

# TRANSFORMAÇÕES NA COBERTURA DO SOLO NA ÁREA URBANA DE COARI EM FUNÇÃO DA EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA

Wagner Santos de Almeida<sup>1</sup>  
Newton Moreira de Souza<sup>2</sup>

**Resumo:** A exploração petrolífera na Província Petrolífera de Urucu, um enclave distante 280 km da sede do município de Coari/AM, vem acarretando transformações significativas na cobertura do seu solo, por processos de desmatamento nas áreas florestais causados tanto pela empresa exploradora como pela população migrante. O objetivo do artigo foi diagnosticar as mudanças temporais e espaciais que ocorreram na cobertura do solo, em função exclusiva da exploração petrolífera, desde o seu início em 1987 até o ano de 2003, utilizando-se a variável da cobertura do solo como principal indicador para o espaço territorial. A metodologia empregou técnicas de geoprocessamento e de processamento de imagens digitais de sensores remotos orbitais, cujos resultados obtidos constataram intensos processos de desmatamento, além de detectar áreas que podem vir a sofrer desastres ambientais decorrentes dessa exploração petrolífera e que permitem colocar questionamentos sobre o seu custo ambiental decorrente.

**Palavras-chave:** exploração petrolífera; riscos ambientais; desflorestamento; geoprocessamento.

## TRANSFORMATIONS OF THE SOIL COVERAGE RELATED TO PETROLEUM EXPLOITATION IN THE URBAN AREA OF COARI

**Abstract:** Petroleum exploitation in the Urucu Petroleum Province (280 km from the municipality of Coari, Amazonas, Brazil) has been causing significant transformations over soil coverage. Those transformations are related to deforestation processes carried out either by the petroleum company or by the migrant population associated with it. This paper aims to diagnose temporal and spatial changes on soil coverage exclusively due to petroleum exploitation, since its beginning in 1987 until 2003, assuming the soil-coverage variable as the main indicator for the territorial space. Methodology was based on techniques of geoprocessing as of orbital remote sensor digital image processing. Results showed intense deforestation processes and detected areas that could experiment environmental disasters derived from such

<sup>1</sup> Professor Adjunto da Universidade de Brasília (UNB) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. wagnersa\_98@yahoo.com.

<sup>2</sup> Professor Associado da Universidade de Brasília (UNB) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. nmsouza@unb.br.

petroleum exploitation, which arises questions about the environmental costs implied.

**Keywords:** petroleum exploitation; environmental risks; deforestation; geoprocessing.

## INTRODUÇÃO

A emergência e o desenvolvimento das economias petrolíferas acarretam efeitos múltiplos sobre a organização do espaço que, no caso da Província Petrolífera de Urucu (PPU) no município de Coari/AM, são marcadas pelo surgimento de um enclave de exploração comercial de hidrocarbonetos em plena floresta amazônica. Coari, como exemplo marcante desse tipo de exploração econômica, tornou-se um ambiente regional desarticulado, com desequilíbrios na gestão do território municipal e com profundas modificações e desagregações nos sítios locais, principalmente em suas áreas rurais.

Segundo Cáuper (2000) e ONIP (2002), a exploração de hidrocarbonetos em Coari foi iniciada na década de 1970 pela fase de pesquisas de jazidas no solo, utilizando métodos de prospecção sísmica, que abriram clareiras em florestas e utilizaram cargas explosivas para análise das ondas sísmicas que penetravam camadas sub-superficiais do solo. Em seguida, implantou-se a fase de exploração de hidrocarbonetos que envolveram profundas transformações do espaço, tais como: aberturas de estradas, construção de “helipontos” e de pistas de pouso, construção de alojamentos e de edifícios de administração e de controle, implantação de torres de bombeamento, perfuração de poços, construção de tanques de armazenamento e de usinas de transformação, entre outras. A transformação do espaço continuou na fase de transporte dos hidrocarbonetos para os centros consumidores, com as construções de portos; de oleodutos e gasodutos; de terminais de armazenamento e assim por diante.

Essas transformações produziram impactos significativos e até irreversíveis na cobertura do solo, e não se limitou apenas ao enclave inserido na área florestal amazônica, como é o caso da região da Planície Petrolífera de Urucu (PPU). Almeida e Souza (2008) constataram que essa exploração petrolífera, desde o seu início no ano de 1987, desencadeou processos de migrações de contingentes humanos, oriundos principalmente de municípios vizinhos, em busca de emprego e melhores condições de vida que, supostamente, seriam oferecidos pela indústria petrolífera. Assim, a ocupação do espaço urbano foi desordenada, caracterizada por ações de desmatamento na área peri-urbana no município de Coari/AM.

A produção diária da PPU no ano de 2003, segundo a Petrobrás (2003), estava em torno 130 mil barris/dia de petróleo, o que equivalia a 5,5% da produção nacional naquele ano. A sua produção de gás liquefeito de petróleo (GLP), por exemplo, abastece atualmente os estados da Amazônia do Maranhão, Piauí e parte do Ceará, com concessão de exploração até 2024. Mesmo com as substanciais receitas recebidas pelo município de Coari, oriundas do pagamento de “*royalties*” de petróleo conforme estabelecido pela Lei Nº. 9478/97, conhecida como Lei do Petróleo, verificou-se que não se conseguiu organizar a expansão populacional decorrente dos significativos fluxos migratórios, que foi a causa principal da destruição de florestas e respectivos ecossistemas, em uma pressão contínua por espaços, que afetaram diretamente a cobertura de seu solo.

Para se estudar os impactos e transformações ocorridas na cobertura do solo do município de Coari/AM é fundamental que se proceda à análise espacial ao longo de período de tempo, que corresponde ao início da exploração petrolífera até o período estudado. Essa análise espacial necessita da integração das informações oriundas de fontes distintas, como as cartográficas, as de campo, as imagens de sensores remotos e entrevistas com atores sociais, entre outras. Para integração desses dados são ferramentas imprescindíveis os algoritmos de geoprocessamento, inseridos em um ambiente computacional de um sistema de informações geográficas (SIG), que permite que seja realizada uma análise dinâmica de espaços geográficos e contribuir na proposição de solução de problemas de cruzamento de dados oriundos de várias fontes heterogêneas de informações.

Assim, para se compreender como se dão essas transformações espaciais causadas na cobertura do solo pela exploração de hidrocarbonetos é preciso executar um monitoramento espacial e multitemporal da mesma, utilizando-se as imagens de sensores remotos orbitais, como as do satélite Landsat, que abrangem um período de mais de 30 anos de imageamento. No caso do Município de Coari/AM, por situar-se em área florestal de proporção considerável, com 57.529,70 km<sup>2</sup>, e de difícil acesso, torna-se indispensável à aplicação de uma metodologia que empregue essas tecnologias para elaborar um diagnóstico das transformações da cobertura do solo associadas à exploração petrolífera em seu território.

O problema da pesquisa complementa o apresentado em Almeida e Souza (2008), com enfoque distinto ao abordar, não as mudanças temporais e espaciais que ocorreram na cobertura do solo decorrentes das migrações antrópicas e, sim, aquelas que foram acarretadas por ação direta da Petrobrás, que modificaram profundamente sua paisagem florestal. A hipótese formulada é que essas transformações somente existiram em função da exploração petrolífera em seu território e para verificação e teste de sua veracidade, a pesquisa em pauta utiliza a variável da cobertura do solo como indicador dessas transformações no espaço territorial. Desta forma o objetivo deste trabalho é analisar as principais transformações ocorridas na cobertura do solo do Município de Coari/AM, decorrentes exclusivamente da exploração petrolífera ocorrida em seu território, no período de 1987 a 2003.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

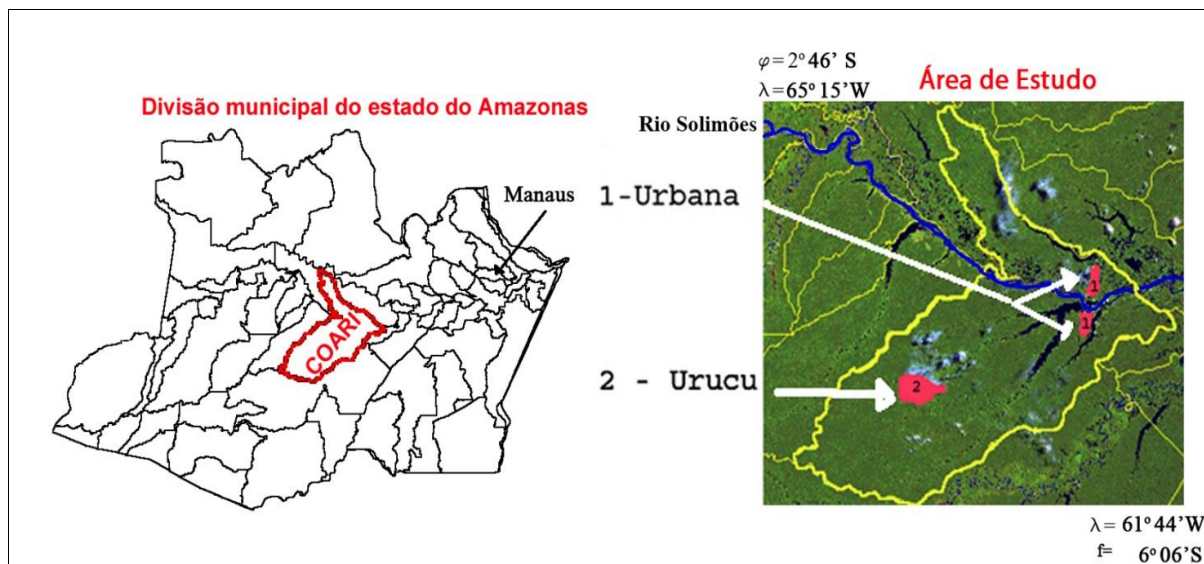
A área de estudo se situa nos limites do município de Coari, no estado do Amazonas, abrangendo as circunvizinhanças da sua área urbana e a Província Petrolífera de Urucu (PPU), localizada a cerca de 270 km da sede municipal. Apesar de Coari possuir uma considerável área de 57.529,70 km<sup>2</sup>, a sua área urbana situada entre o lago Coari e o rio Solimões ocupava, no ano de 1987, apenas cerca de 5% dessas dimensões.

Por sua vez, a Província Petrolífera de Urucu (PPU) está localizada às margens do rio Urucu, afluente da margem direita do rio Solimões, cerca de 440 quilômetros a partir desta margem, entre os meridianos 65° 40' e 64° 40' oeste e os paralelos 4° 35' e 5° 20' sul. O rio Urucu possui cerca de 430 km de extensão na sua calha principal, em direção sudoeste-nordeste a partir de sua nascente, deságua no lago de Urucu, um dos braços do lago Coari, limitador natural da área urbana de

Coari, separado do rio Solimões por estreita faixa de aluviões, que também recebe contribuições dos rios Coari e Arauá.

A área de estudo está assinalada na figura 1, representada a partir de um trecho de uma imagem do sensor remoto orbital TM/Landsat de 1987, em que constam os limites do município de Coari e área aproximada da PPU.

**Figura 1- Limites do município de Coari (AM) e a localização da área de estudo.**



Fonte: adaptada a partir das imagens TM/Landsat. Escala aproximada: 1/5.000.000 e 1/1.300.000.

## MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA

### DADOS DE CAMPO

A obtenção de coordenadas geográficas de pontos de interesse da área de estudo foi feita por meio de rastreadores portáteis do sistema GPS (*Global Positioning System*) no Município de Coari. Essas coordenadas geográficas foram utilizadas para completar e verificar as informações cartográficas disponíveis, bem como no processo de registro das imagens e, também, na identificação de feições no campo presentes nas imagens.

Foram feitas entrevistas com atores sociais (PETROBRÁS, 2005 e IPAAM, 2005) que permitissem fornecer informações para se atingir o objetivo da pesquisa em pauta. Entre esses atores estavam o gerente de Meio Ambiente, Saúde e Segurança da Unidade de Exploração da Bacia do Solimões (UN-BSOL/Petrobrás) e funcionários da Petrobrás lotados na PPU e funcionários do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), na primeira quinzena de outubro de 2005.

### DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS

Foram utilizados os seguintes mapas topográficos (IBGE, 1980), confeccionados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na projeção cartográfica “Universal Transversa de Mercator (UTM), escala de 1:100.000, cobrindo cerca de 60% do município de Coari, em formato “TIFF”: MI 7701 Rio Urucu, MI 635 Vila Fernandes e MI 702 Coari.

## IMAGENS DIGITAIS DE SENSORES REMOTOS

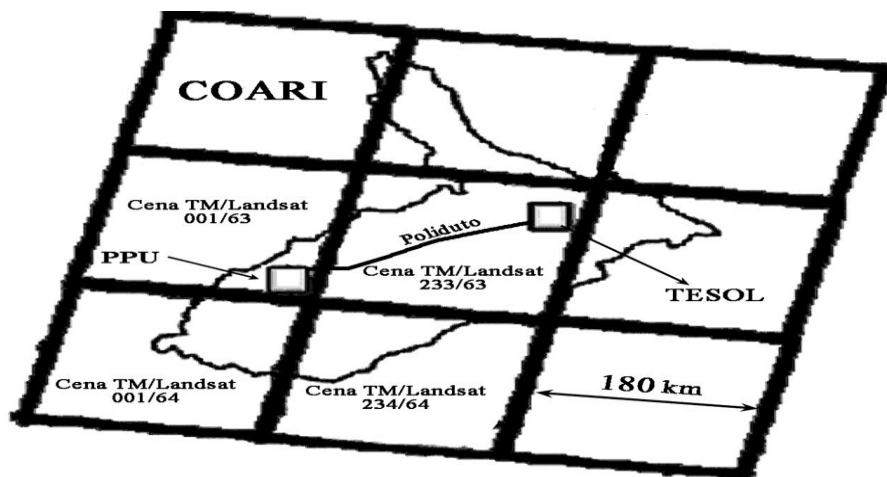
A seleção das imagens digitais utilizadas na pesquisa em pauta obedeceu a critérios do tipo: melhor resolução espacial disponível; menor cobertura de nuvens presente; maior período de tempo de cobertura; sazonalidade; melhor resposta espectral da vegetação e de solo exposto e custos das imagens.

Cada cena Landsat abrange uma área de 180x180 km com imagens do sensor TM no Landsat-5 e Landsat-7. Devido às consideráveis dimensões do município de Coari, são necessárias sete (7) cenas para cobrir a sua extensão. As cenas Landsat escolhidas são as que abrangem a PPU, o poliduto Urucu-Coari e o Terminal do Solimões (TESOL), este localizado nas circunvizinhanças à sede do município de Coari, identificadas de acordo com suas posições centrais conhecidas como órbitas/pontos que, no caso desta pesquisa, compreendem as cenas 001/63, 233/63, 001/64, e 233/64. A seleção das datas das imagens Landsat obedece, por órbita-ponto, o critério de sazonalidade, ou seja, correspondente aos meses mais próximos possíveis e com o mínimo de cobertura de nuvens (meses de seca na região: junho a outubro). Foram selecionadas 21 imagens da área de estudo, obtidas nas seguintes datas:

- Cena TM/Landsat 001/63 (abrange as atividades de sísmica de prospecção, a PPU, o poliduto PPU-Coari e a implantação da PPU): 17/07/1987; 02/08/1987; 14/10/1999; 08/02/2002; 06/10/2002; 30/08/2003 (as duas imagens de 1987 e de 2002 contribuíram no processamento das áreas cobertas por nuvens distintas);
- Cena TM/Landsat 233/63 (abrange as atividades de sísmica de prospecção, o poliduto PPU-Coari e a implantação do TESOL) 22/09/1985; 11/08/1987; 01/08/1995; 07/09/1997; 09/08/1998; 19/07/1999; 15/09/2000; 17/08/2001; 28/10/2001; 07/09/2002; 08/09/2003 (as duas imagens de 2001 contribuíram no processamento das áreas cobertas por nuvens em diferentes posições);
- Cena TM/Landsat 001/64 (abrange as atividades de sísmica de prospecção): 17/07/1987; 03/08/1999; 30/08/2003; e,
- Cena TM/Landsat 233/64 (abrange as atividades de sísmica de prospecção): 11/08/1987; 19/07/1999; 08/09/2003.

A figura 2 apresenta um esquema da área abrangida pelas cenas TM/Landsat em relação ao município de Coari, e cenas das imagens Ikonos obtidas na PPU e no TESOL.

**Figura 2 – Esquema representativo das áreas abrangidas pelas cenas TM/Landsat e Ikonos. Escala aproximada: 1/5.000.000.**



Fonte: adaptada a partir das imagens TM/Landsat. Escala aproximada 1/5.200.000.

Por sua vez, as imagens do satélite Ikonos utilizadas possuem 11 km de extensão, com um metro de resolução espacial e abrangem a PPU e o TESOL, obtidas 23 de setembro de 2000, e as áreas abrangidas por estas imagens estão representadas pelos quadrados TESOL e PPU na figura 2.

## **SOFTWARE UTILIZADO NA PESQUISA**

O *software* de sistema de informações geográficas (SIG), tipo *freeware*, utilizado na pesquisa foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), denominado Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING), em sua versão 5.1.

## **PROCEDIMENTOS DE PESQUISA**

O estudo da variável da cobertura do solo da área de estudo, dentro do período de tempo abordado pela pesquisa, permitiu a elaboração de um diagnóstico que apresentou, em termos de área desflorestada, as principais modificações acarretadas no espaço territorial, de forma direta, pela exploração de hidrocarbonetos em Coari/AM.

O emprego das ferramentas de geoprocessamento e utilização do material descrito no item 2.2, inseridos e manipulados no SPRING, cujo funcionamento dos seus algoritmos está explicitado no manual do Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (INPE, 2004) e em Schowengerdt (1983), seguiu as seguintes etapas:

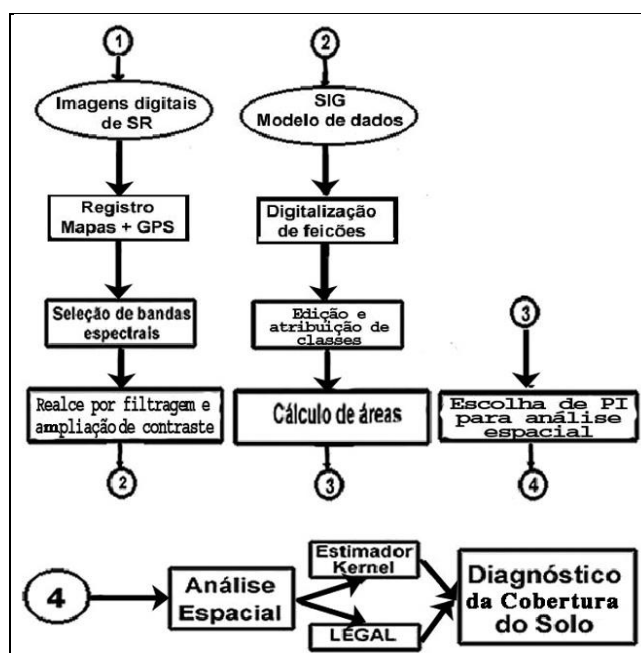
- a) Definição do projeto no SPRING: com coordenadas de seus limites geográficos e projeção cartográfica, bem como a criação das classes das feições a serem digitalizadas, que se constituíram no modelo de dados do banco geográfico, com seus respectivos planos de informações (PI);
- b) Seleção das imagens TM/Landsat: por critérios de menor cobertura de nuvens e sazonalidade;
- c) Registro de imagens: as imagens digitais foram submetidas à transformação geométrica, que relaciona as coordenadas de imagem com as coordenadas de um sistema cartográfico de referência. O registro de imagens digitais foi executado utilizando os mapas topográficos digitalizados e as coordenadas geográficas dos pontos de controle medidas no campo, por intermédio de rastreamento GPS;
- d) Escolha das bandas espectrais: após o registro das imagens, foram selecionadas as bandas espectrais das regiões do infravermelho, pois as mesmas fornecem a melhor separação entre solo desmatado e floresta, ideal para se mapear transformações na cobertura do solo por ações antrópicas;
- e) Realce de contraste: a manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica em cada “pixel” da imagem, com o objetivo de aumentar a discriminação visual dos objetos de interesse;
- f) Filtragem espacial: dentre as opções de filtragens espaciais de imagens, escolheu-se a do tipo linear, que proporcionou o realce das feições presentes nas imagens, resultantes de ações antrópicas no terreno;
- g) Estruturação do modelo de dados no SIG: para inserir os dados e mapas no SPRING foi necessário definir a modelagem do banco de dados, especificando-se as categorias e classes, além das características de apresentação gráfica (visual) dos dados e de seus atributos;
- h) Digitalização de feições: os mapas temáticos produzidos a partir das digitalizações das feições continham regiões geograficamente definidas, com informações qualitativas sobre cada tema, tais como, as classes de crescimento antrópico, corpos d’água, clareiras florestais, estradas, oleodutos etc.;
- i) Edição e assinalamento de classes: os mapas temáticos, após a digitalização de suas linhas e polígonos, foram associados às classes, definidas na fase de modelamento de dados, para permitir os respectivos cálculos sobre cada classe;
- j) Cálculo de área: cálculo de áreas das classes temáticas: Foram calculadas as áreas dos polígonos que compreendiam as áreas desmatadas, as clareiras para apoio de operações de sísmica, entre outras feições;
- l) Operações com as informações: a partir dos PI contendo as feições de transformação do uso do solo devido às ações antrópicas, foi possível a realização de operações lógicas booleanas com as informações que nortearam a análise espacial;

m) Análise espacial – Álgebra de Mapas: a partir dos PI utilizou-se o estimador Kernel para verificação do traçado das linhas de sísmica, e utilizou-se também a linguagem espacial para geoprocessamento algébrico (LEGAL) para gerar novos PI representando, tematicamente, as transformações ocorridas para cada classe (ou tema) digitalizada; e,

n) Diagnóstico das transformações do uso do solo: A metodologia permitiu, com as informações geradas, identificar, quantificar e informar tendências, produzindo um diagnóstico sobre as transformações ocorridas na cobertura do solo na área de estudo.

A figura 3 apresenta os passos metodológicos para obtenção do diagnóstico da cobertura do solo.

**Figura 3 – Metodologia de geoprocessamento utilizada no diagnóstico da cobertura do solo na área de estudo.**



Fonte: Criação dos autores.

## RESULTADOS

As transformações na cobertura do solo estão relacionadas desde o início da exploração de hidrocarbonetos na PPU, em 1987, e aconteceram, basicamente, em função das obras de instalação e operação para exploração petrolífera na PPU, no transporte de hidrocarbonetos da PPU para o Terminal do Solimões (TESOL) e na própria construção do TESOL em si nas imediações da sede municipal.

