5. Resultados e Discussão

5.1 Técnicas de pré-processamento de imagens

5.1.1 Correção atmosférica

A correção atmosférica utilizando o método desenvolvido por Chavez (1996) foi aplicada nas primeiras 4 bandas do sensor TM e apresentou um resultado satisfatório. Quando comparado com os valores de reflectância aparente, sem a correção atmosférica, nas bandas do visível (0,45 a 0,69 nm), nota-se que a correção reduziu visivelmente o efeito do espalhamento atmosférico nestas bandas. Isso pode ser observado na figura 11.

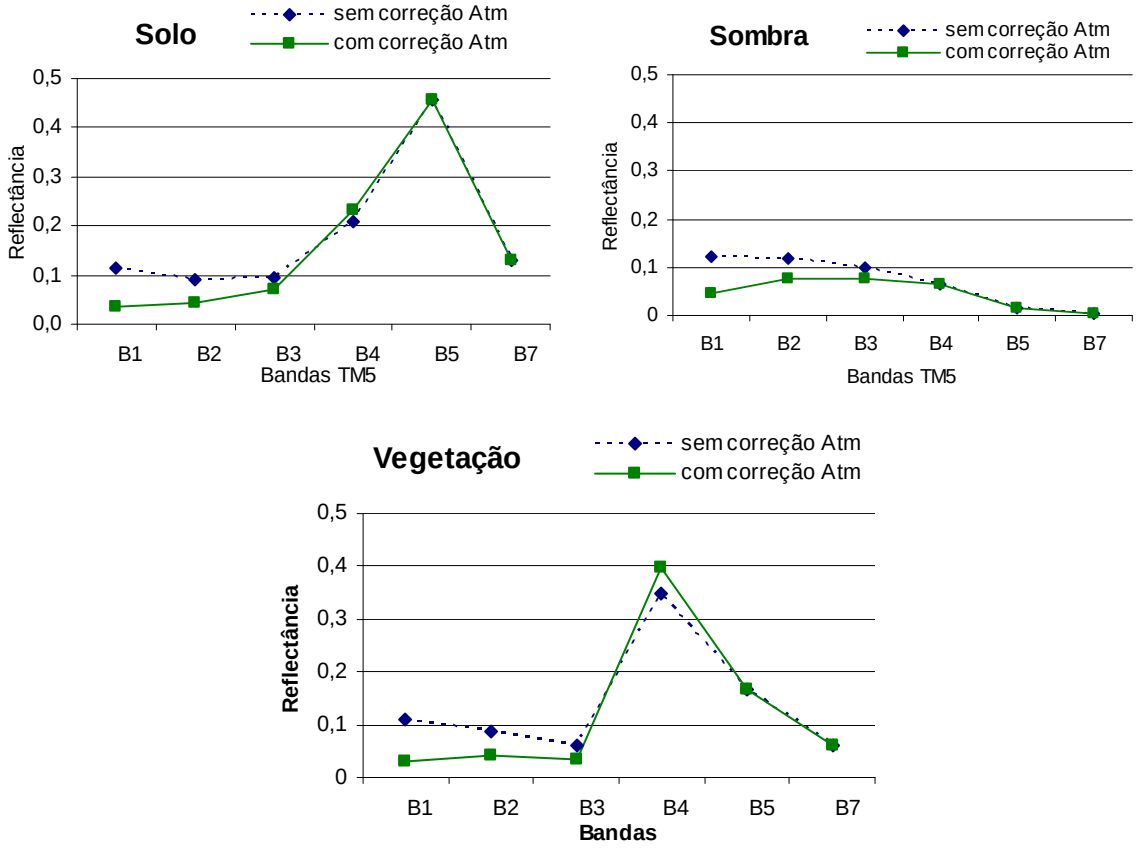

Fig.11- Curva espectral dos alvos: vegetação (a), solo (b) e água (c), em reflectância aparente (sem correção) e reflectância de superfície (após correção). Os valores para as bandas 5 e 7 estão em reflectância aparente.

A atenuação do espalhamento atmosférico foi mais evidente para a banda espectral do azul (TM1), a que, segundo Chavez (1988), é considerada a mais afetada pela interferência atmosférica.

Outro aspecto importante observado foi a capacidade do modelo em corrigir os efeitos multiplicativos da absorção de gases na faixa do infravermelho próximo. Tais efeitos causam a redução da reflectância nesse comprimento de onda.

Considerando-se tais aspectos, a metodologia adotada para correção dos efeitos atmosféricos permitiu uma adequada atenuação de tais efeitos, aproximando os alvos presentes na imagem à sua reflectância no terreno e apresentando um aspecto semelhante às curvas espectrais encontradas na literatura.

5.1.2 Correção geométrica

O modelo polinomial de primeiro grau, com reamostragem pelo interpolador do vizinho mais próximo foi aplicado na correção geométrica e resultou num erro quadrado médio (RMS) de 0,193, ou seja, um erro de 5,8 metros, podendo ser considerado aceitável para o tipo de aplicação utilizada neste estudo.

5.1.3 Modelo Linear de Mistura Espectral

O principal problema associado à mistura espectral está relacionado ao problema da identificação de um pixel dito puro (Endmember), do qual possa ser extraída a curva espectral de um determinado componente da cena imageada. Na figura 12, são apresentadas as curvas espectrais dos alvos puros de solo, sombra e vegetação selecionados para a aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral.

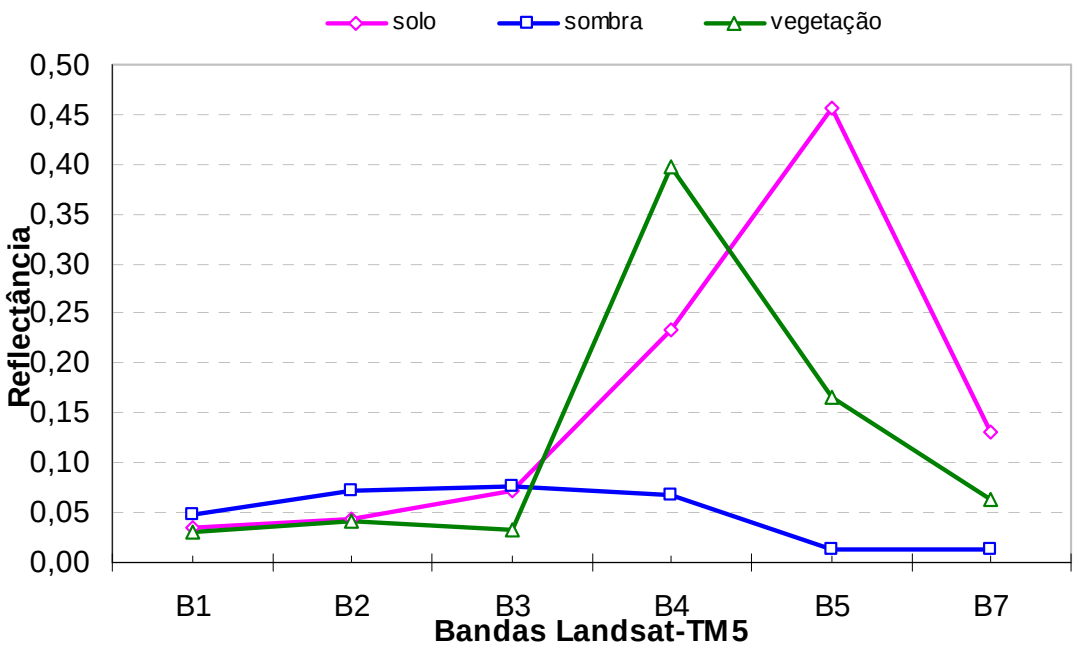

Fig.12- Curvas espectrais dos alvos puros selecionados para a determinação do modelo linear de mistura espectral.

Os componentes puros selecionados a partir da imagem Mosaico de 2005 foram utilizados para gerar as Imagens Fração derivadas do MLME. O resultado demonstrou que o modelo empregado foi bem ajustado, obtendo um erro médio quadrático do modelo (RMS – *Root Mean Squared "error"*) de 1,03. De acordo com Adams et al. (1995), um modelo pode ser considerado bem ajustado quando o valor do RMS é baixo e as frações estão dentro de um limite entre 0 e 1. Assim, analisando-se os histogramas das imagens fração derivadas do MLME, verificou-se que os componentes puros modelaram cerca de 95% dos pixels.

As imagens fração solo, sombra e vegetação resultantes da aplicação do MLME na imagem do Landsat 5 TM sem a interferência da atmosfera são apresentadas na figura 13. Esta figura mostra, em tons de cinza mais claro, a predominância dos componentes puros de suas respectivas frações.

