



INSTITUTO FEDERAL
Pará
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ-
CAMPUS CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E
GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

JULIANO BOZI COSTA

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREA DE
ASSENTAMENTO RURAL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA

CASTANHAL

2018

JULIANO BOZI COSTA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREA DE
ASSENTAMENTO RURAL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal, em cumprimento as exigências para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares sob a orientação do Professor DSc. Luis Nery Rodrigues e coorientação do Professor DSc. Cícero Paulo Ferreira.

Linha de Pesquisa: Dinâmica de Agroecossistemas

CASTANHAL

Fevereiro - 2018

Dados para catalogação na fonte
Setor de Processamento Técnico Biblioteca
IFPA - Campus Marabá Industrial

C837a Costa, Juliano Bozi

Análise multitemporal da cobertura vegetal em área de
assentamento rural do município de Marabá-Pa. / Juliano Bozi Costa. —
2018.

47 f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: Prof. Dr. Luis Nery Rodrigues

Co-orientador: Prof. Dr. Cícero Paulo Ferreira

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de
Empreendimentos Agroalimentares) — Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, 2018.

1. Desenvolvimento rural – Marabá (PA). 2. Vegetação -
Mapeamento. 3. Água. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará. II. Título.

CDD: 307.1412098115

JULIANO BOZI COSTA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREA DE
ASSENTAMENTO RURAL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal, em cumprimento as exigências para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares sob a orientação do Professor DSc. Luis Nery Rodrigues e coorientação do Professor DSc. Cícero Paulo Ferreira.

Linha de Pesquisa: Dinâmica de Agroecossistemas

Data de defesa: ____/____/____

Conceito: _____

Prof. Titular, Dr. Luis Nery Rodrigues – IFCE/Crateús

Prof. Titular, Dr. João Tavares Nascimento – IFPA/Castanhal

Prof. Dr. Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza – UFRA/Belém

Dedicatória

À minha família por todo apoio, e especialmente à minha esposa Laís, pelo amor, paciência, companheirismo, ajuda, sinceridade, cumplicidade e, principalmente, por ter apoiado totalmente as minhas decisões, mesmo quando não estava bem certo dos resultados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, grande responsável por eu ter conseguido realizar esse objetivo.

Ao Profº Luis Nery, agradeço por toda paciência que teve, pelas direções oferecidas e pelos ensinamentos.

Aos colegas e amigos do mestrado, pelas angústias e alegrias compartilhadas, pela oportunidade de transpor a amizade para além do ambiente acadêmico.

A todos os envolvidos direta ou indiretamente no desenvolvimento da pesquisa, em especial ao meu amigo Thales.

A todos os professores e funcionários do Programa.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar e estimar de maneira multitemporal a cobertura vegetal do projeto de assentamento Piquiá no município de Marabá, referente aos anos de 2003, 2006, 2009 e 2015. O local de estudo destaca-se por ser um assentamento de agricultores familiares, fazendo parte de um modelo de ordenamento territorial promovido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Os Projetos de assentamento fazem parte da atual política agrária, e proporcionam uma série de questionamentos relacionados ao modo de utilização da terra no que tange a preservação do meio ambiente e a manutenção da cobertura vegetal. Para compor a análise foram utilizadas imagens dos sensores *Thematic Mapper (TM)*, acoplado ao satélite *Landsat 5* e o *Operational Land Imager (OLI)*, acoplado ao satélite *Landsat 8*, respectivamente. As imagens passaram por técnicas de georreferenciamento e geoprocessamento a partir dos softwares *QGIS 2.14*, e o *SPRING 5.4.3*, juntamente com arquivos *shapefiles* da área de estudo. Os resultados mostraram que para o ano de 2003 a cobertura vegetal no assentamento foi de 734,94 hectares, o que representa 22,08% da área total do assentamento, em 2006 houve uma redução para 655,25 hectares da cobertura vegetal, equivalente a 19,69% da área, para 2009, a cobertura vegetal foi de 727,8316 hectares, equivalente a 21,87% da área do assentamento, e por fim, para 2015, mais uma vez a cobertura vegetal teve um acréscimo de sua área, totalizando 1.016,0900 hectares, o que equivale a 30,53% da área do assentamento. As variações no quantitativo da cobertura vegetal do assentamento demonstram que a perda dessa cobertura acompanha as mudanças econômicas locais, os programas de crédito rural e os programas de prevenção de meio ambiente.

Palavra Chave: SIG, georreferenciamento, água, vegetação

ABSTRACT

The purpose of this work was to analyze and estimate in a multitemporal way the vegetation cover of the Piquiá settlement project in the municipality of Marabá, in the period referring to the years 2003, 2006, 2009 and 2015. The study site stands out because it is a settlement of family farmers, being part of a model of territorial planning promoted by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA). The Settlement Projects are part of the current agrarian policy, and provide a series of questions related to the way the land is used in relation to the preservation of the environment and the maintenance of the vegetation cover. To compose the analysis, images of the Thematic Mapper (TM) sensor, coupled to the Landsat 5 satellite and the Operational Land Imager (OLI) sensor, coupled to the Landsat 8 satellite, respectively, were used. The images passed through georeferencing and geoprocessing techniques from QGIS 2.14, and SPRING 5.4.3, along with shapefiles from the studied area. The results showed that for 2003 the plant cover in the settlement was 734.94 hectares, representing 22.08% of the total area of the settlement, in 2006 there was a reduction to 655.25 hectares of the vegetation cover, equivalent to 19, 69% of the area, for 2009, the plant cover was 727.8316 hectares, equivalent to 21.87% of the area of the settlement, and finally, to 2015, once again the vegetation cover increased its area, totaling 1,016.09 hectares , which is equivalent to 30.53% of the settlement area. Variations in the quantitative vegetation cover of the settlement show that the loss of this cover follow the local economic changes, rural credit programs and environmental prevention programs.

Keyword: GIS, georeferencing, water, vegetation

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização do Projeto de Assentamento Piquiá	24
Figura 02 – Divisão dos lotes do Projeto de Assentamento Piquiá	25
Figura 03 – Área das classes/ano do P. A. Piquiá..	31
Figura 04 – Ocupação relativa das classes fisiográficas do P.A. Piquiá.....	32
Figura 05 – Variação temporal das classes fisiográficas do P.A. Piquiá.	32
Figura 06 – Caracterização cartográfica da cobertura vegetal – P.A Piquiá - 2003.	34
Figura 07 – Caracterização cartográfica da cobertura vegetal - P.A. Piquiá - 2006.....	35
Figura 08 – Caracterização cartográfica da cobertura vegetal - P.A Piquiá - 2009.....	37
Figura 09 – Caracterização cartográfica da cobertura vegetal - P.A Piquiá - 2015.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Data de Aquisição das imagens pelos sensores <i>TM</i> e <i>OLI</i>	26
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Tipos de solo do Projeto de Assentamento Piquiá.	26
Tabela 02 – Classificação do índice Kappa	29
Tabela 03 – Validação dos dados da Classificação Supervisionada	30
Tabela 04 – Quantificação da cobertura florestal no P.A. Piquiá no período de estudo.....	31
Tabela 05 – Área das classes (hectares) para os anos de 2003, 2006, 2009 e 2015.	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo geral:	16
2.2. Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1. Sistema de Informações Geográficas	17
3.2. Sensoriamento Remoto	19
3.3. Processamento digital de imagens.....	21
3.3.1. Segmentação e classificação de imagens	22
3.4. Análise Multitemporal.....	23
4. METODOLOGIA.....	24
4.1. Área de estudo	24
4.2. Imagens de satélite e <i>softwares</i>	26
4.3. Quantificação da cobertura vegetal	27
4.3.1. Georreferenciamento.....	27
4.3.2. Composição Colorida.....	27
4.3.3. Classificação Supervisionada.....	27
4.3.4. Validação da classificação de imagens	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1. Imagens Supervisionadas	30
5.2. Quantificação da cobertura vegetal do P.A. Piquiá	30
5.2.1. Análise para o ano de 2003	33
5.2.2. Análise para o ano de 2006	35
5.2.3. Análise para o ano de 2009	36
5.2.4. Análise para o ano de 2015	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
7. PRODUTOS GERADOS.....	42
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Dentro de um contexto evolutivo, o processo de urbanização e crescimento das atividades econômicas na região Norte do Brasil aconteceu de uma forma irracional com a intenção de exploração.

A história da cidade de Marabá já inicia com a migração de famílias dos estados de Goiás e Maranhão, que se estabeleceram na região com a intenção de formar um burgo agrícola e também para a criação de gado (SILVA, 2006). As atividades de extração e comercialização do caucho na região atraíram migrantes dos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Piauí, Maranhão e Goiás, ocasionando o arruinamento do burgo (CARVALHO, 2000 apud ARAGÃO & SCALABRIN, 2012).

A objetivo dos migrantes da região que se tornaria o município de Marabá, denota o modelo de ocupação, pautado no extrativismo e na mineração, fato esse, que pode ser reforçado por Aragão & Scalabrin (2012):

“O processo de exploração do caucho trouxe outros tipos de atividades e a organização de vários grupos de pessoas como barqueiros, tropeiros para o deslocamento de gado e/ou mercadorias, comerciantes, mariscadores, pescadores, caçadores de peles e garimpeiros (extratores de pedras do Rio Tocantins e, mais tarde do diamante e ouro).”

Com a abertura da PA-70 (atualmente um trecho da BR-222), em 1969, a cidade de Marabá é ligada à Rodovia Belém-Brasília. A implantação de infraestrutura rodoviária fez parte da estratégia do Governo Federal de integrar a região ao resto do País. Além disso, o plano de colonização agrícola oficial, a instalação de canteiros de obras, especialmente a construção da Hidroelétrica de Tucuruí, a implantação do projeto Grande Carajás e a descoberta da mina de ouro da Serra Pelada, aceleraram e dinamizaram as migrações para Marabá nas décadas de 1970 e 1980.

Aliado a essa expansão, ainda existe o fato de a região ter sido estratégica para a política de integração, ela foi o ambiente da Guerrilha do Araguaia, resultando numa presença ostensiva das tropas do Exército Brasileiro, tornando a cidade uma das bases de operações das tropas federais. Também em 1970 foi criado o Programa de Integração Nacional (PIN) que, dentre outras medidas, previa a construção da rodovia Transamazônica, cujo primeiro trecho foi inaugurado em 1971, juntamente com a

criação de um posto do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) em Marabá.

