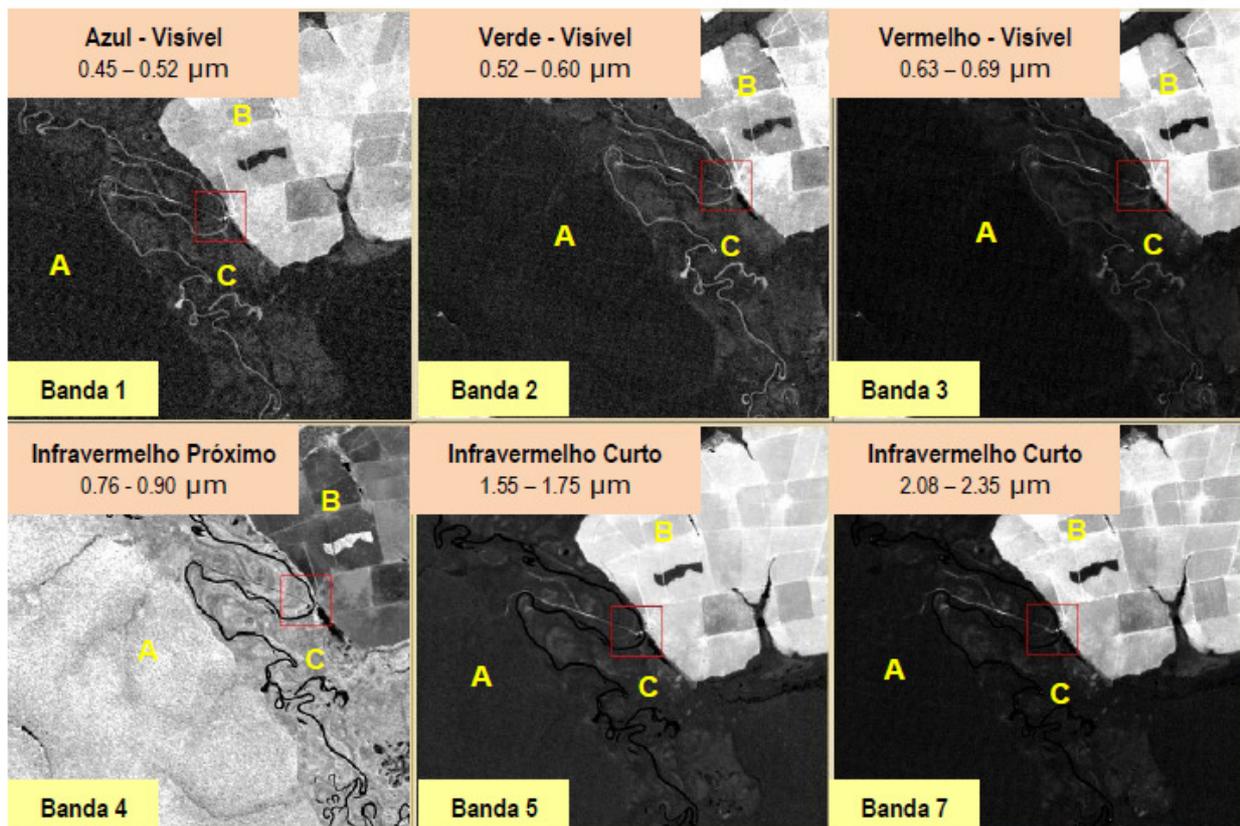


3. METODOLOGIA

Foi realizada a revisão dos dados interpretados, que já se apresentam em fase de regeneração da cobertura vegetal, para posterior recategorização das áreas desmatadas interpretadas nestes cinco anos de monitoramento pelo ProAE. Deu-se prioridade ao ajuste geométrico das imagens com o recorte somente da área protegida atenuando, assim, os efeitos de distorções e deslocamentos.

