Desenvolvimento e Implementação de metodologia para a automação e melhoria do processo de Monitoramento e Gestão de Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água para apoio ao Cadastro Ambiental Rural

Paulo Henrique Amorim da Silva [1]
Iara Musse Felix [1]
Marina Fernades Zacari [1]
George Porto Ferreira[2]
Allan Milhomens[3]
Aline Menke[3]
Murilo Oliveira[1]
Carlos Souza Jr.[4]

[1] Santiago & Cintra Consultoria
Rua Vieira de Morais, 420, 12° Andar - 04617-000 – São Paulo - SP, Brasil
{paulo.amorim, iara.musse, marina.zacari}@sccon.com.br

[2] Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA
SCEN Trecho 2 Ed. Ibama Sede, Asa Norte - 70818-900 – Brasília - DF, Brasil
george.ferreira@ibama.gov.br

3 Ministério do Meio Ambiente - MMA
Esplanada dos Ministérios - Bloco B - 70068-900 – Brasília - DF, Brasil
{allan.milhomens, aline.menke }@mma.gov.br

[4]Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon
Caixa Postal 5101 - 66060-160 - Belém - Pa, Brasil
{samianunes, souzajr}@imazon.org.br

Abstract. Using the technologies of remote sensing and geographical information system, an automatic monitoring and management methodology for Permanent Protected Areas was conceived, developed and implemented. The paper presents the technical requirements and necessities regarding the current Forest Code, and describes the remote sensing and geographical information system technologies used. Innovative technologies and procedures were used to the automatic process of RapidEye images, including hydrograph detection through non supervised classification and the application of algorithm developed through Erdas Model Maker to determine in an automatic way the width of rivers as well as their respective Permanent Protected Areas. The methodology and the procedures developed will contribute in a significant way to optimization and quality of the monitoring of Permanent Protected Areas on riversides and for the environmental management of the national territory.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, processamento de imagens, gestão ambiental, Código Florestal, Monitoramento Ambiental, RapidEye.

1. Introdução

As crescentes demandas relacionadas ao monitoramento e gestão das Áreas de Preservação Permanente em âmbito nacional, localizadas no entorno dos rios, evidenciam a necessidade do estabelecimento de processos e metodologias mais eficazes que assegurem a adequada análise destas áreas.

Assim, a necessidade da utilização de tecnologias e processos que possibilitem o diagnóstico e o adequado entendimento da dinâmica de ocupação dessas áreas é fundamental para o estabelecimento de estratégias e políticas que assegurem sua utilização em bases sustentáveis. Desta forma, poderão ser atendidas tanto as demandas oriundas pelos produtores rurais quanto pelos gestores públicos. Dentre estas demandas, cabe ressaltar as necessidades decorrentes da promulgação do Novo Código Florestal.

O Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651 de 25 de maio de 2012) é resultado da reforma do Código Florestal Brasileiro promulgado em 1965. Apesar de ter suscitado diversas polêmicas após 12 anos da criação de seu projeto, foi decretada e sancionada a Lei 12.651 em 25 de maio de 2012, que estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Um dos pontos mais discutidos desta lei, no entanto, foram as Áreas de Preservação Permanente, em especial as áreas de entorno dos corpos d'água. De acordo com a Lei 12.651, as Áreas de Preservação Permanente são definidas como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

As áreas de entorno dos recursos hídricos que serão destinadas a proteção ambiental permanente são determinadas conforme o tamanho dos corpos d'água.

A definição dos limites dos cursos d'água e das respectivas Áreas de Preservação Permanente é extremamente importante do ponto de vista do dono ou posseiro de propriedade rural e também do ponto de vista do monitoramento ambiental, ou seja, as organizações governamentais.

A proposta de uma metodologia automatizada que vise determinar áreas de proteção ambiental em torno de rios com segurança e agilidade se mostra de grande utilidade neste contexto, e pode facilitar processos de cadastramento previstos em lei, como o Cadastro Ambiental Rural, previsto no capítulo VI da Lei 12.651do Novo Código Florestal e descrita no Decreto 7.830 de 17 de outubro de 2012 que dispõe sobre os Programas de Regularização Ambiental, dentre eles o Sistema de Cadastro Ambiental Rural e o Cadastro Ambiental Rural.