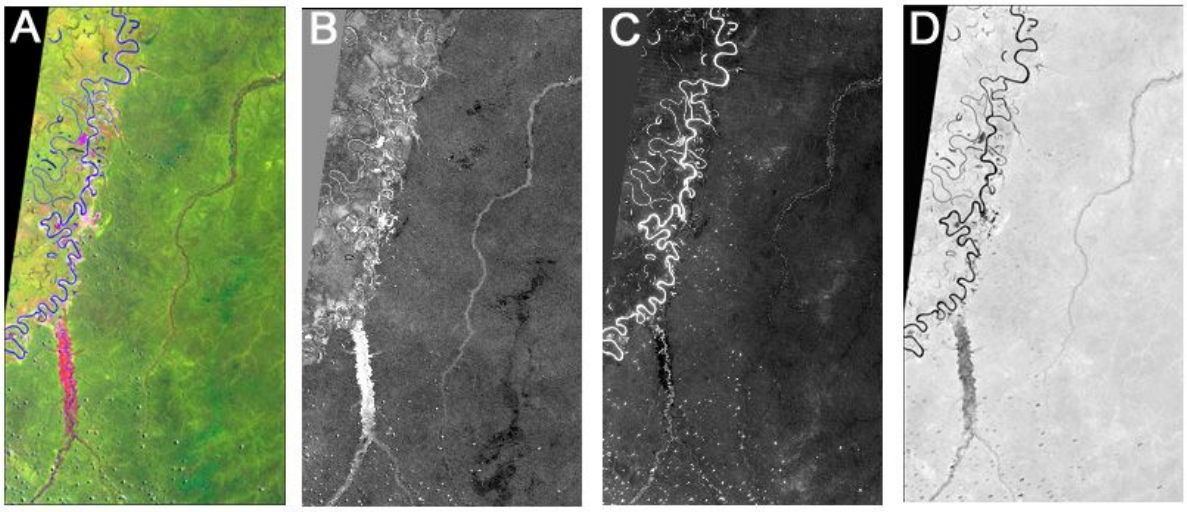

Fig.13- (A) Composição colorida TM/Landsat 5 (R5G4B3) da região de Juruá/AM; (B) Imagem fração solo; (C) Imagem fração sombra; e (D) Imagem fração vegetação.

Na figura acima, nota-se que, na imagem fração vegetação, por exemplo, os pixels mais claros são aqueles que possuem maior quantidade de vegetação. Nessa mesma imagem fração vegetação, os corpos de água e as áreas desmatadas apresentam-se escuros exatamente por não possuírem qualquer percentagem de cobertura vegetal. Assim, pode-se afirmar que os pixels mais claros são aqueles que apresentam maiores proporções da componente da imagem fração resultante do modelo linear de mistura espectral.

5.2 Dados SRTM no delineamento das florestas alagadas

Todas as discussões apresentadas até o momento referiram-se ao estudo das propriedades espectrais dos objetos e, como foi observado anteriormente, as componentes do MLME foram essenciais na discriminação de classes de cobertura e uso do solo pelo algoritmo de Árvore de Decisão em grande parte das fisionomias presentes na área de

estudo. Porém, houveram dificuldades na separação entre as florestas de Terra-Firme e Florestas Alagadas.

A biodiversidade e a estrutura dos ecossistemas estão intimamente relacionadas com suas características físicas. Muitas dessas influências podem ser atribuídas a padrões de distribuição espacial da freqüência e duração da inundação (Junk, 1997). Esta variação é determinada pela elevação e posição das planícies fluviais e pela amplitude anual do nível dos rios. Os padrões geomorfológicos locais também são determinantes para a biodiversidade e estrutura das florestas alagadas. Sendo a geomorfologia um dos fatores que influenciam na formação de florestas alagadas, essa característica pode ser utilizada para distingui-las de outros ecossistemas.

Assim, foram utilizados os dados do Modelo Digital de Elevação derivados do SRTM (Figura 14) para delinear os ecossistemas de florestas alagadas, na tentativa de discerni-las das demais unidades geomorfológicas presentes na área de estudo.

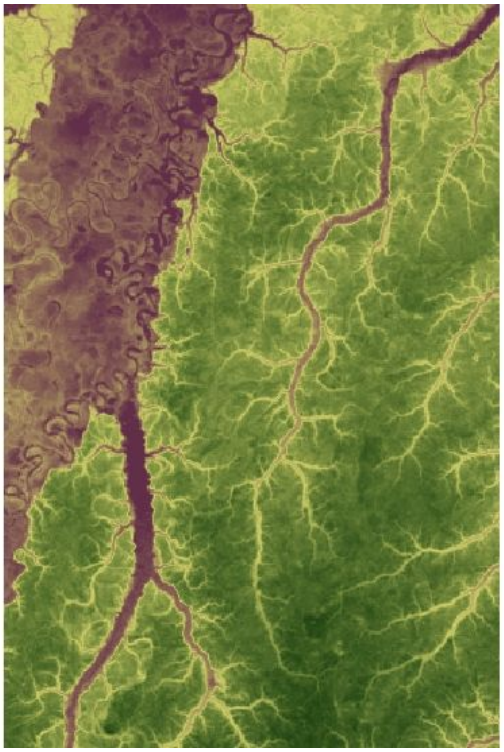

Fig.14- Imagem SRTM da região do Baixo Juruá /AM, na resolução 30 metros.

Hamilton *et al.* (2006) também utilizaram os dados do SRTM para delinear as florestas alagadas no Peru, definidas pelos autores como sendo terras adjacentes aos rios que apresentam um nível de elevação contrastante com os antigos aluviões das terras altas. Os autores utilizaram um índice de razão computado pela média de altura de um objeto específico na imagem dividido pela média de altura de todos os objetos circundantes a ele,

em um raio de 500 pixels. Este método mostrou-se eficiente para separar as florestas alagadas do restante da cena.

De acordo com alguns autores, a distribuição de espécies e a estrutura geomorfológica das florestas alagadas também podem ser analisadas pelo gradiente de inundação dos rios. As florestas alagadas podem ser separadas em 3 habitats característicos: Várzea Alta, Várzea baixa e Chavascal (Junk, 1989; Ayres,1993).

Wittmann *et al*. (2002) afirmam que as florestas de várzea alta estabelecem-se em locais onde a coluna de água não ultrapassa 3 metros de inundação, permanecendo inundadas por até 50 dias por ano. Já a várzea baixa ocorre em locais com inundação superior a 3 metros, ficando submersas por mais de 50 dias por ano. Os chavascais são áreas de terras baixas onde a coluna de água pode alcançar até 7 metros e permanecerem inundados por até 8 meses por ano. Kubitzki (1988) relata que a coluna de água pode atingir até 15 metros de altura a partir dos bancos de areia expostos.

Com base nesta definição, o critério utilizado para mapear as florestas alagadas foram áreas que estivessem localizadas até 15 metros de altura medidos a partir de bancos de areia expostos nas margens do Rio Juruá, utilizando para isso o Modelo digital de elevação derivado dos dados SRTM para o delineamento das florestas alagadas. Dentro dessa amplitude de 15 metros, considerada como florestas alagadas, foram separadas duas outras subclasses baseadas em Wittmann *et al. (*2002), como mostra a figura 15.

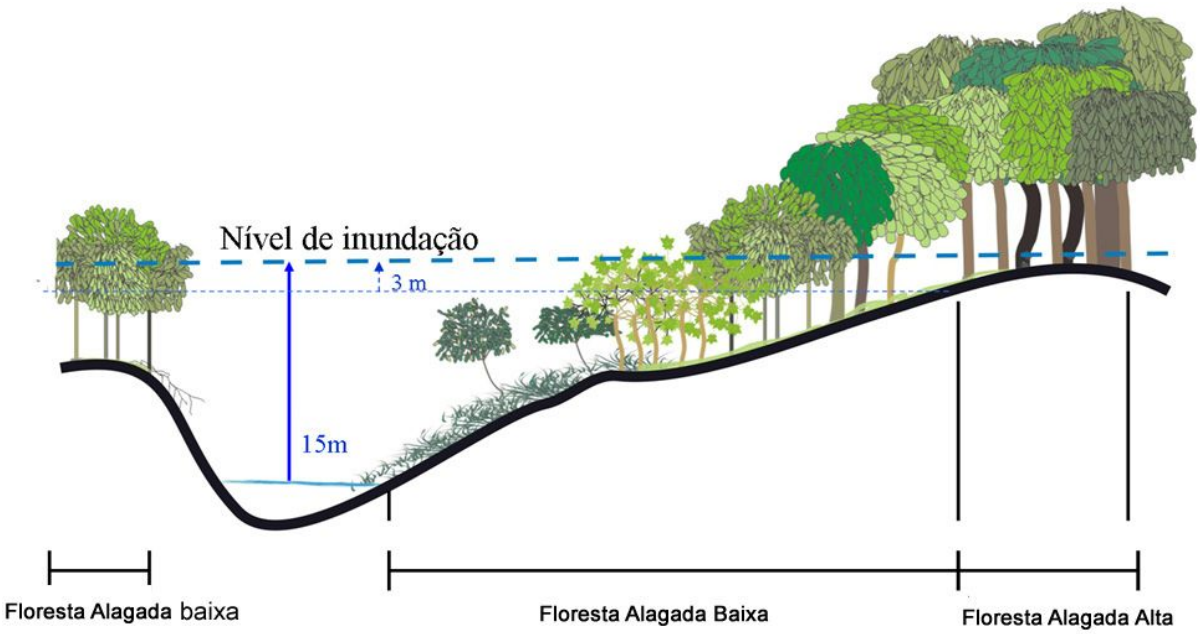

Fig.15- Perfil esquemático da divisão em sub-classes das Florestas Alagáveis, adaptado de Wittmann et al. (2002).

