

Proposta de modelo auxiliar de classificação baseado em processamento vetorial – experiências na geração de dados de uso e cobertura do solo

Thiago Batista Marra¹
Cristiane Batista Salgado²

¹ Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA/SR14
Rua Santa Inês, 135, Aviário - 69907-340 - Rio Branco - AC, Brasil
thiago.marra@rbo.incra.gov.br

² Instituto de Meio Ambiente do Acre - IMAC
Rua Rui Barbosa, 135 - Centro - 69900-120 - Rio Branco - AC, Brasil
cristiane.batista@ac.gov.br

Abstract. This article presents a proposal of an auxiliary classification model based on vector processing, intended for land use data processing and production. Basically, it's constituted by three stages of processing for a given area of interest, defined by a polygon. In the first one, uses vectorial layers of hydrography for automatic generation of permanent preservation areas (APP) around water courses, lakes and springs. In the second stage, generates the surfaces of roads domain zones. Finally, it jointly processes the layers of APP and surfaces of roads with a preexisting land use classification layer. The result still consists of a land use classified coverage, but now indicating the state of conservation of the protecting areas. It presents the advantage to allow the calculation of areas defined for abstract patterns, as the APP, defined by norms, differently of common classifying systems, that are based on physical parameters of the land cover. Moreover, it automatizes diverse repetitive steps that before were carried through one by one, manually by users. It was developed with the Model Builder tool, available in ArcGIS Desktop package. Its application brought substantial productivity gains on land use maps confection, comparing to previously used tools, as CAD software and conventional processing in SIG.

Palavras-chave: geoprocessing, permanent preservation area, APP, Model Builder, land use map, geoprocessamento, área de preservação permanente, APP, *Model Builder*, mapa de uso.

1. Introdução

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) vem passando por um período de reestruturação de sua força de trabalho, com a admissão de novos servidores. Como parte desse processo, incluem-se também novos métodos de trabalho. Um exemplo desse processo é o objeto deste artigo, que inclui a substituição de parte do serviço realizado exclusivamente com o uso de *software* CAD (*Computer Aided Design*) pelo uso combinado com softwares padrão SIG (Sistema de Informação Geográfica), que permitem edições e análises adicionais, além do relacionamento de camadas temáticas por atributos tabulares e espaciais.

Nesse sentido, o exemplo trabalhado neste artigo trata da reelaboração do método de confecção do mapa temático de uso e ocupação. Este é um documento muito utilizado pelos técnicos do INCRA para fins de avaliação e fiscalização de imóveis e licenciamento ambiental de projetos de assentamento. Por meio dele é feita a indicação da porcentagem de área ocupada por classes de atividade, além da situação dos imóveis em relação à conservação das áreas protegidas pela legislação ambiental: Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL).

Para a confecção dessa peça técnica, o subsídio mais utilizado são imagens obtidas por sensores orbitais. Estas são inseridas em *softwares* de geoprocessamento e classificadas, gerando polígonos em camadas vetoriais a partir das quais são obtidos os valores de área correspondente a cada classe. Porém, seja por meio de classificação supervisionada ou simples vetorização por identificação visual, a etapa mais trabalhosa na geração das classes de uso é a definição das APP. Isso porque nenhum classificador é capaz de identificá-las, visto que são definições abstratas projetadas sobre o terreno, a partir de feições físicas. Sendo

assim, o método empregado na definição dos polígonos de APP é o desenho de todas as feições, empregando a ferramenta *buffer* (quando utilizado um *software* que possui essa função), a partir de uma base hidrográfica preexistente.

Porém, muito mais trabalho é necessário quando o *software* utilizado é do grupo dos CAD¹, visto que, até mesmo por derivarem de aplicações não direcionadas ao geoprocessamento, não apresentam ferramentas otimizadas para trabalhar com dados espaciais, em um SIG.

Assim, para obter os dados de uso de forma mais dinâmica, foi desenvolvida uma ferramenta de geoprocessamento em fluxo para auxiliar nessa tarefa. O objetivo desse trabalho é mostrar as etapas iniciais de seu desenvolvimento, suas aplicações e avaliar os resultados obtidos.

2. Método

2.1. Estudo preliminar

Para construir uma ferramenta para auxiliar no processamento de dados de uso e ocupação, foi elaborado um estudo preliminar para estabelecer quais seriam suas funções principais, a partir das dificuldades encontradas comumente.