A expansão urbana e rural se define pelos grandes acidentes geográficos presentes em todo o território do município. Estima-se que neste município residam em torno de 262.085 habitantes (IBGE, 2015). Uma população bastante miscigenada, praticamente todos os estados brasileiros estão representados em Marabá, com maior volume de nordestinos, mas goianos, paulistas e mineiros também vieram tentar a sorte e acabaram fixando moradia no município.

Grande parte desse contingente de pessoas buscou a zona rural para se estabelecer, assim como Bursztyn (2010) apud Le Tourneau & Bursztyn (2010) quando comentam que boa parte da população que se deslocara, buscou em seguida terras para permanecer na região amazônica.

Muitas vezes essa ocupação rural acontece sem nenhuma perspectiva, ocasionando uma ocupação territorial desordenada, sem o conhecimento de atividades agrícolas e práticas ambientais para uma correta utilização da terra.

Uma política de ordenamento territorial visando conciliar recuperação, preservação com produção e adequação da legislação ambiental necessita estar baseada em um entendimento das interações dinâmicas existentes entre os sistemas agroecológicos e os aspectos referentes à estrutura agrossocioeconômica (SANTOS & MARTINS, 2001 apud BARBOSA; ANDRADE; ALMEIDA, 2009).

A elaboração de um mapeamento, capaz de perceber sistemas agroflorestais, pode se tornar a porta de entrada para uma reestruturação do modelo de manejo da terra utilizado na mesorregião de Marabá. O modelo agroecológico traz à tona um novo padrão de desenvolvimento sustentável voltado para a zona rural.

A análise de cobertura vegetal a partir de imagens de satélite, permite interpretar o potencial agrícola e ecológico que a área em estudo representa, dessa forma, o sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta imprescindível no planejamento e implementação das técnicas agroecológicas para a região.

A utilização da terra na zona rural de Marabá pode ser dividida em dois modelos: o primeiro consiste dos grandes pecuaristas, que para criar ou aumentar as áreas de pastagem, realizam o desmatamento da floresta, aumentando assim o passivo ambiental, fato esse também percebido por Rivero et al. (2009), ao afirmarem que o

desmatamento na Amazônia brasileira tem como principais causas diretas a pecuária, a agricultura de larga escala e a agricultura de corte e queima.

Já o segundo modelo, é formado pelos agricultores familiares, que possuem quantidades bem menores de terra em comparação aos grandes produtores, e geralmente fazem uso de uma agricultura de acordo com a migração, ou seja, produzem nas terras da região amazônica o que costumavam produzir nas terras dos diferentes ecossistemas de que vieram, devido ao alto índice de migração da região, deixando de perceber o correto potencial do solo e clima local.

Como forma de tentar corrigir essa utilização do solo, órgãos governamentais como o INCRA, atuam na região, segundo Albuquerque et al., (2004) apud Castro & Watrin (2013), tais órgãos praticam estratégias na tentativa de que trabalhadores rurais atinjam seu desenvolvimento econômico através do uso da terra, promovendo também o ordenamento fundiário, conhecidos como Projetos de Assentamentos (PAs).

Os PAs não podem ser entendidos como um perfeito modo de realizar a reforma agrária, uma vez que em alguns casos esses projetos de assentamento ocorrem através de ocupações de terras onde já não existe floresta em pé, portanto muitas dessas áreas ocupadas já possuíam um passivo ambiental elevado quando sofreram o processo de desapropriação (CASTRO & WATRIN, 2013).

Onde atualmente existe o Projeto de Assentamento Piquiá, anteriormente era uma Fazenda, denominada de castanhal Piquiá. No ano de 1988 a fazenda foi ocupada por um grupo de trabalhadores rurais. Em 4 (quatro) anos depois, o assentamento já contava com mais de 150 famílias, de acordo com uma fiscalização realizada pelo INCRA.

Deve-se levar em consideração que segundo Homma et al. (2001), a ação do INCRA tem sido muito mais em regularizar fatos consumados das invasões. E que nesse sentido, estas ocupações efetuaram sem o apoio da assistência técnica, definição de alternativas econômicas e de infraestrutura apropriada. As famílias, geralmente, são assentadas onde não existe uma infraestrutura mínima adequada para constituir uma comunidade (LEITE et al., 2004 apud SCOPINHO, 2007; SPAROVEK, 2003 apud SCOPINHO, 2007)

Os métodos de utilização da terra por parte dos assentamentos não devem ser generalizados como sendo aplicação de agricultura familiar, isso acontece devido à forma como os agricultores acabam sendo forçados atuar, pois a falta de assistência

técnica e extensão rural aplicada para atividades de agricultura familiar e as facilidades encontradas de se conseguir financiamentos voltados à bovinocultura, propiciam um cenário bastante comum nos assentamentos do sudeste paraense, que é a pecuária.

Esses modelos agrícolas e principalmente de pecuária implantados na Amazônia nas últimas décadas incentivaram o desmatamento e outras atividades antrópicas extremamente danosas à sustentação e à conservação dos agroecossistemas. Santos & Mitja (2011) apud Margulis (2003) afirmam que a atividade pecuária extensiva na Amazônia nas últimas décadas tornou-se a principal forma de uso da terra. Entre 1975 e 1995, a área de pastagem plantada triplicou, enquanto a área de lavouras aumentou somente 19%. Segundo Mitja & Robert (2003), a principal atividade dos agricultores familiares da região de Marabá é a criação extensiva de gado, e seu principal problema é a degradação das pastagens.

“Os pequenos produtores assentados, após curta permanência com lavouras de arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mayz*), mandioca (*Manihot esculenta*), abacaxi (*Ananas comosus*) e banana, (*Musa* sp) convertem rapidamente seus plantios em pastagens, fenômeno que tem sido denominado de “pecuarização da pequena propriedade” e que, para muitos, pode ser uma tendência positiva, mas que no médio prazo, poderá resultar na falência dessas pequenas propriedades.” (ALVES & HOMMA, 2004)

Portanto, o problema causado pelo mau uso da terra na agricultura e também na atividade pecuária por parte dos assentados em projetos do INCRA, traz à tona o passivo ambiental dessas localidades, bem como a falta de gestão dos bens naturais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Analisar e estimar de maneira multitemporal a cobertura vegetal do projeto de assentamento Piquiá no município de Marabá.

2.2. Objetivos Específicos

- Mapear por sensoriamento remoto a cobertura vegetal preservada e alterada do assentamento Piquiá.
- Sistematizar as informações coletadas dos mapas para compreender o processo de reposição florestal das áreas alteradas.

- Gerar um produto cartográfico que contribua com a gestão da vegetação florestal preservada e/ou da vegetação antropizada caracterizada como agrofloresta.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sistema de Informações Geográficas

Um Sistema de Informações Geográficas (SIG), pode ser definido como um sistema computacional, dotado de ferramentas para manipulação, transformação, armazenamento, visualização, análise e modelagem de dados georreferenciados, voltado para produção de informação, constituindo-se numa importante ferramenta de suporte à decisão (STAR & ESTES, 1990; CÂMARA, 1995; BONHAM-CARTER; 1996).

Há uma ampla gama de aplicações para os SIG's, incluindo agricultura, meio ambiente e urbanismo, havendo, pelo menos três maneiras, não excludentes, deles serem utilizados (CÂMARA, 1995):

- Como ferramenta para produção de mapas;
- Como suporte para análise espacial e temporal de fenômenos e;
- Como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

Para Star & Estes (1990), os SIG's funcionam como meio para a integração de dados espaciais adquiridos em tempos diferentes, e em diferentes escalas e formatos. Autores expõem ainda que os usuários de SIG normalmente desenvolvem quatro atividades principais: Medição, Mapeamento, Monitoramento e Modelagem.

O desenvolvimento dos SIG's conta com a contribuição de várias disciplinas, dentre as quais se destacam a cartografia, o sensoriamento remoto, a informática e a estatística.

Câmara (1995) lembra que a estrutura geral de um SIG é composta de interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados.

Os dados geográficos possuem localização espacial (definida pelas coordenadas geográficas) e atributos descritivos (que podem ser representados num banco de dados

convencional), sendo que os SIG's servem para localizar esses dados no espaço, e para representar a relação espacial entre eles (CÂMARA, 1995).

Os bancos de dados geográficos são organizados, através de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), como Dbase e Access, para o armazenamento, em tabelas, dos atributos dos objetos geográficos, arquivos e gráficos separados para armazenar as representações geométricas desses objetos. Em SIG, os dados espaciais são representados por pontos, linhas e polígonos, associados a atributos que os caracterizam.

Esses dados podem ser representados ainda, em formato matricial (ou raster), no qual o espaço é dividido em células de tamanho fixo (pixels), configurando uma matriz; ou no formato vetorial, onde o espaço geográfico é considerado de forma contínua.

A área do terreno representada por um “pixel”, numa representação matricial, determina sua resolução. Cada “pixel” é referenciado por coordenadas relativas à linha e à coluna da matriz (a partir da origem), e contam com um valor numérico referente ao atributo mapeado. As imagens digitais são exemplos de dados espaciais representados no formato “raster”.

No formato vetorial, busca-se a representação mais exata possível das entidades geográficas, consistindo normalmente de listas de coordenadas geográficas que delimitam regiões ou descrevem redes. As bases plani-altimétricas digitais, são exemplos de dados nesse formato.

Segundo a abordagem proposta por Câmara (1995), os dados espaciais podem ser enquadrados numa das categorias abaixo:

- Dados Temáticos: descrevem a distribuição espacial de uma feição geográfica, de forma qualitativa (Ex.: carta de declividade, uso do solo etc.).
- Dados Cadastrais: distinguem-se dos mapas temáticos, pois seus elementos possuem atributos, e sua representação gráfica pode variar conforme a escala (Ex.: mapa de municípios).
- Redes: cada objeto possui localização geográfica exata e está associado a atributos descritivos, com informações sobre recursos que fluem espacialmente (Ex.: rede de drenagem).
- Modelos Numéricos de Terreno: denotam a representação quantitativa de uma grandeza com variação contínua no espaço (Ex.: cartas altimétricas).

- Imagens: Obtidas por Sensoriamento Remoto e armazenadas no formato “raster”. Podem ser consideradas como dados primários, de onde se pode derivar mapas temáticos (Ex.: imagens de satélite).

Uma vez que a maioria dos dados disponíveis para a montagem de um SIG se encontra em diferentes formatos e escalas, são necessários procedimentos de compatibilização, ou seja, adaptação dos dados às características do sistema em uso. Os procedimentos principais nessa etapa, segundo Star & Estes (1990), incluem:

- Conversão de formato: alteração da estrutura dos dados, de “raster” para vetorial (e vice-versa), intercâmbio de dados entre os diferentes “*softwares*”, bem como a digitalização de dados disponíveis em meio analógico;
- Redução e Generalização: transformações de escala e suavização de dados vetoriais, agregação de classes em mapas temáticos e reamostragens em imagens digitais;
- Detecção e edição de erros: correção de erros comuns no processo de digitalização, tais como polígonos abertos, sobreposição de áreas etc;
- Georeferenciamento: conversão entre sistemas de projeção cartográfica e referenciamento de dados brutos; e
- Interpolação: utilização de métodos estatísticos para modelagem numérica do terreno, com base em amostras.

