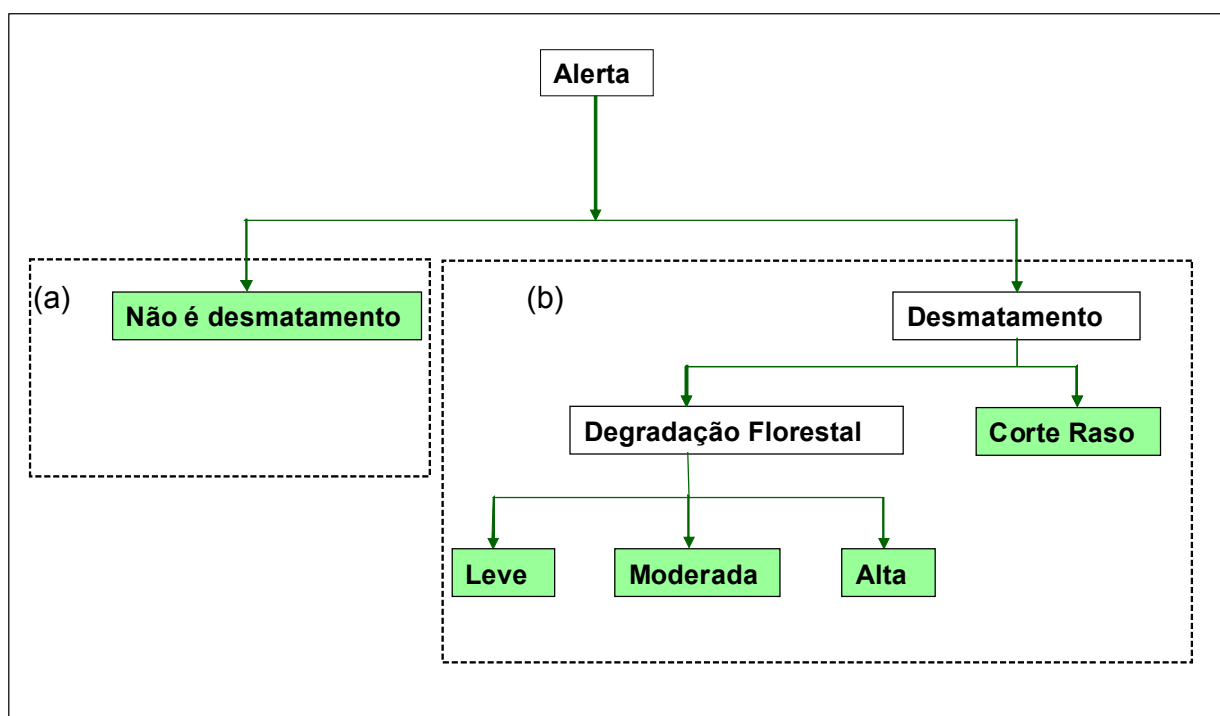


Figura 1. Esquema de Classificação dos dados de Alerta do DETER. As classes finais são representadas pelas caixas verdes: 1) Não confirmado como desmatamento (a); 2) Corte Raso; 3) Degradação Florestal de Intensidades Leve, Moderada e Alta (b). Fonte: INPE (2008)

## 2.2 Verificação de campo

A verificação de campo do DETER é realizada por meio de sobrevôos que possibilitam cobrir grandes extensões de área, além de oferecer uma visão contextualizada das feições de interesse. A verificação de campo consiste em três etapas: 1) Coleta de dados; 2) Qualificação dos Alertas; 3) Análise quantitativa. Essas etapas são descritas nos itens seguintes.

### 2.2.1 Coleta de dados em campo

Os Alertas que serão verificados em campo são previamente selecionados no banco de dados do DETER priorizando-se aqueles com área superior a 100 há. Áreas de tamanho inferior, próximas das rotas pré-estabelecidas também são avaliadas. O procedimento de campo consiste em descrever e fotografar as áreas correspondentes aos Alertas no momento

em que aeronave atinge as coordenadas centrais dos polígonos, previamente inseridos no GPS (Global Position System). Vários registros fotográficos são obtidos no entorno da coordenada central dos polígonos possibilitando avaliar as condições e definir intensidade de degradação, no caso de desmatamento por degradação florestal progressiva.