A primeira função seria a capacidade de gerar as APP automaticamente. Em seguida, essa camada de polígonos de APP deveria ser classificada com base em dados extraídos das imagens de satélite, segregando as áreas conservadas das alteradas. Além disso, também seria necessária a inclusão de outras feições de uso e ocupação, como estradas, considerando ainda que estas deveriam ser representadas em **superfície**, e não simplesmente em linhas. O resultado esperado seria a cobertura de uma determinada área de interesse, delimitada por um polígono, classificada de acordo com as classes:

- | | |
|------------------------|-------------|
| a) APP Conservada | e) Pastagem |
| b) APP Alterada | f) Capoeira |
| c) Lago/Espelho D'água | g) Cultura |
| d) Estrada | h) Floresta |

Definidas as funcionalidades básicas e os resultados esperados, a etapa seguinte foi a escolha da plataforma na qual a ferramenta seria desenvolvida.

2.2. Plataforma de desenvolvimento da ferramenta

A partir das necessidades impostas, foi selecionado um *software* de geoprocessamento para realizar os cálculos necessários. O recurso escolhido foi o *Model Builder*, que não é exatamente um *software* de geoprocessamento, mas um módulo para personalizar ferramentas de geoprocessamento encadeando comandos preexistentes em fluxo, disponível no *software* ArcGIS Desktop. Suas principais vantagens são:

- Facilidade de operação: basta ao usuário o conhecimento de ferramentas básicas de geoprocessamento, dispensando o domínio de linguagens de programação;
- Execução dinâmica: à medida que o fluxo de processamento é construído a ferramenta pode ser executada, obtendo resultados intermediários que permitem analisar se os objetivos estão sendo atingidos;
- Interface amigável: as ferramentas e feições do fluxo podem ser adicionadas, excluídas e reposicionadas dinamicamente, arrastando os ícones com o uso do *mouse*;

¹ Na Superintendência Regional do INCRA no Acre este ainda era o método predominante de trabalho. Nos dias de hoje, os softwares CAD vêm recebendo mais funções para trabalho integrado em SIG, mas essas versões são mais recentes, e indisponíveis na autarquia.

- d) O modelo pode ser salvo na caixa de ferramentas e permanecer disponível, além de possibilitar sua exportação e distribuição para outros usuários.

O ponto negativo do uso da ferramenta é seu custo, visto que está disponível apenas como conteúdo do pacote de software proprietário ArcGIS Desktop, produzido pelo Environmental Systems Research Institute (ESRI).

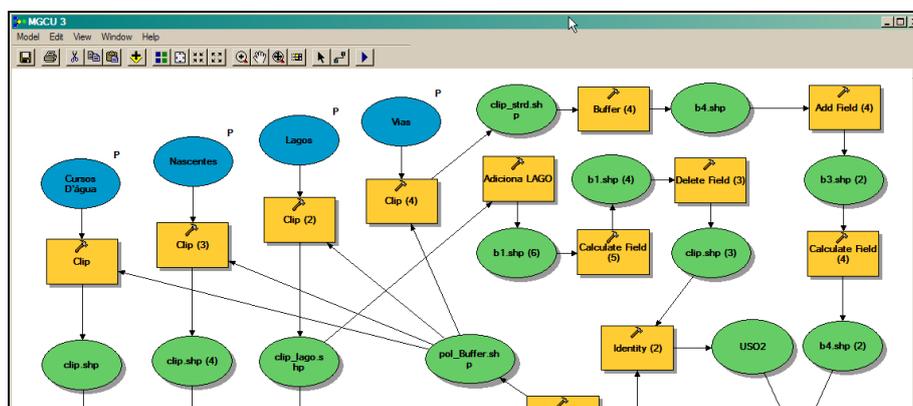


Figura 1 - Visão parcial da janela do *Model Builder*

Definida a plataforma de desenvolvimento, foi criado um novo projeto para início da construção do modelo.

2.3. Sobre as fontes de dados

É necessário considerar que o resultado do processamento depende da qualidade e da escala da base de dados. Se a base hidrográfica não for compatível com a identificação de APP, o resultado pode ser distorcido. Também se deve considerar a conformação entre as feições da hidrografia e o posicionamento das imagens utilizadas na classificação. Caso haja desconformidade, são necessários ajustes (registro/georreferenciamento) para evitar que as APP sejam projetadas sobre áreas onde não existem de fato.