O critério para mapear as áreas de florestas alagadas até 15 metros de altura, a partir de bancos de areia nas margens dos rios, pode gerar informações errôneas com uso do SRTM. Isto se deve por ocorrer uma interferência da altura das árvores, considerando que a superfície apresentada no modelo representa a topografia de topo dos dosséis florestais. Entretanto, a metodologia aplicada apresentou resultados satisfatórios na delimitação das florestas alagáveis, sendo caracterizadas da seguinte maneira:

Floresta Alagada Alta- Caracterizada pelas florestas de várzea alta que se estabelecem em locais onde a coluna de água não ultrapassa 3 metros de inundação.

Floresta Alagada Baixa- Caracterizada pelas florestas de várzea baixa e áreas de chavascais, ocorrendo em locais com inundação superior a 3 metros.

Floresta Alagada Baixa de Igapó- Áreas inundáveis por rios de água escura.

Na figura 16 podemos observar as características da Floresta Alagada Baixa de Igapó, onde a topografia de topo do dossel revela os limites entre a floresta alagável e a floresta não-alagável.

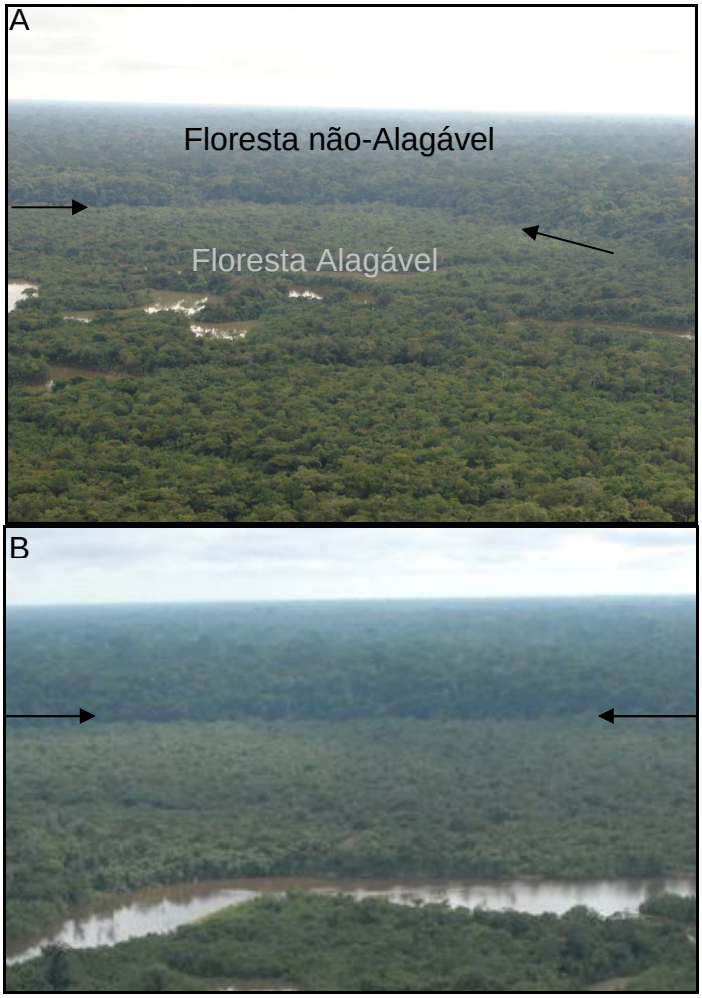

Fig.16- Fotografia aérea da região da Floresta Alagada Baixa de Igapó, em 10/10/2007. Em “A” e “B” as setas pretas indicam a linha limítrofe entre áreas alagáveis e não alagáveis.

5.3 Classificação pela técnica de Árvore de Decisão

Este trabalho relacionou atributos derivados de um modelo digital de elevação, de dados de sensoriamento remoto e de transformações de imagens para realçar áreas de vegetação e uso do solo na área de estudo em uma classificação temática baseada num algoritmo de Árvore de Decisão.

Os resultados mostraram que a classificação por Árvore de decisão apresentou-se satisfatória e cumpriu os objetivos de mapeamento e caracterização da área de estudo, gerando um mapa temático de cobertura e uso do solo com 9 classes distintas, classificadas como: Floresta de Terra- Firme, Floresta Alagável Alta, Floresta Alagável Baixa, Floresta Alagável Baixa de Igapó, Sucessão secundária, Agropastoril, Desmatamento recente, Bancos de areia/ Solo exposto e Água.

Na figura 17 é apresentada a Árvore de Decisão, gerada para mapear e caracterizar a cobertura vegetal e o uso do solo da Reserva, e na tabela 5 a respectiva legenda.

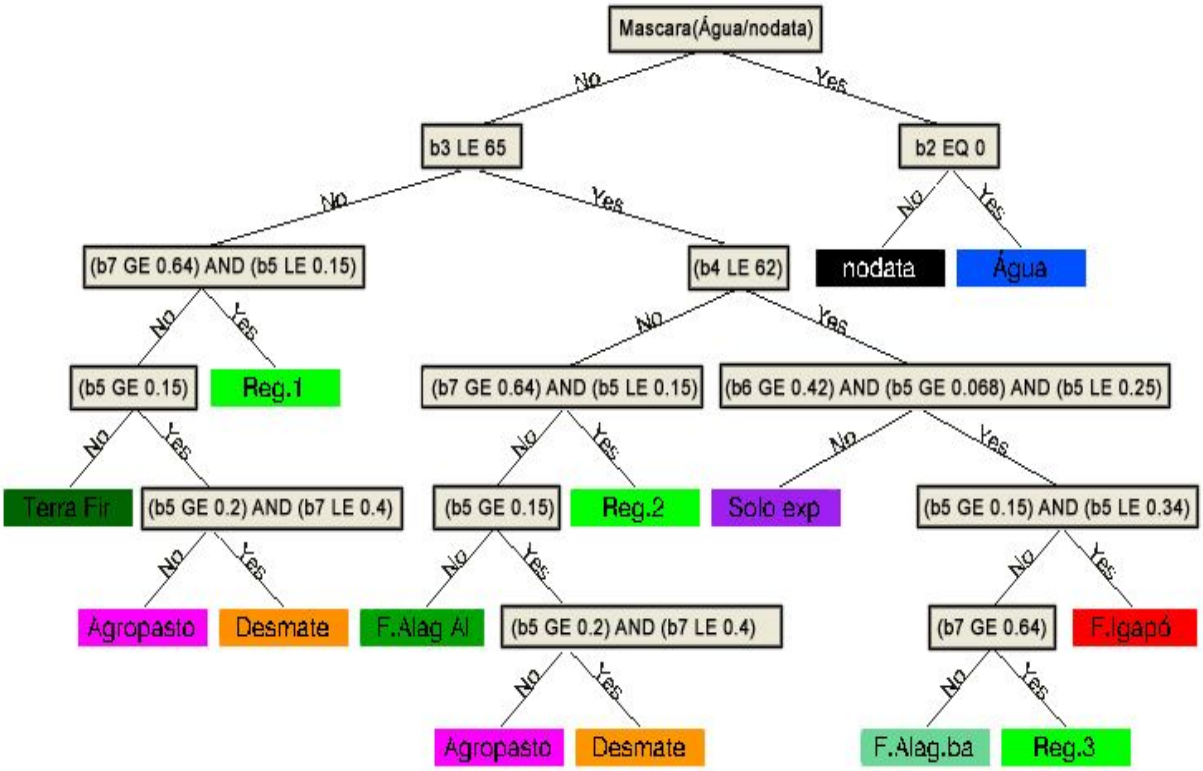

Fig.17- Árvore de Decisão. Retângulos em cinza (nó de decisão) apresentam as expressões utilizadas pelo algoritmo. Os retângulos coloridos representam os nós da classificação final.

Tab.5- Variável e o seu respectivo arquivo associado, utilizada pelo classificador.