As descrições de campo e os registros fotográficos são utilizados na etapa seguinte, que consiste na qualificação dos Alertas. Os elementos utilizados para descrever as áreas de degradação florestal são: 1) Porcentagem de árvores mortas e vivas em pé; 2) Existência de cipó; 3) Presença/Ausência de sub-bosque; 4) Existência de leira; 5) Presença e densidade de pátios de estoque e trilhas de arrasto de madeira; 6) Existência de indícios de cicatriz de fogo florestal.

### **2.2.2 Qualificação dos Alertas**

Após a realização da coleta de dados, as fotografias com suas coordenadas e descrições são armazenadas e avaliadas em um banco de dados geográfico que pode ser acessado pela internet, denominado *Fototeca* ([www.obt.inpe.br/fototeca](http://www.obt.inpe.br/fototeca)). As fotografias são associadas às imagens e polígonos de desmatamento a partir das coordenadas geográficas obtidas em campo. O sistema de avaliação dos Alertas baseia-se em uma árvore de decisão elaborada segundo a legenda adotada pelo DETER. Essa legenda foi incorporada na fototeca, que oferece ferramentas que possibilitam descrever, qualificar e quantificar os resultados das análises.

O processo de avaliação é apresentado de forma esquemática no diagrama da Figura 2. A avaliação inicia com a triagem das fotos de campo representada por (a). Nessa etapa, as fotos que não apresentam condições de serem avaliadas, seja porque não correspondem ao polígono de Alerta, ou porque não são informativas, são retiradas da análise. A etapa de avaliação dos registros de campo é representada no diagrama pelas caixas contidas em (b) e (c). Os falsos positivos, ou seja, áreas indicadas pelo Deter que não apresentam indícios de desmatamento nos registros de campo são representadas por (b). Os registros de campo que confirmam a ocorrência do processo de desmatamento e o qualificam são representados por (c). Os falsos negativos, ou seja, áreas desmatadas não indicadas pelo Deter, são classificadas e avaliadas utilizando essa mesma sistemática.

As caixas verdes do diagrama da Figura 2 representam as classes finais de avaliação dos Alertas: Corte raso, degradação florestal progressiva de intensidades Leve, Moderada e Alta, e áreas não desmatadas (falsos positivos). O último nível representa o detalhamento da classificação, no qual os principais elementos e tipos de cobertura da terra que caracterizam as classes de desmatamento são analisados.