3.2. Sensoriamento Remoto

O termo Sensoriamento remoto pode ser compreendido de diversas formas. Vários autores utilizam o simples conceito de que sensoriamento remoto é a obtenção de informação sobre um objeto sem haver contato físico com ele, embora uma definição mais focada na técnica utilizada para elaboração deste trabalho é a concebida por Novo (2010).

“...utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.”

O princípio do sensoriamento remoto consiste na detecção entre a radiação eletromagnética e os alvos da superfície terrestre, sendo a radiação eletromagnética a fonte de energia utilizada que pode ser dividida em naturais (energia solar) e artificial (flash ou sinal de radar). A distribuição da radiação eletromagnética (REM) pode ser melhor compreendida levando-se em conta o espectro eletromagnético, que organiza as ondas segundo o comprimento de onda e frequência de onda apresentados (ABREU & COUTINHO, 2014).

Os principais instrumentos do sensoriamento remoto são os sistemas sensores, que de acordo com Nunes (2016), permitem a captação da radiação eletromagnética e conversão para uma forma que possibilite análises e interpretações, sendo assim, os sensores são as máquinas fotográficas dos satélites. Têm por finalidade captar a REM proveniente da superfície terrestre e transformar a energia conduzida pela onda, em pulso eletrônico ou valor digital proporcional à intensidade desta energia.

A radiância é denominada na ciência do sensoriamento remoto como a quantidade de energia radiante que deixa uma unidade de área no terreno e irradiância como a quantidade de energia incidente naquela área. Quando o fluxo de energia eletromagnética incide sobre um objeto ocorrem interações com o material podendo ser parcialmente refletido, transmitido ou absorvido pelo objeto. A reflectância pode ser considerada como a razão entre a radiância e a irradiância medida no mesmo instante, podendo qualquer alvo na superfície apresentar valores percentuais de radiação incidente entre 0% e 100% (MENESES & ALMEIDA, 2012; IBGE, 2001).

Em virtude da diversificada demanda por imagens para diversos usos, os sistemas sensores disponibilizam imagens com distintas resoluções. Segundo Novo (2010), Meneses & Almeida (2012) e Abreu & Coutinho (2014), no sensoriamento remoto as resoluções podem ser divididas em:

- Resolução Espacial: é relacionada ao tamanho do pixel em unidade de metro na imagem. A importância da resolução espacial da imagem reside em razão dela determinar o tamanho do menor elemento que pode ser detectado. Quanto menor o pixel, maior é a resolução espacial da imagem e mais detalhada é a representação dos elementos da paisagem.
- Resolução Espectral: relaciona-se com as bandas espectrais obtidas das imagens. Os parâmetros de medida de resolução espectral são o número de bandas do

sensor, a largura em comprimento de onda das bandas e os locais nas quais as bandas espectrais se situam no espectro eletromagnético. A resolução espectral melhora em razão do maior número de bandas situadas em distintas regiões espectrais e menores larguras de ondas.

- **Resolução Radiométrica:** é definida como a intensidade de radiância da área de cada pixel unitário detectada. A medição da resolução radiométrica ocorre em função do intervalo de número de valores digitais usados para expressar os valores de radiância medidos pelo detector. A redução de amplitude ou centralização do intervalo ocasiona a melhora da resolução espectral nas imagens.
- **Resolução Temporal:** é relacionada à frequência em dias em que o sensor revisita a mesma área e obtém imagens periódicas ao longo do tempo. A resolução temporal possibilita uma detalhada análise multitemporal da paisagem, ou seja, o quanto a área observada alterou-se ao decorrer de determinado período.

O sensoriamento remoto vem demonstrando ser uma importante ferramenta para auxiliar no monitoramento de grandes áreas para atestar conformidade perante a legislação ambiental em grandes áreas em virtude da crescente geração e adoção das imagens de satélite disponibilizadas gratuitamente. Entre as vantagens da utilização do sensoriamento remoto juntamente com outras informações temáticas estão a melhor representação, à escala (e unidades) da paisagem, das distribuições e variações fitofisionômicas (FERREIRA, FERREIRA & FERREIRA, 2008; MASCARENHAS, FERREIRA & FERREIRA, 2009).

3.3. **Processamento digital de imagens**

O Processamento Digital de Imagens (PDI) tem como característica uma grande diversidade de técnicas voltadas a facilitar a extração de informações contidas em uma imagem digital.

A quantidade de informações em uma imagem é muito maior do que a que o olho humano pode perceber, implicando na necessidade de processá-las, traduzindo as

informações para o intérprete ou extraíndo das imagens apenas a parte essencial para os fins determinados (CROSTA, 1992).

De acordo com Novo (2010), as imagens digitais possuem uma grande vantagem em comparação às imagens analógicas, pois possibilitam o processamento, visando o realce ou a extração de informações específicas.

Pode-se dividir as técnicas de PDI em atividades de pré-processamento e de processamento. Enquanto o pré-processamento prepara a imagem, adequando-a do ponto de vista geométrico, radiométrico e minorando os efeitos atmosféricos, os métodos de processamento realçarão o comportamento espectral ou textural de um objeto ou fenômeno. As classificações enquadram-se num grupo diferenciado dentre as técnicas de PDI, permitindo classificar uma imagem em temas, gerando mapas temáticos.

3.3.1. Segmentação e classificação de imagens

A classificação digital é o processo voltado à extração de informação das imagens de sensoriamento remoto, para o reconhecimento de padrões e produção de mapas temáticos. Segundo Crosta (1992), ela diz respeito à associação de cada pixel da imagem a um "rótulo", descrevendo um objeto real. Dessa forma, os números digitais de cada pixel, são associados a um tipo de cobertura do terreno (água, tipo de vegetação, tipo de solo ou de rocha, etc.).

A classificação se baseia em métodos estatísticos de reconhecimento de padrões. Seguindo regras da teoria da probabilidade e através de parâmetros de agrupamento previamente definidos, os atributos espectrais de um dado pixel são identificados e classificados (WALSH et al., 1998).

As técnicas de classificação de imagens podem ser divididas em dois grupos principais:

- Classificação supervisionada: os atributos espectrais de um dado pixel são comparados com aqueles relativos a uma área de treinamento, definida pelo usuário, com base no conhecimento da realidade terrestre.
- Classificação Não-Supervisionada: o reconhecimento de padrões é realizado automaticamente, através da análise de todos os pixels que compõem a imagem

e da identificação de agrupamentos ("clusters"), que são utilizados como área de treinamento (CROSTA, 1992).

Técnicas híbridas são também empregadas com frequência. Nelas utiliza-se uma classificação não-supervisionada como passo inicial e os agrupamentos separados automaticamente podem ser utilizados, no passo subsequente, como áreas de treinamento numa classificação supervisionada.

Brondizio et al. (2002) utilizaram a classificação de imagens (*Multispectral Scanner System*) MSS e (*Thematic Mapper*)TM dos sistema sensor Landsat, para o mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal em um grupo de 3.718 lotes agrícolas que foram implementados pelo INCRA, abrangendo os municípios de Altamira, Brasil Novo e Medicilândia, conseguindo assim, através da classificação das imagens estabelecer uma relação entre os grupos de colonizadores que chegam na região, e o crescimento do desmatamento no mesmo local.

3.4. **Análise Multitemporal**

De acordo com Carvalho Júnior et al. (2005), a análise multitemporal consiste na avaliação de imagens de satélite, de um mesmo local em diferentes épocas visando o acompanhamento sazonal da superfície terrestre. A análise multitemporal realizada, por meio de imagens de satélites, permite acompanhar as mudanças transcorridas na área estudada, representadas sob o formato de mapas (BENEDETTI, 2010).

Os mapas temporais da cobertura da terra nos permitem identificar a dinâmica da paisagem, assim como avaliar os rumos tomados pela sociedade no que tange ao crescimento econômico e à exploração dos recursos naturais (TORRES, 2011).

Existem trabalhos realizados abordando a análise multitemporal, são citados como exemplo:

Barbosa Junior & Almeida (2010) realizaram uma análise multitemporal no município de Bonito, PA, utilizando interpretação de imagens do satélite Landsat TM 5, para identificar o uso e ocupação do solo e a variação da paisagem, nos anos de 1984, 1996 e 2008. Para tanto, usaram a classificação não-supervisionada. Encontraram uma grande fragilidade ambiental na região, pois a vegetação florestal diminuiu consideravelmente na região, dando lugar à agropecuária.

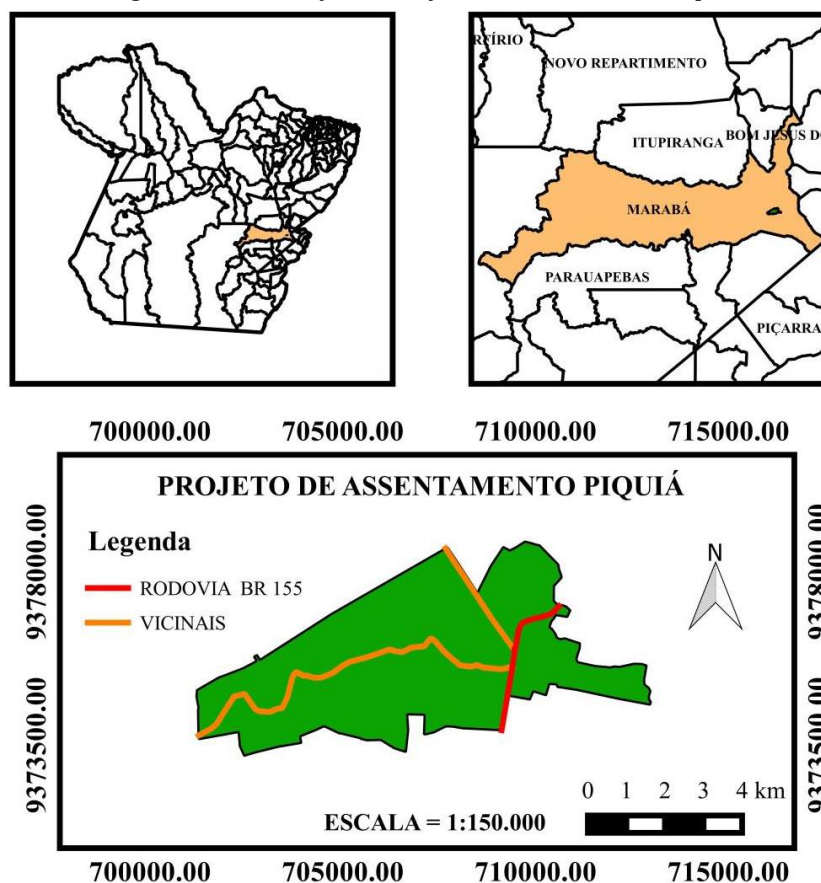
Silva & Costa Neto (2013) com a aplicação da análise multitemporal no município de Eldorado dos Carajás constataram que o município sofreu um acelerado processo de ocupação proveniente de fatores socioeconômicos variados, mas principalmente pelo avanço da pecuária extensiva, em que a área desmatada evoluiu de 7,35% em 1984 para 88,96% em 2010.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

