

Análise estatística para aplicação na identificação semi-automatizada de desflorestamento utilizando imagens ALOS PALSAR na Perícia da Polícia Federal

Daniel Russo¹
Rafael de Arêa Leão Alves¹

¹ Instituto Nacional de Criminalística - INC/DPF
Área de Perícias de Meio Ambiente
Edifício INC – SAIS Quadra 07 – Lote 23 – 70610-200 - Brasília - DF, Brasil
{russo.dr, rafael.rala}@dpf.gov.br

Abstract. In this paper statistical analysis was done to create an algorithms to be used for semi-automatic classification of ALOS (Advanced Land Observing Satellite) PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) images to identify forest, deforestation and cities in the Amazon rainforest region, particularly in Rondônia and Pará states for use in criminal forensic reports at Federal Police Department. Were used ALOS PALSAR 1.5 FBD images with HH and HV polarization of the years 2007 and 2009. The statistical data for forest showed a homogenous pattern caused because of the backscattering and double bounce effects, for deforestation a heterogeneous pattern was observed, caused principally because of the lack of backscattering and double bounce (low roughness). This work shows consistent statistical information for the data of different features when sigma0 and standard deviation was considered, and preliminary algorithms have been suggested for all Amazon rainforest regions. More data and a high end statistical analysis can be done in the future to adjust the algorithms and make it more reliably.

Palavras-chave: deforestation, statistics, algorithms, desflorestamento, estatística, algoritmos.

1. Introdução

Este trabalho é uma primeira abordagem de análise estatística para interpretação semi-automatizada para reconhecimento de feições na região Amazônica para utilização em perícias criminais na Polícia Federal. Foram utilizadas imagens do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite), lançado em 24 de janeiro de 2006 pela JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), do sensor PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar), com modo de operação Fine Beam Dual (FBD) e nível de processamento 1.5, operando na banda L (Tabela 1). As áreas de estudo foram: prioritária no estado de Rondônia e secundária no estado do Pará.

Tabela 1: ALOS PALSAR modos de operação, Lillesand et al. (2007)

Modo	Polarização	Ângulo de Incidência	Resolução de Range	Resolução de Azimute	Número de visadas
Fine resolution (single)	HH ou VV	8-60°	10 m	10-20 m	2-4
Fine resolution (dual)	HH e HV ou VV e VH	8-60°	20 m	10-20 m	2-4
ScanSAR	HH ou VV	18-43°	100 m	100 m	8+
Polarimetria	HH, HV, VH e VV	8-30°	30 m	10-20 m	2-4

2. Metodologia de Trabalho

O trabalho iniciou-se pela identificação de polígonos de três tipos de feições: desflorestamento, floresta e cidades, utilizando dados de composição colorida das polarizações HH (no vermelho canal (R)) e HV (nos canais verde e azul (G e B)) (Horizontal-Horizontal / Horizontal-Vertical) e composição colorida multi-temporal, para dados de 2007 (HH) canal vermelho (R) e 2009 (HH) nos canais verde e azul (G e B). A seguir foi feita a

tabulação da estatística dos polígonos, utilizando os valores de reflectância em cada pixel do polígono selecionado. Posteriormente foi realizada a interpretação estatística no formato de gráficos, com o intuito de determinar padrões nos canais R (Red) – G (Green) e no Sigma0. Foi determinada uma primeira abordagem para criação de algoritmos que podem auxiliar na identificação semi-automatizada que será complementada com a interpretação visual. Por fim, os resultados obtidos para as duas áreas estudadas foram comparados para se determinar a existência de continuidade espectral.

3. Resultados e Discussão

Inicialmente determinou-se o comportamento espectral padrão para os três conjuntos de alvos determinados: cidades, desflorestamento e floresta. Foi utilizada a composição colorida das polarizações R/HH – G e B/HV de 2007 para coleta dos padrões.