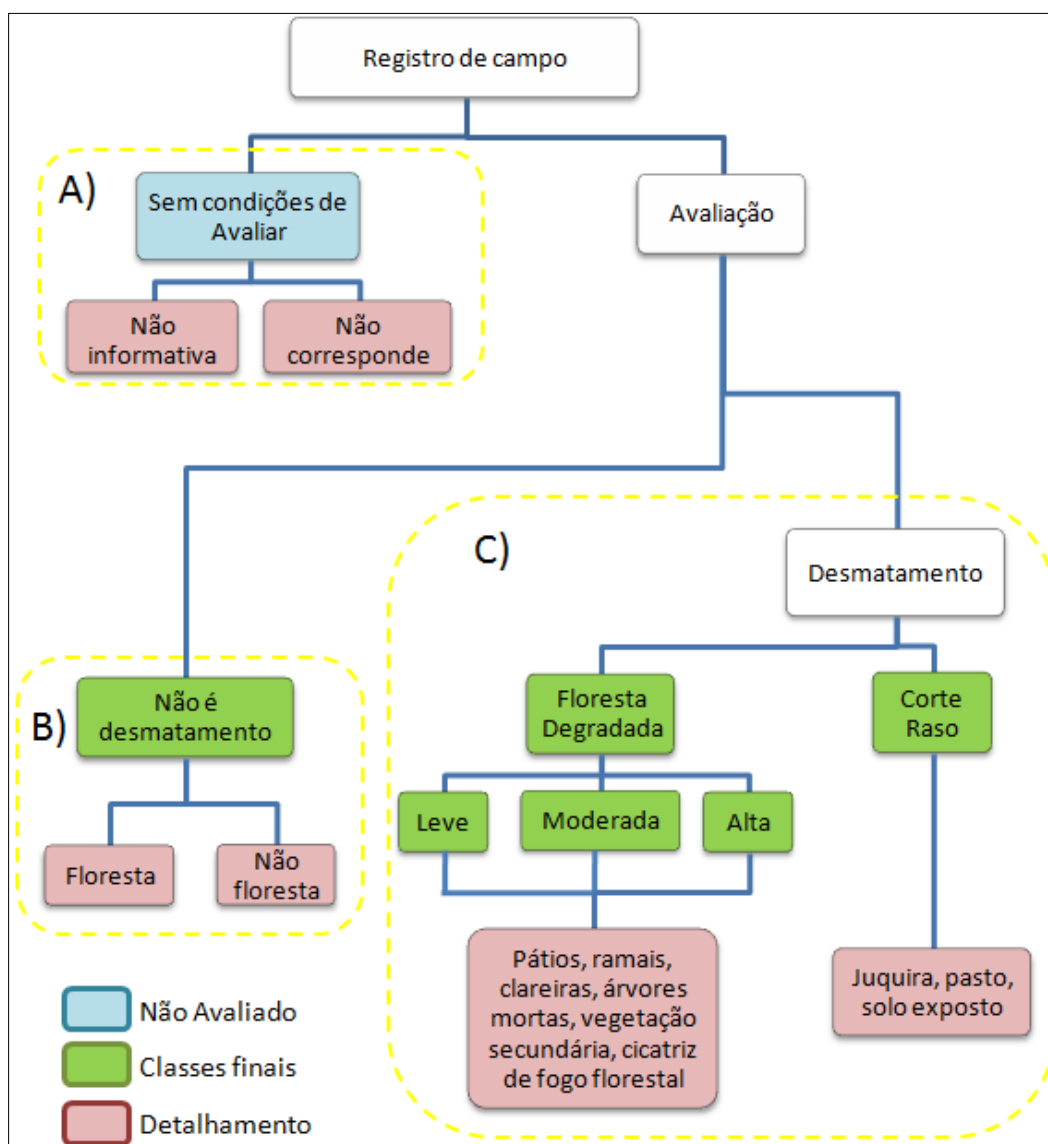


Figura 2 - Esquema de qualificação dos dados de Alerta do DETER com dados de campo. Na etapa (a) é feita uma triagem dos registros de campo para análise, em (b) e (c) é feita a avaliação e qualificação dos Alertas.

### 3. Área de Estudo

A qualificação mensal dos Alertas foi realizada para o intervalo de tempo de maio a setembro de 2008. Grande parte das cenas escolhida localiza-se nos Estados do Mato Grosso e Pará, devido a maior dinâmica do desmatamento apresentada e a disponibilidade de imagens TM/landsat sem cobertura de nuvens. A Figura 3 mostra as cenas Landsat e Cbers (setembro de 2008) utilizadas nos meses analisados. Essas cenas cobriam de 50 a 75% da área total dos Alerta de cada mês.

