

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CRIAÇÃO DE UMA BASE DE IMAGENS DA FLORESTA AMAZÔNICA
QUE DESTAQUE MUDANÇAS NO AMBIENTE

BOLSISTA: Fidel Marx de Souza Guimarães, FAPEAM

MANAUS

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB – E – 0072/2011
CRIAÇÃO DE UMA BASE DE IMAGENS DA FLORESTA AMAZÔNICA
QUE DESTAQUE MUDANÇAS NO AMBIENTE

Bolsista: Fidel Marx de Souza Guimarães, FAPEAM
Orientadora: Profa. Dra. Eulanda Miranda dos Santos

MANAUS
2012

RESUMO

O monitoramento da Floresta Amazônica é considerado uma tarefa necessária para detecção de problemas ambientais, para reconhecimento de ameaças à segurança e para estudos de transporte e logística, uma vez que é a maior floresta tropical do planeta. Em resposta a essa demanda, já existem projetos como o projeto Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), além do crescente incentivo do governo brasileiro pelo uso de Veículos Aéreos Não-Tripulados, os VANTs. No entanto, o monitoramento da floresta, seja através de satélite, seja através de VANTs, é uma tarefa complexa, devido à extensão da área a ser monitorada e ao caráter dinâmico da floresta. Assim, as bases utilizadas com essa finalidade devem refletir o dinamismo do ambiente investigado e as mudanças devem estar claramente definidas. A base fornecida pelo INPE, por meio do projeto PRODES, é composta por imagens da mesma região da Floresta Amazônica nos anos de 2001 a 2010. É possível observar nessas imagens, mudanças ocorridas na região. Porém, não estão definidas as mudanças e nem o momento em que estas ocorrem. Diante disso, este projeto tem por objetivo o tratamento de imagens reais da Amazônia para a criação de uma base de dados que destaque, quais mudanças ocorreram e quando essas mudanças ocorreram.

Palavras-chave: monitoramento ambiental, ambientes dinâmicos, bases de imagens.

SUMÁRIO

RESUMO	3
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABELAS	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. Segmentação de Imagens	8
3. METODOLOGIA.....	10
3.1. Obtenção das Imagens.....	10
3.2. Definição de uma Sub-Região de Interesse.....	10
3.3. Segmentação das Imagens	10
3.4. Extração de características das Imagens.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
4.1. Imagens da Região Seleccionada	11
4.2. Segmentação das Imagens	12
4.3. Análise das informações extraídas	14
4.4. Conclusões.....	15
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de uma imagem da área próxima à cidade de Manaus capturada no ano de 2001 (a). Exemplo da sub-região selecionada para estudo neste projeto no ano de 2001 (b). 11

Figura 2. O conjunto de figuras mostra a sub-região de estudo durante os anos de 2001 (a), 2003 (b), 2005 (c), 2008 (d) e 2010 (e)..... 12

Figura 3. Imagens da sub-região no ano de 2001 sobre as quais foram aplicados os filtros de Canny(a) e Sobel (b) para detecção de borda..... 12

Figura 4. Imagem da sub-região onde foi aplicado o algoritmo de conversão de RGB para HSI. A imagem representa a sub-região no ano de 2001..... 13

Figura 5. Imagem da sub-região sobre a qual foi aplicado o Filtro de Meyer (a) em comparação com a imagem original (b). As imagens representam a sub-região no ano de 2001..... 13

Figura 6. (a) Imagem da região em 2001, após a substituição das cores conforme proposto. (b) Imagem da sub-região em 2001, resultante do processo final de segmentação..... 14

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Área de cada região, sendo área verde e área desmatada, ao longo do tempo..... 14

Tabela 2. Área verde e área desmatada na maior região contínua considerada, onde está localizado o Campus Universitário Senador Artur Vigilio Neto..... 15

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento da Floresta Amazônica é considerado uma tarefa necessária para detecção de problemas ambientais, para reconhecimento de ameaças à segurança, para estudo de transporte e logística, dentre muitas outras aplicações, uma vez que é a maior floresta tropical do planeta, com uma área de mais de cinco milhões de km², dos quais 60% fazem parte da chamada Amazônia Legal Brasileira. Além disso, a taxa anual de desmatamento dessa floresta cresce significativamente devido a fatores naturais, como mudanças climáticas, e à ação do homem através de queimadas e desflorestamento (ARAGÃO, 2008).