3.1 - Seleção das Imagens

A área de interesse do ProAE analisado pelo Centro Regional de Porto Velho abrange os estados do Acre, Mato Grosso e Rondônia. Para a realização do ProAE 2010 foram processadas e analisadas imagens do satélite Landsat 5 TM abrangendo os estados de Mato Grosso e Rondônia. Já o ProAE do estado do Acre, devido a cobertura de nuvens, foi processado e analisado com o uso das imagens de radar do Alos/ Palsar. No que se refere às imagens do Landsat 5 TM foram utilizados os canais espectrais do visível e do infra-vermelho, Figura 1. As imagens foram selecionadas para o período de seca quando há menor cobertura de nuvens, o que ocorre, usualmente, no período de julho a setembro. As imagens do Alos Palsar foram utilizadas nos modos Fine Beam Single (FBS), Fine Beam Dual (FBD) e Polarimétrico. Estas imagens foram selecionadas conforme disponibilidade pelo distribuidor no Brasil que é o IBGE. Todos os dados foram utilizados com o nível de processamento 1.5, ou seja, o dado em amplitude e com registro precário através de geocodificação.



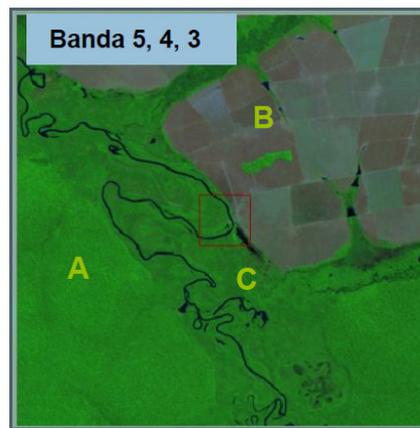


Figura 1. Comportamento das feições: a) vegetação; b) solo; c) água, nos canais espectrais do Landsat 5 TM e a visualização na composição colorida com as bandas R(5) G(4) B(3).

3.2 - Processamento Digital das Imagens

3.2.1 Imagens Landsat 5 TM

As imagens foram processadas com o intuito de prepará-las para a comparação multi-temporal. O foco da análise era o desmatamento no interior das áreas protegidas e assim, buscou-se reduzir a quantidade de informação, o que de certa forma compensou o número de dimensões analisadas: 6 bandas espectrais. Para tanto, foi realizado um registro precário, com ajuste manual sem pontos de controle, ajustando a imagem ao limite da unidade. Em seguida a imagem foi recortada pelo recorte da área protegida, com uma margem de segurança de dois quilômetros. Com uma área menor de interesse, a área recortada foi registrada com pontos de controle utilizando-se como referência as imagens Landsat 7 ETM do Geocover reamostradas para 30 metros. Como método de transformação foi utilizada a Polinomial de 1ª Ordem e como método de re-amostragem o do Vizinho-Mais-Próximo. Com estes dois procedimentos evitou-se ajustes em mais de um dos eixos da imagem, o que pode comprometer comparações multi-temporais devido à deformação e, concomitantemente, de alterar os níveis de cinza da imagem. O passo seguinte foi o de transformar as imagens de níveis digitais, de 0 a 255 níveis de cinza, em grandeza física através do processo de calibração. Os parâmetros foram obtidos do último processo de calibração radiométrica do Landsat 5 TM (Chander, Markham & Barsi 2007). Em seguida, foi realizada a correção atmosférica utilizando-se a rotina FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) tendo-se como foco somente a absorção. Como o Landsat não possui bandas de referência com absorção de vapor d'água foi utilizada como referência a coluna d'água com 4.11 g/cm^2 (ITT Visual Information Solutions 2007). Não foi implementada correção de transferência radiativa ocasionada por aerossóis, já que no ano de 2009 houve uma redução significativa de queimadas marcada por chuvas irregulares ao longo do ano. Também não se efetuou a correção da mistura radiativa entre *pixels* adjacentes. Em algumas cenas foi feita a avaliação do resultado da correção atmosférica observando-se os níveis de absorção nos comprimentos de onda do azul e infravermelho próximo em alvos de vegetação, solo e água.