Os resultados baseados na variável da cobertura do solo complementam os expostos em Almeida e Souza (2008) que abordaram, basicamente, as profundas mudanças acarretadas pelas migrações antrópicas. No que tange às atividades petrolíferas, os resultados apresentam uma espécie de “radiografia” das



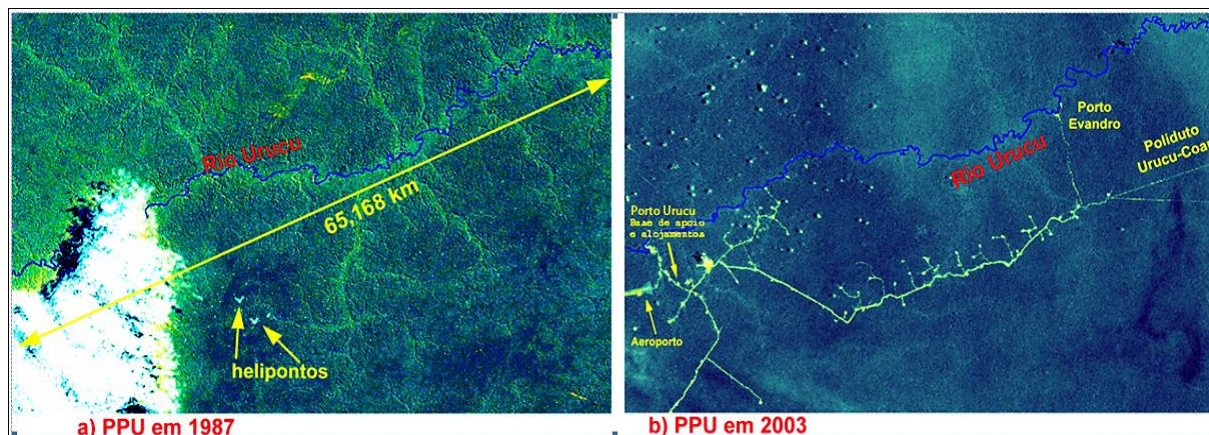
transformações que vêm afetando espacialmente a cobertura do solo na área de estudo, no período de tempo compreendido entre os anos de 1987 e 2003.

## TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS NA COBERTURA DO SOLO, RELACIONADAS ÀS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO DE HIDROCARBONETOS OCORRIDAS NA PPU

As transformações na cobertura do solo feitas pelas atividades da Petrobrás envolveram as clareiras abertas na floresta para apoio às atividades de prospecção sísmica (CAS), abertura de “helipontos” para pouso de helicópteros, estradas, poços e toda a infraestrutura de prédios, oleodutos etc.

A figura 4 exemplifica essas modificações obtidas pelo processamento das imagens TM/Landsat de 02/08/1987 e 30/08/2003, no SPRING. Conforme pode ser observado na figura 4, essas transformações no uso do solo foram de grande envergadura, abrangendo uma área de 65,4 km de extensão ao longo do rio Urucu, fazendo que a PPU se transformasse em um verdadeiro enclave de exploração petrolífera na floresta. A principal estrada construída pela Petrobrás na região é a que liga porto Urucu ao porto Evandro, asfaltada com 69 km de extensão e atravessa os campos petrolíferos do Rio Urucu (RUC) e Leste de Urucu (LUC), cortando trechos dos igarapés da Lontra e do Macaco. A PPU possui ainda 67 km de estradas não asfaltadas.

**Figura 4 - Transformações entre 1987 e 2003 na cobertura do solo da PPU.**



Fonte: a) e b): adaptadas a partir das imagens TM/Landsat. Escala aproximada: 1/600.000.

Por sua vez, a figura 5 apresenta na sua parte superior esquerda a localização de uma área de empréstimo, situada nas proximidades do Polo Araras na PPU, na imagem TM/Landsat 01/63 de 30/08/2003. A figura 5 apresenta também, na sua parte superior central, uma ampliação sobre a imagem; na sua parte superior direita, uma vista área da mesma; e, na sua parte inferior, três fotografias da citada área obtidas durante o trabalho de campo de abril de 2005.

Não se observou no local dessa área de empréstimo a construção de barreiras que impedissem que o material do solo usado fosse lixiviado por ações das chuvas intensas que ocorrem no local; assim, existe uma possibilidade considerável dessa área sofrer processos erosivos intensos, principalmente porque toda a sua cobertura florestal foi retirada. Observa-se que a remoção da cobertura vegetal revelou um solo arenoso que pode estar sujeito a erosões lineares e laminares.

**Figura 5 – Vistas de uma das áreas de empréstimo da PPU.**



Fonte: Imagens Ikonos (setembro de 2000): escala aproximada 1/176.000 e 1/6.820 e fotografias obtidas durante trabalho de campo (Abril de 2005).

A região da PPU sofreu a partir do ano de 1987 até o ano de 2003, profundas modificações na cobertura do solo, conforme os valores apresentados na tabela 1. Os valores de áreas de cada classe apresentados na Tabela em questão foram obtidos com o algoritmo “Medidas de classes” do SPRING, para os PI abrangidos pela cena TM/Landsat 01/63 e situados na PPU, em um período compreendido entre 1987 e 2003.

**Tabela 1 – Áreas desmatadas na implantação da PPU – Área da cena TM/Landsat 01/63.**

Ano	Quantidade de desmatamento	de polígonos de	Áreas totais dos polígonos (km <sup>2</sup> )
1987	08		0,86
1999	25		9,91
2003	67		17,18

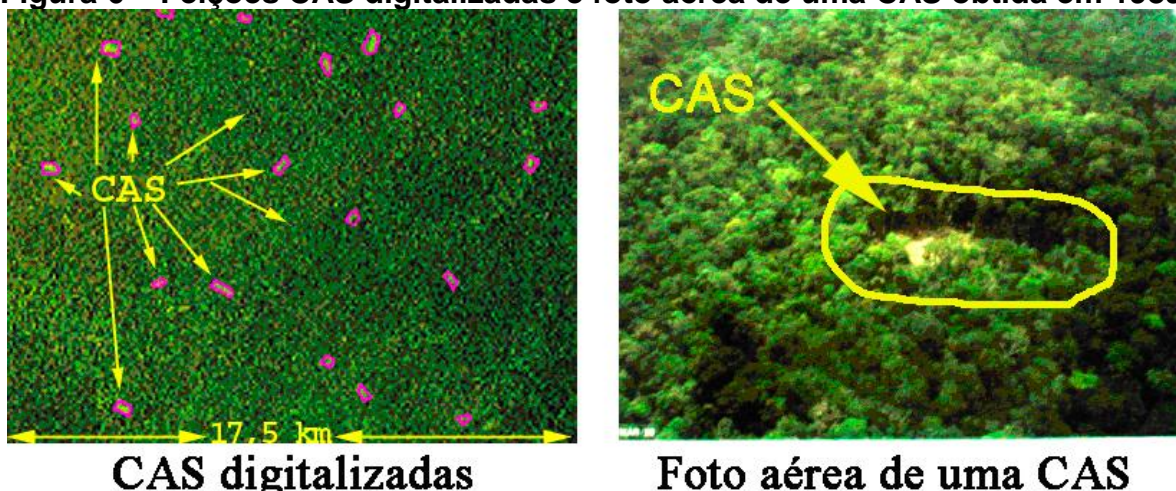
Fonte: Valores obtidos com algoritmo “Medidas de classes” do SPRING.

No período compreendido entre 1987 e 2003, as transformações no uso do solo sofreram um aumento considerável em área desmatada, pois avançou de 0,86 km<sup>2</sup> em 1987 para 17,18 km<sup>2</sup> em 2003, devido à própria instalação e expansão da PPU, em um total de 67 polígonos de desmatamento distintos, sem considerar os helipontos, CAS e poços de exploração que estão descritos, mais adiante, na tabela 2. As transformações ocorridas na cobertura do solo na área de estudo relacionadas às atividades de exploração de carbonetos executadas pela Petrobrás, além da construção da PPU, envolveram as clareiras abertas na floresta para apoio às atividades de prospecção de sísmica (CAS), a construção do poliduto PPU-Coari e a construção do Terminal do Solimões (TESOL), que são analisadas a seguir.



A figura 6 apresenta as CAS digitalizadas em um trecho da imagem TM/Landsat 01/63 de 30/08/2003, bem como uma foto aérea obtida sobre uma CAS típica, durante as missões de prospecção sísmica realizadas na área de estudo, realizada pela empresa Tecnosolo, para a Petrobrás, no ano de 1989.

**Figura 6 – Feições CAS digitalizadas e foto aérea de uma CAS obtida em 1989.**



Fonte: Tecnosolo (1989). Escalas aproximadas: 1/185.000 e 1/1500.

A tabela 2 apresenta os valores de áreas de cada classe obtidos com o algoritmo “Medidas de classes” do SPRING, para os PI abrangidos pela cena TM/Landsat 01/63, em um período compreendido entre 1987 e 2003.

**Tabela 2 - Áreas desmatadas para apoio às atividades de prospecção sísmica, no município de Coari, entre os anos de 1987 e 2003.**

Ano	Órbita – Ponto da imagem TM/Landsat	Quantidades de polígonos de desmatamento		Área dos polígonos (km <sup>2</sup> )	
		CAS	Helipontos	CAS	Helipontos
1987	233/64	212	0	2,57	0
1999	233/64	595	0	7,93	0
2003	233/64	654	0	8,89	0
1987	01/64	323	0	2,79	0
1999	01/64	560	1	5,03	0,26
2003	01/64	726	1	6,37	0,26
1987	01/63	1027	3	9,30	0,49
1999	01/63	2361	30	23,06	3,14
2003	01/63	2721	30	27,65	3,14
1987	233/63	747	2	10,81	0,25
1998/1999	233/63	1990	6	32,87	0,89
2003	233/63	1781	6	29,25	0,89
Total em 1987:	-	2309	5	25,47	0,74
Total em 1999:	-	5506	37	68,89	4,29
Total em 2003:	-	5882	37	72,16	4,29

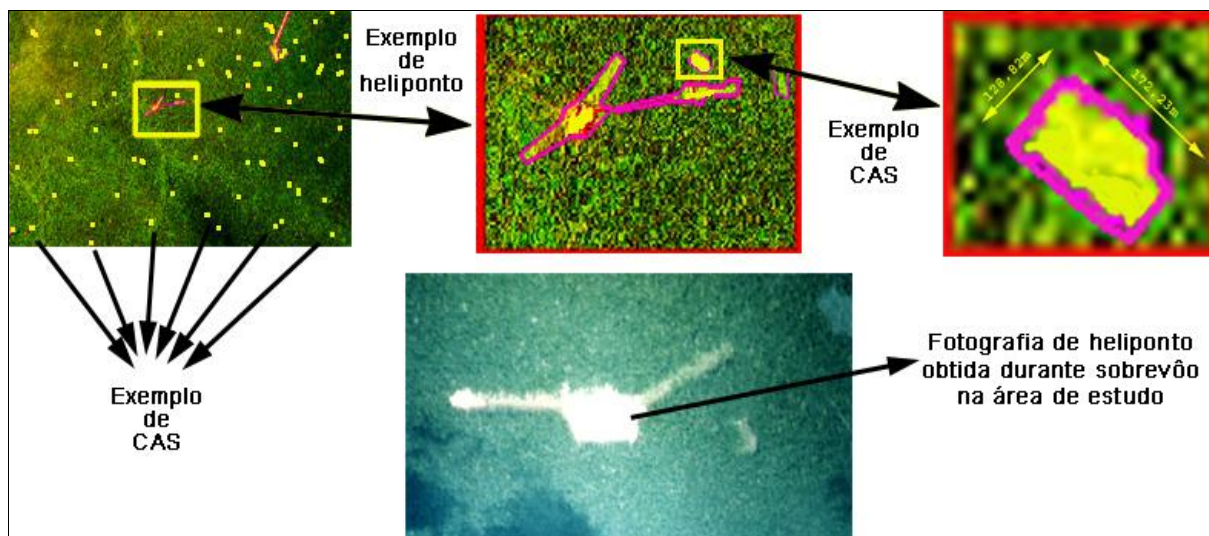
Fonte: Valores obtidos com algoritmo “Medidas de classes” do SPRING.

A área da cena TM/Landsat 01/63 que abrange a PPU e parte do poliduto PPU-Coari é a que apresenta o maior número de helipontos e CAS. Pelos valores apresentados na tabela 2, em 1987, já era considerável o seu número, com 1.027 CAS totalizando 9,30 km<sup>2</sup> de desmatamento. Em 1999, este número mais do que duplica, tanto no número de clareiras como em área desmatada, atingindo 2.361 CAS atingindo 23,06 km<sup>2</sup> de desmatamento. Estes números continuaram a crescer até 2003, somando 2.721 CAS reunindo 27,65 km<sup>2</sup> de área desmatada.