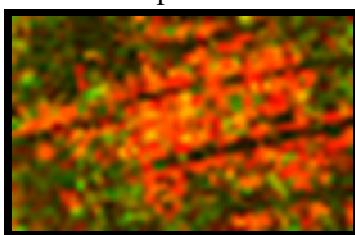


Figura 1 – Sinal padrão de cidades. © METI, JAXA.

Na composição utilizada, as cidades possuem tons claros que representam o sinal de retroespalhamento (*backscattering*) causado pelo efeito de reflexão de canto (*corner reflection*). Lillesand et al. (2007) descrevem o mesmo comportamento na cidade de Las Vegas com polarização HH e enfatiza que as estradas aparecem com colorações escuras, estreitas e lineares semelhante as linhas pretas no centro da imagem, que são interpretadas como ruas que possuem um sinal fraco causado pela baixa micro rugosidade do asfalto (figura 1).

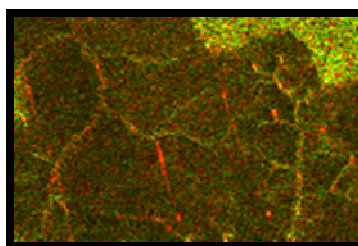


Figura 2 – Sinal padrão de desflorestamento. © METI, JAXA.

As áreas desflorestadas, corte raso (verde escuro) possuem um sinal fraco causado pela baixa macro rugosidade e falta de grandes árvores que permitem o efeito de dupla reflexão (*double bounce*), o volume de retroespalhamento também é fraco comparado com as áreas que possuem floresta (verde claro), resultado semelhante ao obtido por Lillesand et al. (2007) que descrevem o corte raso como uma textura de tons escuros fracamente mosqueada com formas retangulares e angulares (figura 2).

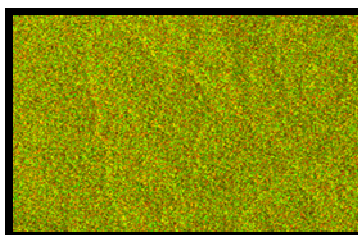


Figura 3 – Sinal padrão de florestas. © METI, JAXA.

O retroespalhamento (*backscattering*) das florestas é composto por mecanismos principais: 1 – o retroespalhamento de volume das copas das árvores, 2 – o retroespalhamento do tronco (geralmente pequeno), 3 – retroespalhamento da superfície, 4 – retroespalhamento de copa-superfície e 5 – tronco – superfície retroespalhamento ou dupla reflexão (*double bounce*), Leckie e Ranson (1998). Massonnet e Souyris (2008) incluem ainda o espalhamento atenuado de superfície. Nesta análise a soma desses mecanismos tem como resultado visual para o interprete um verde intenso homogêneo (figura 3).

Dados do estado de Rondônia - composição colorida das polarizações RGB/HH – HV - HV de 2007

Dados coletados: 2 polígonos de cidades, 27 polígonos de desflorestamento e 27 polígonos de floresta.

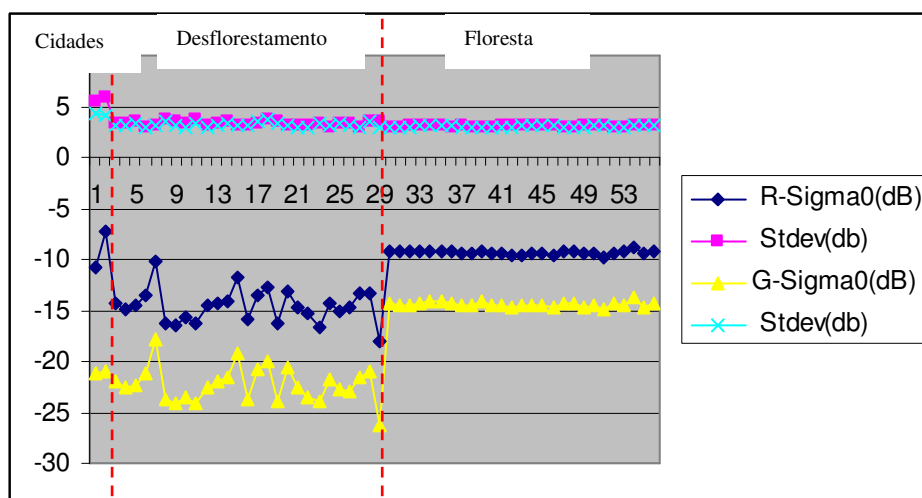


Figura 4 - Gráfico estatístico do total de dados analisados para 2007, com valores em dB no eixo Y.