Em resposta a essa demanda, o projeto Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES, disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/seminario2010/index.html>), desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), tem como objetivo gerar taxas anuais do desflorestamento da Amazônia Legal, produzidas por classificação digital de imagens do satélite LANDSAT. Também vem crescendo no governo brasileiro o interesse por Veículos Aéreos Não-Tripulados, os VANTs, para uso em atividades tanto de monitoramento ambiental quanto em aplicações de segurança. Nesse contexto, o objetivo é o desenvolvimento de VANTs capazes de executar missões destinadas a atividades de monitoramento de solo, como a captura de imagens que serão posteriormente analisadas por computadores através de algoritmos de classificação e reconhecimento de padrões, e comparadas a uma base de imagens previamente adquiridas.

O monitoramento da floresta, tanto através de imagens de satélite quanto através de imagens capturadas por VANTs, é uma tarefa complexa devido à extensa área e ao caráter dinâmico da Floresta Amazônica, isto é, questões climáticas como chuvas, secas, queimadas, etc., podem alterar o ambiente regularmente. Portanto, a base de imagens utilizada para a criação de sistemas de monitoramento da floresta deve refletir o dinamismo do ambiente investigado e as mudanças devem estar claramente definidas. Porém, não existem bases com imagens reais que explicitem as mudanças que ocorrem na floresta ao longo do tempo. A base fornecida pelo INPE, por meio do projeto PRODES, mostra imagens das mesmas regiões da Floresta Amazônica do ano de 2001 ao ano de 2010. Visivelmente, é possível observar mudanças ocorridas nessas áreas. Porém, não estão definidas as mudanças e nem o momento em que as mesmas ocorrem. Diante disso, este projeto visa o tratamento de imagens reais da Amazônia para a criação de uma base que destaque quais mudanças ocorreram e quando essas mudanças ocorreram.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são descritas as técnicas usadas no processo de segmentação de imagens que compõem a base de dados investigada neste trabalho.

2.1. Segmentação de Imagens

De acordo com Abadpoure e Kasei (2004), segmentação de imagem é uma operação de baixo nível, cujo objetivo é particionar uma imagem em regiões homogêneas. Em um grande número de aplicações, a segmentação exerce um papel fundamental para as subsequentes operações de alto nível. Existem diversas técnicas na literatura que podem ser usadas na etapa de segmentação de imagens. A seguir, as técnicas usadas neste trabalho são descritas resumidamente.

2.1.1. Filtro de Sobel para Detecção de Bordas

Segundo Kittler (1983), o filtro Sobel é definido em termos de duas máscaras que medem os valores de sinal de borda nas direções x e y, respectivamente. Essas máscaras são representadas por matrizes de dimensão 3 x 3 que são convoluídas com a imagem original para aproximar as derivadas, uma para as variações horizontais e uma para as variações verticais. Em seguida, são calculadas a magnitude do gradiente e a direção. Em outras palavras, o filtro Sobel calcula, para cada ponto da imagem, o gradiente da intensidade dando a direção da maior variação de claro para escuro e a quantidade de variação nessa direção.

2.1.2. Filtro de Canny para Detecção de Bordas

Segundo Ali e Clausi (2001), o detector de bordas de Canny é baseado em computar a magnitude do gradiente quadrado. Os máximos locais da magnitude de gradiente que estiverem acima do limiar são então identificados como bordas.

O gradiente de intensidade da imagem é definido por um vetor que representa a soma das derivadas parciais de f em relação a x e a y . Depois de calcular o gradiente de intensidade, calcula-se a magnitude e a direção do gradiente.