No que tange ao número de helipontos apresentados na tabela 2, na área da cena TM/Landsat 01/63, o seu crescimento foi acentuado, entre 1987 e 1999, atingindo o número de 30 polígonos de desmatamento, com 3,14 km<sup>2</sup> de área e estabilizando esse número em 2003. A área abrangida pela cena TM/Landsat 233/63, que compreende a quase totalidade do poliduto PPU-Coari, o Terminal Petrolífero do Solimões (TESOL) e a área urbana de Coari, foi a que apresentou o segundo maior número de polígonos de desmatamento. A exemplo do que aconteceu na cena 1/63, no período de 1987 a 1999, ocorreu o incremento mais acentuado no número desses polígonos de desmatamento. No caso dos helipontos, na área da cena TM/Landsat 233/63, o número se estabilizou em seis (6), a partir de 1999.

A figura 7 apresenta, em sua parte superior, uma sucessão de ampliações obtidas do SPRING, sobre a imagem TM/Landsat 01/63 de 19/07/2003. Nesta figura aparecem três polígonos de desmatamento: um “heliponto”, uma pequena estrada e uma clareira para apoio à prospecção sísmica (CAS). Observa-se na terceira ampliação que a clareira possui dimensões da ordem de 129m x 172m, que pelo exame visual de todas as imagens TM/Landsat pesquisadas, pode ser considerado como a média das dimensões de uma CAS abertas no município de Coari. Na parte inferior, uma fotografia obtida em um sobrevoo de helicóptero em 1989, de um “heliponto próximo a PPU”.

**Figura 7 – Ampliações dos polígonos de desmatamento “heliponto” e CAS, sobre a imagem TM/Landsat (Escala aproximada: 1/200.000; 1/40.000 e 1/7000).**



Fonte: Adaptada das imagens TM/Landsat: Escalas aproximadas: 1/200.000; 1/40.000 e 1/7000, respectivamente.

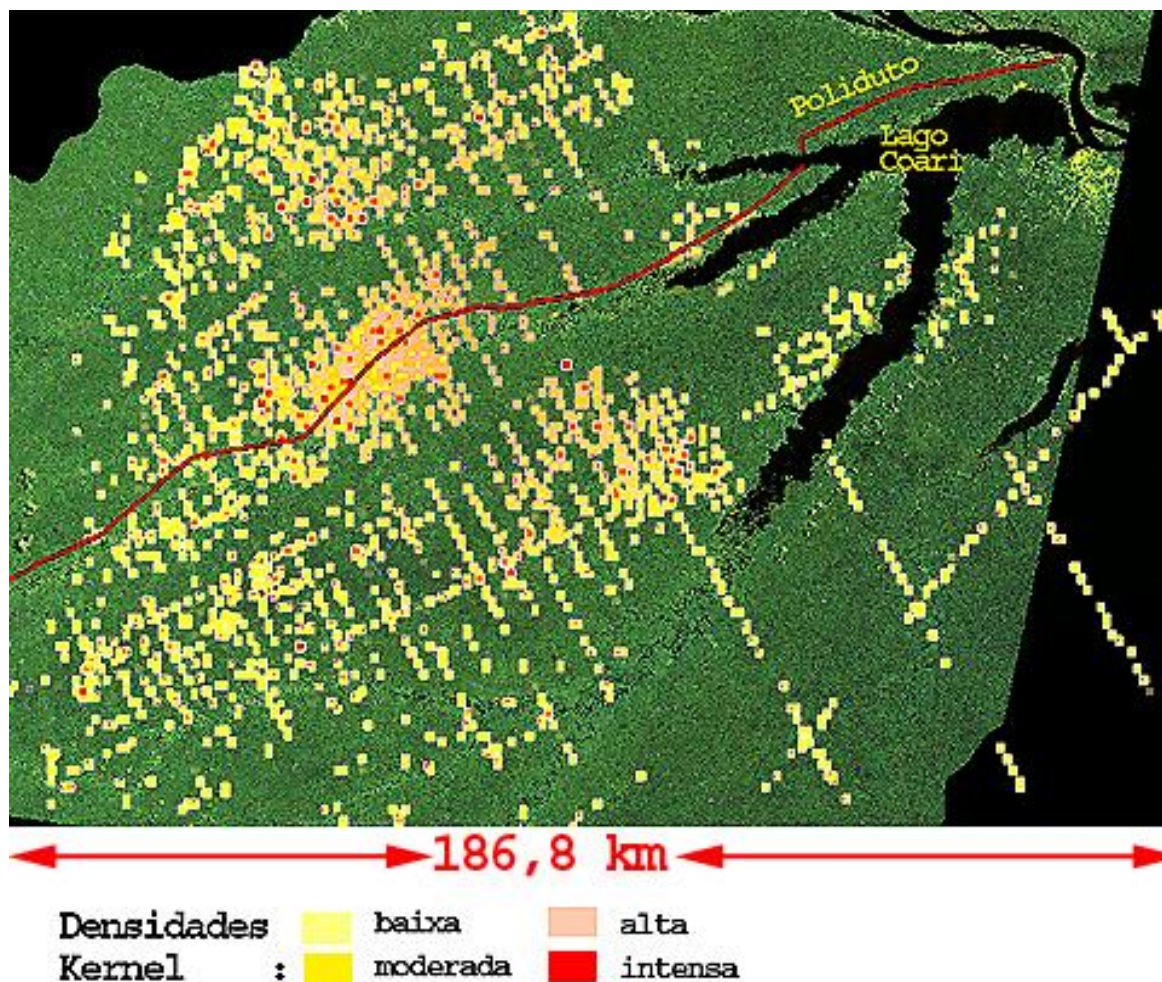
Os polígonos de desmatamento da figura 7 apresentam a cor esbranquiçada que indica solo que o solo está completamente exposto, sem vegetação e a outra cor, em um tom esverdeado, significa que o desmatamento acarretou a formação de uma cobertura de vegetação rasteira no solo, fato este confirmado durante a entrevista citada em Petrobrás (2005). As CAS depois de abertas na floresta eram deixadas para uma posterior “regeneração” da cobertura florestal. Essa possível “regeneração” da cobertura florestal não se confirmou pelo exame das imagens, em todas as cenas TM/Landsat de 2003; todavia, ela pode vir a acontecer ao longo dos anos.

Para determinar a direção das linhas de prospecção sísmica utilizou-se o algoritmo do SPRING, do módulo de análise espacial, denominado “Estimador de Densidade Kernel”. A partir do PI em que estavam representadas cartograficamente as CAS, foram definidos os parâmetros solicitados pelo algoritmo, tais como: o tamanho do *pixel* da grade a ser gerada e a largura da banda (distância aproximada entre duas clareiras CAS). Obteve-se, assim, um novo plano de informação (PI) no sistema SPRING, com quatro classes de densidade “Kernel”, a saber: baixa, moderada, alta, e intensa, associadas às suas respectivas cores. A classe de densidade intensa é aquela com maior concentração de polígonos de CAS, decrescendo essa concentração para a classe alta, moderada e baixa, respectivamente.

A figura 8 apresenta o resultado obtido com o “Estimador de Densidade Kernel” sobre a imagem TM/Landsat 233/63 de 08/09/2003. É possível observar os alinhamentos das linhas de prospecção sísmica, obtidos a partir do posicionamento das CAS. Pode ser observado que a maior concentração de CAS acontece na área próxima à maior curvatura do traçado do poliduto Urucu - Coari. Algumas considerações sobre o traçado do poliduto, baseadas na continuidade dos resultados da análise espacial no SPRING, serão tecidas mais adiante.



Figura 8 – Linhas de sísmicas obtidas com o “estimador de densidade Kernel”

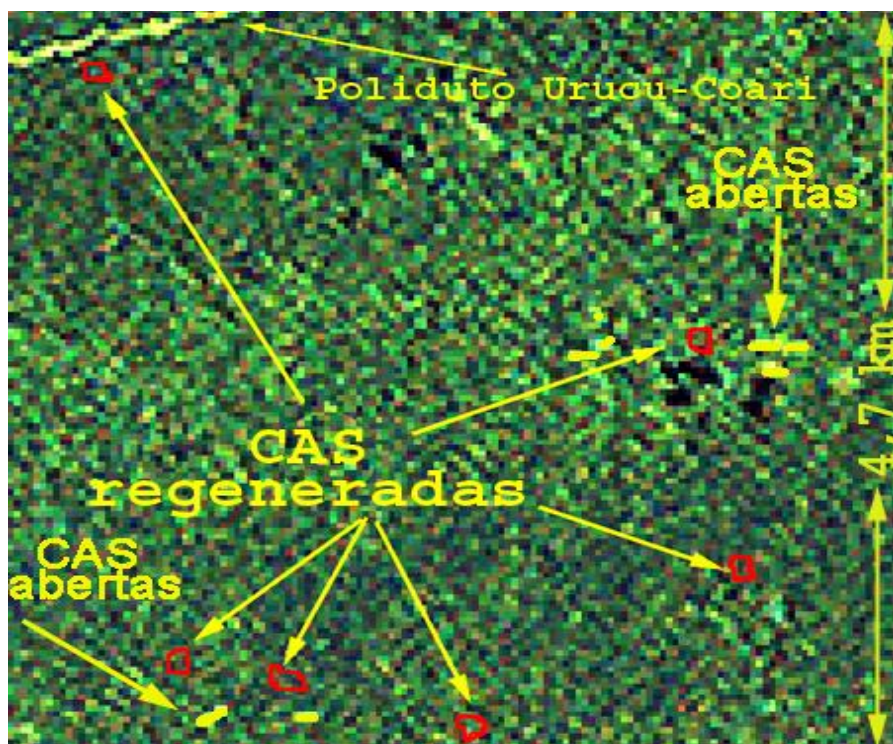


Fonte: Adaptada da imagens TM/Landsat: Escala aproximada: 1/1.000.000.

Pelos dados apresentados na tabela 2, no período compreendido entre 1999 e 2003, a área abrangida pela cena TM/Landsat 233/63 foi a que apresentou uma redução no número de CAS, passando em 1990 para 1781 feições, e a área desmatada também diminuiu, de 32,87 km<sup>2</sup> para 29,25 km<sup>2</sup>, uma redução de 3,62 km<sup>2</sup> em quatro (04) anos. A existência de algumas CAS na imagem de 1999 e sua não existência na imagem de 2003 aponta para duas possibilidades: regeneração de parte da cobertura vegetal ou presença de cobertura de nuvens na imagem TM/Landsat de 2003.

A figura 9 apresenta um exemplo dos resultados obtidos com a “Álgebra de mapas”, com a localização de algumas CAS sobre a imagem TM/Landsat 233/63 de 08/09/2003. Observa-se que as CAS apresentam uma resposta espectral similar à cobertura florestal ao redor, o que pode apontar para uma regeneração parcial de sua vegetação.

**Figura 9 – Resultado da álgebra de mapas: CAS que apresentaram regeneração da área desmatada, entre 1999 e 2003**



Fonte: Adaptada da imagem TM/Landsat. Escala aproximada: 1/38.000.