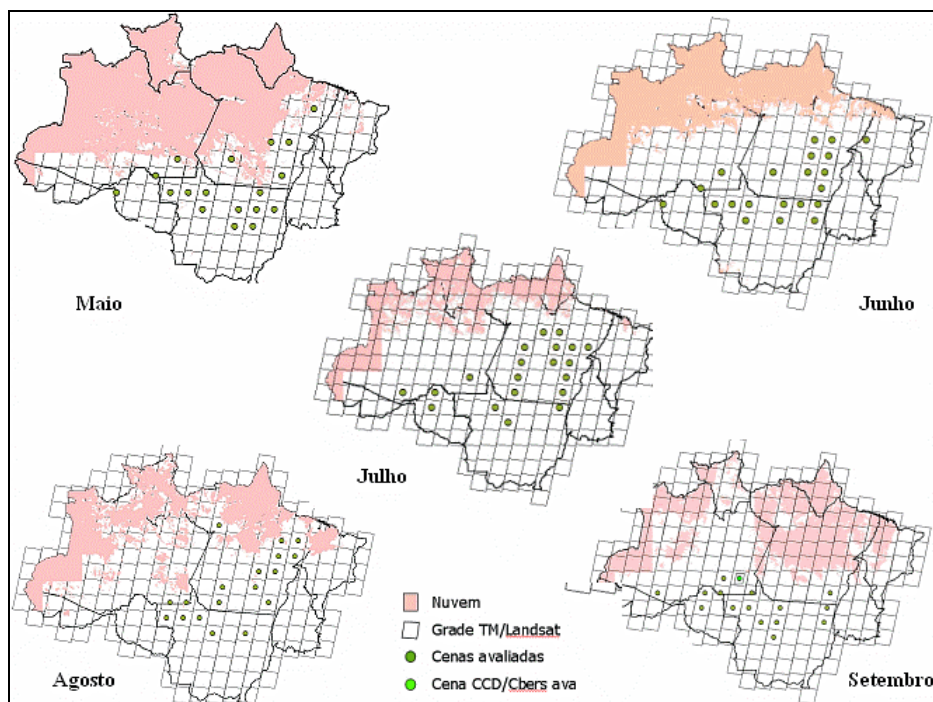


Figura 3. Distribuição das cenas analisadas na qualificação de maio a setembro de 2008.

Nos trabalhos de campo foram realizados sobrevôos de helicóptero em parceria com o IBAMA em três regiões da Amazônia, duas no estado do Mato Grosso e uma no Pará. As missões foram realizadas em 2008 e são apresentadas na Figura 4 e descritas a seguir:

1. Sobrevôo na região de Sinop: Campanha realizada em fevereiro de 2008, percorreu aproximadamente 960 km, onze municípios e vistoriou 43 pontos de Alertas referentes aos meses de setembro de 2007 a janeiro de 2008..
2. Sobrevôo na região de Confresa: Campanha realizada em junho de 2008, ocorreu no nordeste do estado do Mato Grosso e abrangeu nove municípios, percorreu cerca de 1.600 km e vistoriou 47 ocorrências do DETER dos meses de abril e maio de 2008.
3. Sobrevôo no sul do Pará: Esse sobrevôo foi realizado em setembro de 2008, abrangendo 68 pontos de Alertas de julho e agosto de 2008, percorrendo 630 km, na região do município de Novo Progresso, sul do Pará.

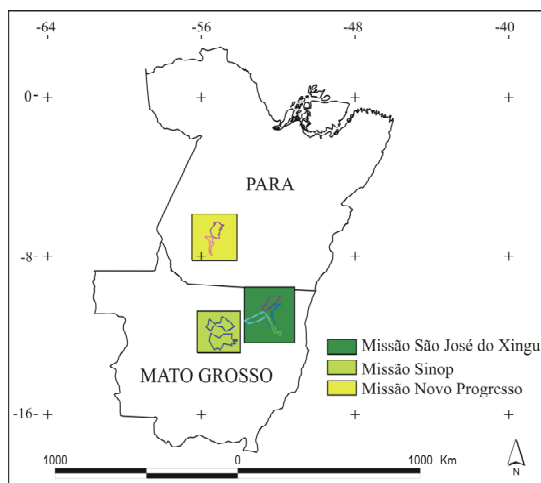


Figura 4 – Regiões sobrevoadas para qualificação com dados de campo dos Alertas dos meses de janeiro, abril, maio e agosto de 2008.

## 4. Resultados

### 4.1 Qualificação dos Alertas com imagens de média resolução

Os resultados da qualificação mensal de maio a setembro de 2008 foram reunidos e são apresentados na Tabela 1 e no gráfico da Figura 5. No total foram avaliados 1200 km<sup>2</sup> e conforme pode ser observado na Tabela 1 os índices de confirmação variaram, de 88% (Maio) a 97% (Julho). Uma avaliação mais detalhada desses dados pode ser encontrada na pagina do Deter (INPE, 2008). Os índices apresentados na Tabela 1 apontam para um bom desempenho do Deter no período observado. Há uma variação da proporção de detecção de corte raso e de floresta degradada. A proporção de corte raso variou de 53% (setembro) a 77% (julho) e de floresta degradada de 11%(julho) a 41% (setembro). As áreas com floresta degradada de intensidade Leve e Moderada são menos evidentes nas imagens Modis e foram pouco detectadas.

Tabela 1. Resultados da Qualificação mensal do DETER entre maio e setembro de 2008.