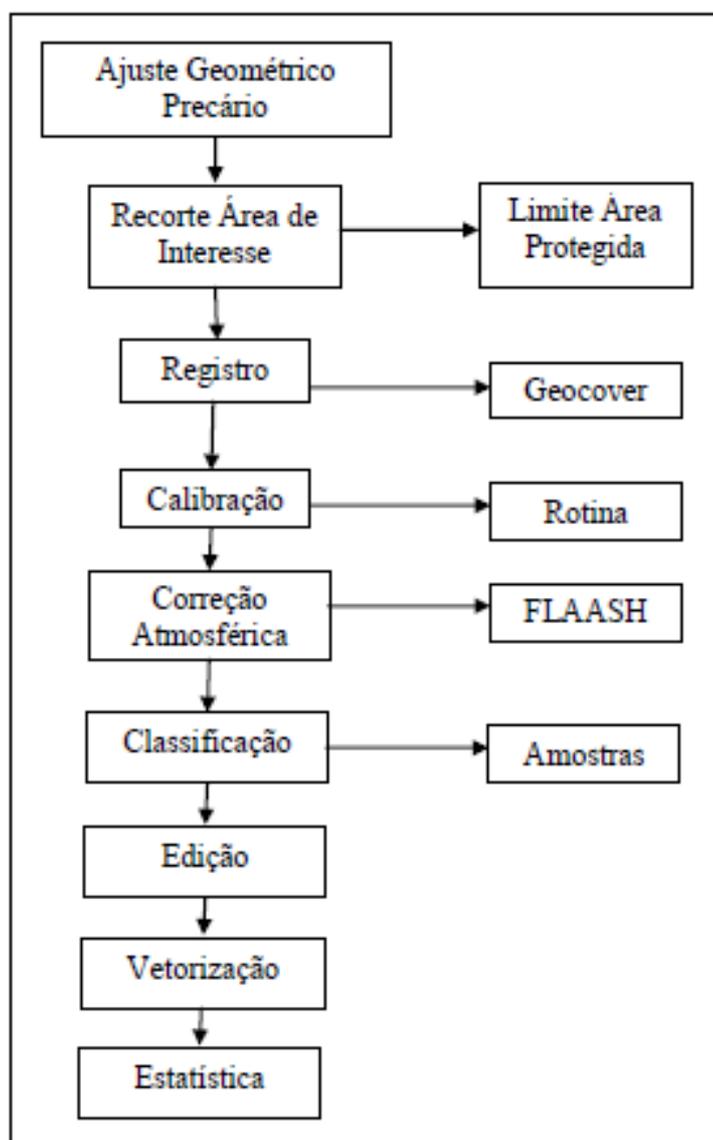


Figura 2. Modelo de processamento das imagens Landsat TM 5 para o ProAE 2010.

3.2.2 Imagens Alos Palsar

Foram selecionadas as imagens, quando disponíveis, no modo *Fine Beam Dual*, com as polarizações HH e HV, com resolução espacial de 12,5 metros. Na ausência destas optou-se por imagens *Fine Beam Single* que possuem somente a polarização HH, com resolução espacial de 6,25 ou no modo *Polarimétrico* com as polarizações HH, HV, VH e VV e resolução espacial de 12,5 metros.

O primeiro procedimento foi a correção do ruído nas imagens. Para isto, foi gerada a estatística da área útil da imagem e obtido o desvio padrão que foi utilizado como referência para a aplicação do filtro Sigma Lee. Este filtro foi o que apresentou melhores resultados por não criar artefatos na imagem, principalmente em sítios com efeitos de reflexão de canto. Para a manutenção das feições de alta frequência, como por exemplo as estradas, foi aplicado o filtro em células de 3x3 pixels.

Para as imagens no modo FBD foi gerada uma terceira banda pela diferença entre as bandas HH e HV.

Oportunamente, em caráter auxiliar, foi gerada uma quarta banda que foi a transformação da polarização HV em Sigma Noughth. Esta banda servia para analisar a grandeza física do espalhamento do alvo iluminado. Em seguida, as imagens foram registradas com o uso dos mosaicos do Geocover que foram reamostradas para 30 metros.

Com a sobreposição das camadas auxiliares do ProAE do Acre de 2009, compostas pelo desmatamento até 2008 e do mosaico do Landsat 5 TM de 2008 as imagens de radar foram interpretadas visualmente através de edição vetorial.