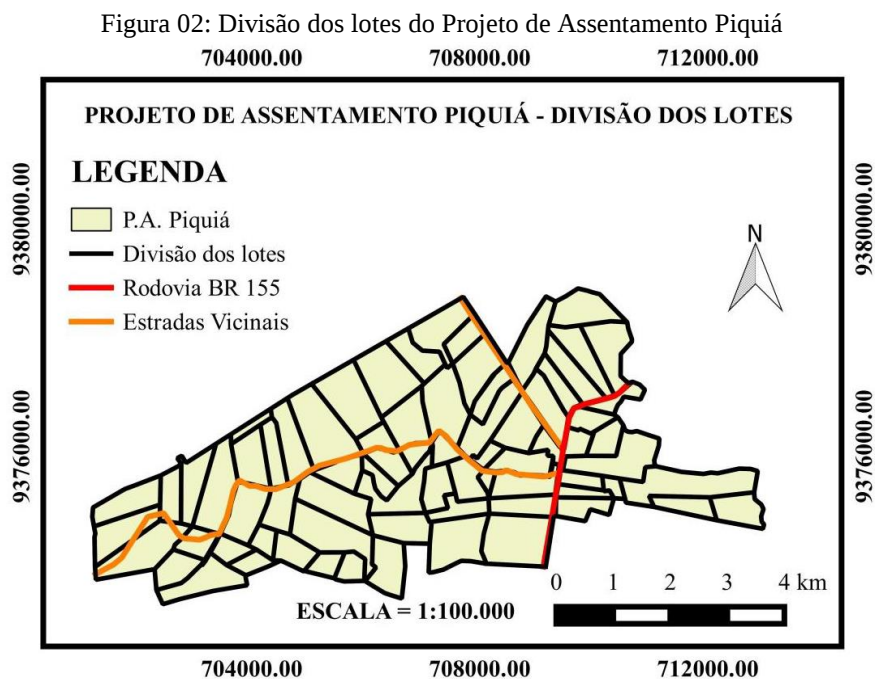
A área de estudo compreende o Assentamento Piquiá, localizado no município de Marabá-PA, distando de sua sede 35 km pela Rodovia BR 155, conforme Figura 01. As coordenadas geográficas do assentamento são 5°38'33,22" S e 49°06'31,85" O, e possui altitude média de 115 metros.

Figura 01: Localização do Projeto de Assentamento Piquiá



Fonte: Acervo próprio.

O projeto de assentamento possui uma área total de 3.327,84 hectares, com capacidade total para 70 unidades agrícolas, e possui 62 famílias assentadas com cerca de 35,18 hectares por unidade familiar. A divisão dos lotes se dá conforme Figura 02.



Fonte: Acervo próprio.

O núcleo urbano mais próximo do assentamento é a Vila Sororó, que oferece infraestrutura de comércio e educação para os colonos e o seu nome faz referência ao rio que passa perto da comunidade (PARÁ, 2013).

No que se refere ao clima, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, a região apresenta clima tropical úmido, encontra-se numa faixa de transição entre Am e Aw, com temperatura média anual de 26 °C e média máxima de 32°C (KOTTEK et al., 2006).

Os tipos de solos identificados no assentamento foram: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, caracterizado por ser bem drenado e com relativa profundidade; Latossolo Amarelo Distrófico e Neossolo Quartzarênico Órtico (PARÁ, 2013). Na Tabela 01 pode-se verificar a área em hectares para cada tipo de solo.

Tabela 01: Tipos de solo do Projeto de Assentamento Piquiá.

Tipo de Solo	Área (hectares)	Percentagem da Área (%)
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	2.611,38	79,42
Latossolo Amarelo-Distrófico	284,74	8,66
Neossolo Quartzarênico Órtico	391,94	11,92
Total	3.288,06	100,00

Fonte: Modificado de PARÁ (2013)

A cobertura vegetal do assentamento é diversificada, na qual predominava florestas primitivas ombrófila densa submontana, podendo-se encontrar ainda florestas abertas mistas, florestas latifoliadas e florestas ciliares de várzeas. As matas secundárias e capoeiras encontradas são consequências do desmatamento, extração de madeira e formação de pastagens (PARÁ, 2013).

4.2. **Imagens de satélite e softwares**

Os materiais utilizados no presente trabalho foram: Imagens geradas pelo sensores *Thematic Mapper (TM)*, acoplado no satélite *Landsat 5*, órbita/ponto 223/064 referentes aos anos de 2003, 2006 e 2009, e o *Operational Land Imager (OLI)*, acoplado ao satélite *Landsat 8*, referente ao ano de 2015. Todas as imagens são obtidas de maneira gratuita mediante cadastro no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e as informações referentes a datas e sensores utilizados são descritas no Quadro 01.

Quadro 01: Data de Aquisição das imagens pelos sensores *TM* e *OLI*

Data de aquisição pelo sensor	Sensor/instrumento
16 de julho de 2003	<i>TM/Landsat5</i>
09 de agosto de 2006	<i>TM/Landsat5</i>
01 de agosto 2009	<i>TM/Landsat5</i>
02 de agosto de 2015	<i>OLI/Landsat8</i>

Fonte: Autor, 2016.

Foram utilizados os *softwares QGIS 2.14* (QGIS Development Team, 2015), e o *SPRING 5.4.3* (INPE) e os arquivos *shapefiles*, que são arquivos digitais que contêm informações espaciais (ESRI, 2008) da área de estudo, como os limites geográficos dos lotes e da área total do assentamento.

4.3. Quantificação da cobertura vegetal

4.3.1. Georreferenciamento

Foi realizado o georreferenciamento, ou registro das imagens do instrumento *Landsat 5* com a imagem do instrumento *Landsat 8*. No *software QGIS 2.14* foram coletados pontos de controle para cada imagem utilizando o algoritmo de interpolação pelo vizinho mais próximo. O sistema de projeção cartográfica utilizado foi o *Universal Transverso de Mercator* (UTM), zona 22 Sul, *Datum*WGS-84.

4.3.2. Composição Colorida

Após a etapa de georreferenciamento, todas as imagens de satélites utilizadas, foram importadas para *software* SPRING 5.4.3, onde a composição colorida das mesmas por meio do método *Red-Green-Blue* (RGB).

Para as imagens *Landsat 5*, as bandas espectrais utilizadas foram as de número 5, 4 e 3, que correspondem as bandas do infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho, respectivamente. Para as imagens *Landsat 8*, foram utilizadas as bandas espectrais 6, 5 e 4, que correspondem as bandas do infravermelho de ondas curtas, o infravermelho próximo e o vermelho, respectivamente. Após essa etapa, todas as imagens passaram pelo recorte no *software* SPRING 5.4.3 com o arquivo *shapefile* dos limites geográficos da área de estudo.

4.3.3. Classificação Supervisionada

A classificação das imagens foi realizada com o *software* SPRING 5.4.3, que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais (INPE, 2016).

O método de classificação utilizado, foi o classificador por máxima verossimilhança (MAXVER), que calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica com base na ponderação das distâncias entre as médias dos

valores dos pixels das classes e em parâmetros estatísticos (MENESES & ALMEIDA, 2012).

Para classificação, utilizaram-se as seguintes classes:

- Floresta/capoeirão: representa as florestas nativas ou mesmo áreas com no mínimo 20 anos de regeneração natural, nesse estágio de sucessão a altura média das árvores é superior a 10 m e o diâmetro médio a 1,30 m do solo (Diâmetro à Altura do Peito - DAP) médio é superior a 11 cm (SALOMÃO et al., 2012);
- Capoeira/juquira: representa uma vegetação com árvores de altura média variando de 6 m a 8 m e DAP variando de 7 cm a 9 cm (SALOMÃO et al., 2012);
- Solo exposto/pastagem: representa o solo sem nenhum tipo de cobertura vegetal ou apenas uma vegetação rasteira para alimentação bovina.
- Água: expressa os corpos hídricos presentes na área do trabalho, representando pequenos córregos e represas ou tanques de piscicultura.

Foram coletadas para cada classe, amostras de referências nas imagens dos períodos estudados, a saber, 2003, 2006, 2009 e 2015, o que representam os pixels das classes analisadas, e então, o *software* SPRING 5.4.3 processou a classificação, informando as áreas das classes em hectares para o período estudado.

4.3.4. Validação da classificação de imagens

Para a validação da classificação de imagens processadas, utilizou-se as equações de exatidão global e o índice Kappa. A exatidão global ou acurácia global é um valor dado em percentagem que relaciona a concordância entre a imagem classificada e o conjunto de amostras de referências a partir de matrizes de erros que são geradas pelos *softwares* de classificação. O valor de exatidão global é calculado a partir da Equação 1.

$$EG = \frac{A}{n} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

EG = exatidão global;

A = valor total de pixels classificados corretamente; e,

n = valor total de pixels corretamente.

O índice Kappa (K) é um coeficiente que expressa em um valor adimensional a quantidade de pixels dentro do total de pixels existentes que são possíveis de classificar.

A Equação 2 demonstra o cálculo necessário para se obter o valor do índice Kappa.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (2)$$

K = índice Kappa;

N = pontos amostrais;

r = número de linhas de matriz de erros;

x_{ii} = observações na linha i e coluna i ;

x_{+i} = total marginal da coluna i ;

x_{i+} = total marginal da linha i

O **Índice Kappa** é classificado conforme o seu respectivo valor, podendo apresentar uma variação entre 0 (ruim ou péssima classificação) e 1 (excelente classificação), conforme Tabela 02.

