



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

RAFAEL SILVA FERNANDES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DA RESERVA
EXTRATIVISTA DO EXTREMO NORTE, ESTADO DO TOCANTINS.**

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
JULHO – 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

RAFAEL SILVA FERNANDES

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DA
RESERVA EXTRATIVISTA DO EXTREMO NORTE, ESTADO DO
TOCANTINS.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA

Orientador

SEROPÉDICA, RJ

JULHO – 2017

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DA RESERVA
EXTRATIVISTA DO EXTREMO NORTE, ESTADO DO TOCANTINS.**

RAFAEL SILVA FERNANDES

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 07 de Julho de 2017.

Prof. Dr. Bruno Araújo Furtado de Mendonça
UFRRJ / IF / DS
Orientador

Prof. Dr. Emanuel José Gomes de Araújo
UFRRJ / IF / DS
Membro

Prof. Dra. Adriana dos Reis Monteiro
UFRRJ / IF / DCA
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por todas as maravilhas que tem me proporcionado. Pela sabedoria para lidar com adversidades do dia a dia ao longo desses anos, por ter atendido todas as minhas orações e nunca ter me deixado desamparado.

Aos meus pais, Edonias Fernandes e Maria Benta, pelo exemplo que vocês são. Pela cumplicidade e amizade presente sempre em nossa relação, pelo amor e carinho que me deram. Pelo apoio incondicional em todas as minhas decisões, sou grato por tudo.

Ao Professor Bruno Mendonça pela excelente orientação e parceria nos momentos críticos deste trabalho e por estar sempre solícito, desde já deixo meu muito obrigado.

Aos membros da banca por contribuírem de forma significativa em meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus irmãos Balbino, Barbara, Claudio, Marcelo, Rafaela, Sandra, Thiago Welton e Wilson pelo amor e companheirismo de sempre.

A minha madrinha Raimunda (*in memoriam*), essa vitória também é sua. Gostaria que estivesse aqui para ver o homem que me tornei, saiba que você sempre estará em meus pensamentos.

A família Rosa que me acolheu nesses quatro anos de Rio de Janeiro. Descobri aqui uma segunda família, de costumes diferentes, horários nada convencionais, porém uma típica família brasileira. Dona Ivanda, Estefane, Mateus, Rafaela e Thiago, sou muito grato pelo carinho.

A Adriana Rosa que nesses quatro anos juntos tem sido meu porto seguro e meu refúgio. Sempre que fraquejei ou pensei em desistir você estava ao meu lado me dando força pra seguir em frente. Se hoje estou aqui devo muito a você, obrigado pelo carinho e atenção. Te amo.

Aos amigos da Rural, pelo companheirismo ao longo desses cinco anos de muita alegria e cumplicidade: Ana Cecilia, Aaron, Carolina Leite, Dani, Danilo, Eduardo (Paizão), Humberto, Lucas, Natalia Macedo, Paulinho, Renata, Thales e Thasso vocês estarão sempre no meu coração.

A família M5-2, que convivi nesses cinco anos de Rural, obrigado pela paciência que sempre tiveram comigo mesmo acordando cinco da manhã pra tomar banho cantando.

Muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar quantitativamente as mudanças nas feições da paisagem na Reserva Extrativista do Extremo Norte no Estado do Tocantins, no período de 1990 a 2016. Para isto, foram subdivididas cinco classes de uso e ocupação do solo, sendo elas: pasto com babaçu; capoeira com babaçu; mata ciliar; pastagem e pastagem queimada presentes em imagens analisadas extraídas de dois satélites. Para a análise da paisagem da RESEX foram utilizadas duas imagens referente ao ano 1990 obtidas pelo satélite Landsat 5 TM e uma imagem do ano de 2016 obtida pelo satélite Landsat 8 OLS/TIRS. As imagens foram processadas no software ArcGIS for Desktop 10.1 e executadas sob classificação supervisionada, através do algoritmo de Máxima Verossimilhança. Concluiu-se que as áreas de pasto com babaçu obtiveram um aumento significativo de 17,64% para 63,91%, ao longo desses 26 anos. Assim como todas as outras classes estudadas tiveram perdas consideráveis da vegetação, podemos inferir que a dinâmica da paisagem revela claramente um processo de intensificação do uso do solo por toda Reserva Extrativista.

Palavras-chave: Classificação supervisionada, MaxVer, Landsat, Babaçu.