3.3 - Classificação Automática

As imagens Landsat 5 TM já processadas foram submetidas ao processo classificatório. A condução deste processo foi de forma supervisionada (seleção de amostras) com um algoritmo não linear. O classificador da Máquina de Suporte à Vetores – Support Vector Machine (SVM) foi utilizado para diferenciar duas classes: desmatamento e não-desmatamento. A Máquina de Suporte à Vetores se caracteriza por ser um classificador binário que separa as classes (x_i , x_j) em hiperplanos de n-dimensões. Assim, o diferencial está na implementação de modelos não lineares que separam as amostras, Figura 3. Para isto, é criada a normal do hiperplano w . A partir da normal são estimadas as margens de separação entre as classes, sendo que as amostras que estão mais próximas à normal são utilizadas com os Vetores de Suporte. Esta estimativa da distância entre os Vetores de Suporte é realizada pela Distância Euclidiana entre as amostras, onde é estimado o erro b . Para se distinguir a qual classe pertence uma amostra pode ser utilizado o modelo linear ou os modelos não-lineares – Polinomial, Função de Base Radial e Sigmóide. Assim, no modelo linear o hiperplano pode ser descrito inicialmente através da fórmula 4.3.1:

$$wT.x + b = 0 \quad \text{Fórmula 4.3.1}$$

Onde:

x = amostra no hiperplano

w = normal ou origem do hiperplano

T = transposição da matriz

b = viés dos dados estimados a partir da normal

As imagens Landsat 5 Tm foram processadas utilizando-se o modelo não linear através da Função de Base Radial. A Fórmula 4.3.2 descreve o modelo probabilístico de separação entre as classes.

$$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2) \quad \text{Fórmula 4.3.2}$$

Onde:

x_i , x_j = amostras no hiperplano

γ = Fator Gama – inverso do número de dimensões (bandas)

Utilizando a premissa de um classificador binário foram selecionadas amostras para áreas com desmatamentos e não-desmatamento (água, vegetação primária, vegetação secundária, rocha exposta, fogo).

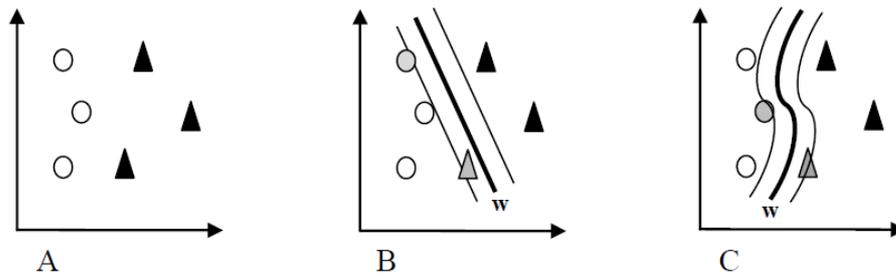


Figura 3. A) Dados hipotéticos com duas classes; B) Separabilidade entre as duas classes usando modelo linear; C) Separabilidade entre duas classes usando modelo não-linear. As figuras em cinza seriam os Vetores de Suporte em relação à normal – w .

3.4 - Interpretação Visual

As imagens Alos/Palsar foram solicitadas com dado em amplitude, o que permitia o uso de métodos mais usuais como segmentadores e/ou classificadores texturais. Classificadores texturais, usualmente, têm apresentado taxa de acerto entre 60% a 70% além do que demandam tempo de processamento. Segmentadores orientados a objeto têm apresentado resultados satisfatórios, em fases de testes, com as imagens Alos/Palsar. Diante da ausência de segmentador orientado a objeto e dos resultados não satisfatórios dos classificadores texturais optou-se pela interpretação visual para distinguir os desmatamentos dentro das áreas protegidas do Acre, para o ano de 2009.