Tabela 02: Classificação do índice Kappa

Índice Kappa	Classificação
0 – 0,2	Ruim
0,2 – 0,4	Razoável
0,4 – 0,6	Boa
0,6 – 0,8	Muito boa
0,8 – 1,0	Excelente

Fonte: Adaptado de Meneses & Almeida (2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Imagens Supervisionadas

Os resultados da validação dos dados da classificação supervisionada (Tabela 03) revelaram que a acurácia global em todos os anos do estudo foram superiores a 95%. Somado a esse fator, os índices Kappa foram superiores a 0,9. Com isso, percebeu-se que os valores obtidos quanto à acurácia global, foram extremamente satisfatórios.

Tabela 03: Validação dos dados da Classificação Supervisionada

Ano	Acurácia (%)	Índice Kappa (adimensional)
2003	96,82	0,94
2006	99,18	0,98
2009	96,37	0,93
2015	98,01	0,94

Fonte: Autor, 2017.

Como estudado por Gao (2009), verifica-se que quanto maior a acurácia global, maior a quantidade de *pixels* classificados corretamente. Associado ao índice Kappa, em estudo realizado por Congalton & Green (2009), mostrou que os índices variaram de 0,8 a 1,0, indicando que a classificação foi de excelente nível. Dessa forma, os valores obtidos no presente estudo quanto ao índice Kappa foram considerados como excelente para a classificação supervisionada.

5.2. Quantificação da cobertura vegetal do P.A. Piquiá

Os resultados obtidos para os anos de 2003, 2006, 2009, e 2015 estão dispostos nas Tabelas 04 e 05 bem como nas Figuras 03, 04 e 05.

Tabela 04: Quantificação da cobertura florestal no P.A. Piquiá no período de estudo.

Ano	Cobertura florestal (ha)	Variação entre os anos (ha)	Cobertura florestal (%)
2003	734,9400	-	22,08
2006	655,2500	-79,6900	19,69
2009	727,8316	72,5816	21,87
2015	1.016,0900	288,2584	30,53

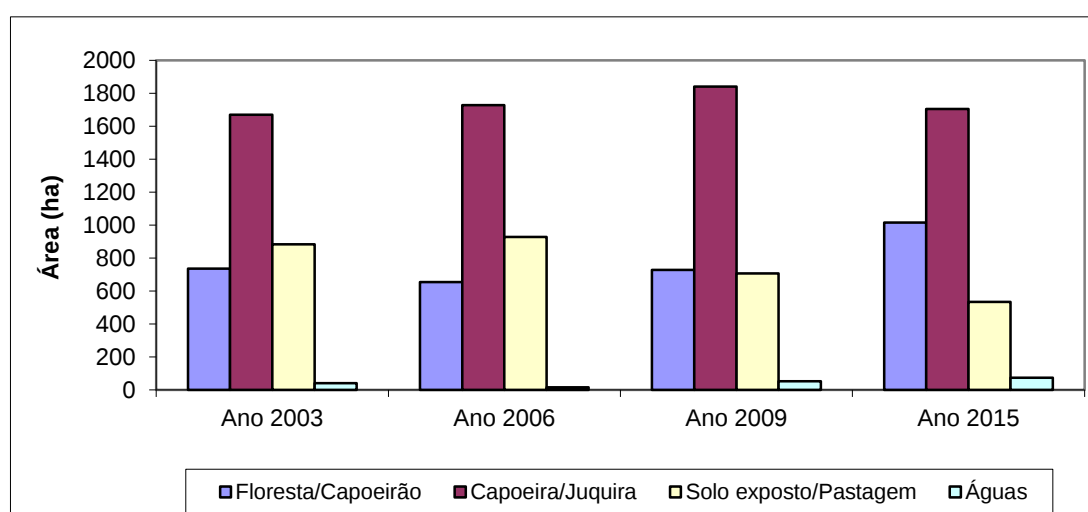
Fonte: Autor, 2017.

Tabela 05: Área das classes (hectares) para os anos de 2003, 2006, 2009 e 2015.

Ano	Floresta / Capoeirão	Capoeira / Juquira	Solo Exposto / Pastagem	Águas
Ano 2003	734,9400	1.670,4900	882,6300	39,7800
Ano 2006	655,2500	1.728,4800	928,8000	15,3100
Ano 2009	727,8316	1.841,2220	707,3996	51,3868
Ano 2015	1.016,0900	1.704,5400	534,2300	72,9800
Área total do assentamento (ha): 3.327,84				

Fonte: Autor, 2017.

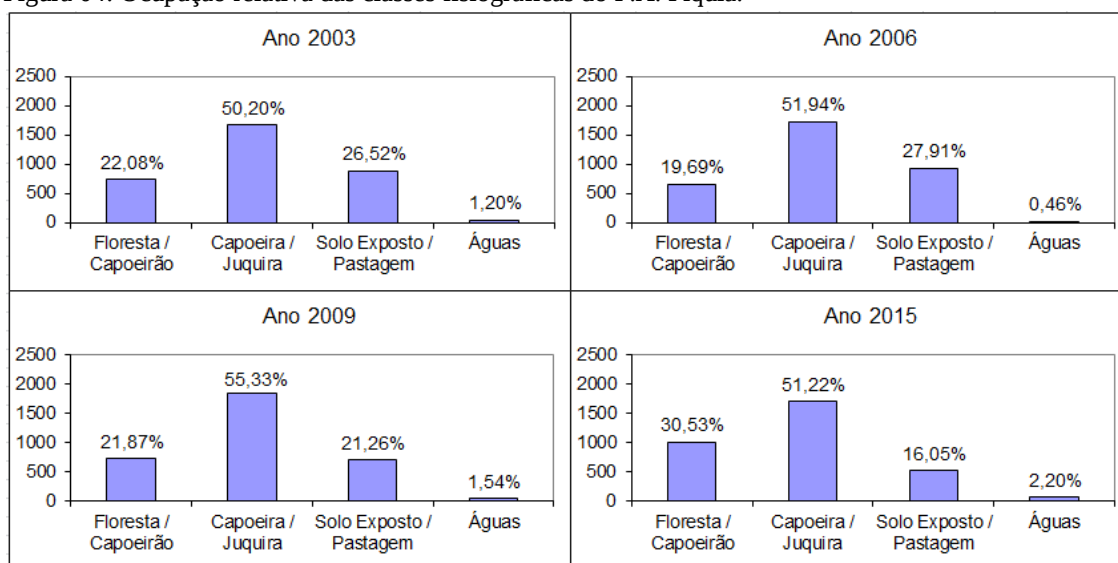
Figura 03: Área das classes/ano do P. A. Piquiá.



Área total 3.327,84 hectares.

Fonte: Acervo próprio.

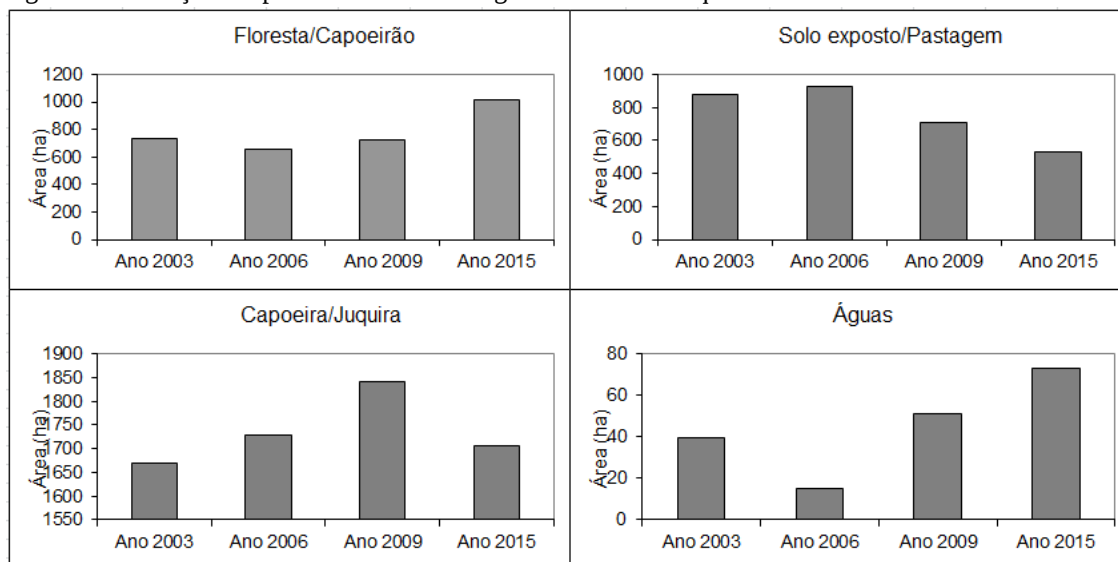
Figura 04: Ocupação relativa das classes fisiográficas do P.A. Piquiá.



Área total 3.327,84 hectares.

Fonte: Acervo próprio.

Figura 05: Variação temporal das classes fisiográficas do P.A. Piquiá.



Área total 3.327,84 hectares.

Fonte: Acervo próprio.

5.2.1. Análise para o ano de 2003

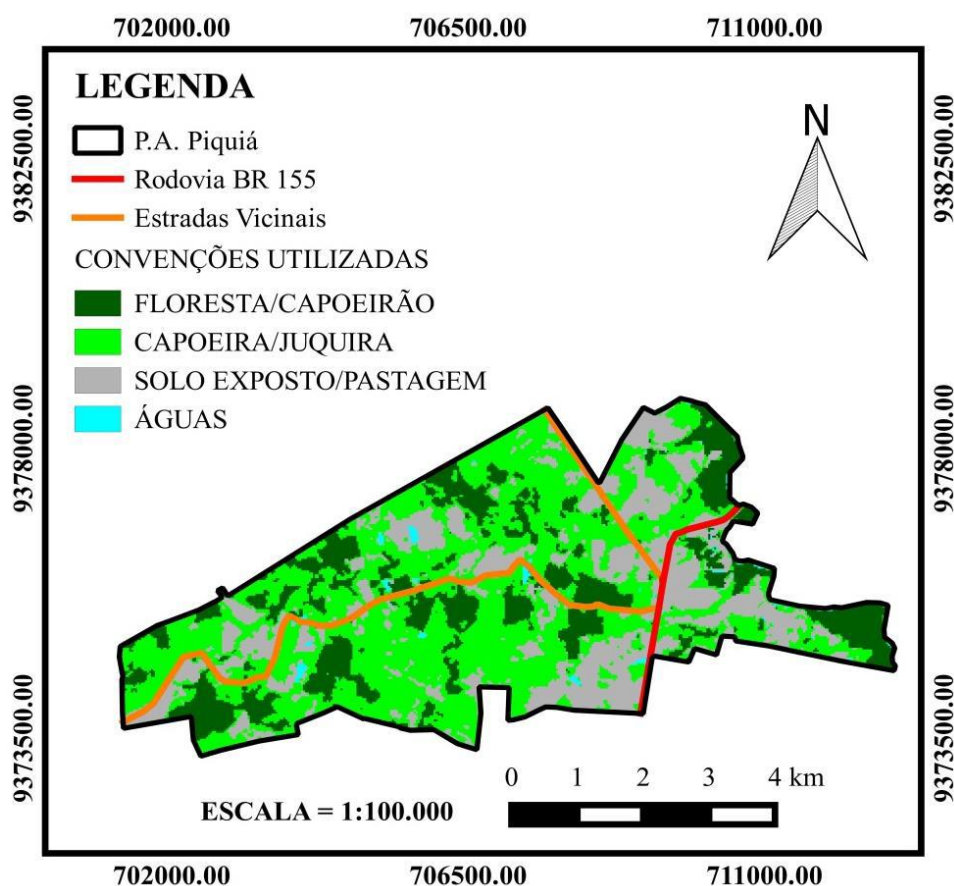
A cobertura florestal para o ano de 2003 foi de 734,94 hectares, o que compreendeu 22,08% da área total do assentamento (3.327,84 ha).