2.1.3. O Espaço de Cor HSI

O espaço HSI (*Hue Saturation Intensity*) é um espaço de cores onde a representação das cores é feita de maneira a se aproximar do ponto de vista humano, por exemplo, quando um ser humano descreve a cor de um carro, ele não se refere à cor dando as porcentagens de cada componente (vermelho, verde, azul) contido na mesma, ao invés disso, o ser humano utiliza os atributos matiz (a tonalidade da cor), saturação (o nível de profundidade da cor) e a intensidade (nível de brilho da cor). Dessa forma, o modelo HSI é uma boa opção para utilização em técnicas de segmentação e processamento de imagens.

2.1.4. Watershed

De acordo com Klava e Hirata (2009), a transformada *Watershed* é uma ferramenta de segmentação robusta, uma vez que as linhas produzidas são muito próximas dos limites dos objetos. Sua formulação mais intuitiva é a simulação de inundação. A imagem (normalmente uma imagem de gradiente, em vez da imagem original) é considerada como uma superfície topográfica e um furo é feito em cada um dos seus mínimos locais. Em seguida, a superfície é submergida a uma velocidade constante fazendo a água passar pelos furos. Quando as frentes de água vindas de diferentes mínimos estão prestes a se fundir, é construída uma barragem para evitar que isso aconteça. O processo de inundação continua até que apenas as barragens, que representam as linhas do *Watershed*, sejam visíveis sobre a superfície da água. A implementação utilizada neste trabalho foi o Algoritmo de Meyer, proposto por F. Meyer no início da década de 1990.

Após a segmentação das imagens, informações relevantes devem ser extraídas a partir das imagens. Neste trabalho, dado que são tratadas imagens da Floresta Amazônica obtidas entre os anos de 2001 até 2010, é necessário extrair características que destaquem as mudanças ocorridas ao longo do tempo no ambiente. A metodologia usada para a construção dessa base e extração das características é descrita na próxima seção.

3. METODOLOGIA

Os seguintes passos foram realizados neste trabalho.

- **Obtenção das Imagens**

Através de um acordo entre o Instituto de Computação da UFAM e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) foi obtido acesso à base de imagens usada no projeto PRODES (disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/seminario2010/index.html>). As imagens fornecidas foram tratadas em um projeto anterior do INPA e foram cedidas para serem usadas neste trabalho. Este fato contribuiu significativamente para o desenvolvimento deste projeto, pois permitiu que a etapa de identificação de uma sub-região fosse acelerada. As imagens obtidas representam uma área próxima à cidade de Manaus. Foram georreferenciadas apenas imagens da região em um período de 2001 a 2010, em intervalos de dois anos, com exceção do ano de 2007, o qual foi substituído pelo ano de 2008, deixando assim, três anos de intervalo nesse caso específico. A figura 1(a) mostra um exemplo de uma imagem georreferenciada. Essa figura mostra a área próxima à cidade de Manaus no ano de 2001.

- **Definição de uma Sub-Região de Interesse**

Como pode ser observado na figura 1(a), as imagens fornecidas pelo projeto PRODES são de alta resolução. Devido à esse fato, optou-se pela escolha de uma sub-região de interesse. A sub-região escolhida foi a área do Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Neto da Universidade Federal do Amazonas e arredores, vista na figura 1(b).

- **Segmentação das Imagens**

A segmentação das imagens é necessária para separar as duas áreas de interesse na região de estudo: (1) área de mata; (2) área desmatada, de modo a analisar as mudanças no ambiente através do tempo.