3. Metodologias

A metodologia proposta, consiste em realizar uma análise automática da largura de cursos d'agua em imagens de satélite RapidEye classificadas, e a partir da determinação destas medidas aplicar por meio de buffers, as Áreas de Preservação Permanentes de acordo com a atual legislação. O fluxograma a seguir apresenta a metodologia desenvolvida:

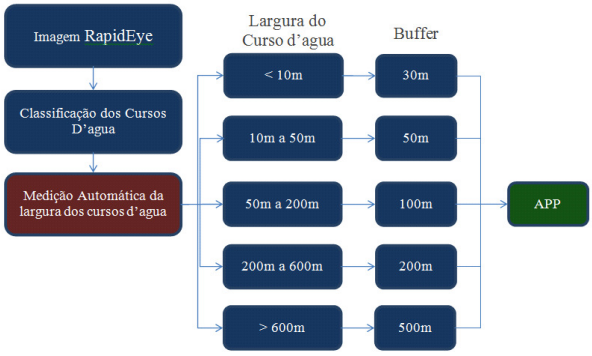

Figura 1 – Metodologia para geração automática de APP

Foi selecionada uma área teste, com aproximadamente 160km², localizado na Bacia do rio Paranapanema entre os estados de São Paulo e Paraná. Esta área foi selecionada pelo fato de possuir cursos d'água com larguras que variam de 10m a 800m.

3.1 Extração da hidrografia utilizando as Imagens de Satélite RapidEye

Nos trabalhos realizados foram utilizadas imagens temáticas contendo a classe de interesse "hidrografia".

No caso da Área teste 1 foi realizada uma classificação não supervisionada para extração dos corpos d'água foi feita no software ERDAS IMAGINE, utilizando-se as imagens RapidEye com 12bits de resolução radiométrica (4.096 níveis de cinza). O resultado obtido da classificação automática pode ser visualizado a seguir:

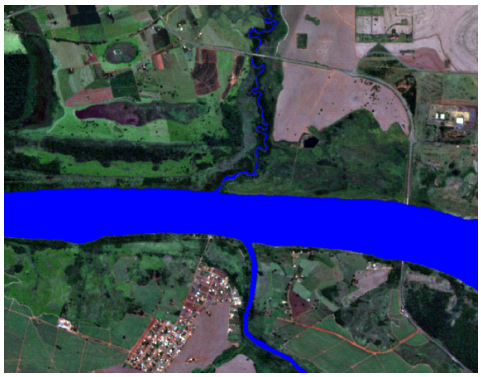

Figura 3 –Classificação Não Supervisionada dos Cursos D'água na área de estudo

A alta qualidade dos resultados da classificação automática das imagens RapidEye foi também favorecida pela resolução radiométrica de 12bits (RAPIDEYE AG,2012). Esta explicação verificada através da análise das figuras abaixo que ilustram a maior capacidade de diferenciação dos alvos que compõem o uso e cobertura do solo em imagens de maior resolução radiométrica, conforme comparativo entre uma imagens de 8 bits e as imagens RapidEye de 12 bits.

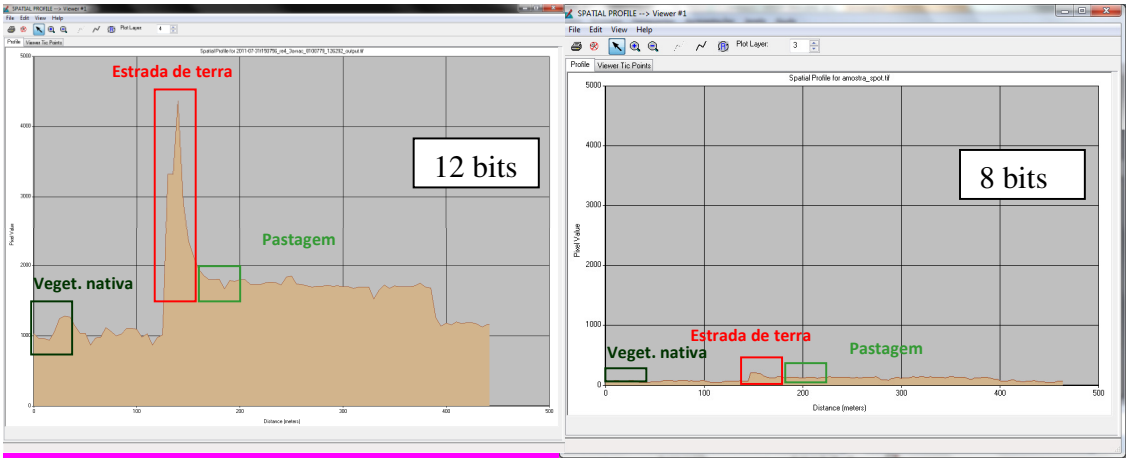

Figura 4 – Perfil radiométrico de diferentes alvos em imagem 12bit e 8bit.