ABSTRACT

The main objective of this study was to quantitatively evaluate the changes in the landscape features of the Far North Extractive Reserve in the State of Tocantins from 1990 to 2016, five classes of land use and occupation were subdivided, namely: pasto com babaçu; capoeira with babassu; mata ciliar; pasture and burned pasture present in some analyzed images. For the analysis, two images were used referring to the year 1990, obtained by the satellite Landsat 5 TM and 1 image of the year 2016 of Landsat 8 OLS / TIRS, all being processed from the software ArcGIS Desktop 10.1 and executed under supervised classification, And through the Maximum Likelihood algorithm. It was concluded that the areas of pasto and babaçu obtained a significant increase over these 26 years, from 17.64% to 63.91%, as well as all the other studied classes had considerable vegetation losses, thus being able to say that the dynamics of Landscape is clearly a process of intensifying land use throughout the Extractive Reserve.

Keywords: Supervised classification, MaxVer, Landsat, babaçu.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO.....	10
2.1. Objetivos Específicos	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1. Unidades de Conservação	11
3.2. Reserva Extrativista do Extremo Norte	11
3.3. Sensoriamento Remoto	12
3.4. Classificação supervisionada	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1. Processamento de dados	15
4.2. Classificação Supervisionada	16
4.3. Análises das Matrizes de Confusão	18
5. RESULTADO E DISCUSSÃO	18
5.1. Análise Quantitativa dos Dados.....	21
6. CONCLUSÃO	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
8. APENDICE.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Reserva Extrativista do Extremo Norte, no Estado do Tocantins...	15
Figura 2. Mosaicos das imagens Landsat 5 TM (direita) e Landsat 8 OLS/TIRS (esquerda) utilizados para os anos de 1990 e 2016.	16
Figura 3. Exemplos do padrão espectral proveniente da assinatura pertinente a cada classe de uso do solo.	16
Figura 4. Matriz de Pontius pra testar a acurácia do erro de classificação do ano de 1990. ...	19
Figura 5. Matriz de Pontius pra testa acurácia do erro de classificação do ano de 2016.	21
Figura 6. Mapa de uso e Cobertura do Solo da Reserva Extrativista do Extremo Norte – TO, para o ano de 1990.	22
Figura 7. Mapa de uso e Cobertura do Solo da Reserva Extrativista do Extremo Norte – TO, para o ano de 2016.	22
Figura 8. Exatidão de perdas da Reserva.	23
Figura 9. Paisagem da RESEX do Extremo Norte com destaque para área de pastagens (2014)	27
Figura 10. Paisagem da RESEX do Extremo Norte com destaque para área de Palmeiras. ...	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de amostras de treinamento e validação para as classes mapeadas, coletadas para os anos, em polígonos amostrados em quantidade de pixels.....	17
Tabela 2. Qualidade do Índice Kappa	17
Tabela 3. Matriz de confusão referente o ano de 1990, em número de pixels, para a classificação original.	18
Tabela 4. Matriz de confusão referente o ano de 2016, em número de pixels, para a classificação original.	19

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Tocantins possui uma população de aproximadamente 1.532.902 habitantes, com uma densidade demográfica 4,98 (hab./km²), e é a décima maior extensão territorial dentre as unidades da federação brasileira, com uma superfície de 277.720,52 km², que corresponde a 7,19% da Região Norte e 3,26% do país (IBGE, 2010).

O Tocantins tem como atividade econômica expressiva a criação de gado bovino de corte, seguida da produção de soja e arroz (SEAGRO, 2007). A microrregião do Bico do Papagaio é composta por 25 municípios, a economia é baseada principalmente na pecuária extensiva, com a criação de bovinos, bubalinos, caprinos, ovinos e de pequenas agroindústrias (SENPLAN, 2008).

Esta região sempre esteve ligada a grandes conflitos agrários, alguns conhecidos nacionalmente, como o assassinato do Padre Josimo em 1984, que mediava conflitos nessa região sendo considerado o líder do movimento camponês e grande apoiador da criação de sindicatos rurais juntamente com a Comissão Pastoral da Terra (CPT) com o intuito da regularização fundiária, fortalecendo o movimento no campo contra a exploração dos grandes latifundiários.

Nesse contexto, na década de 90, as comunidades tradicionais movidas pela luta de Padre Josimo e motivadas pelas conquistas no Acre pelos seringueiros, lutaram pela criação de uma reserva extrativista na região do Bico do Papagaio, que iria disponibilizar uma área para o movimento das quebradeiras de coco babaçu (SOUSA, 2015).