Variável	Arquivo associado
b1	Máscara "água e nodata"
b2	Mascara "nodata"
b3/b4	SRTM_Altitude (metros)
b5	MLME_Fração Solo
b6	MLME_Fração Sombra
b7	MLME_Fração Vegetação

O algoritmo de Árvore de Decisão apresenta os atributos com o maior poder discriminatório. Assim, dos 12 atributos do conjunto de dados, 6 não foram utilizados pelo algoritmo por apresentarem informações pouco significativas ou redundantes.

A imagem fração solo foi o atributo que mais vezes foi utilizado no classificador, oito vezes ao todo. Já a Banda 7 do *Landsat-TM5* foi utilizada uma vez apenas, no nó raiz, e foi utilizada para separar a água das demais classes. Segundo Maciel & Padilha (2005), a regra mais importante é apresentada no primeiro nó da árvore (nó raiz) e as regras menos relevantes são apresentadas nos nós subseqüentes. A Tabela 6 apresenta os atributos que mais contribuíram para a construção da Arvore de decisão pelo número de vezes que foram utilizados.

Tab.6- Relação de atributos e a quantidade de vezes que eles foram utilizados pelo algoritmo. (*Atributos não utilizados)

Atributos	*N° de vezes*
Banda 1	*
Banda 2	*
Banda 3	*
Banda 4	*
Banda 5	*
Banda 7	1
Fração Solo	8
Fração Sombra	2
Fração Vegetação	4
SRTM Altimétrico	2
SRTM Declividade	*

No geral, os atributos gerados a partir do Modelo Linear de Mistura Espectral mostraram-se os mais expressivos na separação das classes, considerando o número de vezes em que foram utilizados.

5.4 Análise pelo índice de Jeffries-Matusita e Transformada de divergência

Uma primeira análise da classificação por árvore de decisão foi feita usando o índice de distância de Jeffries-Matusita e Transformada de divergência (J.A. Richards, 1999). Este índice calcula a separabilidade espectral entre pares de classes, considerando ambas as análises. Este índice apresentará valores variando de 0 a 2 e indicarão o quanto se diferenciam estatisticamente os pares de classes. Assim, valores maiores que 1,9 indicam que o par de classes analisado apresentam uma boa separabilidade espectral, ou seja, estes pares não apresentarão dificuldades em serem separados em uma classificação espectral qualquer. Na tabela 7, são apresentados os valores obtidos pela análise de Jeffries–Matusita e Transformada de divergência conforme descrito anteriormente.

Tab.7- Índices de Jeffries-Matusita e Transformada de divergência Os números em vermelho mostram os valores abaixo de 1,9 e os números acima deste valor estão em verde.

	Floresta de Terra Firme	Floresta Alagada Alta	Floresta Alagada Baixa	Floresta de Igapó	Floresta Secundária	Agro - pastoril	Desmate	Solo Exposto	Água
Floresta de Terra Firme									
Floresta Alagada Alta	0,76								
Floresta Alagada Baixa	1,62	0,57							
Floresta de Igapó	1,99	1,99	1,99						
Floresta Secundária	1,99	1,97	1,97	2,00					
Agro pastoril	1,99	1,96	1,95	1,92	2,00				
Desmate	2,00	2,00	2,00	1,99	2,00	1,53			
Solo Exposto	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
Água	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	

Observa-se, pelos índices, que os pares de classes de floresta relacionado à cobertura florestal apresentaram baixos valores no índice de Jeffries-Matusita (abaixo de 1,9), indicando uma baixa separabilidade destas classes quando analisadas apenas espectralmente. Estes números indicam uma possível confusão espectral entre determinadas classes de cobertura e uso do solo da cena estudada e também dão idéia da dificuldade de distingui-las usando apenas os atributos espectrais das bandas do *Landsat*-TM.

5.5 Análise da classificação por Árvore de Decisão

Nas imagens fração solo, sombra e vegetação resultante da aplicação do MLME (Figura 18), têm-se uma área na Comunidade de Botafogo onde se percebe claramente, em rosa, as áreas desmatadas que serão convertidas em roçado. Observam-se, também, em amarelo nesta mesma figura, áreas com vegetação em regeneração. Estas áreas em amarelo foram abandonadas após a colheita de dois ou três ciclos de roçado.

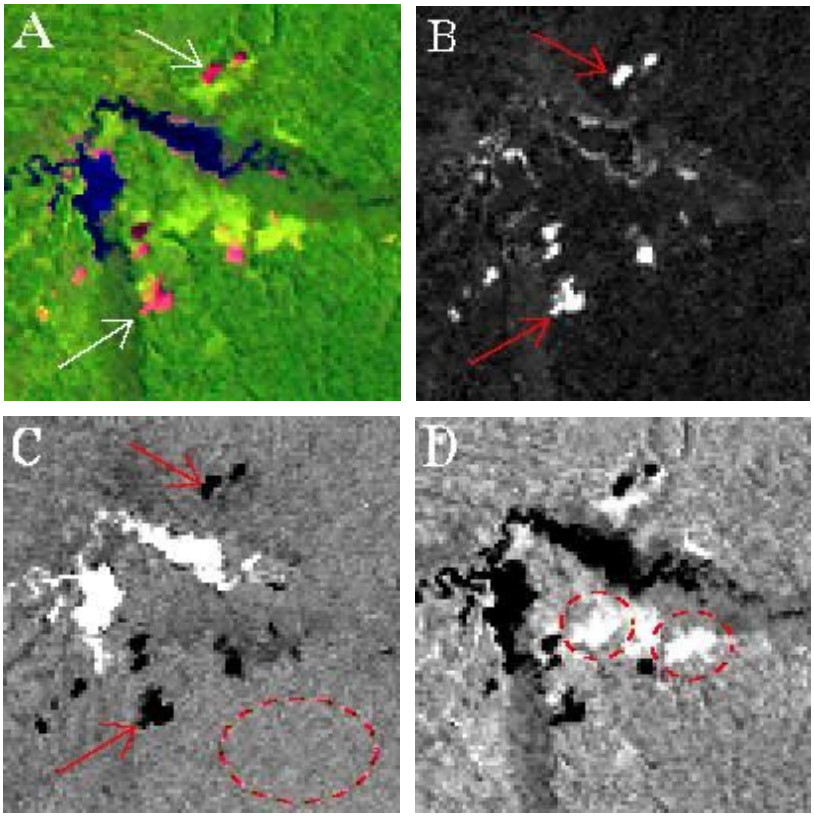

Fig.18- Área de uso do solo na Comunidade do Botafogo, Juruá/AM. Em (A) Composição colorida TM/Landsat 5 (R5G4B3). Setas brancas indicam novas áreas agrícolas; (B) Imagem fração solo; (C) Imagem fração sombra, setas vermelhas indicando áreas sem floresta e círculo vermelho indicando floresta intacta, e (D) Imagem Fração Vegetação, círculos vermelhos indicam florestas secundárias.

Áreas de floresta em processo de regeneração são evidenciadas em tons de cinza claro na imagem fração vegetação (Figura 18-d). Por sua vez, áreas de florestas intactas e que apresentam uma estrutura irregular do dossel apresentam uma maior quantidade de sombra, podendo ser observadas, nesta mesma fração, em níveis de cinza mais escuros. A componente sombra (Figura 18-c) pode ser considerada a mais expressiva para separar floresta de não floresta e para caracterizar a estrutura do dossel (Shimabukuro e Smith, 1991). Além disso, esta componente possui pouca ou nenhuma contribuição nas áreas de pastagem, solo exposto e vegetação secundária, como pode ser visto nesta mesma figura.

Os valores médios de proporção de cada componente nas diversas fisionomias são apresentados na tabela 8.

Tab.8- Panorama comparativo dos valores médios das proporções dos componentes extraídos de 20 amostras de 4 x 4 pixels

Classes	*VEGETAÇÃO*	*SOMBRA*	*SOLO*
FLORESTA DE TERRA-FIRME	**57**	**32**	**12**
FLORESTA ALAGADA ALTA	**57**	**31**	**12**
FLORESTA ALAGADA BAIXA	**58**	**30**	**13**
FLORESTA ALAGADA DE IGAPÓ	**53**	**26**	**21**
F SECUNDÁRIA/AGROSILVICULT	**65**	**26**	**9**
AGROPASTORIL / CIDADE	**46**	**23**	**31**
DESMATAMENTO /ROÇADO NOVO	**21**	**21**	**58**
SOLO EXPOSTO/ BANCOS DE AREIA	**9**	**27**	**64**
ÁGUA	**12**	**72**	**16**

A tabela 8 apresenta um panorama comparativo das proporções dos componentes de mistura (solo, sombra e vegetação) em cada fisionomia. Em todas as amostras de cada fisionomia analisada observou-se uma uniformidade das fisionomias de Floresta de Terra Firme e Floresta Alagadas. Todas as fisionomias de floresta apresentaram proporções médias da componente vegetação acima de 50%, entre 53 e 58%, com exceção da Floresta Secundária, que teve em média 65% de componente vegetação, devido à baixa quantidade de solo.