- **Extração de características das Imagens**

Após a segmentação, a última etapa do trabalho envolveu a extração de características das imagens segmentadas. O objetivo dessa etapa era extrair informações relevantes das imagens que evidenciassem as diferenças entre as duas principais áreas de interesse nas imagens: a área de mata (pixels preto) e a área desmatada (pixels branco). Para atingir este objetivo, foram extraídas duas características: quantidade de pixels pretos em toda imagem (campus da UFAM e arredores) e quantidade de pixels preto apenas do campus da UFAM. É importante destacar que a quantidade de pixels pretos indica a quantidade de mata existente na imagem. Os experimentos foram realizados com o software MATLAB (GONZALES et. al., 2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são descritos os resultados alcançados neste trabalho.

4.1. Imagens da Região Seleccionada

Após uma breve análise visual das imagens georreferenciadas, foi definida uma sub-região para ser a região de estudo deste trabalho. A sub-região escolhida é a área onde é hoje o Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Neto da Universidade Federal do Amazonas e arredores. Essa região foi escolhida por representar um contraste bastante apropriado para o estudo deste trabalho, isto é, o avanço da urbanização sobre a floresta, visto que a área do campus é a maior área verde da cidade de Manaus e desde a sua criação vem sendo alvo das chamadas “invasões” de terra. A figura 1(a) mostra uma imagem original do projeto PRODES obtida no ano de 2001, enquanto a figura (b) mostra a sub-região selecionada também no ano de 2001.

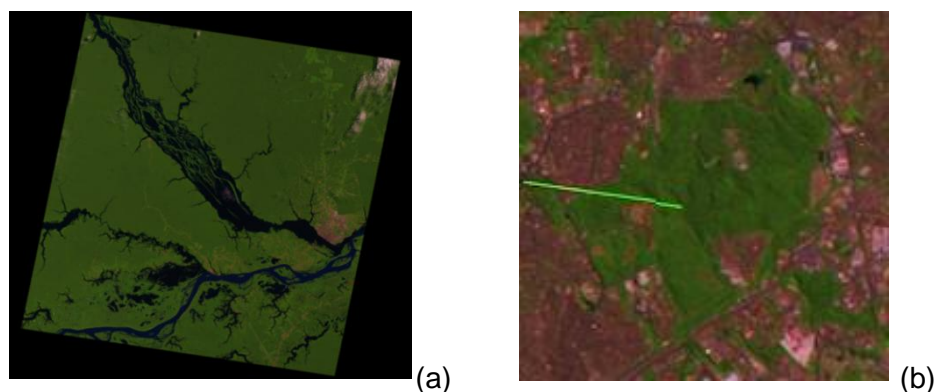


Figura 1. Exemplo de uma imagem da área próxima à cidade de Manaus capturada no ano de 2001 (a). Exemplo da sub-região selecionada para estudo neste projeto no ano de 2001 (b).

As imagens na figura 2 representam a sub-região escolhida nos anos de (a) 2001; (b) 2003; (c) 2005; (d) 2008; e (e) 2010. Nas figuras 2 (a) e (b) temos o que se chama de perda de características, enquanto que nas figuras 2 (c), (d) e (e) não há esse problema.

É possível perceber visualmente nas imagens a mudança que ocorre ao redor da floresta. O exemplo mais perceptível ocorre ao sul da área verde, onde é possível ver uma construção no ano de 2010 que não estava presente até 2005; outra mudança facilmente visível é a área verde no canto inferior direito, que foi gradativamente urbanizada.