O uso constante dessa região e o intenso processo de ocupação irregular associado à falta de técnicas de planejamento ambiental e conservação do solo tem ocasionado o aumento da degradação desse ecossistema, que se caracteriza como uma área de ecótono entre os biomas Amazônia e Cerrado. Para Ross (1994), a avaliação e conhecimento das potencialidades e limitações de uso e ocupação passam primeiramente pelo levantamento de seus atributos físicos, tais como: relevo, geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação e hidrografia, por meio da análise da fragilidade potencial e ambiental.

Para Rodriguez (2000), a análise de uso e cobertura do solo mediante os dados de sensoriamento remoto constitui em uma estratégia de grande utilidade ao planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de permitir a avaliação e monitoramento das áreas de vegetação natural. Esse monitoramento pode ser feito através da interpretação de imagens de satélite na qual se obtém de forma rápida um mapa temático atualizado e preciso das diferentes estruturas espaciais resultantes do processo de ocupação e uso do solo (RODRIGUEZ, 2000).

Segundo Padilha (1996), os produtos de sensoriamento remoto, tanto imagens orbitais como fotografias aéreas, são de extrema importância para analisar o processo de planejamento e reestruturação do ambiente.

Estudos têm enfatizado ainda mais a importância da utilização de dados multitemporais coletados por sensores orbitais para avaliar áreas de vegetação secundárias em locais abandonadas após terem sido desmatados (LUCAS et al., 1993).

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é realizar avaliação das mudanças do uso e cobertura do solo na Reserva Extrativista do Extremo Norte – TO e entorno, ocorridas entre o período de 1990 a 2016.

2.1. Objetivos Específicos

Selecionar imagens de satélite para o mapeamento das classes de uso e cobertura do solo ao longo do período de 1990-2016;

Mapear as classes de uso e cobertura do solo através de classificação supervisionada pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança nos dois períodos (1990-2016);

Avaliar o nível de exatidão dos mapeamentos realizados; e

Analisar as mudanças de uso e cobertura do solo ocorrido durante o período estudo (1990-2016).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Unidades de Conservação

A crescente demanda pela criação de Unidades de Conservação (UC's) em grandes porções de terra tem ocorrido de forma bastante acelerada nas últimas duas décadas, nas três esferas do poder público: Municipal, Estadual e Federal (DRUMMOND, 2010). O aparecimento dessas regiões está diretamente ligado à conservação de porções, tanto terrestre como aquática, que possuem beleza rara, e também relacionada à manutenção de mananciais, que por sua vez melhoram a qualidade da água destinada ao abastecimento público (DRUMMOND, 2010).

De modo geral, a criação de UC's tem como principal objetivo a redução das perdas de ecossistemas frente a uma degradação ambiental ocasionada pela sociedade. A flora muitas vezes é substituída por pastagem e pela agricultura (VALLEJO, 2002).

Para Vallejo (2002), o processo de demarcação dessas UC's tem gerado conflitos e ocasionado problemas em relação à retirada de populações tradicionais ou mesmo de grupos sócias ali existentes. O autor afirma ainda que mesmo diante de grandes problemas, como a desterritorialização, a população tem participado ativamente quando o assunto é a melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente e para a preservação das UC's já existentes, ocasionando fortes pressões frente ao governo para a criação de políticas conservacionistas.

Segundo D'Antona (2000), a presença de populações tradicionais dentro das UC's tem gerado discussões e debates, que por sua vez tem mudado os modelos preservacionistas. “Não é possível pensar em uma natureza selvagem e intocável” (DIEGUES, 1994). Deste modo, os planos de manejo partiram do pressuposto de que não é cabível ignorar as pessoas e seus modos de vida tradicional, já que sua interferência no ambiente pode trazer influências positivas.

A alternativa pra esses intensos debates e discussões foi a criação de modelos alternativos de preservação da biodiversidade, como as Reservas Extrativistas (RESEX), uma categoria de UC's de uso sustentável, que objetiva o aproveitamento sustentável dos recursos (D'ANTONA, 2000 e SNUC, 2000).