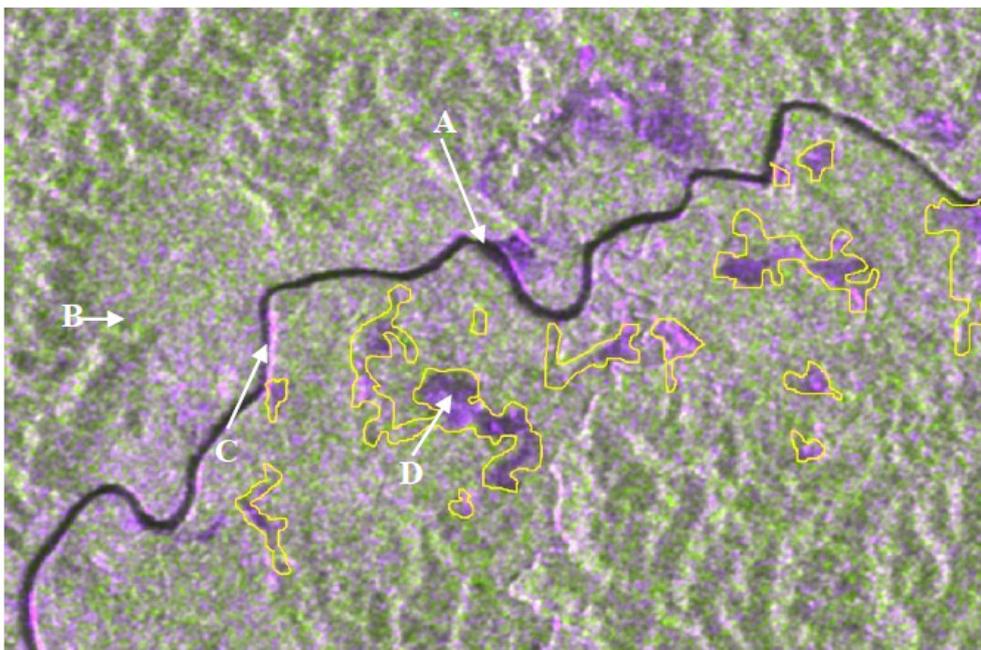


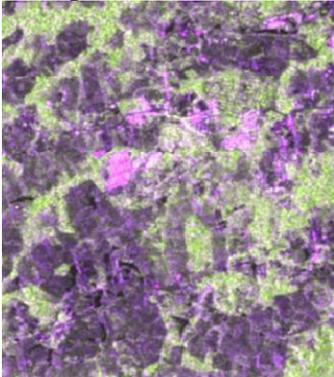
Figura 4. A) Água – espalhamento superficial; B) Vegetação – espalhamento em volume; C) Borda de rio - Reflexão-dupla; D) Desmatamento – espalhamento superficial.

As imagens do sensor Alos/Palsar foram interpretadas visualmente com edição vetorial na escala de 1:100.000. Para separar as classes desmatamentos e não-desmatamento (água, vegetação primária, vegetação secundária, rocha exposta, fogo) foram considerados os mecanismos de espalhamento em superfície, volume e reflexão-dupla associados aos respectivos níveis de cinza, Figura 4.

Além dessas características também foram considerados parâmetros de tonalidade, textura, forma e associações de feições, com exemplificado a seguir:

Tonalidade

Foi considerada a variação do nível de cinza da imagem em cada uma de suas polarizações para distinguir o desmatamento das outras as feições na imagem



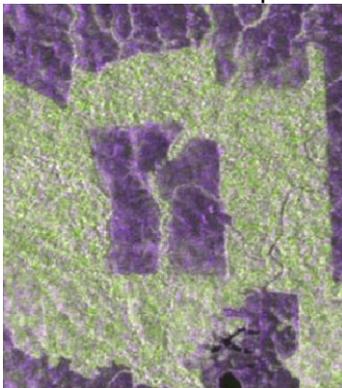
Textura

A variação nas tonalidades promoveu a formação de texturas lisas e rugosas utilizadas para distinguir as feições a exemplo de áreas pioneiras – a; água – b; e desmatamento - c.



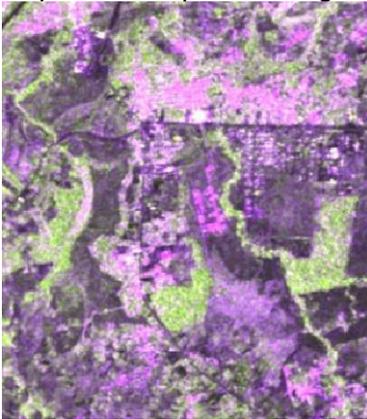
Forma

A distinção entre formas regulares – usualmente associado a ambientes sob uso e irregulares também foi utilizada para distinção das feições na imagem.



Associação

A associação de áreas alteradas com edificações (a); lagos artificiais (b) e estradas (c); serviram de parâmetro para distinguir feições de desmatamento na imagem.



Algumas dificuldades foram encontradas na separação entre feições de várzeas e áreas de pastagem já que parte das imagens analisadas são do período cheia para vazante (abril a maio) o que promove a inundação ou o encharcamento do solo o que limita a penetração do sinal de radar na banda L utilizada pelos Alos/Palsar. Para corrigir estas distorções são recomendadas atividades de campo em caráter complementar para validação dessas feições.