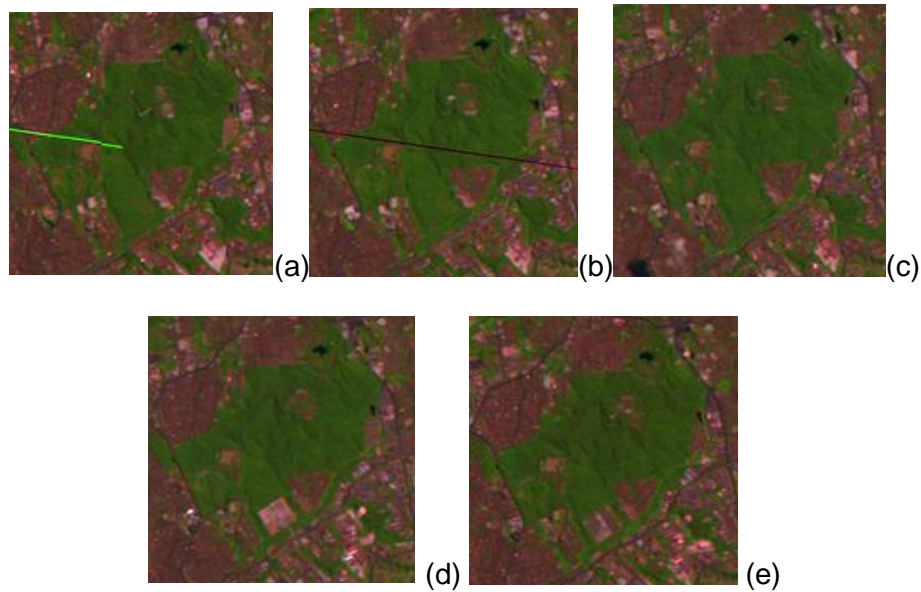


Figura 2. O conjunto de figuras mostra a sub-região de estudo durante os anos de 2001 (a), 2003 (b), 2005 (c), 2008 (d) e 2010 (e).

4.2. Segmentação das Imagens

As primeiras técnicas utilizadas para segmentar as imagens foram as técnicas de detecção de borda. Os resultados podem ser vistos abaixo, na figura 3.

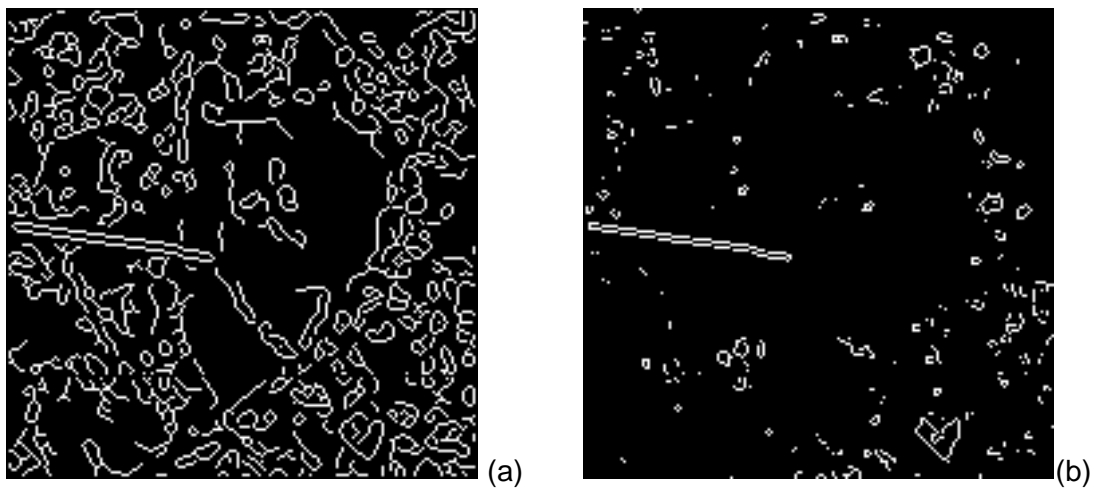


Figura 3. Imagens da sub-região no ano de 2001 sobre as quais foram aplicados os filtros de Canny(a) e Sobel (b) para detecção de borda.

Pode-se notar que os resultados não foram satisfatórios. Devido a esse fato, também foram utilizados métodos de tratamento de imagens, como a mudança do espaço de cores, de RGB para HSI. A figura 4 ilustra o resultado obtido com a conversão das imagens do espaço RGB para o espaço HSI.