Ressalta-se que o Projeto de Assentamento Piquiá já inicia com um passivo ambiental de 27,92% (cerca de 929 ha) de sua área necessitando de recomposição de sua cobertura vegetal, fato apoiado de acordo com o Código Florestal vigente à época, Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, mais especificamente o Art. 44 da referida Lei, o qual estabelecia que a região norte e na parte norte da região centro-oeste do Brasil, a exploração a corte só é permissível desde que permaneça com cobertura arbórea, de pelo menos 50% da área de cada propriedade (BRASIL, 1965).

Fato que é consequência dos agricultores já estarem alocados em seus lotes desde 1988, 12 anos após ocupação da fazenda Piquiá.

Pode-se observar que parte da perda de cobertura vegetal no assentamento deu-se próxima a Rodovia BR 155 e as estradas vicinais ligadas a esta, e também na Vila Sororó, que possui a infraestrutura básica do assentamento, como escolas, pontos comerciais, dentre outros. A Figura 06 mostra a caracterização cartográfica para cada classe no ano de 2003.

Figura 06: Caracterização cartográfica da cobertura vegetal – P.A Piquiá - 2003.



Fonte: Acervo próprio.

Em 2003 os colonos já desenvolviam atividades de fruticultura em seus lotes, com o plantio de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) acerola (*Malpighia glabra* L.), cacau (*Theobroma cacao* sp.), cajá (*Spondias lutea*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* sp.), como afirma Pará (2013), as famílias notaram que o cultivo destas frutíferas eram de grande proveito e realizaram o plantio de sementes dessas frutas para extração da polpa, tornando a localidade uma grande fornecedora desse produto. A prática de horticultura, agricultura de subsistência com plantio de mandioca (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays*), feijão de corda (*Vigna unguiculata*) e arroz (*Oryza sativa*) e a pecuária de corte e de leite promoveram certo desenvolvimento econômico local.

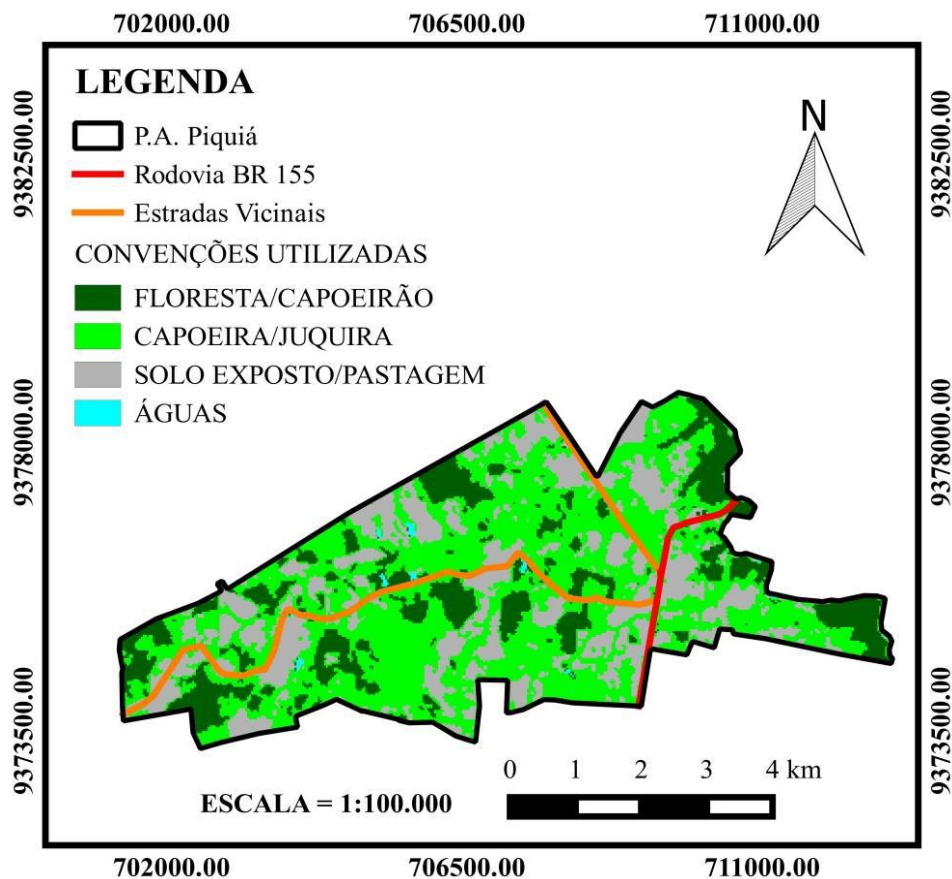
Os plantios de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* sp.) e cacau (*Theobroma cacao* sp.) eram realizados principalmente nas áreas de juquiras e capoeiras, através do aproveitamento do sombreamento criado por este tipo de vegetação e a facilidade no corte em período posterior para a permanência do plantio da cultura econômica trabalhada pelos agricultores, já que as condições criadas pelo uso de diferentes espécies

de diversos estratos possibilitam o desenvolvimento de culturas que são beneficiadas pelo sombreamento como cacau (*Theobroma cacao sp.*), café (*Coffea sp.*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum sp.*) (ABDO et al. 2008).

5.2.2. Análise para o ano de 2006

Os resultados obtidos mostraram que a área de floresta/capoeirão teve uma queda para 655,25 hectares, o que representou a época, 19,69% da área total do assentamento, e os dados da capoeira e juquira e solo exposto e pastagem também sofreram alterações, como pode ser observado na Figura 07.

Figura 07: Caracterização cartográfica da cobertura vegetal - P.A. Piquiá - 2006.



Fonte: Acervo próprio.

Para o ano de 2006 a situação do P.A. Piquiá em relação ao cumprimento da lei federal nº 4.771/65, ainda vigente na época, foi de um passivo ambiental de 36,31% da área do assentamento, visto que diversos fatores econômicos contribuíram para essa

redução da cobertura vegetal e aumento de solo exposto e pastagem para 928,80 hectares, compreendendo 27,91% da área total.

Neste período foi notado um aumento do rebanho bovino no P.A., que teve como consequência, uma queda das áreas de florestas e juquiras, para a transformação destas em novas áreas produtivas para o plantio de pasto, sendo realizando esta atividade através de linhas de crédito financeiro por bancos públicos (PARÁ, 2013). A prática do desflorestamento para a pecuária tornou-se uma cultura sustentada na pirâmide crédito - produção - comercialização, pois os agentes financeiros facilitaram o crédito para produção de gado, acreditando na fácil comercialização, sem contrapor os efeitos negativos aos recursos naturais.

Schneider & Peres (2015) concluíram que os assentamentos criados pelo INCRA na região amazônica têm permitido a expansão da fronteira agrícola para as áreas de floresta em razão da incompetência dos próprios órgãos governamentais em assegurar a conformidade com as leis brasileiras.

De acordo com Pará (2013), a área do assentamento passou por sucessivas formas de exploração, desde o extrativismo da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*), retirada de madeira, venda de carvão, a pecuária extensiva de bovinos e a agricultura tradicional praticada por agricultores familiares. Neste período inicia o avanço do quantitativo do rebanho bovino com o interesse dos agricultores em desenvolver esta cadeia produtiva (leite e carne).

Outro ponto que contribuiu para perda de cobertura vegetal na região foi da fabricação de carvão que alimentava os alto-fornos das Siderúrgicas do Polo Industrial de Marabá, próximas ao P.A. Piquiá, dessa forma, aumentando consideravelmente o desmatamento nas áreas destinadas à Reforma Agrária. Como indica Naase (2010), no Sudeste Paraense os assentados a partir dos anos 2000 começaram a explorar a madeira com mais intensidade em razão da grande demanda por carvão vegetal das siderúrgicas da região. Para Homma et al. (2006), isso se justifica já que os fornos das siderúrgicas de Marabá estavam no auge de produção nessa ocasião.