A Floresta Secundária obteve a maior proporção do componente vegetação, seguido da Floresta Alagada baixa (58%). A classe “floresta secundária”, considerada nesta análise como áreas florestais em processo de regeneração vegetal, foram caracterizadas por apresentar o maior valor médio da fração vegetação, com acréscimo de 8 % em relação ao da floresta de Terra-Firme. Já os valores médios da fração solo (9%) e sombra (26%) foram respectivamente 3% e 6% mais baixos do que os da floresta de Terra-Firme.

A figura 19 mostra que algumas áreas de Floresta Secundária podem apresentar mais sombra do que solo e outras áreas o inverso. Florestas secundárias mais velhas desenvolvem uma estrutura complexa, assemelhando-se espectralmente à floresta primária.

Fig.19- (a) Regeneração densa de Cecrópia, (b) área em regeneração pós-roçado, juntamente com plantios de Andiroba (agrofloresta).

Este fato está associado à diversidade de formações secundárias de diferentes idades nesta região, nas quais o solo pode estar mais exposto nas florestas mais jovens, ou então, no caso de florestas secundárias mais antigas, o dossel pode estar mais denso, ocasionando um maior sombreamento e conseqüentemente uma menor influência do solo na resposta espectral desta feição, a ponto de serem confundidas com floresta primária.

A análise dos estágios de sucessão reflete a evolução da área em termos de uso e cobertura do terreno. A utilização de imagens referente a apenas uma data de aquisição não permite inferências precisas sobre uma possível diferenciação espectral dos diferentes estágios de sucessão, conforme demonstrado por Roberts *et al.* (2002), onde foram utilizadas imagens de séries históricas do satélite *Landsat* (33 imagens dentro de três áreas continuas) na estratificação de classes de uso da terra e dos estágios regenerativos da cobertura vegetal.

A sucessão secundária também apresenta vários estágios em decorrência do tempo de abandono da área e pode ser o resultado de áreas desmatadas para diversos fins, como a agricultura familiar (Figura 20).

Fig.20- Área abandonada pós-roça.

Este trabalho considerou apenas um estágio sucessional, denominado floresta secundária, que pode ser discriminado eficientemente dos outros tipos de florestas por suas características espectrais. Assim, áreas onde a cobertura e o uso do solo apresentaram assinaturas espectrais semelhantes àquelas da classe Floresta secundária poderão estar relacionadas às áreas de cultivo agroflorestal, como culturas de frutíferas e oleaginosas, que são tipos comuns de uso do solo na Reserva Extrativista do Baixo Juruá e estão incluídas nesta classe, como pode ser observado na figura 21 abaixo.

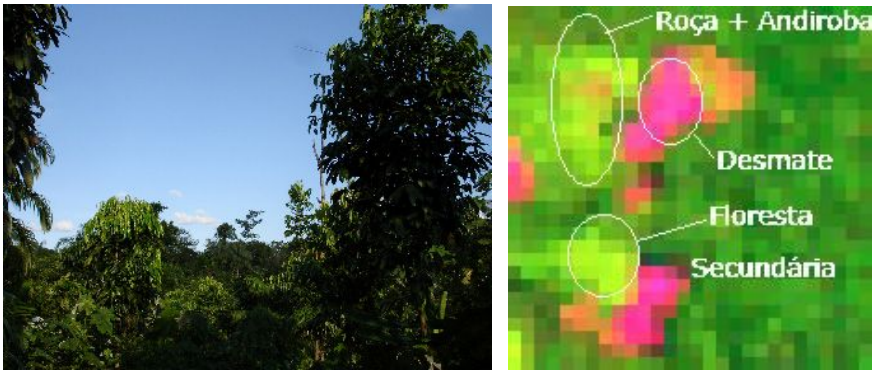

Fig.21- Em (A) plantio de Andiroba consorciado com outras frutíferas em meio a floresta secundária formada após abandono do roçado, e (B) características espectrais das classes em uma composição RGB543 Landsat/TM.

Na figura 21 é apresentado o padrão de uso do solo nas comunidades da Resex, onde o plantio consorciado de espécies arbóreas assemelha-se espectralmente às áreas de sucessão florestal, podendo causar confusão na interpretação dos dados de sensoriamento remoto. Isto explica a inclusão destas fisionomias na classe Floresta secundária.

As fisionomias de floresta (terra firme e alagada) diferenciaram-se bem das áreas classificadas como Desmate e Agropastoril, sendo possível notar na imagem fração vegetação as diferenças destas fisionomias de menor cobertura vegetal com aquelas florestadas. Na figura 22, a seguir, nota-se que a imagem fração solo permitiu distinguir as áreas em que a maior proporção do componente solo estava presente, mas não foi capaz de separar as fisionomias de desmate recente das áreas de pasto e agricultura, inseridas na classe Agropastoril. Já a imagem fração vegetação (Figura 22-c) apresentou-se mais eficiente na distinção destas duas fisionomias.

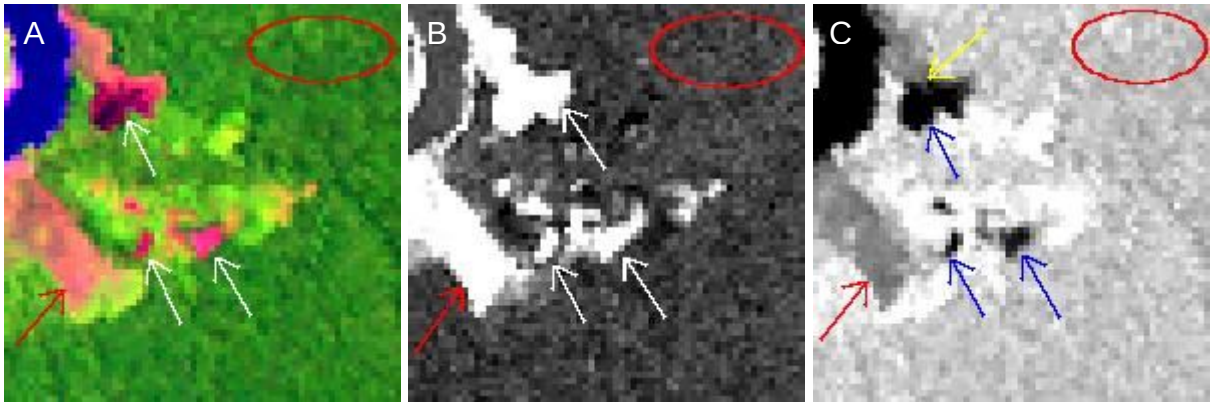

Fig.22- Comunidade de Arati. Em (A) composição RGB543; (B) Imagem fração solo e (C) Fração Vegetação. Em (A), (B) e (C) elipse vermelha indica a Floresta de Terra-Firme, setas brancas e azuis indicam áreas de menor cobertura vegetal (Desmate recente) e setas vermelhas indicam pasto. Em (C), seta amarela indica área de transição entre Pasto e Desmate recente.

As áreas de pastagens bem manejadas são minorias dos casos de padrões de uso do solo na Amazônia. Em condições de pasto limpo, com área bem manejada, altura uniforme da gramínea e baixa ocorrência de "espécies invasoras", a influência do sinal espectral do solo é maior quando comparada ao cenário mais comumente observado nas atividades pecuárias da região Amazônica, onde a expressiva ocorrência de vegetação de porte alto (espécies invasoras) apresenta uma relação diretamente proporcional com o fator sombra.

Assim, esta relação pode estar acontecendo ao contrário em áreas onde a atividade pecuária ocorra com menor intensidade e onde ocorre uma maior proporção da componente vegetação, pois introduz um aumento conseqüente de sombra à medida que a vegetação cresce. Esta relação "inversa" entre o solo e a vegetação pode estar associada à presença de vegetação arbustiva e arbórea na área e, assim, a proporção da componente vegetação pode ser maior do que o solo.

No caso da Resex do Baixo Juruá, pode-se afirmar que a maioria das áreas destinadas ao pastoreio são consideradas "pastos sujos" e, por isso, foram reunidas em uma única classe denominada "Agropastoril", onde os roçados mais antigos e com maior cobertura vegetal também estão incluídos (Figura 23).