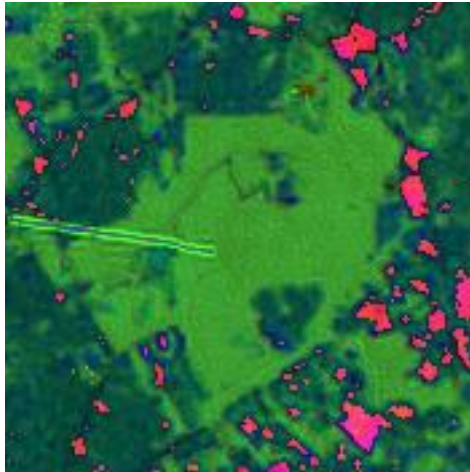


Figura 4. Imagem da sub-região onde foi aplicado o algoritmo de conversão de RGB para HSI. A imagem representa a sub-região no ano de 2001.

Como pode ser observado nessa figura, a imagem foi dividida em três grupos de cor: verde-claro, verde-escuro e rosa. As regiões verde-claro e verde-escuro correspondem quase exatamente às duas áreas definidas no foco deste trabalho (área de mata e área desmatada). Por outro lado, as manchas rosa na imagem não correspondem a nenhum tipo de região específica e são totalmente irrelevantes para a análise da imagem.

Por fim, os experimentos seguintes envolveram o método de segmentação de Meyer, baseado em *Watershed*. Os resultados obtidos são exibidos na figura 5.

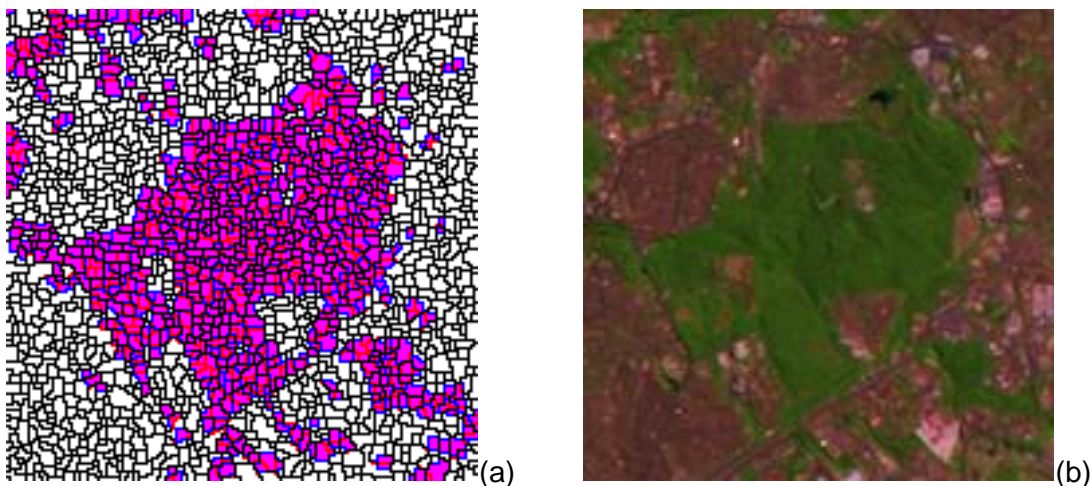


Figura 5. Imagem da sub-região sobre a qual foi aplicado o Filtro de Meyer (a) em comparação com a imagem original (b). As imagens representam a sub-região no ano de 2001.

É possível observar na figura 5 que os resultados do filtro de Meyer foram bastante positivos. O único inconveniente foi a malha de pixels preto que surgiu na imagem. Para removê-la, foi utilizado um algoritmo que muda os pixels pretos para pixels azuis e os pixels rosa para pixels pretos. A figura 6 (a) ilustra o procedimento que foi aplicado às imagens.