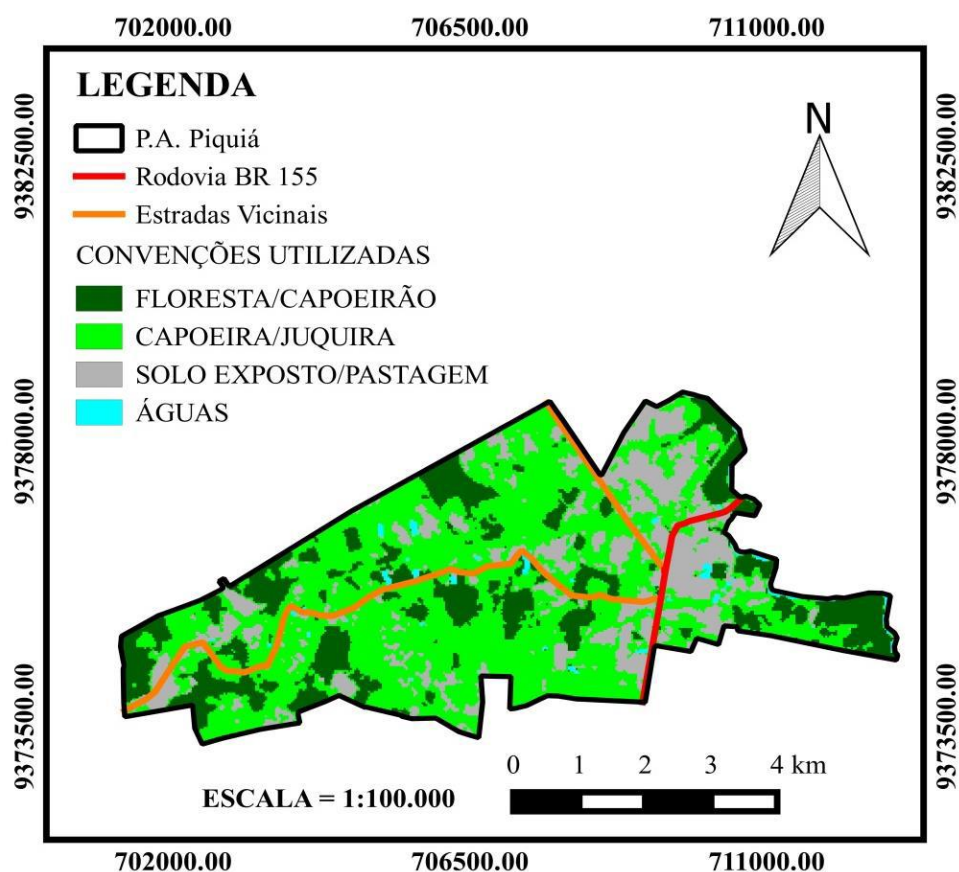
5.2.3. Análise para o ano de 2009

Para o ano de 2009 a quantificação apontou que a cobertura vegetal teve um acréscimo em sua área de 72,5816 hectares em relação a 2006, totalizando 727,8316

hectares, o que equivalia a 21,87% da área do assentamento. No que diz respeito ao cumprimento do Código Florestal, em 2009 ainda estava em vigência a lei nº 4.771/65 e o assentamento possuía um passivo ambiental de 28,13% à época (936,12 hectares).

Para as classes solo exposto e pastagem houve uma queda para 707,3996 hectares, com 21,26% da área do P.A. No caso da capoeira e juquira, o quantitativo foi de 1.841,2220 hectares, com 55,33% da área. Como pode ser visualizado na Figura 08.

Figura 08: Caracterização cartográfica da cobertura vegetal - P.A Piquiá - 2009.



Fonte: Acervo próprio.

Como demonstra os dados obtidos, há uma recuperação das áreas de florestas e capoeirão em 2009, ocasionado pelo menor interesse dos assentados em comercializar madeira, já que em 2008 o cenário econômico muda drasticamente, visto que várias empresas siderúrgicas instaladas no polo industrial de Marabá, já vinham enfrentando problemas econômicos, e das 11 siderúrgicas que estavam em funcionamento até 2008, apenas 4 mantiveram-se em operação (SANTOS, 2015).

Isso indica que os assentados, antes de 2008 (início da crise), foram forçados a mudar as suas estratégias econômicas, passando a realizar ainda mais o plantio de espécies frutíferas para acréscimo de sua renda.

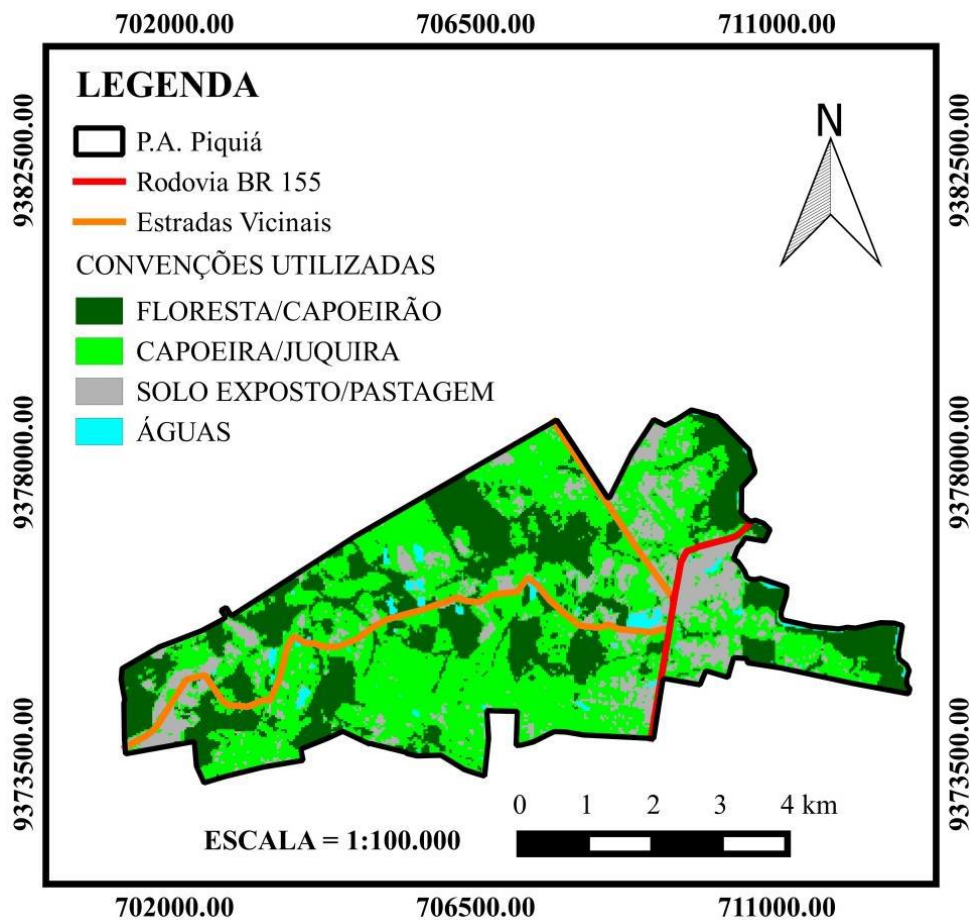
No entanto, outro fator também deve ser levado em consideração, que é a regeneração natural de áreas não utilizadas do assentamento, como algumas áreas de capoeira e juquirá. O termo regeneração natural, como estoque florestal, é conceituado por Finol (1971) como toda planta descendente de plantas arbóreas que se encontra entre 0,10 m de altura até o limite de 10 cm de diâmetro à altura do peito (DAP).

A regeneração natural refere-se às fases iniciais de estabelecimento e desenvolvimento das plantas, e sua boa condição quantitativa e qualitativa possibilita a preservação, a conservação e a formação de florestas, tanto de proteção integral como de uso sustentável (GAMA, 2003).

5.2.4. Análise para o ano de 2015

Para 2015 os cálculos mostraram que mais uma vez houve aumento da cobertura vegetal no assentamento, o que totalizou a época 1.016,0900 hectares, equivalendo a 30,53% da área do local. Em relação a 2009, houve um crescimento da cobertura vegetal de 288,2584 hectares, e para as classes capoeirão e juquirá, solo exposto e pastagem, houve decréscimo, como pode ser melhor avaliado na Figura 09.

Figura 09: Caracterização cartográfica da cobertura vegetal - P.A Piquiá - 2015.



Fonte: Acervo próprio.

A área de total de capoeira e juquirá teve uma queda em comparação 2009, passando de 1.841,2220 hectares, com 55,33% da área, para 1.704,54 hectares, 51,22% da área total. Já a classe solo exposto e pastagem em comparação a 2009, teve uma redução para 534,2300 hectares, com 16,05% da área total.

Os resultados obtidos em 2015 devem-se a vários fatores, como operações do poder público, projetos ligados a recuperação de áreas e ao plantio de mudas de essências florestais e frutíferas, como os Projeto Amazônia Nativa, da EMBRAPA e o Programa Assentamentos Verdes, do INCRA.

Uma dessas ações é a intitulada “Operação Arco de Fogo”, que foi deflagrada a partir de 2008 em uma ação coordenada pela Polícia Federal, com apoio do IBAMA e Força Nacional de Segurança, com o intuito ao combate ao desmatamento ilegal da floresta amazônica na região de Marabá e municípios circunvizinhos. Também em 2008, a operação Arco Verde do governo federal teve início e objetivou promover o

desenvolvimento sustentável, com prioridade ao combate e ao desmatamento da Amazônia Legal.

A partir de 2010, a EMBRAPA executou o Projeto Amazônia Nativa na região, e que teve como objetivo principal a organização do sistema de produção de sementes e mudas nativas, para buscar atender às demandas de recuperação de áreas de Reserva Legal e de Preservação Permanente, em Assentamentos da Reforma Agrária nos municípios participantes da Operação Arco Verde, no Pará (EMBRAPA, 2010).

O Programa Assentamentos Verdes (PAV) foi criado pelo INCRA em 2012 com o objetivo de tornar os assentamentos e as comunidades rurais na Amazônia, autônomas e ambientalmente sustentáveis. As ações foram orientadas em quatro eixos: valorização de ativos ambientais e de atividades produtivas; recuperação de passivos ambientais com geração de renda e segurança alimentar para as famílias; regularização fundiária e ambiental via Cadastro Ambiental Rural (CAR), por unidade familiar, somado ao monitoramento e controle ambiental (BRASIL, 2012).

A Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012 revogou o antigo código florestal, e tem como instrumento o CAR e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), para integrar as informações ambientais das propriedades rurais. Com isso, tem-se que o assentamento ainda possui passivo ambiental, com a necessidade de recuperar 19,47% da área de cobertura vegetal, que a apesar das mudanças da nova lei, por ser uma área consolidada, ou seja, em que o seu desmatamento se deu antes de 2008, faz-se necessário recuperar até 50% da área de cobertura vegetal.

Comparando a quantificação da cobertura vegetal para todos os anos estudados, tem-se que houve um significativo aumento da perda desta no assentamento até o ano de 2006, o que é semelhante a outros estudos, como de Brandão Jr. e Souza Jr. (2006), que afirmam que mesmo as áreas nas quais os projetos de assentamento são instalados possam ser antigas fazendas, já com certo grau de desmatamento, observa-se sempre um surto de desflorestamento após a criação desses projetos, sinalizados por altas taxas de desmatamento.

Batistella & Moran (2005) ao se referirem a um estudo de Brondizio et al. (2002), assinalam que existe uma correlação direta entre ocupação de lotes na fronteira amazônica e ações de desmatamento, que se arrefece após um certo tempo, para ser retomada na geração seguinte.

No entanto a partir de 2009, a realidade encontrada no Projeto de Assentamento Piquiá é oposta a grande maioria dos casos. Evento ligado principalmente as grandes variações econômicas da cidade de Marabá, que forçaram os assentados a mudarem de postura, e também as ações governamentais supracitadas que surtiram efeito.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o Projeto de Assentamento Piquiá apresentou em 2003, 734,9400 hectares de cobertura florestal, o que representou a época, 22,08% da área total. Em 2006 houve uma redução para 655,25 hectares, 19,69% da área com cobertura vegetal, já em 2009, houve um aumento para 727,8316 hectares e em 2015 houve outro crescimento, para 1.016,0900 hectares, representando 21,87% e 30,53% da área total do assentamento, respectivamente.