2.4. Etapa 1 – criação automatizada das APP

Para a elaboração da etapa de criação de APP, considerou-se a legislação que define a forma com que devem ser calculadas as Áreas de Preservação Permanente (CONAMA, 2008). As feições físicas do terreno a partir das quais se projeta as APP, grosso modo, são: lagos (naturais e artificiais), cursos d'água, nascentes (incluindo as áreas úmidas) e superfícies com declividade acentuada (morros, montanhas, escarpas, divisores de água). Como as declividades apresentadas na região trabalhada são, em geral, baixas (estado do Acre, na Amazônia sul-ocidental), optou-se, em um estágio inicial, por levar em consideração apenas as feições hidrográficas².

A partir da listagem das determinações legais, foi feita uma análise de como se poderia transpô-las para o ambiente computacional, especificamente para um Sistema de Informações Geográficas, e quais insumos seriam necessários para atender aos requisitos da lei. Também foram analisados os comandos de geoprocessamento adequados para se projetar no espaço os atributos definidos pelas normativas. Como em todo modelo numérico/matemático que trabalha com representações do meio físico, seria necessário traduzir suas formas em linguagem computacional para que pudessem ser matematicamente manipuláveis, conforme

² Apesar disso, a definição de áreas com declividades restritivas poderia ser introduzida no modelo a partir do processamento de um modelo digital de terreno, o que pode vir a ser integrado à ferramenta no futuro.

discussão desenvolvida por Gilberto Câmara (2004). Assim, deveriam ser representados em camadas vetoriais: lagos, nascentes e cursos d'água.

Quadro 1 - Representações vetoriais para cálculo de APP

Feições no terreno	Representação vetorial
Lagos	Polígonos
Nascentes	Pontos ³
Cursos d'água	Linhas

Como a distância para projeção das APP no plano não é a mesma para todas as feições, também era necessária uma maneira de indicar qual o valor a ser adotado em cada caso. O recurso utilizado foi inserir uma coluna, chamada “APP_DIST”, na tabela de cada camada de dados, na qual seriam indicados os valores numéricos, em metros. Estes valores seriam utilizados para projetar as APP, utilizando o comando *buffer* ligado aos mesmos.

Por exemplo, na camada de cursos d'água, aquelas feições que correspondem a margens de canais com menos de trinta metros de largura, recebem o valor numérico “30” na coluna “APP_DIST”, sendo que aquelas feições que correspondem a margens de cursos d'água com largura de 30 a 50 metros, recebem o valor “50” na mesma coluna, e assim sucessivamente. Adicionalmente, o comando *buffer* é instruído a ler a coluna “APP_DIST” e aplica para cada feição a respectiva distância registrada.

O mesmo recurso foi adotado para a camada de lagos. No caso das nascentes, como o valor aplicável é constante (50 metros), não foi necessário criar a coluna “APP_DIST” na tabela de dados representativa das nascentes.