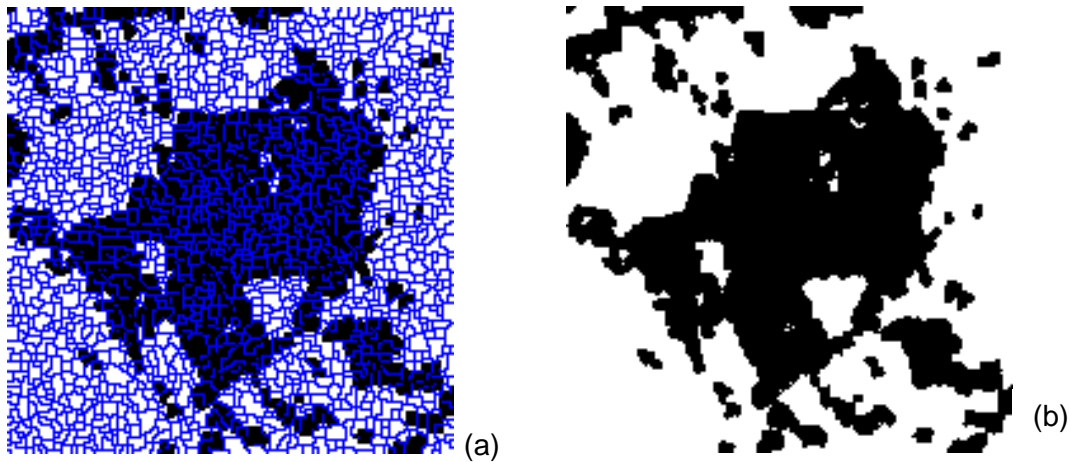


Figura 6. (a) Imagem da região em 2001, após a substituição das cores conforme proposto. (b) Imagem da sub-região em 2001, resultante do processo final de segmentação.

Após a obtenção dessa imagem, foi aplicado o algoritmo de contagem de vizinhos que obedece a lógica a seguir. Vale ressaltar que essa lógica é aplicada apenas aos pixels azuis da imagem, os pixels brancos e pretos permanecem inalterados.

- Se houver mais vizinhos brancos: pinta-se o pixel de branco;
- Se houver mais vizinhos pretos: pinta-se o pixel de preto;
- Se houver empate: pinte-se o pixel de preto.

O resultado obtido segue na figura 6 (b). Visualmente, esse método parece atender exatamente ao que foi proposto inicialmente por este trabalho. Porém, outros métodos de segmentação foram testados, tais como: segmentação por histograma e limiar de Otsu. Entretanto, como nenhum desses métodos retornou resultado superior ao obtido com a transformada Watershed, esta foi mantida como método de segmentação da imagem.

4.3. Análise das informações extraídas

Conforme foi explanado anteriormente, o problema de monitoramento da Floresta Amazônica tem natureza. Sabendo-se que a resolução espacial das imagens é de 30 metros, ou seja, cada pixel da imagem equivale a 30 metros reais, realizou-se uma contagem de pixels pretos, bem como uma contagem de pixels brancos a fim de se definir a área ocupada por cada uma das áreas de interesse: área de mata (pixels pretos) e área desmatada (pixels brancos), ao longo do tempo. A Tabela 1 mostra esses resultados.

Tabela 1. Área de cada região, sendo área verde e área desmatada, ao longo do tempo.

Ano	2001	2003	2005	2008	2010
Área verde (pixels)	17.677	17.319	17.659	18.170	18.730
Área verde (metros)	530.310	519.570	529.770	545.100	561.900
Área desmatada (pixels)	13.299	13.657	13.317	12.806	12.246
Área desmatada (metros)	398.970	409.710	399.510	384.180	367.380

Como pode ser facilmente observado na Tabela 1, os resultados gerados pela contagem dos pixels pretos e brancos de toda a imagem foram incoerentes com o que mostram as imagens. Isto é, nesta contagem, os pixels de mata aumentaram ao longo dos anos, fato não observado nas imagens. Esse resultado é claramente determinado por falhas no processo de segmentação das imagens.

Devido à incoerência desses resultados preliminares, definiu-se uma região de interesse dentro da sub-região, essa região de interesse é unicamente a área do Campus Universitário Senador Artur Vigílio Neto, que corresponde a uma área de 313.380 m² (ou 10.446 pixels). Através de uma nova contagem de pixels foram obtidos os dados mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Área verde e área desmatada na maior região contínua considerada, onde está localizado o Campus Universitário Senador Artur Vigílio Neto.