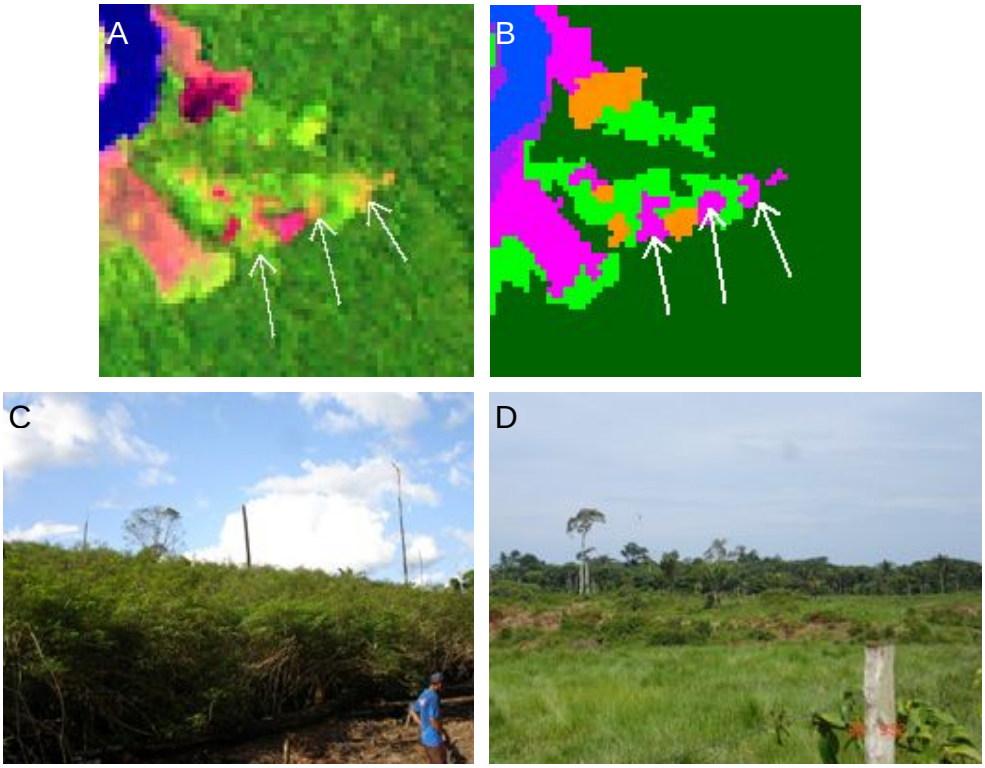

Fig.23- (A), composição RGB543. Setas brancas indicam áreas de roçados antigos; em (B), setas branca indicam áreas de roçado antigo gerado pela classificação por árvore de Decisão; (C), roçado antigo com aproximadamente 1 ano e meio, e "D" pasto sujo aparentando bastante semelhança com as áreas roçado antigo.

A análise das proporções de "vegetação", "solo" e "sombra" foram essenciais para caracterizar e distinguir as diferentes classes de uso e cobertura do solo, tais como: áreas florestadas, áreas em uso, desmatamento, bancos de areia e água.

A figura 24, a seguir, representada por um diagrama ternário das proporções de cada componente puro utilizado no MLME, ilustra a distribuição e o agrupamento de cada classe de cobertura do solo nas proporções em que ocorrem em cada fração dos componentes. Deste modo, realizou-se uma análise de 20 amostras de 16 pixels (4 x 4 pixels) obtidas a partir das imagens sintéticas do MLME, para cada classe. Esta análise demonstra que, em geral, as imagens fração solo, sombra e vegetação contribuíram sensivelmente na distinção de classes feitas pelo classificador por árvore de decisão.

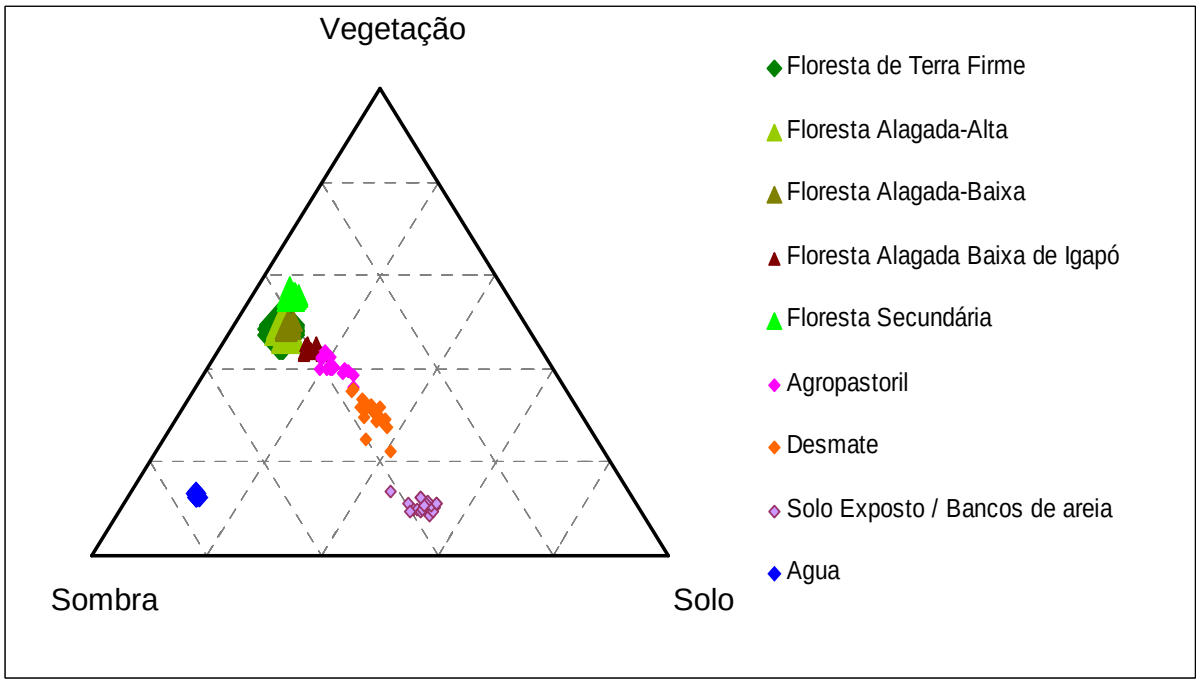

Fig.24- Diagrama ternário das proporções de cada componente puro utilizado no MLME.

A figura 24 apresenta um panorama comparativo das proporções dos componentes de mistura (solo, sombra e vegetação) em cada fisionomia classificada. Na análise da distribuição das classes num espaço de atributos tridimensional, observa-se que algumas classes encontram-se tão próximas que é difícil observá-las no gráfico devido a esta sobreposição de pontos.

Nas classes água, solo exposto e desmatamento recente, foi possível visualizar uma sensível separação na distribuição destas fisionomias com uma maior quantidade do componente solo na classe Solo exposto. Na área de estudo, esta classe esta caracterizada pelos bancos de areia que ocupam grande parte do leito do Rio Juruá, visto que a única cena *Landsat* utilizada na classificação foi obtida no período de maior vazante do rio. Estes bancos de areia, mais conhecidos como “praias”, também devem a sua formação ao elevado grau de meandricidade do curso deste rio. Estão inseridos nesta classe, os locais de solo exposto referente aos lagos secos e proximidades de lagos em forma de “ferradura”, típicos de áreas alagadas. Isso explica a significante contribuição da componente sombra nas características desta classe (27%).

As áreas de desmatamento recente (Figura 25), observadas nas visitas de campo, não seguem o padrão dos grandes desmatamentos da região Amazônica que ocorrem nas fronteiras agrícolas dos estados do Pará e Mato Grosso. Ao contrário, estas novas áreas de supressão florestal nas comunidades da Reserva Extrativista ocupam pequenas áreas e são caracterizadas pela baixa utilização de maquinário e o uso intensivo da força humana.

Tais áreas apresentam uma grande quantidade de vegetação morta, às vezes queimada e também com algumas espécies arbóreas como a castanheira (*Bertholethia excelsa*) e algumas palmeiras permanecendo em pé, como pode ser observado na figura 25. A configuração desta fisionomia pode explicar as altas taxas da componente sombra, e até vegetação, sendo que a componente solo permanece sempre em maior proporção.