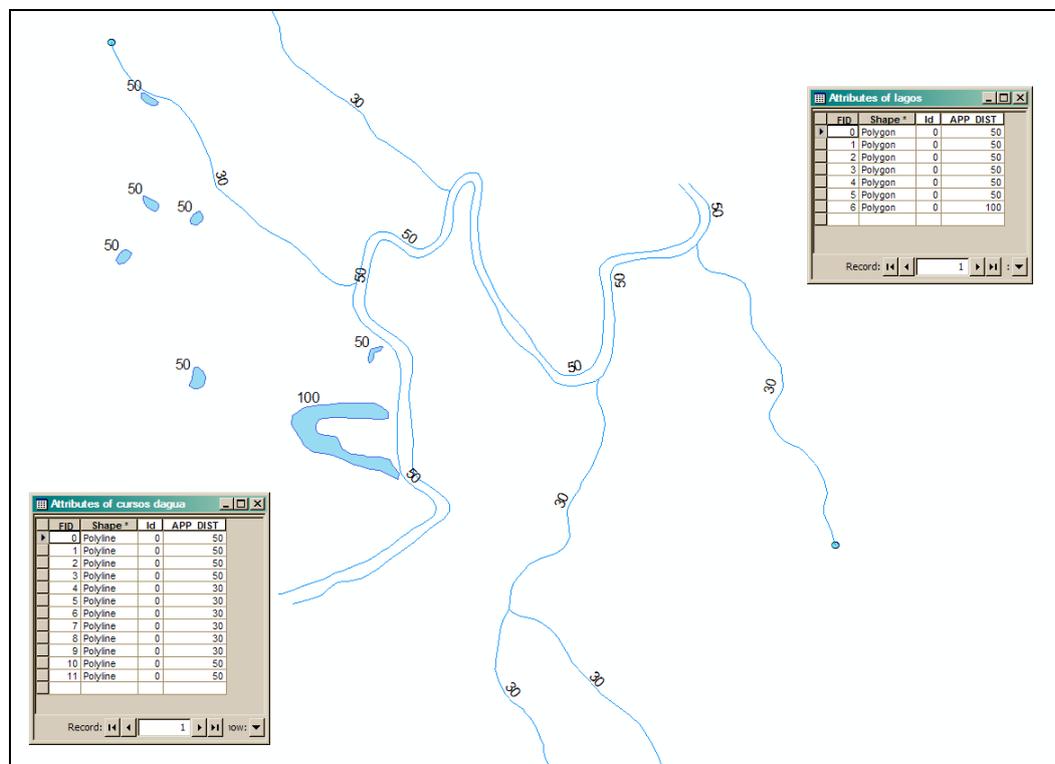


Figura 2 - Exemplo de feições de hidrografia – os rótulos indicam as distâncias registradas nas tabelas para cálculo das APP em metros

³ A representação de nascentes como pontos é discutível visto que o conceito de nascente também abrange as áreas úmidas, que, por sua vez, deveriam ser representadas na forma de polígonos. Entretanto, em função de limitações das fontes de dados, a representação das nascentes foi reduzida a pontos, o que será discutido com mais detalhe no item sobre as fontes de dados.

Com isso, seria possível a geração de todos os *buffers* correspondentes às APP de cada feição. Na seqüência, foi inserido comando para a soldagem de todos os polígonos em uma única feição de APP da área de interesse.

2.5. Etapa 2 – padronização da camada de classificação

O próximo passo seria o cruzamento das informações contidas na camada de classes de uso com a camada de APP, para que seja possível identificar a classe APP alterada da área de interesse.

Foi convencionada uma codificação para definir o uso/cobertura do solo, padronizando a saída de dados, em uma coluna nomeada “Uso”. Os valores numéricos escolhidos para representar as classes foram definidos de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 - Códigos identificadores de classe de uso

Classe identificada	Código identificador na camada de uso
Desmate	0
Pastagem	1
Capoeira	2
Culturas	3
Mata secundária	4
Floresta	5

Dessa maneira, os usos definidos pelo usuário, manualmente ou através de sistemas classificadores, estariam identificados na tabela de dados da camada, na coluna “Uso”, tornando-a apta ao cruzamento com a camada de APP, como ficará mais claro a seguir.

2.6. Etapa 3 – cruzamento das camadas de classificação e APP

O recurso utilizado para efetuar esse cruzamento foi o comando *Identity*. Este comando permite cruzar duas camadas vetoriais, onde a Cobertura de Identidade (*identity coverage*) tem seus limites inseridos na Camada de Entrada (*input coverage*), e os dados contidos na tabela são operados conforme a Figura 3.

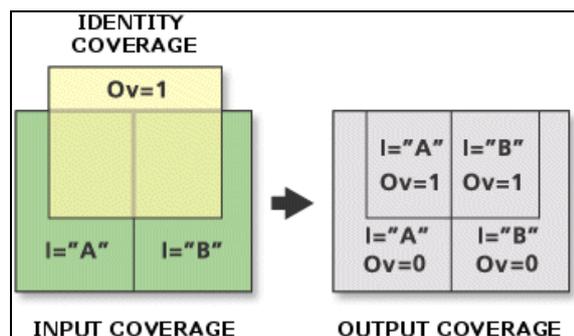


Figura 3 - Ilustração do método de operação da ferramenta *Identity* (ESRI, 2008).

Nessa ferramenta, a camada de APP seria inserida como cobertura de identidade e a classificação como camada de entrada. O resultado seria uma camada com os limites de APP definidos dentro da camada de classificação, sendo que, na tabela de dados, as feições provenientes da camada de APP estariam devidamente identificadas como tais numa coluna “APP”, mas não perdendo seu código de classe de uso (na coluna “Uso”, de 0 a 5). Pela combinação entre os identificadores de APP e os códigos definidores de uso seria possível segregar as APP conservadas e alteradas.