Na figura 4 podemos observar todos os dados coletados (cidades+desflorestamento+floresta) de 2007. Cada tipo de feição analisada possui uma resposta de sinal diferente. As linhas pontilhadas vermelhas são as fronteiras entre os tipos de feições.

Dados do estado de Rondônia - composição colorida das polarizações RGB/HH – HV - HV de 2009

Dados coletados: 2 polígonos de cidades, 51 polígonos de desflorestamento, 33 polígonos de floresta.

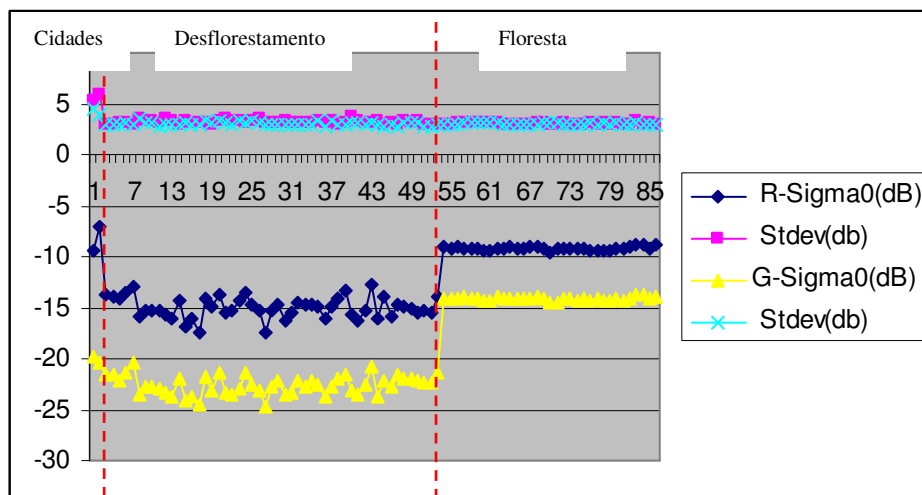


Figura 5 - Gráfico estatístico do total de dados analisados para 2009, com valores em dB no eixo Y.

Na figura 5 podemos observar todos os dados coletados (cidades+desflorestamento+floresta) de 2009. Cada tipo de feição analisada possui uma resposta de sinal diferente. As linhas pontilhadas vermelhas são as fronteiras entre os tipos de feições.

C – MultiTemporal Composite R/HH_2007 e GB/HH_2009

Dados coletados: 2 polígonos de cidades, 43 polígonos de desflorestamento, 11 polígonos de floresta.