	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
1. Desmatamento	88%	92%	97%	89%	93%
Corte Raso	60%	67%	77%	68%	53%
Floresta Degradada Alta	23%	21%	7%	17%	31%
Floresta Degradada Moderada	1%	2%	2%	3%	5%
Floresta Degradada Leve	5%	2%	2%	1%	4%
Não Confirmado	12%	8%	3%	11%	7%

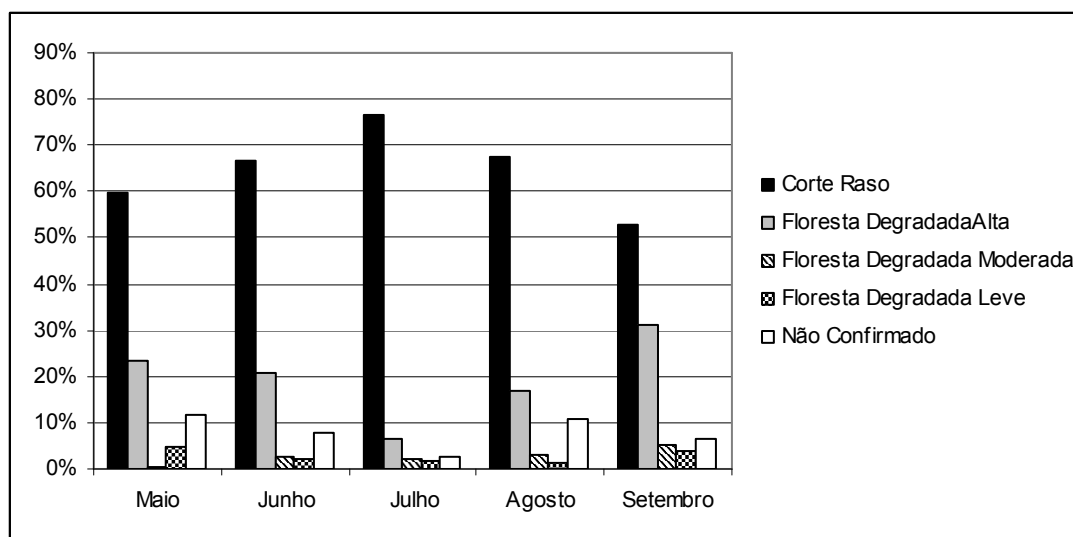


Figura 5. Resultados da Qualificação dos Alertas do período de Maio a Setembro de 2008.

## 4.2 Avaliação dos Alertas com dados de campo.

Os resultados das avaliações do DETER realizadas com dados de campo são apresentados nos diagramas da figura 6. Os índices de confirmação encontrados foram de 93% em Sinop, 68% em Confresa e 99% em Novo Progresso.

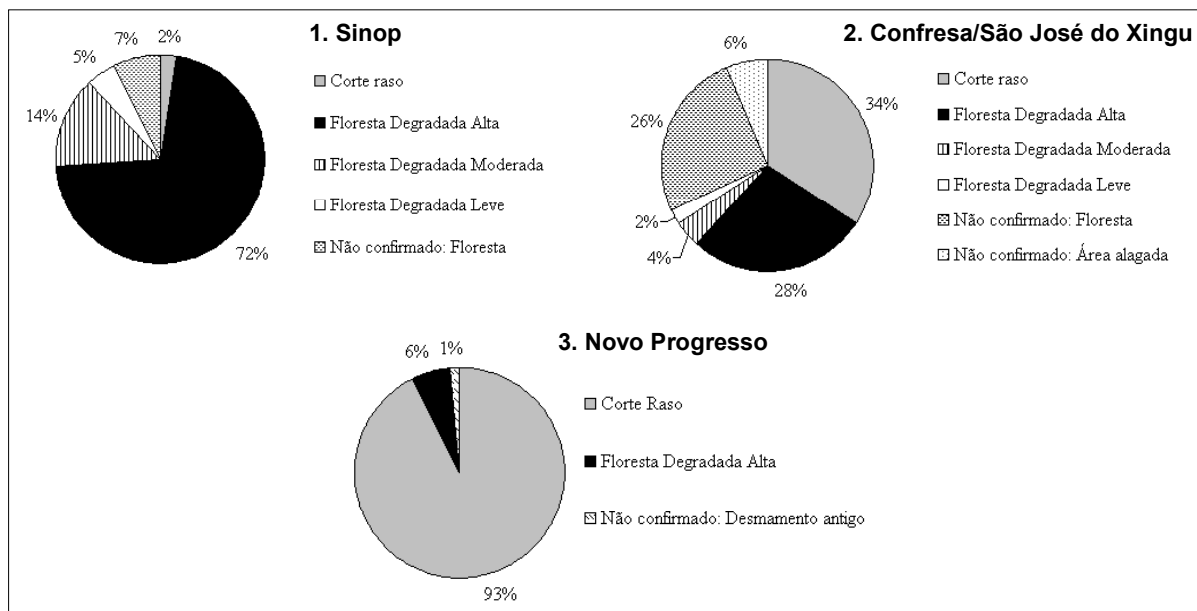


Figura 6. Resultados das Avaliações do DETER com dados de campo nas regiões de Sinop (MT), Confresa/São Félix do Xingu MT) e Novo Progresso.