3.2. Reserva Extrativista do Extremo Norte

A RESEX do Extremo Norte está localizada no Estado do Tocantins, na região do Bico do Papagaio, entre os municípios de Carrasco Bonito, Sampaio e Buriti do Tocantins. Sua criação teve por objetivo diminuir os conflitos fundiários na região, além de manter a presença das quebradeiras de coco babaçu na região (OLIVEIRA 2016).

A RESEX está inserida em um ecótono, no encontro de dois biomas brasileiros, também conhecido como Ecótono Cerrado-Amazônia localizada no arco das queimadas, situado nos Estados do Pará, Tocantins e Maranhão. É caracterizada por apresentar uma área de Floresta Ombrófila Aberta, em transição entre a Floresta Amazônica e o Cerrado.

O surgimento das palmeiras está diretamente ligado à forte degradação do ambiente e por serem resistente ao fogo, podendo ocupar a área de forma parcial ou total. (SILVA, 2007). Segundo Silva (2007), a região compreende Florestas Estacionais Semidecíduais e Florestas Estacionais Deciduais, que são associadas à sazonalidade da região.

Para Muniz (2004) o domínio de uma única espécie, como o caso do babaçu, é um caráter insólito das florestas tropicais e resulta da alta resistência dessa espécie ao fogo, e da sua enorme eficiência em colonizar áreas abertas. Mesquita (2014) afirma que em pastagens

degradadas a palmeira de babaçu se instala com facilidade, devido à tolerância do babaçu ao fogo, a rigidez do fruto e a capacidade de regeneração da palmeira, além de sua disseminação em áreas contíguas.

O clima da região é úmido e sub-úmido, com duas estações distintas, uma seca e outra chuvosa; apresenta um déficit hídrico com precipitações médias anuais entre 1300 a 1400 mm (SEPLAN, 2003). O solo predominante é o Latossolos Vermelho-Amarelo não hidromórficos, sendo solos profundos e bem drenados, apresentando textura média ou média cascalhenta em toda a extensão do perfil do solo, com uma cor que varia desde o vermelho-amarelo a Bruno. Por serem álicos e distróficos apresentam baixa fertilidade, com aptidão para culturas de ciclo curto (SEPLAN, 2004).

A criação da RESEX ocorreu no ano de 1992, ano em que estava em pauta discussões sobre meio ambiente e aquecimento global. A Conferência das Nações Unidas sobre meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92) foi um marco desse período, como forma de demonstrar que havia preocupação, no Brasil e no mundo, em relação ao meio ambiente; criou cinco UC's, sendo todas de cunho extrativista; umas delas a RESEX do Extremo Norte no Estado do Tocantins. (OLIVEIRA 2016).

A criação dessas RESEX teve como principal objetivo diminuir os conflitos agrários nas regiões entre as populações tradicionais e fazendeiros. No entanto, a criação das reservas extrativistas ignoraram algumas etapas fundamentais, o que trouxe grande problema até mesmo entre os beneficiários, que não compreendiam como funcionava a reserva (OLIVEIRA, 2016).

Por vez associada ao aumento dos conflitos, à restrição do uso do babaçu pelos fazendeiros e à falta de conhecimento das famílias que não compreendiam o que era uma Reserva Extrativista, acreditando que era uma forma de assentamento rural. Oliveira (2016) afirma que a forte influência dos políticos só ocasionou maior atraso para a efetivação da Reserva, que passou a existir somente no Decreto nº. 535 de 20 de maio de 1992.

3.3. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto visa a obtenção de dados à distancia com o auxílio de sensores que podem ser de campo, aéreos e espaciais; a coleta das informações é feita pela recepção ou emissão de fótons, que na sua maioria é radiação eletromagnética organizada e processada na forma de imagens (WAGNER, 2013). Segundo Wagner (2013), as técnicas utilizadas no sensoriamento remoto compreendem o uso de imagens de satélites orbitais, que permitem a quantificação de áreas de forma menos subjetiva, mais rápida e levando em conta as diferentes escalas regionais.

Para Quattrochi & Pelletier (1990), as imagens de satélite apresentam cunho único para estudo e avaliação das características biofísicas devido ao seu formato multiespectral. Especificamente esse instrumento compõe, hoje, ferramentas de obtenção e avaliação de dados espaciais e temporais extremamente apropriadas à análise da paisagem (GALO, 2000).