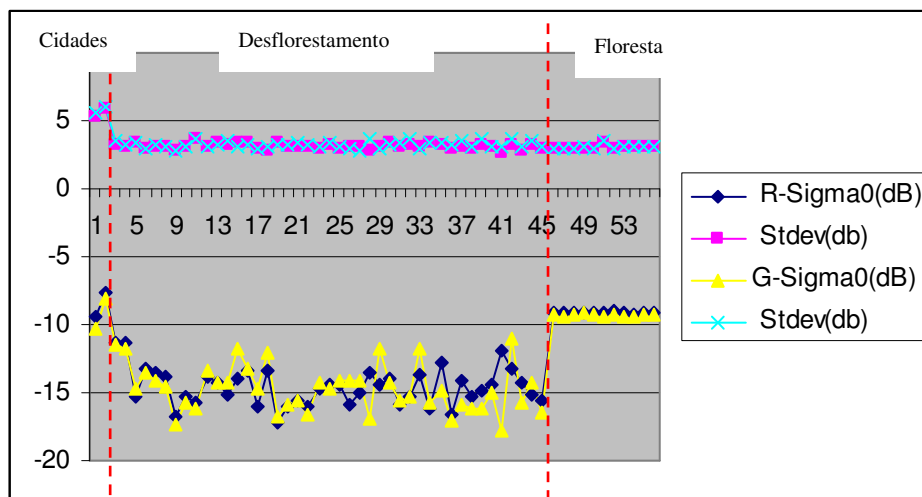


Figura 6 - Gráfico estatístico do total de dados analisados para composição colorida multi-temporal utilizando dados de 2007 e 2009 com composição colorida de R/HH de 2007 e G e B de/HH de 2009, com valores em dB no eixo Y.

Na figura 6 podemos observar todos os dados coletados (cidades+desflorestamento+floresta). As linhas pontilhadas vermelhas são as fronteiras entre os tipos de feições.

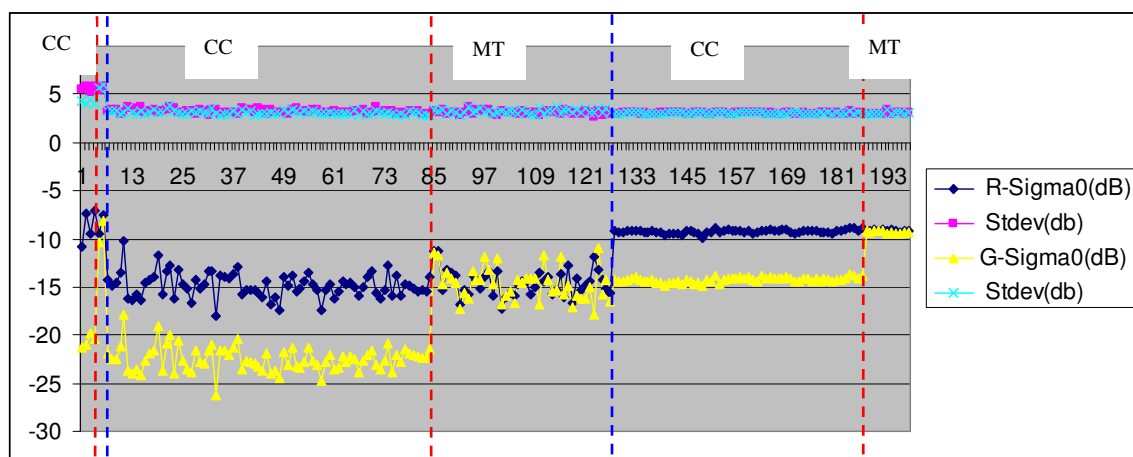


Figura 7 - Gráfico estatístico que mostra a soma de todos os dados para dados multi-temporais de composição colorida de 2007-2009 (cidades+desflorestamento+floresta) com composição colorida de R/HH de 2007 e G e B de/HH de 2009, com valores em dB no eixo Y.

Na figura 7, da esquerda para a direita as linhas azuis representam as fronteiras entre as feições (cidades+desflorestamento+floresta). As linhas vermelhas representam as fronteiras entre os dados de composição colorida (CC) e os dados multi-temporais (MT).

Depois da análise dos gráficos, um algoritmo foi criado para representar a interpretação. Como regra, foram utilizados os valores maiores e menores de cada feição arredondados para números inteiros.

Algoritmos para os dados de Rondônia – Composição Colorida

$$\text{Floresta} = \text{R-Sigma0(dB)} > -10 \text{ e } \text{G-Sigma0(dB)} > -15 \text{ e } (\text{G Stdev(db)} = \text{R Stdev(db)}) \quad (1)$$

$$\text{Desflorestamento} = \text{R-Sigma0(dB)} < -10 \text{ e } \text{G-Sigma0(dB)} < -20 \text{ e } (\text{G Stdev(db)} \neq \text{R Stdev(db)}) \quad (2)$$

$$\text{Cidade} = \text{R-Sigma0(dB)} > -10 \text{ e } \text{G-Sigma0(dB)} < -20 \text{ e } (\text{G Stdev(db)} \neq \text{R Stdev(db)}) \quad (3)$$