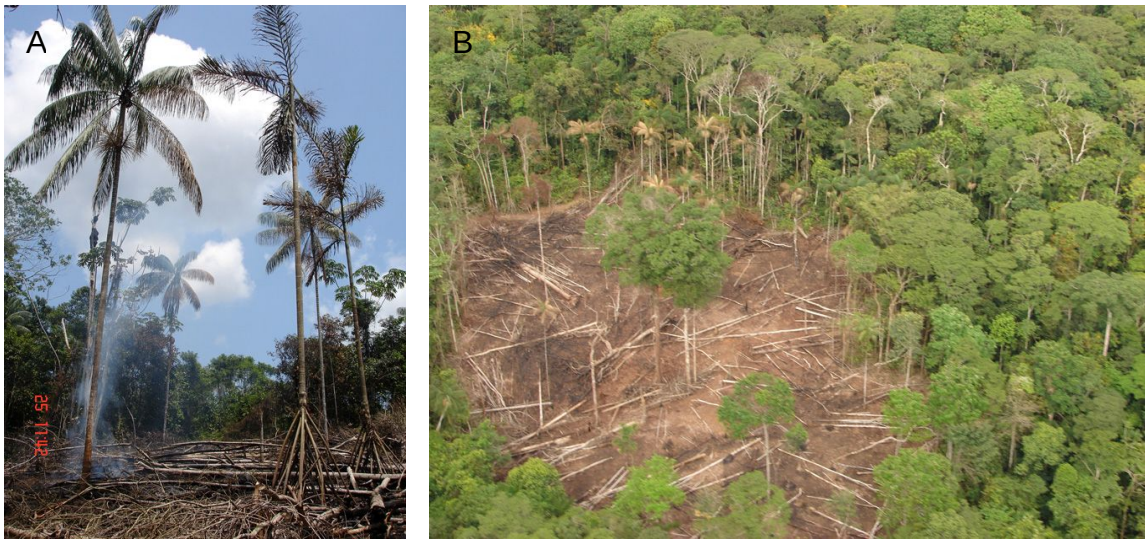

Fig.25- Em "A", grande quantidade de vegetação morta, queimada e com algumas espécies arbóreas permanecendo em pé. Em "B", fotografia aérea de 10/10/2007 mostrando o padrão de desflorestamento em comunidades tradicionais da Resex do Baixo Juruá.

A análise da distribuição das classes pelas proporções dos componentes de mistura demonstrou que as florestas primárias (terra firme, inundada alta e baixa) não puderam ser diferenciadas entre si somente pelas componentes solo, sombra e vegetação, exceto a floresta Alagada de Igapó, que apresentou níveis mais baixos de proporção dos componentes vegetação e sombra (53 e 26%) e a mais alta proporção de solo (21%), se comparado com as outras fitofisionomias de floresta.

Esse resultado era esperado visto que o Igapó geralmente apresenta uma baixa cobertura de vegetação e é composta predominantemente por pequenas árvores de no máximo 10 metros de altura e muitos arbustos (Worbes, 1997), como pode ser observado na figura 26. Esta fisionomia é caracterizada por ser uma floresta alagada por rios de água preta e pobre em nutrientes devido a sua elevada acidez e baixa concentração de sedimentos.

Visualmente, é possível observar uma grande diferença entre a fisionomia de floresta de Igapó e as outras fitofisionomias (Figura 26-c,d,e), apresentando maior quantidade do componente solo e valores de proporção da componente vegetação relativamente baixos se comparados com as outras fitofisionomias florestadas.

Na figura 26-“a” e “b” é possível de se observar as áreas de solo exposto na Floresta de Igapó, devido a baixa densidade de árvores de pequeno porte, dando um aspecto particular a esta tipologia de floresta e explicando os altos valores de reflectância na Banda 5 e de proporção da fração solo do MLME.

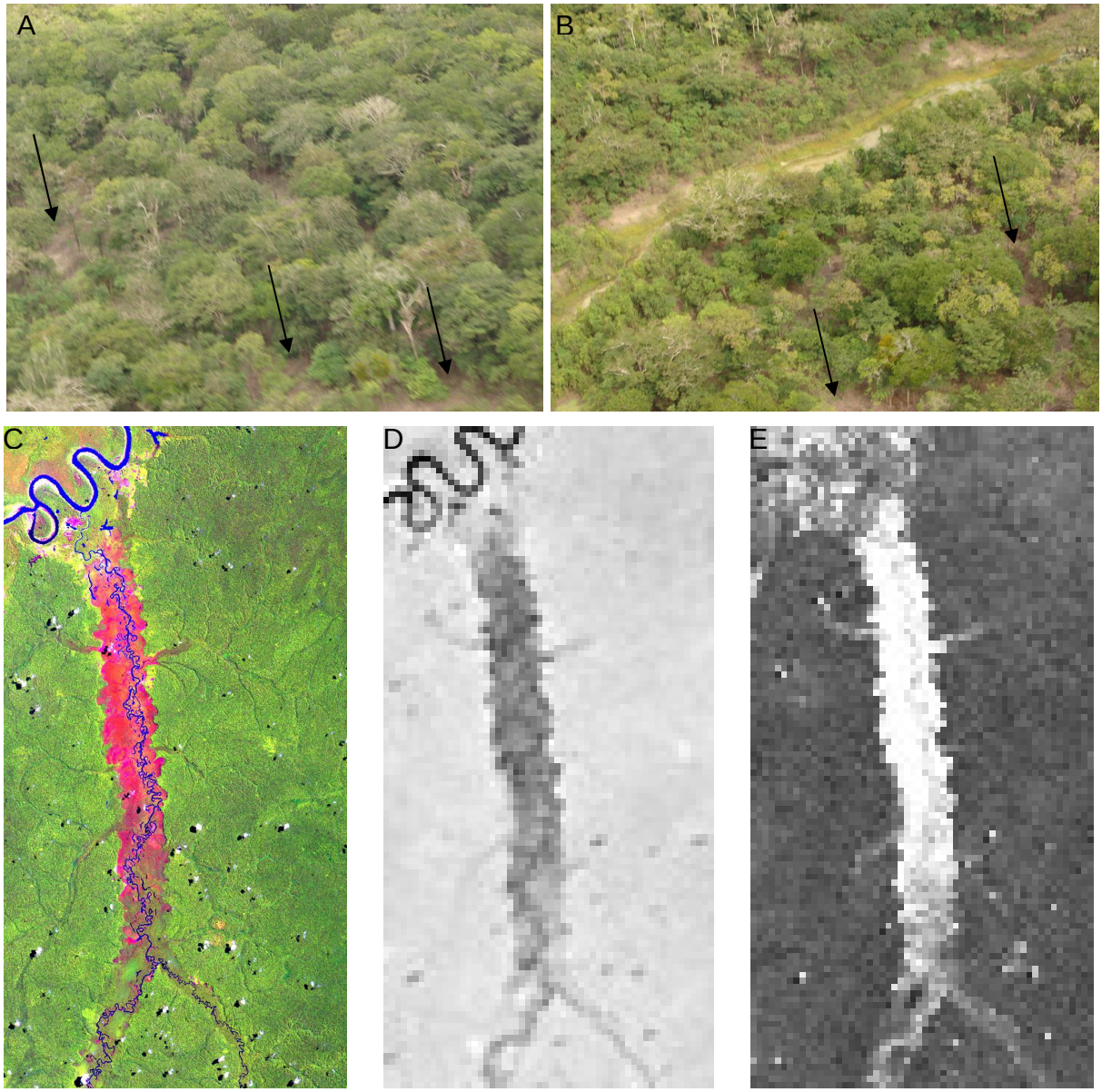

Fig.26- (A) e (B) Imagem aérea da floresta de igapó no período de seca (10/10/2007). Setas pretas indicam a baixa densidade da cobertura vegetal e o solo exposto logo abaixo do dossel. (C) Floresta de Igapó em destaque na composição RGB543, (D) Imagem fração vegetação e (E) Imagem fração solo.

5.6 Avaliação da exatidão do mapeamento resultante da técnica de Árvore de Decisão

Com base na matriz de erros (Tabela 9), pode ser observada a tendência da distribuição dos erros ou confusões na classificação das classes de objetos. Assim, foi avaliado o desempenho da classificação resultante da técnica de árvore de Decisão utilizada para o mapeamento da vegetação e cobertura do solo pelos índices de exatidão global e de coeficiente *Kappa.*

Tab.9- Matriz de confusão; TF=Terra Firme; FS=Floresta secundária; A/solo= Bancos de areia e solo exposto; Desm=Desmatamento recente/roça nova; F.A.A=Floresta Alagável alta; Agrop=Agropastoril; F.A.B=Floresta Alagada baixa; F.I=Floresta de Igapó.

	Referência Terrestre										
Classes	**T.F**	**Água**	**F.S**	**A/solo**	**Desm.**	**F.A.A**	**Agrop**	**F.A.B**	**F.I**	**Total**	**Erro de Comissão**
T.F	**2008**	0	57	0	0	168	2	0	0	2235	10.16
Água	0	**2030**	0	0	0	1	0	0	0	2031	0.05
F.S	6	0	**1173**	3	0	13	0	17	0	1212	3.22
A/solo	0	0	0	**1389**	0	0	9	1	178	1577	11.92
Desm.	0	0	0	2	**512**	0	120	0	0	634	19.24
F.A.A	0	0	0	0	0	**1070**	2	1	0	1073	0.28
Agrop	0	0	0	0	33	0	**350**	0	0	383	8.62
F.A.B	0	0	1	0	0	170	0	**2233**	75	2479	9.92
F.I	0	0	1	14	0	0	10	1	**1794**	1820	1.43
Total	2014	2030	1232	1408	545	1422	493	2253	2047	**13444**	
Erro de Omissão	0.30	0.00	4.79	1.35	6.06	24.75	29.01	0.89	12.36		
Exatidão Global 93,4%							**Coeficiente *Kappa* = 0,92**				

Os resultados encontrados na tabela 9 indicam que a classificação obtida pela técnica de árvore de decisão obteve um bom desempenho e pode ser considerada como excelente, por apresentar um índice de exatidão global de 93,4% e um coeficiente Kappa de 0,92.