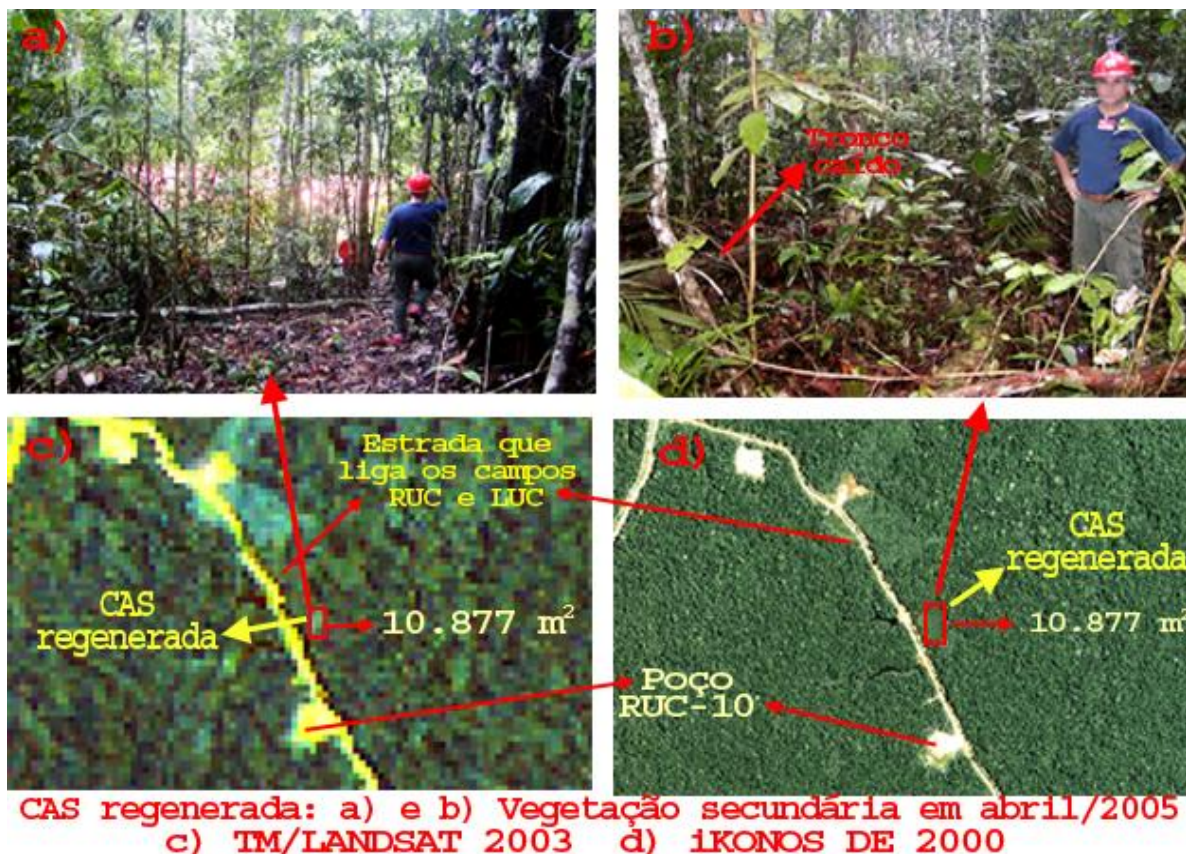
Durante o trabalho de campo realizado na PPU em abril de 2005, visitou-se uma das primeiras CAS abertas na região, provavelmente em 1987, que possui uma área de cerca de 1090 m<sup>2</sup>, centrada nas coordenadas geográficas de latitude = 04° 53' 33", 14 sul e longitude = 65° 18' 02", 35 oeste (medidas no campo por rastreamento GPS). A figura 10 apresenta em sua parte superior duas fotografias obtidas no local, em que é possível se observar a vegetação secundária que surgiu no local, caracterizada por troncos mais finos. Na parte inferior da figura 10 localiza-se esta CAS, à esquerda, com a imagem TM/Landsat 01/63 de 30/08/2003 e à direita, com a imagem Ikonos de setembro de 2000.

Como observação final sobre as clareiras abertas para apoio à prospecção sísmica (CAS), segundo Rezende *et al.* (2004) e ONIP (2002), no município de Coari existem áreas de risco devido à probabilidade de ocorrência de acidentes com explosivos que foram empregados nos pontos de tiro das linhas de prospecção sísmica e que ainda não foram acionados.

Além da abertura de CAS para a prospecção sísmica, as outras principais transformações na cobertura do solo relacionadas às atividades de exploração petrolífera, executadas pela Petrobrás, devem-se a construção do poliduto Uruçu-Coari, que liga a PPU ao Terminal do Solimões (TESOL), nas proximidades da sede municipal, e a própria construção do TESOL em si.



**Figura 10 – CAS aberta em 1987e parcialmente regenerada, com vegetação secundária**



Fonte: a) e b) Fotografias obtidas no trabalho de campo; c) adaptada da imagem TM/Landsat; d) adaptada da imagem Ikonos: escala aproximada: 1/25000.

## TRANSFORMAÇÕES NA COBERTURA DO SOLO DEVIDO AO POLIDUTO PPU-COARI.

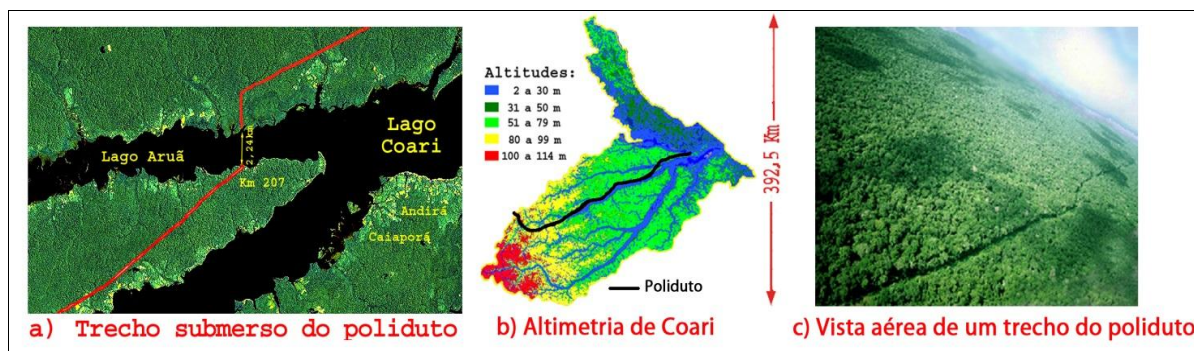
O poliduto PPU - Coari opera com dois dutos paralelos interligados, com extensão de 280 km, possuindo a maioria de seus trechos enterrados em uma clareira com 20 metros de largura em torno dele. O mesmo foi construído para fazer o transporte de petróleo e gás natural entre a PPU e o TESOL, evitando assim, que o transporte desses hidrocarbonetos fosse feito por meio de balsas ao longo do rio Urucu, como foi no início da exploração petrolífera na PPU, entre os anos de 1986 e 1988.

A figura 11 apresenta três imagens que representam o traçado do poliduto, da seguinte forma: a) um segmento da imagem TM/Landsat 233/63 de 08/09/2003, obtida no quilometro 207 do poliduto a partir da PPU, em um dos seus trechos submersos que atravessa o lago Aruá, com 2,24 km de extensão; b) esquema do traçado do poliduto sobre uma imagem do modelo digital de terreno, representando sua altimetria em uma escala de cores do município de Coari; e, c) foto aérea de um trecho da clareira por onde se encontra “enterrado” o poliduto PPU–Coari. A área desmatada para a construção do poliduto PPU - Coari, obtidas a partir das imagens TM/Landsat 233/63 foi em torno de 56 km<sup>2</sup>.



Em Almeida (2005) e conforme representado na imagem b) da figura 11, verifica-se que o poliduto PPU - Coari praticamente está construído sobre uma área plana, com maiores altitudes quando sai da PPU, em torno de 80 metros. O poliduto foi construído, relativamente, paralelo ao rio Urucu, em um trecho de cerca de 280 km de comprimento, atravessando um terreno que varia entre 75 a 79 metros de altitude; o motivo de seu traçado paralelo ao rio Urucu deve-se em facilitar o acesso ao mesmo por meio fluvial para sua manutenção e socorro em situações de vazamento ou outros acidentes que possam vir a ocorrer.

**Figura 11 – Esquema e imagens de trechos do poliduto Urucu – Coari (escalas aproximadas: a) 1/320.000; b) 1/7.010.000).**



Fontes: a) adaptada de imagem TM/Landsat; b) adaptada de modelo numérico de terreno; c) foto aérea obtida no trabalho de campo (2005).

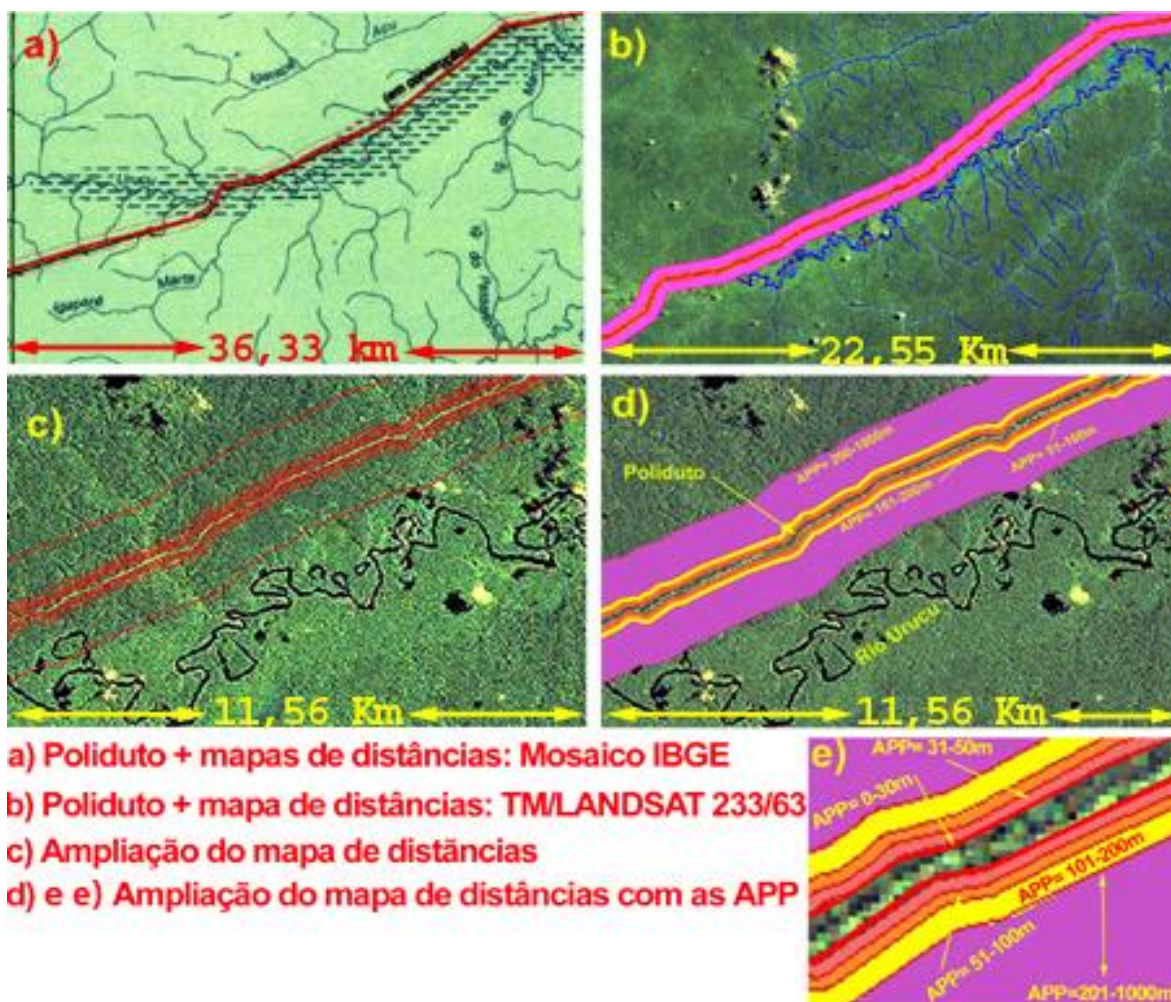
Com o objetivo de se verificar se o traçado do poliduto PPU–Coari atravessa áreas de proteção permanente (APP), foi utilizado o algoritmo “mapa de distâncias” do SPRING. As áreas de proteção permanente (APP) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água foram definidas pela Lei N<sup>o</sup>. 7.803, de 18 de julho de 1989 que alterou a redação do Artigo 2<sup>o</sup> do Código Florestal (instituído pela Lei N<sup>o</sup>. 4.771 de 15/09/65). O mapa de distância, por sua vez, é uma análise de proximidade (medida de distância entre objetos, comumente medida em unidade de comprimento) que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno de um ou mais elementos do mapa constante em um determinado plano de informação (PI).