Algoritmos para os dados de Rondônia – Multi-Temporal Composição de Cor

$$\text{Floresta} = -8 > \text{R-Sigma0(dB)} \text{ e } \text{G-Sigma0(dB)} < -10 \text{ e } (\text{G Stdev(db)} = \text{R Stdev(db)}) \quad (4)$$

$$\text{Desflorestamento} = -10 > \text{R-Sigma0(dB)} \text{ e } \text{G-Sigma0(dB)} < -18 \text{ e } (\text{G Stdev(db)} \neq \text{R Stdev(db)}) \quad (5)$$

$$\text{Cidade} = -6 > (\text{R-Sigma0(dB)} + 0,5) \text{ e } \text{G-Sigma0(dB)} < -12 \text{ e } (\text{G Stdev(db)} \neq \text{R Stdev(db)}) \quad (6)$$

Dados do estado do Pará

Apenas uma análise de dados de composição colorida foi utilizada na coleta de informações estatísticas no estado do Pará. Não foi realizada estatística multi-temporal.

Dados coletados: 2 polígonos de cidades, 15 polígonos de desflorestamento, 10 polígonos de floresta.

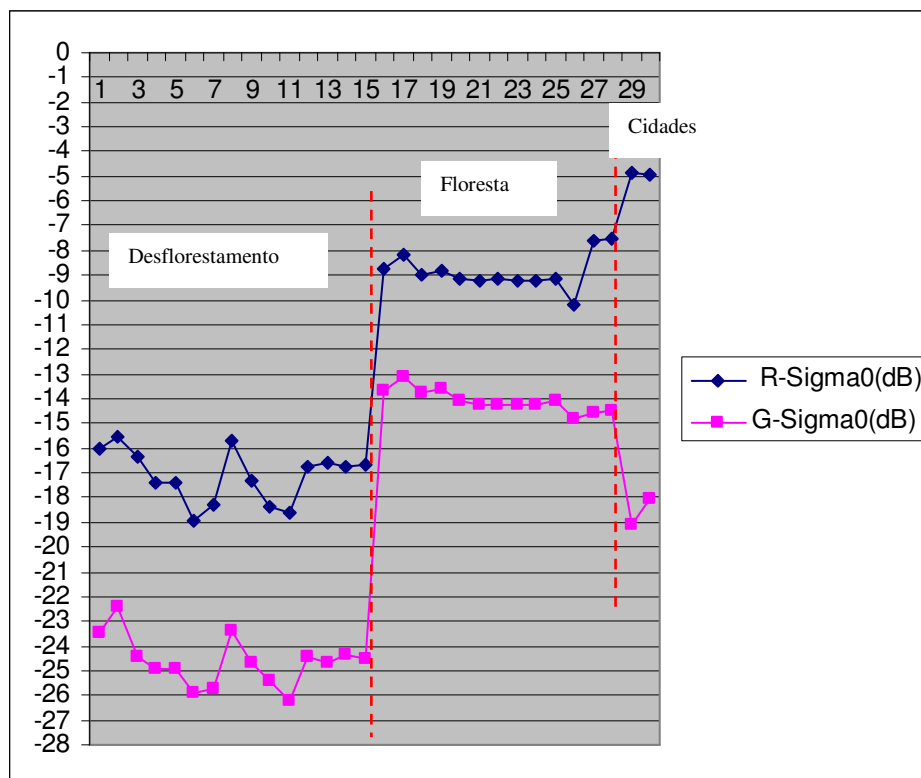


Figura 8 - Gráfico de Composição Colorida - Sigma0 - R - G com Y em dB.

Na figura 8 podemos observar todos os dados coletados (cidades+desflorestamento+floresta). É interessante observar que todos os tipos de feição possuem respostas diferentes e compatíveis com os dados de Rondônia. Os dados para cidade possuem uma distância maior entre os dados de R-Sigma0 e G-Sigma0 quando comparado com os dados de floresta e desflorestamento.