Por exemplo: cruzando a camada de uso (desmate, pastagem, capoeira, culturas, mata secundária e floresta) com a camada que possui as áreas de APP, seria gerada uma nova

feição identificando as áreas de APP na mesma camada de uso, por meio da criação de campos específicos na tabela de atributos.

O resultado do cruzamento das camadas APP e de classes de uso será identificado, na seqüência, como “Uso x APP”.

2.7. Etapa 4 – cruzamento das camadas “Uso x APP” e estradas

O mesmo princípio foi aplicado para efetuar o cruzamento entre o produto do cruzamento entre as camadas APP e Uso, com a camada de estradas.

Previamente, a camada de estradas teve seu fluxo produzido de forma análoga à geração das APP de cursos d’água: a partir de feições de linha (da base de dados utilizada), o comando *buffer* “lê” os valores de um campo (chamado “Buffer”) onde é indicada a superfície (e/ou a faixa de domínio) da estrada representada. Desse modo, esse processamento prévio gera as superfícies correspondentes às estradas (e/ou sua faixa de domínio), tornando possível seu cômputo no percentual de área das classes de uso.

2.8. Etapa 5 – cálculo de área e exportação dos dados

Finalmente foi inserido comando para efetuar o cálculo das áreas de todos os polígonos para o sistema de referência definido para o arquivo *shape*. Com a finalização das etapas de processamento da ferramenta, o modelo foi salvo no *Model Builder*.

A partir daí, a ferramenta poderia ser acionada a qualquer momento, a partir da caixa de ferramentas *ArcToolbox*. Como última etapa, a tabela de dados do arquivo *shape* produzido pelo modelo conteria todas as informações necessárias para se identificar as classes pretendidas (definidas no item 2.1) e se efetuar as somas das áreas das classes.

3. Resultados e Discussão

Nas Figuras 4 a 7 podemos visualizar o resultado da execução da ferramenta, de acordo com as etapas descritas acima. A Figura 4 mostra as camadas de hidrografia – lagos, cursos d’água e nascentes – com suas tabelas de dados (nas quais se observa a presença da coluna “APP_DIST”, onde está registrado o valor de APP a ser lançado para cada feição).

Na Figura 5, observamos a conclusão da execução da Etapa 1 do processamento, em que são calculadas as APP a partir dos *buffers* de todas as feições de hidrografia, os quais são mesclados em uma única feição. Esta feição possui, em sua tabela de atributos, uma coluna chamada APP e com valor “1”, o qual permitirá identificar todas as áreas de APP nas etapas seguintes do processamento.

A Figura 6 ilustra a configuração da camada de classes de uso previamente produzida (por sistemas classificadores ou vetorização manual), de acordo com a codificação proposta no Quadro 2.

Na Figura 7 está presente a representação do produto final do modelo. Os rótulos das feições correspondem aos seus respectivos campos da tabela de atributos. Assim, observando-se os valores dos rótulos, podemos perceber que a simbologia, assim como a reclassificação, ocorre de acordo com a combinação dos valores dos campos “APP” (que indica se a feição corresponde ou não a uma APP), “Uso” (que define o tipo de uso oriundo da classificação) e “Estrd” (que indica se a feição faz parte ou não de uma estrada).

As APP estão representadas em duas cores: verde claro para APP conservada e magenta para APP alterada. Note que, comparando as duas figuras anteriores, nas regiões onde a APP coincidiu com áreas em que o uso estava definido como “2” (capoeira) e “0” (desmate), as mesmas foram reclassificadas como APP alterada. De maneira diferente, onde a APP coincidiu com o polígono classificado como “5” (floresta) da camada de uso, a APP resultante aparece como APP conservada. De maneira análoga, quando há coincidência entre APP e

estradas, a feição é definida como APP alterada. Para as áreas onde não há incidência de APP, foi mantida a classe original da camada de uso.