3.2 Tecnologias utilizadas para o desenvolvimento dos processos

Para realizar o desenvolvimento dos processos e automatização da metodologia, foi utilizada a ferramenta MODEL MAKER do software ERDAS Imagine, que permite customizar e implementar rotinas de processamento digital de imagens em um ambiente gráfico, através de fluxogramas.

3.3 Metodologia para a Medição Automática da largura dos cursos d'água

A metodologia desenvolvida consiste na análise de vizinhança de cada pixel dos cursos d'água utilizando-se de filtros não lineares com matrizes de referencia de diferentes para identificar a largura máxima dos cursos d'água.

Os filtros não lineares baseiam-se na vizinhança em torno de um pixel, onde o valor obtido pela comparação da vizinhança é atribuído ao pixel central (Centeno, 2004).

Segundo Gonzales & Woods (2000), uma função f(x,y) descreve a variação do valor do contador digital em função da posição do pixel. Por exemplo:

$$y[i, j] = \text{mínimo}\{x[i - k, j - l],(k,l \in W)\}$$

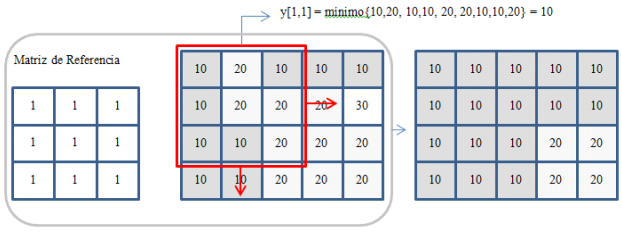

Figura 5 – Filtragem Não linear de mínimo

A figura a seguir apresenta de forma gráfica a aplicação do filtro não linear numa imagem temática de hidrografia com resolução espacial de 5m, classificando o pixel central e seus vizinhos de acordo com a largura do corpo d'água. Neste exemplo maior que 10m ou menor ou igual a 10m:

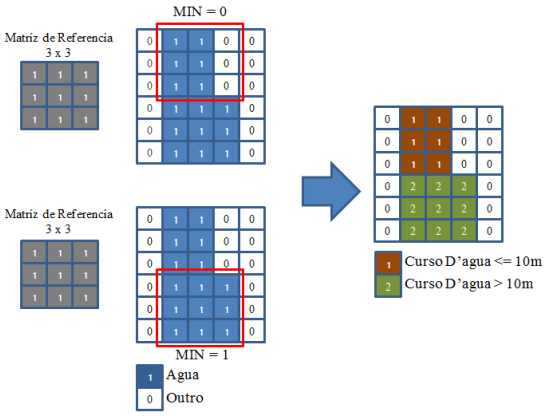

Figura 6 –Filtragem Não linear de mínimo em imagem temática de cursos d'agua

Sendo assim, foi desenvolvido um algoritmo, que aplica consecutivos filtros não lineares de mínimo, classificando os cursos d'água em diferentes classes de acordo sua largura, conforme mostra a figura a seguir:

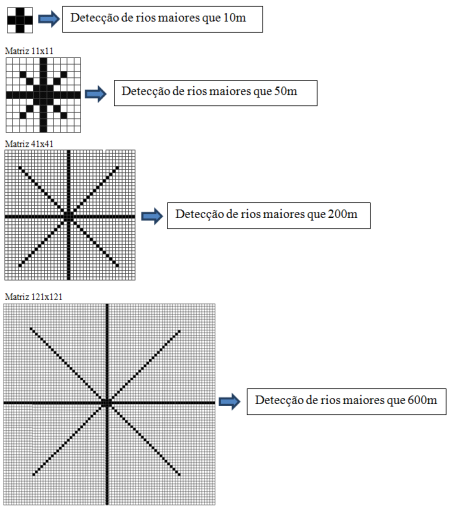

Figura 7 – Máscaras utilizadas na filtragem não linear

Do resultado da aplicação dos filtros não lineares, gera-se uma imagem temática, conforme pode ser observado na figura a seguir:

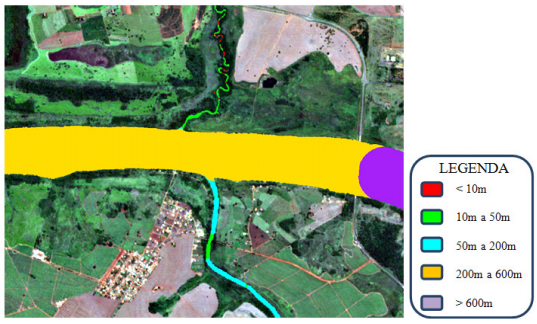

Figura 8 – Cursos d'água classificados conforme a largura

Devido à sinuosidade nas regiões de borda dos cursos d'água, são gerados ruídos isolados que correspondem a pixels classificados de cursos d'água mais estreitos que os vizinhos. Para eliminar tais ruídos, é aplicado um filtro não linear, eliminado os ruídos existentes. Os resultados obtidos podem ser verificados a seguir:

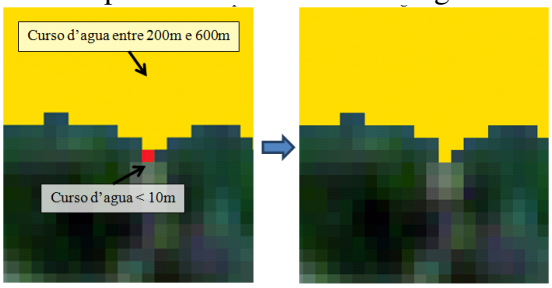

Figura 9 – Eliminação de ruídos

O próximo passo é identificar os pixels de bordas dos cursos d'água, aplicando um buffer correspondente a APP, definida de acordo com a legislação:

Figura 10 – Identificação de pixels de borda para aplicação de buffer de APP

Uma vez que os pixels de borda foram identificados e classificados conforme a largura dos cursos d'água, o próximo passo é aplicar um buffer com dimensão de acordo com a legislação ambiental, delimitando as Áreas de Preservação Permanente.

4. Resultados Obtidos

Os resultados obtidos mostraram-se eficientes para os objetivos estabelecidos, contribuindo significativamente para a implementação de processos e de uma metodologia inovadora, contribuindo significativamente para a obtenção dos mapeamentos e estatísticas ambientais relacionadas à gestão das Áreas de Preservação Permanente no entorno dos rios. Os resultado permitem verificar que através dos processos automatizados gerados poderão ser otimizados tantos os prazos de obtenção das informações temáticas geoespaciais geradas, como a qualidade de análise associadas ao diagnóstico do uso e ocupação das Áreas de Preservação Permanente. A seguir são ilustrados os resultados obtidos, bem como os resultados do controle de qualidade, onde observa-se o detalhamento das APPs determinadas automaticamente:

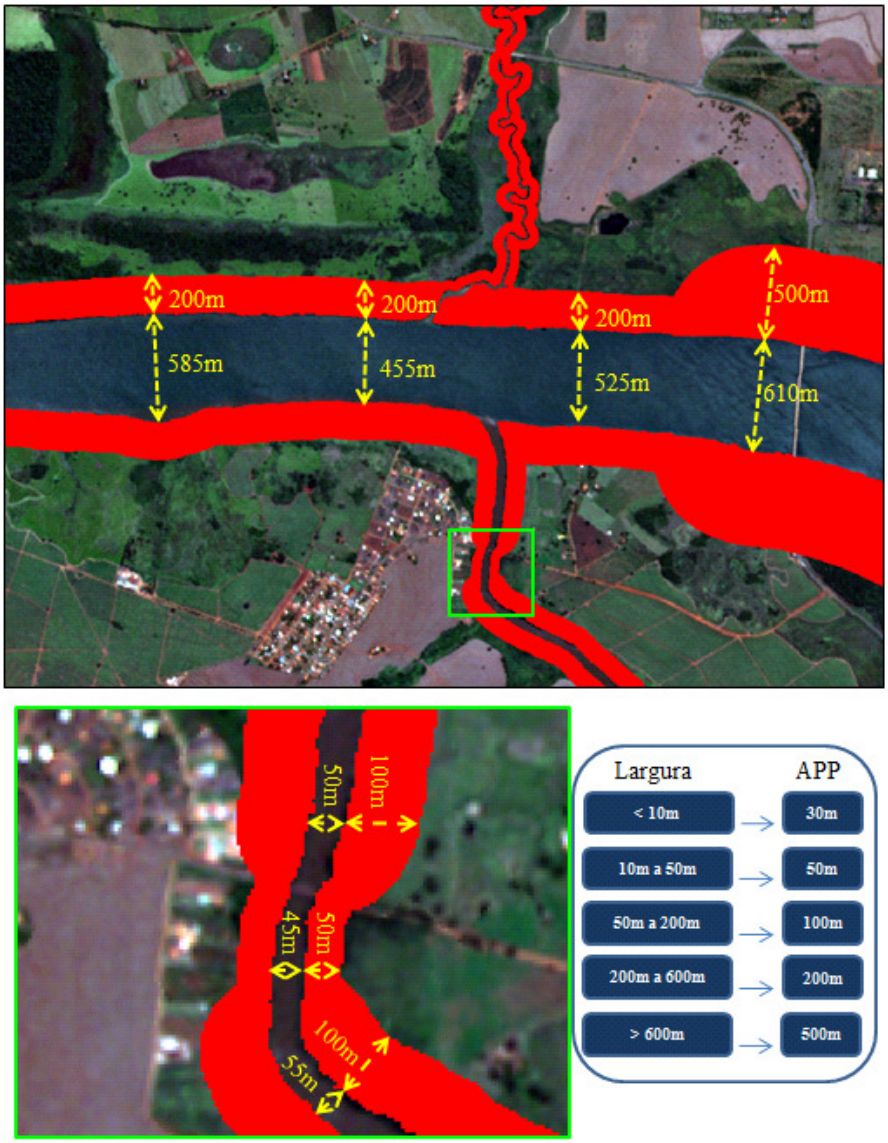

Figura 12 – Análise dos resultados automáticos

5. Conclusões e Análises dos resultados

A obtenção de uma metodologia dos processos e da metodologia para a automação e melhoria do processo de monitoramento e gestão de Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água mostrou-se eficiente para o apoio ao Cadastro Ambiental Rural e deverá ser aplicada e analisada em escala nacional.

A utilização de tecnologias de sensoriamento remoto, tanto no que se refere às imagens de satélite de alta resolução radiométrica de12 bits associadas as bandas multiespectrais do visível e infravermelho próximo, assim como os algoritmos implementados no Erdas mostrou-se eficientes ao estabelecimento de uma metodologia de identificação, mapeamento e quantificação dos rios e suas respectivas áreas de APP's de acordo com as categorias estabelecidas pelo Código Florestal.

Pela análise dos resultados obtidos, pode-se inferir que a metodologia desenvolvida para o cálculo automático para as Áreas de Preservação Permanentes com base em imagens temáticas dos cursos d'água, mostrou resultados eficientes, sendo inclusive mais detalhado e menos subjetivo que a determinação visual, quando são consideradas as mesmas imagens para análise.

A aplicação dos processos e da metodologia desenvolvida com base em imagens temáticas obtidas por classificações automáticas poderá contribuir para aumentar o grau de automação dos processos do Cadastro Ambiental Rural, tornando-o menos subjetivo e reduzindo a alta demanda de mão de obra, contribuindo para melhoria e maior eficiência dos processos de monitoramento, fiscalização e gestão ambiental.

6. Referências

Centeno, J. A. S. **Sensoriamento remoto e o processamento de imagens digitais.** Curitiba: Editora Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2004. 219 p.

Gonzales, R. C.; Woods, R. E. **Digital image processing.** Reading, MA: Addison-Wesley, 1992. 716p.

RapidEye Ag. **Satellite Imagery Product Specifications**. Disponível em: < http://www.rapideye.com/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf > - Acesso em 05 de novembro de 2012.

Senado Federal. **Lei 12.651**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ _Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm. Acesso em 05/11/2012

Senado Federal. **Revista de audiências públicas do Senado Federal**. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/ jornal/emdiscussao/Upload/201105%20-%20dezembro/pdf/em%20discuss%C3%A3o!_dezembro_2011_internet.pdf> - Acesso em 01/11/2012