Depois da análise dos gráficos um algoritmo foi criado para representar a interpretação. Como regra foram utilizados os valores maiores e menores de cada feição arredondados para números inteiros.

Algoritmos para os dados de Pará – Composição Colorida

Floresta = $R\text{-Sigma}0(\text{dB}) > -10$ e $G\text{-Sigma}0(\text{dB}) > -15$ e $(G \text{ Stdev}(\text{db}) = R \text{ Stdev}(\text{db}))$ (7)

Desflorestamento = $R\text{-Sigma}0(\text{dB}) < -15$ e $G\text{-Sigma}0(\text{dB}) < -22$ e $(G \text{ Stdev}(\text{db}) \neq R \text{ Stdev}(\text{db}))$ (8)

Cidade = $R\text{-Sigma}0(\text{dB}) > -6$ e $G\text{-Sigma}0(\text{dB}) < -17$ e $(G \text{ Stdev}(\text{db}) \neq R \text{ Stdev}(\text{db}))$ (9)

Comparação entre os dados do estado de Rondônia e Pará

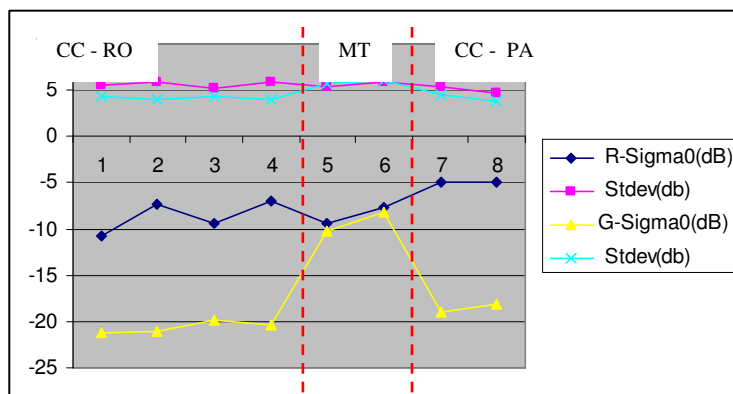


Figura 9 - Dados estatísticos das cidades dos estados de Rondônia e Pará

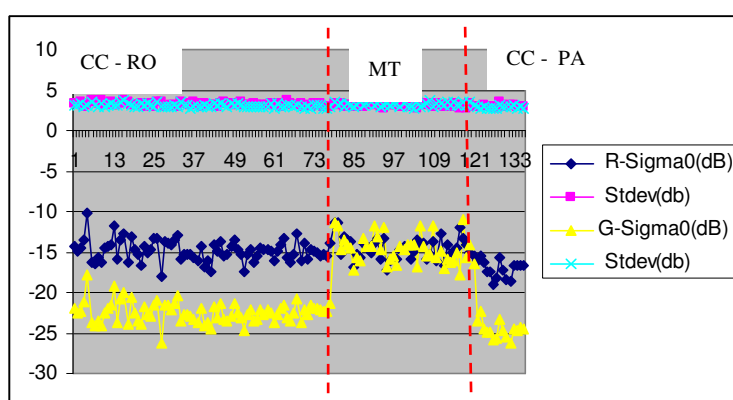


Figura 10 - Dados estatísticos do desflorestamento dos estados de Rondônia e Pará