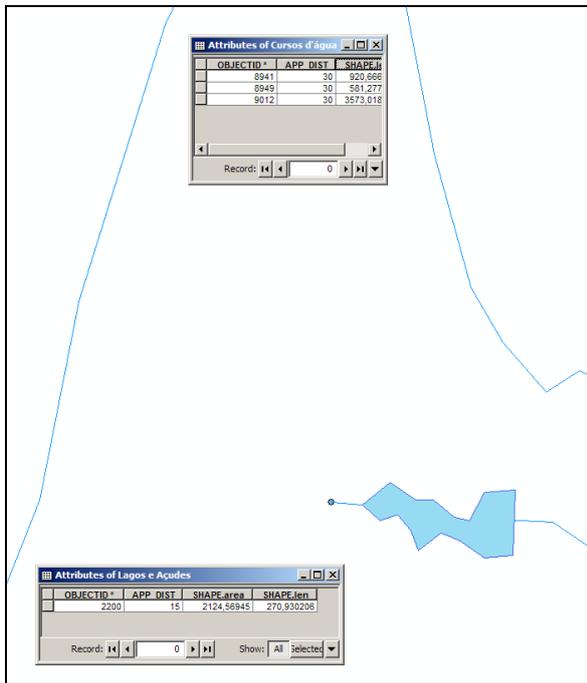


Figura 4 - Hidrografia

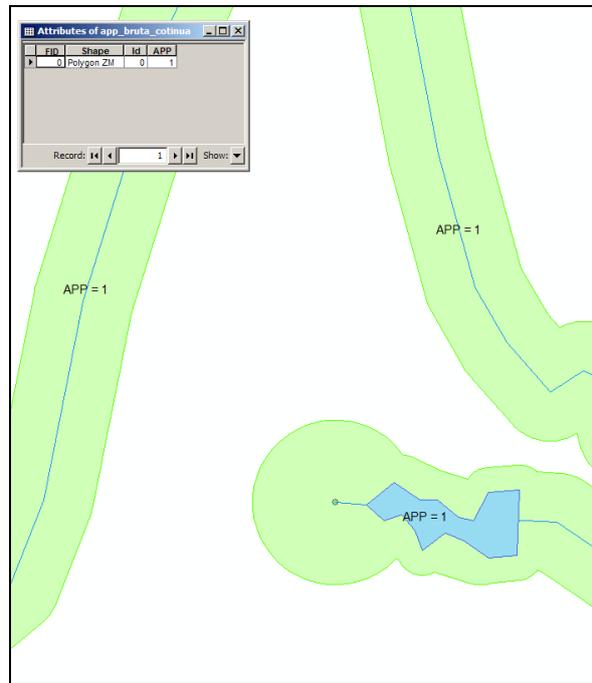


Figura 5 - APP gerada a partir da hidrografia

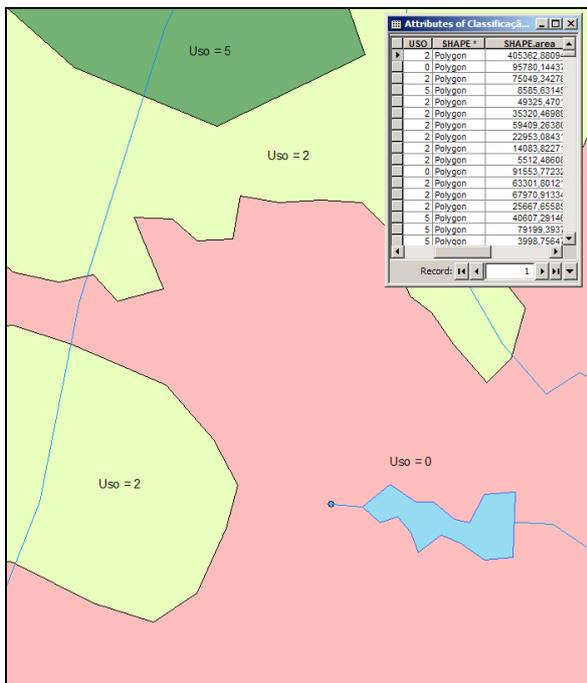


Figura 6 - Camada de classes de uso identificada preliminarmente

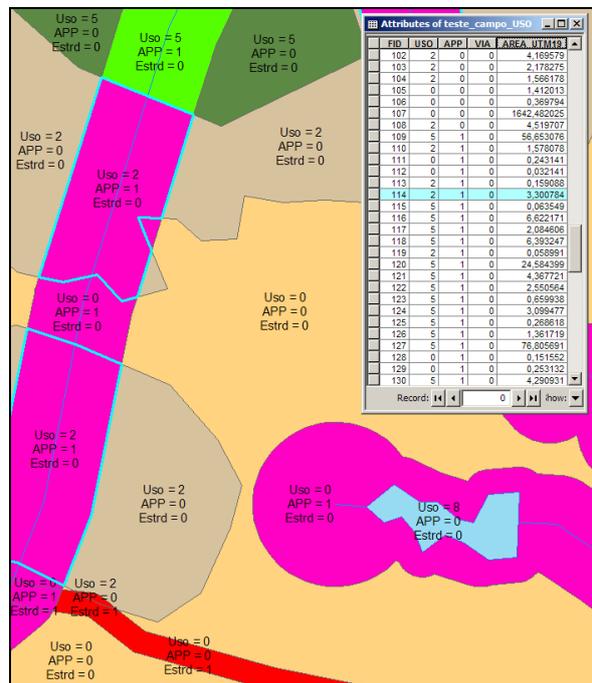


Figura 7 - Produto de identidade entre APP e camada de classes de uso

4. Conclusões

O Modelo Auxiliar de Classificação, apresentado acima, representou considerável ganho de produtividade na confecção de mapas temáticos de uso e cobertura do solo. O fato de dispensar as tarefas de desenho de APP, cruzamento de dados das camadas e cálculo de áreas, trouxe uma economia de tempo que tornou possível atender às grandes demandas destinadas ao Serviço de Cartografia da SR14/AC.

Apesar dos ganhos já obtidos, o modelo está em desenvolvimento e passa por constantes atualizações. Além disso, deve conter novas funcionalidades, como o cálculo de APP definidas pela declividade do terreno e definição automática dos valores de APP a serem aplicados, a partir das características das feições das camadas (por exemplo, a definição de APP dos lagos naturais a partir do valor da sua área). Também é necessário o aperfeiçoamento do processo de reclassificação e saída de dados de área, que atualmente exige a exportação da tabela de dados para um software externo (Excel, Calc ou similares).

Está sendo desenvolvida uma versão para atender às necessidades do Instituto de Meio Ambiente do Acre (IMAC), auxiliando na detecção de alteração de APP no processo de fiscalização e monitoramento ambiental executados pela Divisão de Geoprocessamento da autarquia, via termo de cooperação técnica estabelecido entre INCRA e governo do estado.

Quanto à plataforma de desenvolvimento *Model Builder*, é uma ferramenta que permite executar e programar funções complexas em pouco tempo, além de permitir o compartilhamento das soluções personalizadas.

Agradecimentos

Aos Eng. Agrônomos Alex Moreira e Jeferson Sousa, ao Eng. Florestal André Freddo e ao Geógrafo Helder Viana, pelo auxílio no desenvolvimento da ferramenta, encontrando suas falhas e apontando-as para correção.