Esses resultados mostram variações locais na proporção dos desmatamentos por corte raso e degradação florestal. Na região de Sinop, por exemplo, diferentemente dos resultados obtidos na avaliação mensal, observa-se que o desmatamento por degradação florestal progressiva no período analisado (setembro a dezembro de 2007) ocorreu em proporção muito superior (91%) à ocorrência de desmatamento por corte raso (2%). Na região de Novo Progresso, ocorreu o contrário, a proporção encontrada nas áreas analisadas foi de 93% de corte raso para 6% de floresta degradada.

Na região de Confresa/São José do Xingu a proporção de Alertas classificados como corte raso e Floresta degradada foi similar, de aproximadamente 34%. Nessa região o índice de áreas de Alerta onde não foram encontradas evidências de desmatamento foi maior, de 32%.

Apesar das variações locais, em todas as áreas avaliadas, a maior parte dos Alertas classificados como floresta degradada correspondeu aos estágios avançados de degradação, reafirmando que o DETER é menos eficiente na detecção de floresta degradada de intensidade moderada e leve. Na região de Confresa, o índice de áreas não confirmadas foi alto, havendo uma confusão maior com áreas de floresta não alteradas (26%).

## 5. Discussões e Conclusões

O sistema DETER demonstrou ser um instrumento eficiente para ser utilizado na fiscalização e na prevenção do avanço do desmatamento, pois os índices de confirmação foram bons tanto nas avaliações mensais quanto nas de campo. As três regiões qualificadas, Sinop (MT), Confresa (MT) e Novo Progresso (PA), demonstraram particularidades quanto à proporção de Alertas nas classes de desmatamento consideradas no DETER. Estas particularidades podem refletir o tipo de atividade predominante desenvolvida na região como pecuária, agricultura extensiva, corte seletivo de madeira ou garimpo.



As florestas das três regiões analisadas estão submetidas a forte pressão e muitas vezes encontram-se em avançado estágio de degradação. Na região de Sinop, o desmatamento por degradação florestal progressiva predominou enquanto que na região de Novo Progresso o corte raso foi o principal processo detectado.

Áreas sob manejo florestal de baixo impacto ou em início de exploração seletiva ilegal não são alvos facilmente detectados por este sistema. Alterações pequenas sofridas na cobertura florestal são raramente detectadas em imagens de baixa resolução espacial. No entanto, para fins de fiscalização, a detecção do processo de degradação, ainda que em estágio avançado, pode evitar que o desmatamento avance e culmine na remoção total da cobertura florestal.

Ficou demonstrado também que os resultados das expedições de campo não devem ser generalizados para toda a extensão da Amazônia, podendo apresentar especificidades locais, e não refletindo o padrão geral da Amazônia. Por outro lado, essas análises são úteis, principalmente, para a calibração e ajuste dos procedimentos de mapeamento utilizados no DETER.

## **6. Bibliografia**

INPE (1998). *AMAZÔNIA. Desflorestamento 1995-1997*. São José dos Campos: INPE-MCT, IBAMA-MMA.

INPE (2000a). *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite 1998-1999*. Available: [http://sputnik.dpi.inpe.br:1910/col/dpi.inpe.br/banon/2000/09.12.17.24/doc/amz1998\\_1999/index\\_amz.htm](http://sputnik.dpi.inpe.br:1910/col/dpi.inpe.br/banon/2000/09.12.17.24/doc/amz1998_1999/index_amz.htm).

INPE (2000b). *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite 1999-2000*. Available: [http://sputnik.dpi.inpe.br:1910/col/dpi.inpe.br/lise/2001/05.16.09.55/doc/html/pag\\_2.htm](http://sputnik.dpi.inpe.br:1910/col/dpi.inpe.br/lise/2001/05.16.09.55/doc/html/pag_2.htm).

INPE (2008) **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. 145 p. (INPE-2791-PRE/354).