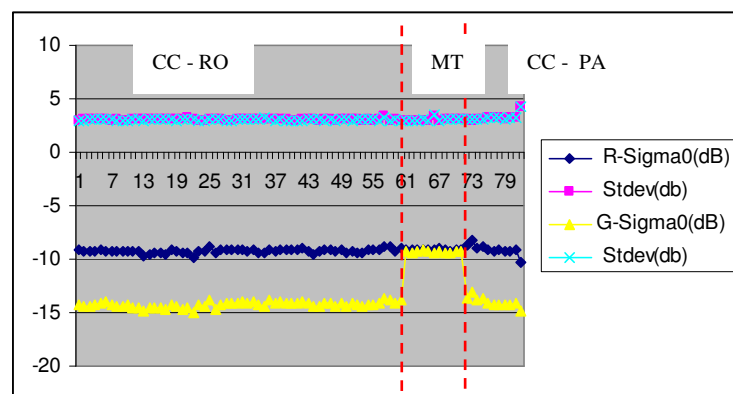


Figura 11 - Dados estatísticos das florestas dos estados de Rondônia e Pará

Nos três gráficos acima (figuras 9, 10 e 11) (cidade – desflorestamento – floresta) podemos correlacionar os dados entre as imagens CC – composição colorida de diferentes períodos (2007 – 2009) e de diferentes áreas (Rondônia e Pará), assim como para os dados de composição colorida multi-temporal - MT. (2007+2009).

4. Conclusões

Os dados estatísticos de floresta são mais homogêneos do que os de desflorestamento. Isso é causado pelos efeitos de retroespalhamento e dupla reflexão que existe de maneira homogênea nas florestas e são mais heterogêneos em locais desflorestados. Como se pretende

identificar a mudança na detecção de comportamento do alvo (*change detection*), Jensen (2005) propõe que as imagens utilizadas sejam obtidas em épocas semelhantes para minimizar os efeitos sazonais que podem afetar o objeto imageado.

A distância entre os dados do canal G (verde) e o canal R (vermelho) para a análise dos dados de desvio padrão são maiores nas cidades quando comparados com áreas desflorestadas e florestas. Isso ocorre devido às diferentes respostas dos alvos nas polarizações HH e HV. Se analisarmos os dados multi-temporais, essa distância não existe, pois foi utilizado apenas um tipo de polarização.

Este trabalho demonstra que existem diferenças estatísticas nos sinais de sigma0 e desvio padrão para florestas, desflorestamento e cidades. Esta abordagem demonstra que os resultados preliminares são consistentes e que é possível estabelecer um algoritmo que representa cada tipo de feição, utilizando-o na classificação semi-automatizada. Entretanto, uma quantidade maior de informações deve ser coletada para aplicação num uso real.

Este algoritmo foi criado utilizando apenas os valores maiores e menores observados nos gráficos estatísticos. Uma aproximação estatística mais robusta deve ser aplicada para aperfeiçoar o algoritmo.

Como segunda etapa do projeto, os algoritmos serão testados em classificações semi-automatizadas.

Primeiro algoritmo para classificação semi-automatizada na Floresta Amazônica

$$\text{Floresta} = R\text{-Sigma0(dB)} > -10 \text{ e } G\text{-Sigma0(dB)} > -15 \text{ e } (G \text{ Stdev(db)} = R \text{ Stdev(db)}) \quad (10)$$

$$\text{Desflorestamento} = R\text{-Sigma0(dB)} < -10 \text{ e } G\text{-Sigma0(dB)} < -22 \text{ e } (G \text{ Stdev(db)} \neq R \text{ Stdev(db)}) \quad (11)$$

$$\text{Cidade} = R\text{-Sigma0(dB)} > -6 \text{ e } G\text{-Sigma0(dB)} < -20 \text{ e } (G \text{ Stdev(db)} \neq R \text{ Stdev(db)}) \quad (12)$$

5. Citações e Referências

- Leckie D. G.; Ranson, K. J. Forestry Applications Using Imaging Radar. In: Henderson, F. M.; Lewis, A. J.; (Ed.). **Principles & Applications of Imaging Radar – Manual of Remote Sensing**. 3ª Ed. Volume 2. John Wiley & Sons, 1998. cap. 9, p.435-509.
- Lillesand, T.M; Kiefer, R.W.; Chipman, J.W. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, 2007. 756p.
- Massonnet, D.; Souyris, J. C. **Imaging with synthetic aperture radar**. CRC Press, 2008. 280 p.
- Jensen, J.R. **Introductory Digital Image Processing – A Remote Sensing Perspective**. Pearson Prentice Hall, 2005. 526 p.