À Divisão de Ordenamento da Estrutura Fundiária da Superintendência Regional do INCRA no Acre (SR14-F), na pessoa do Eng. Agrícola André Ricardo de Melo, pelo apoio a novas propostas.

Ao IMAC, pela cessão de imagens de alta resolução espacial, obtidas pelo satélite Formosat-2 e utilizadas nos testes do Modelo Auxiliar de Classificação.

À empresa Imagem, na pessoa do senhor Álvaro de Souza, Desenvolvedor de Negócios, que forneceu as licenças de avaliação do pacote ArcGIS Desktop.

Referências

CAMARA, Gilberto; MONTEIRO Antônio Miguel Vieira. Conceitos básicos em Ciência da Geoinformação. In: CAMARA, Gilberto; MONTEIRO Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeão de (ed). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2004.

_____. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: CAMARA, Gilberto; MONTEIRO Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeão de (ed). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 303, de 20 de Março de 2002**. . Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 15 out. 2008.

_____. **Resolução nº 302, de 20 de Março de 2002**. . Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 15 out. 2008.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARSCH INSTITUTE – ESRI. Identity Coverage. In: **ArcGis Desktop 9.3 Help**. Release 9.3 de 12 de nov. 2008. Disponível em: < [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?id=1523&pid=1521&topicname=Identity_\(Coverage\)](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?id=1523&pid=1521&topicname=Identity_(Coverage))>. Acesso em: 12 de Nov. 2008.

HARLOW, Melanie; PFAFF, Rhonda; et. al. **ArcGIS 9 - Using ArcMap**. United States of America: Environmental Systems Research Institute – ESRI, 2005.

MCCOY, Jill. **ArcGIS 9 - Geoprocessing in ArcGis**. United States of America: Environmental Systems Research Institute – ESRI, 2004.

ZEILER, Michael. **Modeling our world: the ESRI Guide to Geodatabase Design**. California-EUA: Environmental Systems Research Institute – ESRI, 1999. ISBN: 1-879102-62-5.