Entre 2003 e 2006 fatores econômicos influenciaram a redução da área de cobertura vegetal no assentamento, como a atividade siderúrgica que demandava carvão para sua produção, o qual a matéria-prima para esta atividade era proveniente da derrubada de florestas próximas do distrito industrial de Marabá, no entanto, algumas destas empresas já enfrentavam problemas financeiros antes de 2008, ano que culminou em uma crise econômica no setor.

Com isso, os assentados foram forçados a mudar suas estratégias econômicas, passando a investir na produção de árvores frutíferas para extração de polpa, e somado a esse fator, algumas áreas do assentamento que não eram utilizadas em 2003, passaram pelo processo de sucessão ecológica, representado pelo crescimento da área da cobertura vegetal em 2009.

Projetos governamentais contra a exploração ilegal de madeira, como a operação “Arco de Fogo” e os Projetos, Amazônia Nativa e Assentamentos Verdes, surtiram efeito para que a situação no P.A. Piquiá fosse oposta a encontrada por outros estudos em áreas de assentamentos para reforma agrária na Região Amazônica.

No entanto, mesmo com o crescimento da cobertura vegetal em 2015, é necessário ao Projeto de Assentamento Piquiá recuperar 19,47% de suas áreas de florestas, para tanto, uma opção é o incremento do plantio de outras espécies frutíferas nativas para diversificação da produção e novos estudos para avaliar a situação de áreas de preservação permanente, como margens de corpos hídricos, que também são

fundamentais para o equilíbrio ecológico local, e por fim, o monitoramento dos órgãos ambientais para que não volte a ocorrer casos de desmatamento na área.

7. PRODUTOS GERADOS

O presente trabalho gerou mapas georreferenciados do assentamento rural Piquiá, Marabá – PA, dos anos 2003, 2006, 2009 e 2015, que serão doados à associação dos agricultores do P.A., no intuito de serem utilizados para demonstração da real situação de cobertura vegetal do assentamento.

Essa socialização de informação permite que sejam propostas formas de recuperação da vegetação local e ainda a manutenção das áreas já cobertas com florestas, a partir da implantação e crescimento de práticas agroecológicas, mas sem deixar de lado a expansão da produção agropecuária das famílias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, Sérgio Valiengo; MARTINS, Antônio Lúcio Mello. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. Dezembro, p. 50-59, 2008.
- ABREU, K. M. P.; COUTINHO, L. M. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem**. Vértices, v.16, n.1, p. 173-198, 2014.
- ALVES, R. N. B.; HOMMA, A. K. O. **Pecuária Versus diversificação da produção nos projetos de assentamentos no sudeste paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Comunicado Técnico, 97. 2004.
- ARAGÃO, A. L. A.; SCALABRIN, R. **A população do campo e as consequências da migração incentivada no sudeste paraense**. Terceira Margem, v. 1, n. 1, p. 119-144, São Paulo, Outras Expressões, 2012.
- BARBOSA, I. S., ANDRADE, L. A., ALMEIDA, J. A. P. Zoneamento agroecológico do município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13. n.5. Campina Grande Set./Out. 2009.
- BARBOSA JÚNIOR, J. S.; ALMEIDA, A, S. **Análise multitemporal com a utilização da Técnica de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento no município de Bonito – Pará**. 30 jul. 2010. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_71.pdf>. Acesso em 01 dez. 2014.
- BATISTELLA, Mateus.; MORAN, Emilio. F. Dimensões humanas do uso e cobertura das terras na Amazônia: uma contribuição do LBA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 239-27, 2005.
- BENEDETTI, A. C. P. **Modelagem dinâmica para simulação de mudanças na cobertura florestal das Serras do Sudeste e Campanha Meridional do Rio Grande do Sul**. 166 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- BRANDÃO Jr., Amintas.; SOUZA Jr., Carlos. Deforestation in land reform settlements in the Amazon. **State of the Amazon**, Belém, n. 7, p. 1-4, 2006.
- BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 17 de maio de 2017.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. MDA Programa assentamentos verdes (PAV) terá participação e controle social. 2012. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/programa-assentamentos-verdes-pav-ter%C3%A1-participa%C3%A7%C3%A3o-e-controle-social>>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geoscientists:modelling with GIS**. Ottawa, Pergamon, 1996.

BRONDIZIO, E.S.; MCCracken, S.D.; MORAN, E.F.; SIQUEIRA, A.D.; NELSON, D.R.; RODRIGUEZ-PEDRAZA, C. The colonist footprint: towards a conceptual framework of deforestation trajectories among small farmers in Frontier Amazônia. In: WOOD, C.; PORRO, R. (Ed.). **Land Use and Deforestation in the Amazon**. Gainesville: University of Florida, USA, 2002. p.133-161.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de DadosGeográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1995.

CASTRO, A. R. C.; WATRIN, O. S. **Análise espacial de áreas com restrição legal de uso do solo em projeto de assentamento no sudeste paraense**. Geografia Ensino & Pesquisa, vol. 17, n. 2, P. 157-166, maio./ago. 2013.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. et al. Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG). In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO. Goiânia, 2005. **Anais**. INPE, p.473-480, 2005.

CONGALTON, Russell G.; GREEN, Kass. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. **New York: Lewis Publishers**. 200 p. 2009.

CROSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 3ª ed. Campinas, SP. IG/UNICAMP. 1992.

EMBRAPA. Projeto Amazônia Nativa: organização da produção de sementes e mudas florestais para recuperação de áreas de reserva legal e de preservação permanente em projetos de assentamento de municípios do Programa Arco Verde. 2010. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/busca-de-projetos/-/projeto/202958/projeto-amazonia-nativa-organizacao-da-producao-de-sementes-e-mudas-florestais-para-recuperacao-de-areas-de-reserva-legal-e-de-preservacao-permanente-em-projetos-de-assentamento-de-municipios-do-programa-arco-verde> >. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

ESRI. **ESRI shapefiletechnicaldescription**. Comput. Stat. Mar. 2008. Disponível em: < <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> >. Acesso em: 17 de outubro de 2016.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FINOL, Urdaneta Hermán. Nuevos parametros a considerarse en el analisis estructural de las selvas virgines tropicales. **Revista forestal venezolana**, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

GAMA, João Ricardo Vasconcellos et al. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência florestal**, v. 13, n. 2, 2003.

GAO, Jay. Digital analysis of remotely sensed imagery. **New York: McGraw-Hill Professional Publishing**. 439 p. 2009.

HOMMA, A.K.O.; Alves, R. N. B.; MENEZES, A. J. E. A.; MATOS, G. B. Guseiras na Amazônia: perigo para floresta. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 233, dez. 2006.

HOMMA, A.K.O.; CARVALHO, R.A.; SAMPAIO, S.M.N.; SILVA, B.N.R.; SILVA, L.G.T.; OLIVEIRA, M.C.C. **A instabilidade dos projetos de assentamento como indutora de desmatamentos no Sudeste Paraense**. Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2015**. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. 2015

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

INPE Brasil, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>> Acesso em 20 de outubro, 2016.

KOTTEK M.; GRIESER J.; BECK C.; RUDOLF B.; RUBEL F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 15, No. 3, 259-263, Junho 2006.

LE TORNEAU, F-M.; BURSZTYN, M. Assentamentos rurais na Amazônia: Contradições entre a política agrária e a política ambiental. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v.XIII n. 1, p. 111-130, 2010.

MARGULIS, S.. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. –Brasília: Banco Mundial – Brasil, 2003. 100p.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012. 266 p.

MITJA, D.; ROBERT, P. Renovação das pastagens por agricultores familiares na Amazônia: o caso de Santa Maria, PA. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.20, n.3, p.453-493, 2003.

NAASE, Karin Marita. Recursos naturais, espaço social e estratégias de vida em assentamentos da reforma agrária na Amazônia brasileira (Sudeste Paraense). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, n. 1, p. 79-102, 2010.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto. Princípios e aplicações**. Editora Edgard Blucher, 4.ed., São Paulo, Brasil. 2010

NUNES, J. L. S. **Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/SensoriamentoRemoto.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2016.

PARÁ. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará- EMATER-PARÁ. 221p **Plano de Recuperação do Projeto de Assentamento Piquiá / Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará**. Marituba: EMATER, 2013.

QGIS Development Team, 2015.**QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project**. Disponível em: <http://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html#>. Acesso em: 02 de outubro de 2016.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; AVILA, S.; OLIVEIRA, W.; Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova economia**, vol.19 n.1, Belo Horizonte, 2009.

SALOMÃO, R. P., VIEIRA I. C. G., BRIENZA JÚNIOR S., AMARAL D. D., SANTANA A. C.**Sistema Capoeira Classe: uma proposta de sistema de classificação de estágios sucessionais de florestas secundárias para o estado do Pará**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais. Belém, PA, Brasil, 2012.

SANTOS, Marcelo Melo dos. **A crise no setor siderúrgico do Distrito Industrial de Marabá e as estratégias empresariais**. 2015. 138 f. Dissertação (Dinâmicas Territoriais e Sociedade na Amazônia, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, 2015.

SCOPINHO, R. A. Sobre cooperação e cooperativas em assentamentos rurais. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, **Brasil Psicologia & Sociedade**; 19, Edição Especial 1: 84-94, 2007

SILVA, I. S. **Migração e cultura no sudeste do Pará:Marabá (1968-1988)**, Monografia de Mestrado, Universidade federal de Goiás, 2006.

SILVA, M. R; COSTA NETO, J. F. **Análise multitemporal da cobertura florestal do município de Eldorado dos Carajás, PA**, 18 ABR. 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0143.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2014.

SCHNEIDER, Maurício; PERES, Carlos A. Environmental Costs of Government-Sponsored Agrarian Settlements in Brazilian Amazonia. **PloS one**, v. 10, n. 8, ago. 2015.

SPRING, **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Copyright © 1991-2016 SPRING - DPI/INPE. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 20 de outubro de 2016.

STAR, J., ESTES J. **Geographic Information Systems: An Introduction**. New Jersey, Prentice Hall, 1990.

TORRES, D. R. **Análise multitemporal do uso da terra e cobertura florestal com dados dos satélites Landsat e Alos**. Santa Maria: UFSM, 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

WALSH, S.J.; BUTLER,D.R.; MALANSON,G.P. An overview of scale, pattern, process relationships in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective. **Geomorphology**. 21:183-205, 1998.