Foram definidas as zonas com larguras especificadas, de acordo com as faixas de distâncias definidas pela Lei N<sup>o</sup>. 7.803/89, a partir do PI que contém o traçado do poliduto Urucu – Coari, conforme apresentado na figura 12. As faixas de APP correspondentes foram: a) APP de 0-30 m; b) APP de 31-50 m; c) APP de 51-100 m; d) APP de 101-200 m; e) APP de 200-1000 m. Na definição dessas zonas considerou-se a largura do rio Urucu com trechos que variam de 35 a 98 metros.

A figura 12 apresenta exemplos do mapa de distâncias de APP, a partir do poliduto Urucu - Coari, sobre a imagem TM/Landsat 233/63 de 08/09/2003. Na parte esquerda superior da figura 12 está o mapa de distância criado a partir do poliduto, sobre uma ampliação de um trecho do mosaico cartográfico da região norte, confeccionado pelo IBGE, na escala de 1:3.500.000 (IBGE, 1978). Na parte superior direita da figura 12 consta o mesmo trecho, sobre a imagem TM/Landsat 233/63 de 08/09/2003; na parte inferior esquerda, uma ampliação mostrando um dos trechos em que o poliduto está próximo às margens do rio Urucu; e, na parte inferior direita (partes “d” e “e”), a mesma ampliação, com as respectivas faixas das APP.

Pelo exame do mapa de distâncias observa-se que o poliduto corta vários cursos d'água da rede de drenagem de Coari; entretanto, pelo exame das imagens TM/Landsat 233/63 obtidas em períodos de seca do rio Urucu, os mesmos podem possuir fluxo de água intermitente, mas tal fato não altera a distância legal da APP. Foi observado também que, em alguns trechos do poliduto estão localizados dentro da área da APP de 201-1000m.

**Figura 12: Mapa de distâncias de APP, a partir do poliduto Urucu – Coari.**



Fonte: a) adaptada do mapa (IBGE, 1978), escala aproximada: 1/404.000; b); c); d) adaptadas da imagem TM/Landsat, escala aproximada: 1/250.000 (b) e 1/128.400 (c;d).

As ocorrências constantes da tabela 3 apresentam os locais considerados mais críticos no traçado do poliduto PPU - Coari; isto é, aqueles com possibilidades de causarem os maiores danos ambientais, principalmente nos casos de vazamento de petróleo. Esses locais estão próximos das APP de menor valor e nos pontos onde o poliduto penetra ou corta corpos d'água da região em que atravessa.

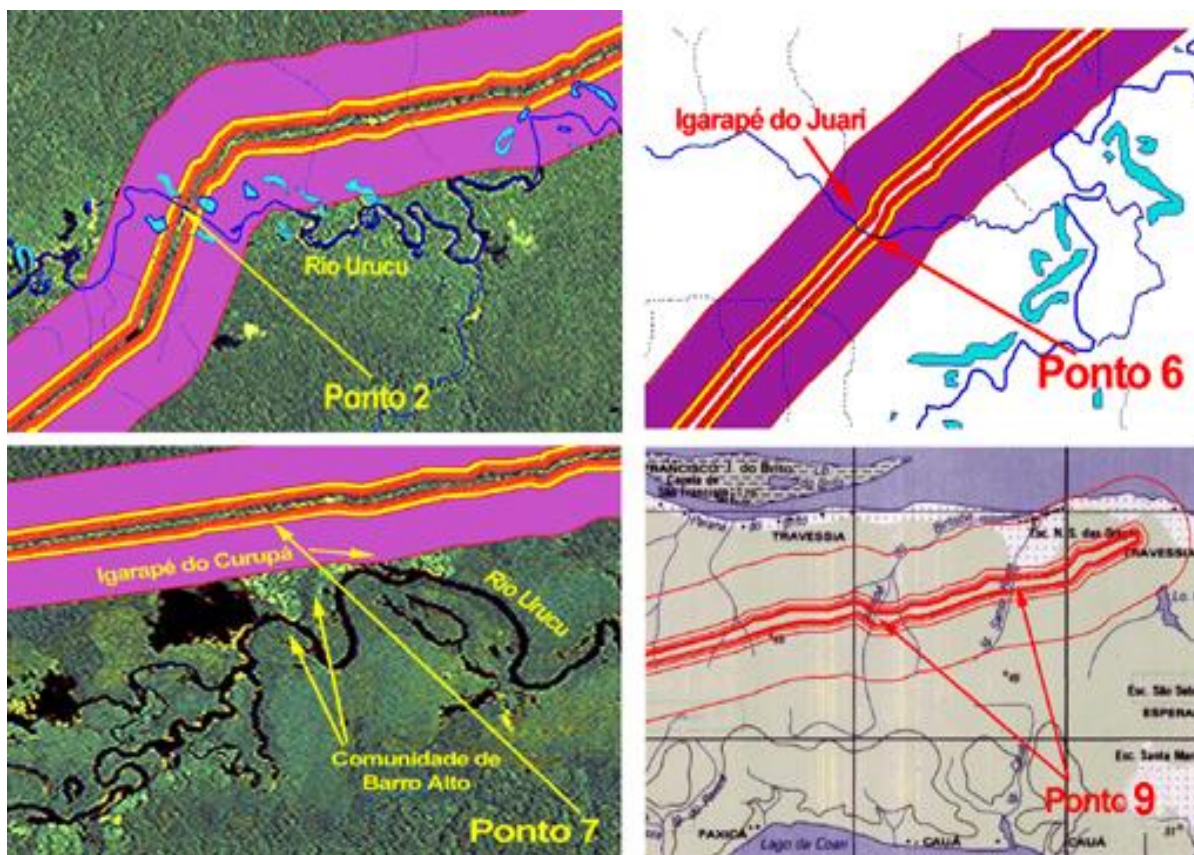
**Tabela 3 – Locais de maior risco potencial no poliduto PPU - Coari.**

	<b>Posição geográfica</b>	<b>Distância aproximada a partir do início do poliduto</b>	<b>Situação em relação à APP</b>
1	Latitude = 04°50'55.46" S Longitude = 65° 20'35.12"W	Km 1	Poliduto atravessa o leito do rio Urucu
2	Latitude = 04°43'31.41"S; Longitude= 65° 45'41.13"W	Km 73,42	Poliduto atravessa o leito do rio Urucu e as APP englobam pequenos lagos
3	Latitude = 04°42'37.42"S; Longitude = 64 °41'52.43"W	Km 79,20	APP de 31-50m engloba pequenos lagos à margem esquerda do rio Urucu
4	Latitude = 04°38'50.95" S; Longitude = 64° 50'15.44"W	Km 95,90	APP de 31-50m engloba pequenos lagos e APP de 101-200 engloba o trecho do rio Urucu
5	Latitude = 04°31'40.49" S; Longitude = 64° 25'51.18"W	Km 116,60	Poliduto atravessa o igarapé Açú, afluente do rio Urucu
6	Latitude = 04°23'43.56"S; Longitude = 6 ° 10'22.33"W	Km 150,59	Poliduto atravessa o igarapé do Juari, afluente do rio Urucu
7	Latitude = 04°17'01.38"S; Longitude = 63° 49'43.73"W	Km 177,30	Poliduto atravessa o igarapé do Curupá, afluente do rio Urucu, próximo à comunidade de Barro Alto
8	Latitude = 04°06'25.08"S; Longitude = 63° 32'35.66"W	Km 226,10	Poliduto atravessa o Lago de Aruã, em dois pontos
9	Latitude = 03°57'20.82"S; Longitude = 63° 1'20.44" W	Km 274,00	Poliduto atravessa os Igarapés Santa Rosa e Bintuba perto da comunidade de Vila Lira

A figura 13 apresenta quatro ampliações abrangendo as ocorrências N<sup>os</sup> 2 , 6, 7 e 9 da tabela 3, obtidas a partir da tela do monitor do SPRING. As ocorrências N<sup>os</sup> 2 e 7 têm a imagem TM/Landsat 233/63 de 08/09/2003 como fundo; a ocorrência N<sup>o</sup> 6 tem o PI "rede de drenagem" como fundo; e, a ocorrência N<sup>o</sup> 9 tem o mapa topográfico "Vila Fernandes" como fundo. Nessas ocorrências pode se visualizar como o poliduto corta os corpos d'água citados, com possibilidade de risco em potencial ao meio ambiente no caso de ocorrerem acidentes de vazamento de petróleo.



**Figura 13 – Locais N<sup>os</sup> 2, 6, 7 e 9 de riscos em potencial detectados pelo mapa de distâncias.**



Fontes: a) Locais N<sup>o</sup> 2, N<sup>o</sup> 6 e N<sup>o</sup> 7: adaptadas da imagem TM/Landsat, escala aproximada 1/250.000; b) Local N<sup>o</sup> 9: adaptada do mapa topográfico "Vila Fernandes", escala aproximada 1/220.000

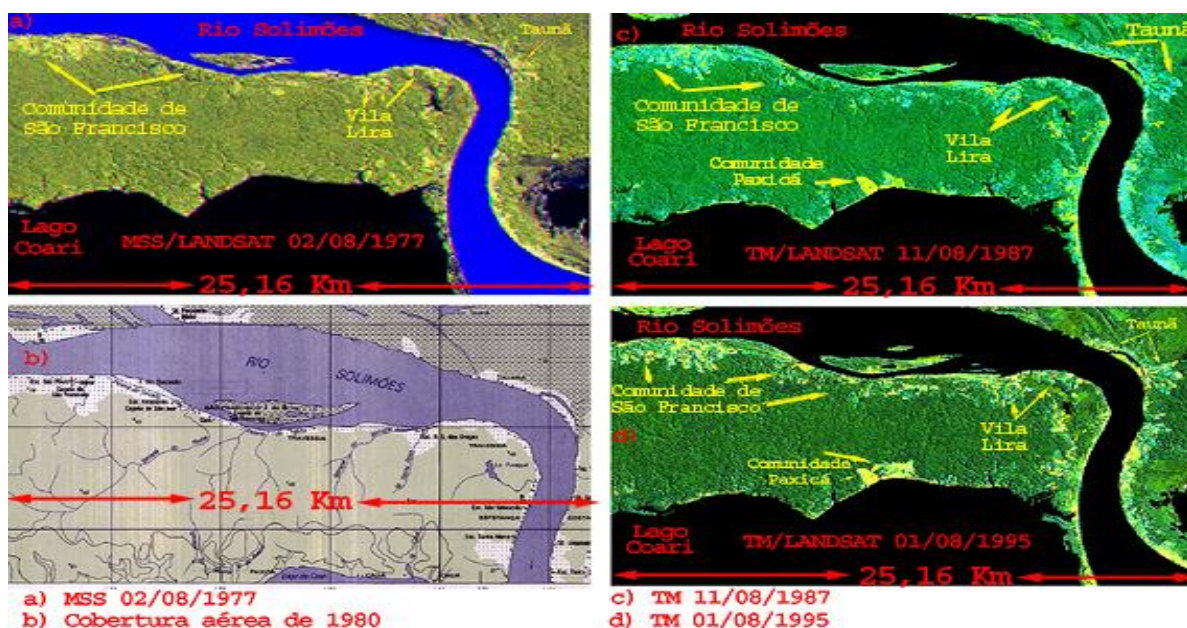
As obras de construção do poliduto PPU - Coari e do TESOL obtiveram o seu licenciamento ambiental junto ao Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), Órgão do Meio Ambiente do Governo Estadual do Estado do Amazonas. A despeito dos cuidados da Petrobrás (Petrobrás, 2005) em obter o menor número de impactos ambientais possíveis, essas obras foram as principais responsáveis em estimular uma migração antrópica intensa, da área rural para área urbana do município, cujas implicações econômicas e sociais foram abordadas em Almeida e Souza (2008).