3.5 - Edição Matricial

Grande parte dos produtos gerados por processos automáticos estão sujeitos a erros. A edição matricial é uma forma de corrigir possíveis erros no processo classificatório, a ponto de melhorar o produto final. Neste caso, tal procedimento foi realizado em escala fixa (1:70.000), com os seguintes objetivos:

1. Reavivar as estradas e carreadores – este item é de fundamental importância para o projeto. É através das estradas e carreadores que são escoados os produtos obtidos pela antropização ilegal; a sua identificação é de extrema importância para a elaboração de relatórios de denúncias e de inteligência, os quais retratam a logística do transporte do material, além do acesso a estes locais pelas instituições responsáveis por fiscalização.

2. Confusão entre classes – na região de estudo ocorre uma formação denominada de “campos naturais” que se enquadra na tipologia Áreas Não-Antropizadas, haja visto que é uma vegetação natural. Tratando-se de imagens orbitais, esta vegetação natural apresenta grande similaridade em termos radiométricos com a tipologia Áreas Antropizadas, que correspondem a áreas que sofreram processo de antropização por corte raso. Visto que a dimensionalidade da informação é de caráter multiespectral, foi impossível separar os “campos naturais” (Áreas Não-Antropizadas) da tipologia Áreas Antropizadas. Para corrigir a classificação, a ponto de identificar os “campos naturais” como Áreas Não-Antropizadas, foi realizado a edição matricial com base em 2 parâmetros: forma, e temporalidade. Em geral, os campos naturais não apresentam formas regulares ocasionadas pela ação antrópica; e a temporalidade é um parâmetro essencial nos estudos de cobertura vegetal. Foram utilizadas imagens do mesmo sensor, porém de décadas passadas, onde a ação humana sobre a vegetação local ainda se apresentava bem incipiente. Nestas imagens foi possível identificar as áreas de Campos Naturais e editá-las na tipologia de Áreas Não-Antropizadas, corrigindo, assim, os erros ocasionados pela classificação.

A etapa de validação das informações em campo é essencial e indispensável no sentido de garantir uma melhor consistência nos resultados obtidos. No entanto, não houve a possibilidade da realização desta etapa neste ano, sendo que, para as próximas análises recomenda-se fazer um maior acompanhamento, principalmente para as áreas que forem consideradas mais críticas.

É importante enfatizar que foi feito um rigoroso trabalho de edição matricial, a ponto de verificar toda a classificação realizada dentro das áreas especiais, visto que tais informações serão utilizadas no SIPAM para apoiar os relatórios de indícios de ilícitos, os quais são, na sua maioria,

exigentes no que diz respeito à precisão da informação, além de subsidiar instituições parceiras que atuam nestas áreas. Cabe, também, salientar que as áreas de cerrado onde foram identificadas queimadas não foram classificadas como Áreas Antropizadas, visto a impossibilidade de saber a causa do incêndio (natural ou antrópico), exceto quando estas apresentavam formato regular, característico da interferência humana no ambiente.

3.6 - Análise Quantitativa

A análise quantitativa foi realizada para as 2 classes: Desmatamento e Não-Desmatamento. No desmatamento foram consideradas as áreas que sofreram desmatamento sob a forma de corte raso e áreas onde foi possível identificar, também, o corte seletivo de árvores em estágio já avançado, além das estradas e carreadores no interior da floresta até o ano de 2009.

No Não-Desmatamento foram consideradas as feições de vegetação primária, secundária, cursos de água, lagoas, queimadas, e rocha exposta. A análise quantitativa das áreas desmatadas ocorreu por meio de tabulação cruzada entre o produto temático gerado e os limites das Áreas Especiais. A partir daí foi gerada a carta imagem de cada uma das áreas protegidas, com a respectiva estimativa da paisagem alterada e com a quantificação do desmatamento, em cada um dos polígonos. Para facilitar a visualização, estes dados foram compactados e distribuídos na forma matricial, onde é possível visualizar as coordenadas e medir distâncias. Outro formato de visualização é o formato kml, compatível com diversos aplicativos de geoprocessamento, inclusive sistemas *web*, tais como o *Google Earth*. Para permitir agregar este produto a outras camadas de informação e visando a geração de novos produtos, o dado foi também distribuído no formato *shapefile*, que é um dos formatos que atendem aplicativos de geoprocessamento, sensoriamento remoto e plataformas CAD.