Ano	2001	2003	2005	2008	2010
Área verde (pixels)	9.360	9.158	9.117	8.841	8.675
Área verde (metros)	280.800	274.740	273.510	265.230	260.250
Área desmatada (pixels)	1.086	1.289	1.329	1.605	1.771
Área desmatada (metros)	32.580	38.640	39.870	48.150	53.130

Conforme pode ser observado na Tabela 2, a área verde dos Campus da UFAM teve aproximadamente redução total de 20.550 m² e redução média bianual de 5.137,5 m² entre os anos de 2001 e 2010.

4.4. Conclusões

As conclusões obtidas neste trabalho foram que área do Campus Universitário da UFAM foi bastante degradada pelo avanço da urbanização, o que comprova que o problema de monitoramento da Floresta Amazônica é de natureza dinâmica e que, portanto, podem ser utilizados algoritmos de classificação para desenvolver uma solução de monitoramento. Infelizmente, porém, a criação de uma base com essas imagens para ser utilizada por métodos de classificação automática se mostrou inviável visto que as imagens disponíveis da Floresta Amazônica, embora bastante abrangentes, não estão disponíveis em quantidade suficiente para esse fim. Seriam necessárias muito mais amostras do que apenas cinco, e em um período de tempo menos esparsos. Entretanto, essas imagens podem ser usadas por outras técnicas de reconhecimento de padrões, como casamento de padrões. Assim sendo, este trabalho limitou-se a estudar a maneira como a área verde do campus da UFAM foi sendo reduzida ao longo do tempo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADPOUR, A; KASAEI, S., **Performance analysis of three likelihood measures for color image processing**, in: IPM Workshop on Computer Vision, Tehran, Iran, 2004.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; BARBIER, N.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y.; ANDERSON, L.; SAATCHI, S. **Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences, v. 363, pp. 1779-1785, 2008

ALVES, D., 2002, **Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia**. International Journal of Remote Sensing, v.23, pp. 2903–2908.

BOVOLO, F.; CAMPS-VALLS, G.; BRUZZONE L. **A support vector domain method for change detection in multitemporal images**. Pattern Recognition Letters, vol. 7, no. 5, pp. 777–781, 2009.

GONZALEZ, Rafael C., WOODS, Richard E., EDDINS, Steven L. **Digital Image Processing Using MATLAB**. 2nd Edition. Gatesmark Publishing, 2009.

HOFFBECK, J. P.; LANDGREBE, D. A. **Classification of Remote Sensing Images having High Spectral Resolution**. Remote Sensing of the Environment, Vol. 57, No. 3, September 1996, pp. 119-126.

KITTLER, J. **On the accuracy of the Sobel edge detector**. Image and Vision Computing, vol. 1, no. 1, pp. 37-42, 1983.

KLAVA, B., HIRATA, N.S.T.: **Interactive image segmentation with integrated use of the markers and the hierarchical watershed approaches**. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Computer Vision Theory and Applications. Volume 1. (February 2009) 186_193 1, 7.

KUNCHEVA, L.I. **Classifier ensembles for detecting concept change in streaming data: Overview and perspectives**. Proc. 2nd Workshop SUEMA 2008 (ECAI 2008), pp. 5-10, 2008.

MAS, J.F. **Monitoring land-cover changes: A comparison of change detection techniques**. International Journal of Remote Sensing, v. 20, pp. 139–152, 1999.

MINKU, L.L., YAO, X. **DDD: A New Ensemble Approach For Dealing With Concept Drift**, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v.22, n.5, p. 730-742, 2010.

MOHAMED, A; CLAUSI, D. **Using the Canny Edge Detector for Feature Extraction and Enhancement of Remote Sensing Images**. Geoscience and Remote Sensing Syn1Posium, 2001, 5(7):9-13