Em CDDH-COARI (1997) é apresentado um relatório que, devido à construção do poliduto PPU-Coari, contém denúncias sobre a ocorrência de alguns problemas ambientais em corpos d'água existentes nas proximidades de seu traçado. Por exemplo, a obstrução de um trecho do igarapé Santa Rosa afetou a comunidade de Vila Lira, localizada às margens do rio Solimões, próxima ao TESOL, que teve seu sustento econômico prejudicado pela não utilização das águas desse igarapé, principalmente na pesca artesanal e no preparo da farinha de mandioca. Representantes dessas comunidades entraram com denúncias junto ao Ministério Público e ao Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) e, após apurar os danos, a Petrobrás teve que realizar a desobstrução do igarapé e implantar ações de compensação pelos danos causados.

## TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS NA COBERTURA DO SOLO DEVIDO À CONSTRUÇÃO DO TERMINAL DO SOLIMÕES (TESOL)

Segundo o relatório elaborado pela CPT - Comissão Pastoral da Terra constante em CDDH-COARI (1997) e confirmados nas entrevistas feitas com os Coordenadores desta Comissão (CPT, 2005), a construção do Terminal do Solimões (TESOL), juntamente com a construção do polduto PPU-Coari, foram as obras que mais mobilizaram contingentes de trabalhadores, conseqüentemente, as que mais contribuíram para o incremento da migração antrópica da área rural para a sede do município. Antes de se iniciarem as obras do TESOL, já se observava um movimento migratório para a região próxima à área de sua instalação. As comunidades de São Francisco, Paxicá, Vila Lira e Taunã receberam contingentes migratórios antrópicos consideráveis, entre 1987 e 1995, por serem as áreas de influência mais próximas do local onde seria o construído o terminal.

**Figura 14 – Expansão antrópica antes da construção do TESOL: a) em 02/08/1977; b) mapa topográfico de 1980; c) em 11/08/1987; d) em 01/08/1995.**



Fontes: a); c) e d): adaptadas da imagem TM/Landsat; b) adaptada do mapa topográfico "Vila Fernandes", escala aproximada 1/32.700.

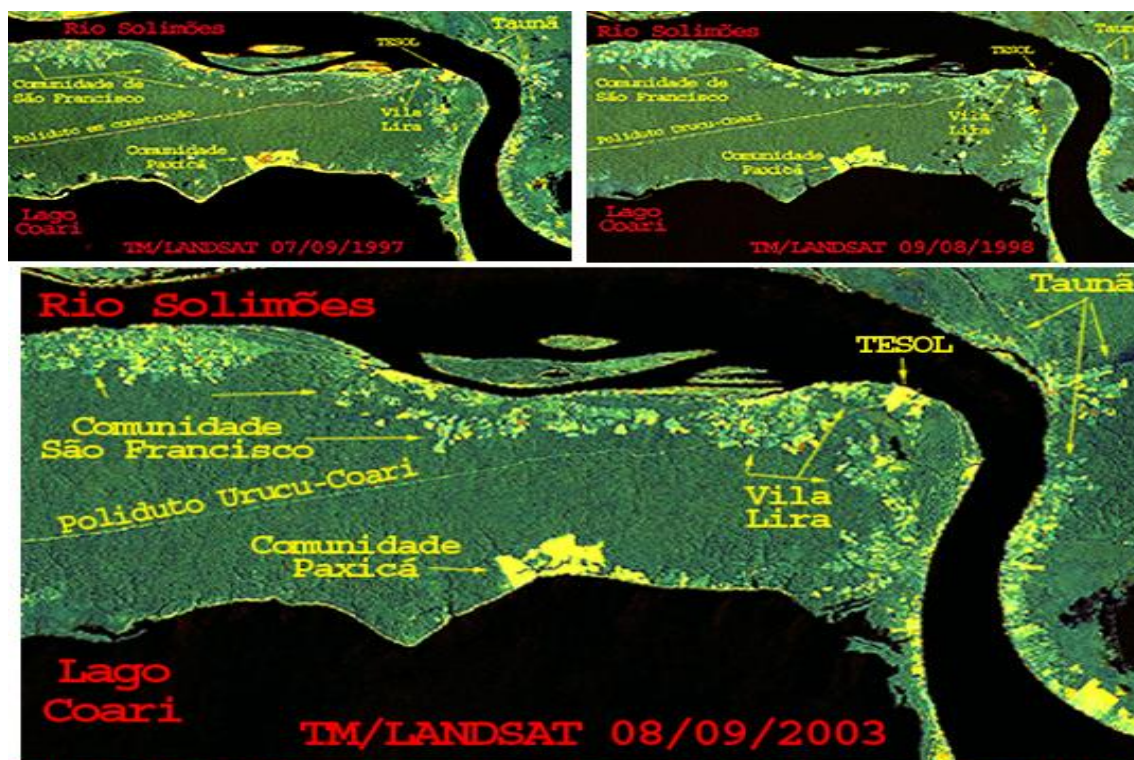
Observa-se na figura 14, com relação à construção do Terminal do Solimões (TESOL), a comprovação do aumento desse contingente antrópico causado pela construção do Terminal do Solimões (TESOL). A figura 14 apresenta evoluções da cobertura do solo em suas proximidades antes da construção, por meio de quatro ampliações do mesmo trecho. A do canto superior esquerdo é da imagem do MSS/Landsat de 02/08/1977; a do canto inferior esquerdo é do mapa topográfico do IBGE "Vila Fernandes" (IBGE, 1980), cuja cobertura aérea é do ano de 1980; a do canto superior direito é da imagem do TM/Landsat 233/63 de 11/08/1987; a do canto inferior direito é da imagem do TM/Landsat 233/63 de 01/08/1995. Nessas imagens constantes da figura 14 é possível se verificar a evolução do desmatamento acontecido para a expansão das comunidades de São Francisco, à 25,03 km a



noroeste; a de Vila Lira, à 15,48 km ao norte; a de Paxicá, à 13,81 km a noroeste; e a de Tainá, à 14,73 km a nordeste, todas situadas, respectivamente, em relação à sede do município de Coari. As causas dessa expansão antrópica foram abordadas em Almeida e Souza (2008).

A figura 15, por sua vez, apresenta as transformações do uso do solo nas proximidades do TESOL, durante e após a sua construção. Constam da figura 15 três ampliações do mesmo trecho, obtidas do SPRING. A do canto superior esquerdo é da imagem do TM/Landsat 233/63 de 07/09/1997; a do canto superior direito é da imagem do TM/Landsat 233/63 de 09/08/1998; e, a da parte inferior é da imagem do TM/Landsat 233/63 de 08/09/2003. Nessas imagens da figura 15 é possível se verificar a continuidade da evolução do desmatamento acontecido para a expansão das comunidades de: São Francisco, Vila Lira, Paxicá e Tainá, bem como a conclusão da construção do poliduto Urucu-Coari e do TESOL.

**Figura 15– Expansão antrópica durante e após a construção do TESOL: a) superior esquerdo: 07/07/1997; b) superior direito: 09/08/1998; e c) parte inferior: 08/09/2003.**



- a) TM LANDSAT DE 07/09/1997: poliduto e TESOL em fase final de construção  
 b) TM LANDSAT de 09/08/1998: Poliduto e TESOL já construídos  
 c) TM/LANDSAT de 08/09/2003: expansão antrópica por detrás do TESOL

Fontes: a); b): adaptadas da imagem TM/Landsat, escala aproximada 1/338.000; c) adaptada da imagem TM/Landsat, escala aproximada 1/180.000.

A figura 16 contém ampliações de parte das imagens obtidas do SPRING, constantes nas figuras 14 e 15, mostrando a evolução do uso do solo da área ocupada pelo TESOL, de 1987 a 2003. A parte inferior da figura 16 apresenta, em seu lado esquerdo, um trecho da ampliação da imagem Ikonos de setembro de 2000; em sua parte central, uma fotografia do atracadouro do TESOL, obtida em fevereiro de 2003, na qual se observa um navio de carregamento de GLP; e, em sua parte direita, uma fotografia panorâmica do TESOL, obtida em fevereiro de 2003. O

TESOL ocupa uma área aproximada de cerca de 650.000 m<sup>2</sup> e um perímetro de cerca de 4.450,00 m, valores estes obtidos usando o algoritmo “Operações Métricas” do SPRING.

**Figura 16 – TESOL: Parte superior: evolução da cobertura do solo. Parte inferior: ampliação da imagem Ikonos de set/2000, e fotografia do atracadouro.**



a) Parte superior: evolução do uso do solo para construção do TESOL: 1987 a 2003

b) Parte Inferior: TESOL em 2000; detalhe do atracadouro em 2003; TESOL em 2003

Fontes: parte superior): adaptadas da imagem TM/Landsat, escala aproximada 1/46.000; parte inferior esquerda) adaptada da Ikonos, escala aproximada 1/32.000; parte inferior centro e à direita: fotos obtidas durante trabalho de campo.

Em resumo e conforme os dados publicados em Almeida e Souza (2008) com relação às migrações antrópicas ocorridas em Coari, a área desmatada no município desde o início da exploração petrolífera em 1987 até o ano de 2003 contabilizam a expressiva cifra de 467,62 km<sup>2</sup>, em que 98,37 km<sup>2</sup> foram por ação exclusiva da Petrobrás e 369,25 km<sup>2</sup> devido às migrações antrópicas, em função da exploração petrolífera na PPU.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Almeida e Souza (2008) encontra-se um diagnóstico socioeconômico de Coari/AM, e é possível se verificar as profundas transformações que estão acontecendo no Município, desde que se iniciou a exploração petrolífera na PPU.

A migração antrópica de suas áreas rurais para o entorno da sede do município de Coari, associada com as migrações oriundas de outros municípios e as atividades da Petrobrás para a implantação da exploração de hidrocarbonetos na PPU foram os principais fatores que causaram processos de desmatamento da cobertura do solo em Coari. A pesquisa utilizou as variações da cobertura do solo como um indicador dessas transformações.



No que tange especificamente à ação da Petrobrás em território coariense, sem entrar no mérito da sua importância econômica, alguns aspectos relacionados à cobertura do solo podem ser ressaltados. Os resultados obtidos com o diagnóstico das modificações na cobertura do solo apontam aqueles com maior potencial de risco ao meio ambiente que podem, assim, ser resumidos:

- a) a possível presença de explosivos não detonados durante as operações de prospecção sísmica;
- b) as áreas críticas de ocorrência de prováveis vazamentos do poliduto Urucu – Coari, com dificuldade de acesso a toda extensão do poliduto, feita por via fluvial ou por via área nas clareiras de válvulas;
- c) os possíveis derramamentos de efluentes ou petróleo em corpos d'água nas operações na PPU; e,
- d) os possíveis derramamentos de efluentes ou petróleo nas operações de transbordos e transferências do TESOL.

Nas proximidades das clareiras de apoio às operações sísmicas (CAS), as linhas de tiro de prospecção empregaram explosivos em sua operação, com um risco potencial à população rural do município de Coari, devido à probabilidade de ocorrência de acidentes com explosivos que foram empregados e que ainda não foram acionados. Os resultados obtidos pela pesquisa, com relação às localizações da CAS podem fornecer subsídios à Agência Nacional de Petróleo e à Petrobrás, de tal forma que auxiliem na localização desses explosivos. Assim, a localização dos desmatamentos realizados para abertura das CAS, detectada pelo emprego da metodologia de geoprocessamento, pode contribuir para diminuir os riscos que poderão advir com aqueles explosivos não detonados nas proximidades das CAS que, por não terem sido desativados, podem se tornar em verdadeiras minas terrestres.

Com relação à construção do poliduto PPU-Coari, alguns dos trechos submersos desse poliduto podem ser considerados como áreas críticas de risco. Isto devido à possibilidade da ocorrência de vazamentos, pois o petróleo produzido na PPU não sofre uma separação completa para extração de água salgada, existindo resíduos de salmoura. Essa salmoura, quando transportada junto com o petróleo pelo poliduto, pode acarretar processos de corrosão, com possibilidade de ocorrência de vazamentos. Devido às poucas as variações de relevo da área de estudo, caso ocorra um vazamento de petróleo a partir do poliduto, o mesmo teria uma propagação contínua com tendência a se espalhar por grandes áreas, por não encontrar resistência de diferenças significativas de altitude.