A exatidão global do mapa temático é expressa pela razão entre os pontos corretamente classificados e o total de pontos de referência. O valor do Coeficiente Kappa obtido foi menor que a exatidão global. Isto se justifica em função do Coeficiente Kappa considerar todas as células da matriz de erros no seu coeficiente.

Durante a fase de análise da classificação, observou-se que uma confusão maior ocorreu entre as três classes de floresta (Terra-Firme, Alagada Alta e Alagada baixa); embora tendo uma “assinatura espectral” semelhante, a confusão observada entre estas classes foi relativamente pequena. Segundo Crosta (1993), o resultado de uma classificação normalmente é uma imagem com muito ruído, causado por pixels isolados ou poucos pixels atribuídos a diversas classes, que ocorrem próximos a áreas homogeneamente classificadas. Deste modo, utilizou-se um filtro de maioria (3x3) para eliminar estes ruídos, de modo que o pixel isolado é incorporado à classe de maior freqüência na janela de 3 x 3

pixels. Em alguns casos, estes ruídos foram solucionados através da edição dos polígonos erroneamente classificados.

5.7 A cobertura da terra na RESEX do Baixo Juruá

A etapa final constou da elaboração de um mapa de cobertura da terra para a RESEX do Baixo Juruá de acordo com a classificação obtida pela árvore de decisão, apresentando a distribuição espacial dos tipos de cobertura da terra, como áreas florestadas, modalidades de uso do solo e informações atualizadas de desflorestamento para o ano de 2005. Na tabela 10, são apresentadas as áreas de cobertura total da RESEX e para cada classe de cobertura da terra obtidas pelo classificador.

Tab.10- Quantificação da cobertura da terra separada em classes, obtidas pelo classificador por árvore de decisão

	Classes	ha	%
1	Floresta de Terra-Firme	154.323,09	88,95
2	Floresta Alagada baixa	8.997,66	5,99
3	Floresta Alagada alta	3.832,56	2,19
4	Floresta secundária	2.383,29	0,42
5	Floresta de Igapó	2.098,89	1,20
6	Água	1.034,10	0,59
7	Solo exposto/areia	752,76	0,43
8	Agropastoril	597,15	0,18
9	Desmate/ novo roçado	99,90	0,04
	TOTAL	174.119,40	100,00

Na tabela 10 nota-se que a Reserva Extrativista do Baixo Juruá é quase que totalmente coberta por alguma tipologia florestal, destacando-se a Floresta de Terra-Firme com 88,95% da área total. Essas relações podem ser visualizadas na figura 27 abaixo e no mapa final da classificação (Figura 28).

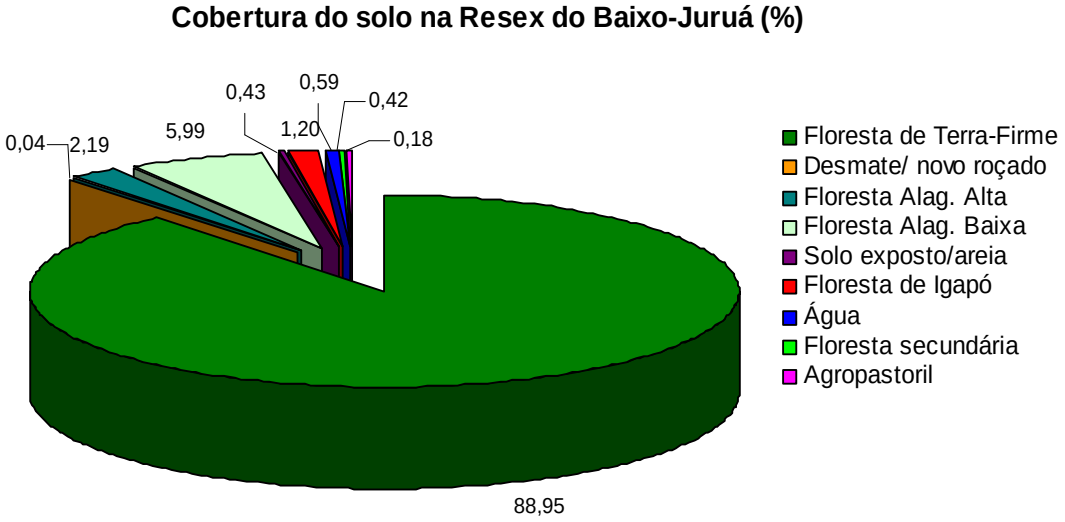

Fig.27- Cobertura do solo na RESEX do Baixo Juruá

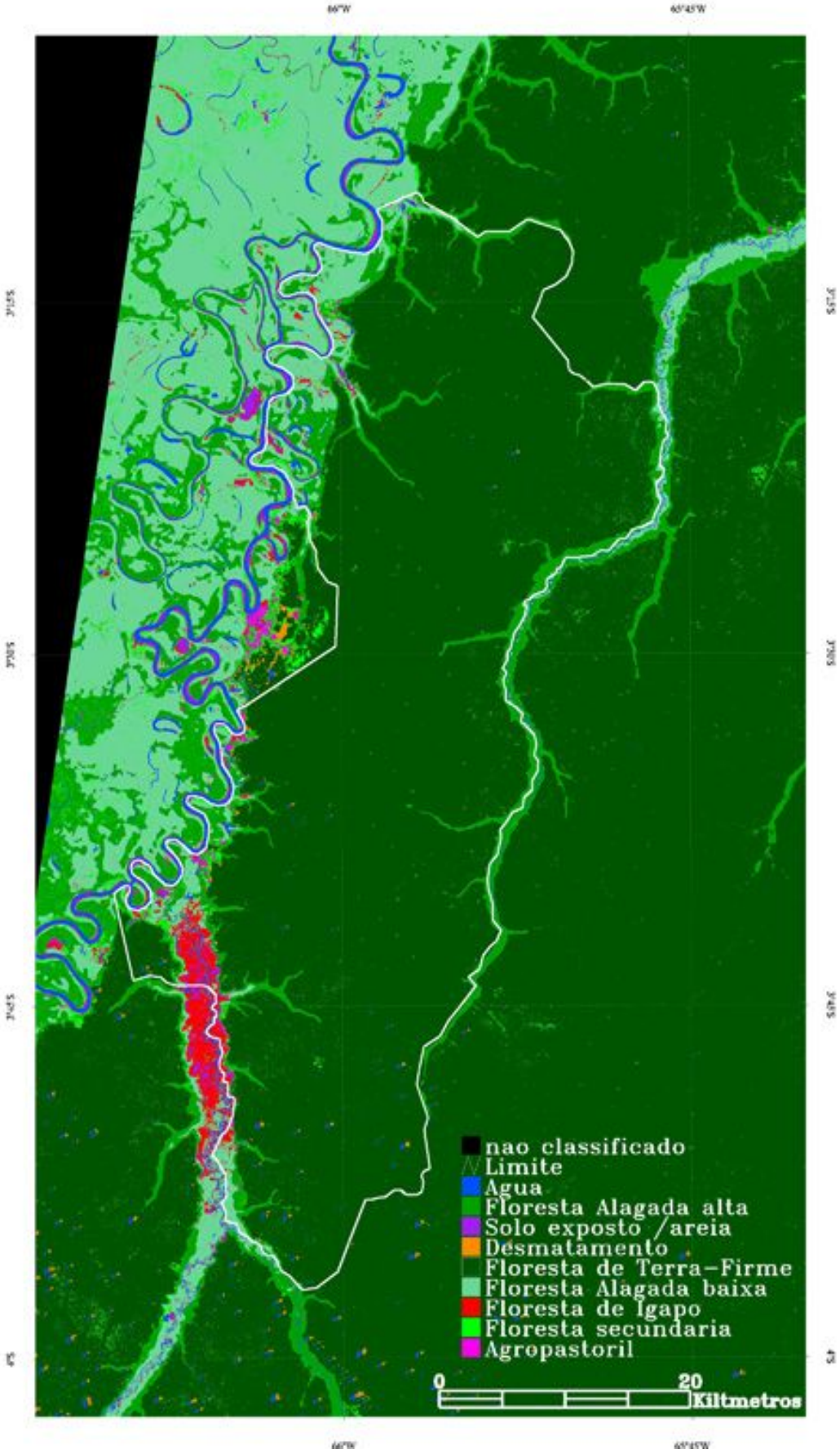

Fig.28- Mapa final da classificação. Reserva Extrativista do Baixo Juruá (AM)