Verificou-se que o traçado do poliduto PPU–Coari apresenta pontos de risco, à luz do que preceitua a Lei N<sup>o</sup>. 7.803/89, sobre as áreas de proteção permanente (APP). A referida Lei foi criada para proteger as nascentes de rios ou de qualquer curso d'água, servir como proteção para a população ribeirinha em caso de cheias de rios e para evitar a presença de agricultura e de obras de engenharia próxima aos corpos d'água, protegendo assim contra possíveis assoreamentos desses corpos d'água.

A pesquisa em pauta, baseado nas cópias das licenças ambientais citadas nas referências bibliográficas não tem como afirmar se esses possíveis locais de riscos ambientais, que envolvem o poliduto atravessar o leito do rio Urucu, bem como pequenos lagos e APP e igarapés e o lago de foram levados em conta no processo de licenciamento ambiental pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), e se os mesmos constavam em seu respectivo estudo de impacto ambiental (EIA).



Cabe ressaltar que as imagens TM/Landsat utilizadas para verificação das APP no traçado do poliduto foram obtidas em períodos de seca, então, as possíveis situações de ocorrência de vazamento podem ser amplificadas em termos de área de alcance do sinistro, pois a maioria do traçado do poliduto se situa nas áreas de APP durante os períodos de cheia na região.

Outro aspecto relacionado à cobertura do solo foi a construção do Terminal do Solimões (TESOL) que, juntamente com a do poliduto PPU-Coari, foram as que mais mobilizaram contingentes de trabalhadores, conseqüentemente, as que mais contribuíram para o incremento da migração antrópica da área rural para a sede do município. Antes de se iniciarem as obras do TESOL já começou um movimento migratório para a região próxima à sua instalação. As comunidades de São Francisco, Paxicá, Vila Lira e Taunã receberam contingentes migratórios consideráveis, entre 1987 e 1995, por serem as áreas de influência mais próximas do local onde seria o construído o terminal.

Nesse período foi observado que, conforme publicado em Almeida e Souza (2008), um pico da produção de carvão vegetal, lenha e madeira em tora, entre os anos de 1994 e 1998, não existindo registros significativos dos censos agropecuários antes e após esse período (IBGE, 2005). O período considerado coincide com o pico das obras da Petrobrás no município, que envolveram a construção do poliduto PPU-Coari e do Terminal de Solimões (TESOL) e a ampliação das instalações na PPU, onde foram desmatadas áreas consideráveis e atraiu contingente significativo de trabalhadores (CDDH-COARI, 1997).

Os desmatamentos, tanto os causados pela Petrobrás como pela população migrante, que atingiram a expressiva cifra de 467,62 km<sup>2</sup> em 16 anos, certamente, ocasionam impactos consideráveis sobre seus ecossistemas e sobre a biodiversidade local, sacrificados de forma crescente. A área desmatada nesse período de tempo atinge, aproximadamente, cerca da décima parte da área total do Distrito Federal ou cerca de dez vezes a área da Floresta da Tijuca no Rio de Janeiro.

A Petrobrás pretende, ainda, explorar novos campos no município de Coari, como o situado nas proximidades do igarapé do Passarinho, a cerca de 90 km a leste da PPU, onde foram conduzidas diversas campanhas de prospecção sísmica e, em se confirmado o seu potencial de exploração, pode-se ter aí uma futura “Planície Petrolífera do Passarinho”. No ano de 2009 foi concluída a construção do gasoduto Coari – Manaus e aguarda-se liberação pelo Ministério Público, da construção do gasoduto Urucu–Porto Velho, obra licenciada pelo IBAMA. Essas obras, sem dúvida, acarretam profundos impactos à cobertura florestal do município de Coari, além de continuar aumentando a migração antrópica para a periferia da sede municipal e seus conseqüentes impactos ambientais e sociais, negativos em sua essência, que não estão sendo atenuados pelo pagamento de royalties de petróleo ao município conforme diagnosticado em Almeida e Souza (2008).

Algumas questões podem ser apresentadas como sugestões às futuras pesquisas na região:

a) O que seria mais importante: manter as jazidas de hidrocarbonetos em Coari, antevendo sua valorização e escassez futura, ou explorá-las no ritmo crescente como estão sendo conduzidas?

b) A exploração petrolífera na PPU contribui para que o País atinja uma autossuficiência temporária e se dê, até certo ponto, o “privilégio” de exportar derivados petrolíferos. Assim, os impactos citados nessas transformações na cobertura do solo valem o preço ambiental a ser pago?

c) A exploração petrolífera na PPU é uma das explorações minerais feitas na região que atende a uma demanda da própria região amazônica. Mesmo assim, em relação ao custo social considerável e crescente que o município de Coari vem sofrendo, pelas invasões resultantes dos fluxos migratórios, não deveria ser levado em conta em uma relação de custos e benefícios?

d) Quando esgotarem as jazidas de hidrocarbonetos da PPU, que deixará um considerável passivo ambiental de estradas abandonadas, alojamentos e acampamentos de trabalhadores, poços, portos, helipontos, conforme já ocorrido na Província Petrolífera do Gavião, município de Carauari (AM), entre outros que foram desativados, valeria a pena implantar uma nova província petrolífera nas cercanias do igarapé do Passarinho?

e) Essa implantação de uma nova província petrolífera traria em seu bojo mais áreas desmatadas, mais migrações, criando-se outro enclave na floresta, enfim, para se buscar uma autossuficiência petrolífera, e destruir sítios e desenraizar populações. Estariam sendo considerados esses custos ambientais nessa relação de custos e benefícios?

Como conclusão final, o objetivo da pesquisa foi atingido em analisar as principais transformações ocorridas na cobertura do solo do município de Coari/AM, decorrentes da exploração petrolífera ocorridas em seu território, no período de tempo compreendido desde o início da exploração petrolífera em seu território, em 1987, até o ano de 2003.

O uso das imagens digitais TM/Landsat trouxe à tona a estratégia de ocupação do espaço territorial do município, pela variação da cobertura do solo que pôde subsidiar a confrontação entre a visão política, muitas vezes maquiada, e a realidade dessa transformação do espaço em Coari.

A pesquisa em pauta complementou a exposta em Almeida e Souza (2008), em que aquela mensurou as transformações na cobertura do solo por ações de desmatamento causadas pela migração desordenada de contingentes migratórios antrópicos que se instalaram no município de Coari, motivada pela busca de possíveis empregos e riquezas que poderiam advir da exploração de hidrocarbonetos no território municipal. Nesta pesquisa foi possível, com emprego de metodologia de geoprocessamento, realizar o monitoramento e mensurar as transformações causadas na cobertura do solo por ações de desmatamento, relacionadas exclusivamente à exploração de hidrocarbonetos, realizadas pela Petrobrás em solo coariense.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W.S. (2005). **Coari: Petróleo e Sustentabilidade**. Tese de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. Brasília, 320 p.

ALMEIDA, W.S.; SOUZA, N.M. (2008). Coari: Petróleo e Sustentabilidade: um exemplo amazônico. In: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n<sup>o</sup>. 17, Editora UFPR, jan./jun.2008, p. 69-92.

BRASIL. **Lei N<sup>o</sup>. 4.771**, de 15 de setembro de 1965: Institui o novo Código Florestal.

BRASIL. **Lei Nº. 7.803**, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº. 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 07 de julho de 1986.

BRASIL. **Lei Nº. 9.478**, de 06 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo e institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo.

CÁUPER, G.C.B. (2000). **A Influência das atividades de exploração de petróleo e os impactos ambientais e socioeconômicos na cidade de Coari**. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas; Manaus, 148 p.

CDDH-COARI. (1997). O poliduto e os seus impactos sócio-ambientais: O resgate das dívidas sociais locais. **1ª Semana Social de Coari**, organizado pela Pastoral da Terra em Coari. 27p.

CPT - COMISSÃO PASTORAL DA TERRA – AMAZONAS (2005). **Entrevista com coordenadores da CPT em Coari**, Auzimar Mauriz Cerdeira e Raimundo Alves Nogueira, Coari, Abril de 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1978). **Mapa ao Milionésimo da Região Amazônica, escala 1/3.500.000**.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1980). **Mapas topográficos, projeção cartográfica “Universal Transversa de Mercator (UTM), escala de 1:100.000: MI 7701 Rio Urucu, MI 635 Vila Fernandes e MI 702 Coari**.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005). **SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática: Dados dos Censos Agropecuários**. Rio de Janeiro. In: Rede Internet, <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>, acessado em 20 de janeiro de 2005.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2004). **Manual do SPRING 5.1**. Departamento de Processamento de Imagens, São José dos Campos.

IPAAM. Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas. (2003). **Licença Operacional Nº 088/99-04**. Autoriza o funcionamento da unidade processadora de óleo diesel e gás natural (GN), Armazenamento de óleo diesel e gás liquefeito de Petróleo (GLP) em tanques e reinjeção de gás natural. Manaus.

IPAAM. Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas. (2003). **Licença Operacional Nº 231/98-04**. Autoriza a operação do terminal de armazenamento e transferência de hidrocarbonetos (TESOL). Manaus.

IPAAM (c). Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas. (2003). **Licença Operacional Nº 018/98-05**. Autoriza o transporte de gás natural (GN) e gás liquefeito de petróleo (GLP) entre porto Urucu (Base Geólogo Pedro de Moura) e o terminal Solimões (TESOL), através de gasoduto. Manaus.

IPAAM. Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas. (2005). **Entrevista com Srs. Juscelino Batista dos Santos e Hermógenes Rabelo, respectivamente Diretor Técnico e Coordenador de Projetos Especiais do Ipaam**, Manaus, abril de 2005.

ONIP – Organização Nacional das Indústrias de Petróleo. (2002). **Situação da sísmica de petróleo no Brasil**, Rio de Janeiro, 116p.

PETROBRÁS. (1990). **Plano diretor de gerenciamento ambiental para a região amazônica**. Rio de Janeiro, 120p.

PETROBRÁS. (1991) **Aproveitamento dos hidrocarbonetos do Estado do Amazonas – Região do Urucu**: estudo de impacto ambiental. Rio de Janeiro. 212 p.

PETROBRÁS. (2003). **Notícias à imprensa sobre URUCU (AM)** – In: Rede Internet – [www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br), Rio de Janeiro, acessado em 02 de janeiro de 2003.

PETROBRÁS. (2004). **Municípios brasileiros e o recebimento de royalties**. Palestra proferida na UN-BSOL, Manaus, abril de 2004.

PETROBRÁS. (2005). **Entrevista com gerente de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) da unidade de negócios de exploração da Bacia do Solimões (UN-BSOL)**, Engenheiro Jorge Amorim Pereira Filho, Manaus, abril de 2005.

REZENDE, M.A.; GOMES, J.B.; POMBO, E.R. (2004). Eliminação do passivo de explosivos no Brasil. In: **Conjuntura & Informação, Superintendência de Estudos Estratégicos**, nº 24, Agência Nacional de Petróleo, Rio de Janeiro, Jan 2004.

SCHOWENGERDT, R.A. (1983). Techniques for image processing and classification. In: **Remote Sensing**. Academic Press, Orlando, US, 248 p.

TECNOSOLO (1989). **Relatório de impacto ambiental do oleoduto Urucu-Tefé**. Rio de Janeiro, 120 p.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Agência Espacial Brasileira e a Petrobrás pelo apoio prestado durante os trabalhos de campo na área de estudo, bem como ao Instituto de Pesquisas Espaciais pelo fornecimento das imagens de satélite e do sistema SPRING.

Artigo submetido em: 03/10/2012

Aceito para publicação em: 09/07/2013

Publicado em: 28/09/2013