A definição da natureza dos objetos pelos métodos de sensoriamento remoto é fundamentada pela ocorrência de que diferentes materiais avaliados por reflectâncias próprias em cada banda do espectro eletromagnético (WAGNER, 2013). De acordo com Novo (1989), as plantas fotossinteticamente operantes retratam um grau de reflectância pequena na faixa espectral do visível, com um pico de reflexão entre 0,5 a 0,6 μm (verde) e padrões inferiores nas regiões compatíveis ao azul (0,4 a 0,5 μm) e vermelho (0,6 a 0,7 μm) em função da captação de energia através dos pigmentos foliares. Novo (1989) afirma ainda, que na região do infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm) é observado um padrão mais alto na reflectância da vegetação correspondente à intervenção da estrutura histológica das folhas.

Wagner (2013) afirma que na região do visível a junção do feixe eletromagnético com a vegetação tem como fator decisivo da reflectância os pigmentos da folha no infravermelho próximo com a estrutura foliar, bem como, no infravermelho médio, com o conteúdo de água da folha.

Segundo Dlugosz (2003), estudos ligados ao uso do Sensoriamento Remoto têm sido utilizados desde a década de 70 como forma de classificação de uso e cobertura do solo, no entanto, só na década de 90 com a melhoria dos sistemas e o uso de sistemas computadorizados de processamento de imagens houve contribuições mais expressivas para o monitoramento de florestas.

O benefício gerado pelo uso do Sensoriamento Remoto para análise do uso e cobertura do solo é uma técnica de grande utilidade como meio de planejamento e administração, que possibilita monitorar e avaliar áreas de preservação vegetal com o auxílio de imagens de satélite (RODRÍGUEZ et al., 2000). Segundo Galo (2000), os dados obtidos através do Sensoriamento Remoto têm fornecido dimensões adicionais com relação ao estudo das paisagens.

O mapeamento do uso e cobertura do solo objetiva avaliar temporalmente e espacialmente as modificações ocorridas em uma determinada área, em um determinado espaço de tempo (OLIVEIRA, 2013). Rosa (2001) afirma que com mapeamento de uso e cobertura das terras é capaz de alcançar padrões de coordenação do espaço, permitindo a análise dos resultados do uso inapropriado do solo.

De acordo com Moraes et al. (2005), o mapeamento do uso da terra e de outras avaliações sobre o meio físico apresenta como características o elevado número de dados e a dinâmica espaço temporal, exigindo uma fonte de informação que atenda a essas recomendações de forma rápida e com custo baixo.

Neste contexto os métodos de geoprocessamento são capazes de promover um planejamento das informações, objetivando a coleta e avaliação das informações temáticas, oferecendo meios de planejamento agrícola e ambiental.

3.4. Classificação supervisionada

O momento atual, com a vasta quantidade de imagens coletadas por sistemas com sensores cada vez mais modernos e sofisticados, requer a promoção de metodologias de classificação inovadoras que viabilizem uma análise automática e eficiente do grande volume de informações acessíveis nas imagens e que tornem o método de mapeamento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subsequentes (GONÇALVES, 2008).

A classificação digital de imagens orbitais está diretamente ligada ao estabelecimento de uma seleção de decisão no qual um grupo de pixels é definido como pertencente a uma determinada classe ou um tema que descreve um objeto no mundo real. Os métodos de classificação podem ser usados com as mais diversas finalidades, tais como, bioinformática, reconhecimento de fala e análise de imagens (OLIVEIRA, 2013). Dentre as diversas abordagens metodológicas destacam-se a classificação supervisionada e a não supervisionada como as principais utilizadas nos estudos de reconhecimento de padrões (REBOUÇAS, 2011).

O método de classificação é dito supervisionado quando se tem um conhecimento básico de alguma área que se deseja trabalhar, que se baseia na seleção de amostras de treinamento confiáveis; o classificador coordena com base na distribuição de probabilidade de cada classe selecionada (DAINESE, 2001).

Por outro lado, no método não supervisionado o classificador não tem conhecimento nenhum sobre as classes que podem existir na imagem e define sem a interferência do analista a estratificação da cena, atribuindo a cada pixel uma determinada classe (DAINESE, 2001).

Na utilização do método de classificação supervisionada, muitas vezes são feitas visitas no campo ou são obtidos dados secundários confiáveis acerca do tema em estudo. É importante fazer a avaliação das variáveis discriminantes, ou seja, optar por um melhor arranjo de informações obtidas através sensores remotos, como atributos de terreno e outros dados que possam ser consideradas relevantes para a classificação (FRANÇA, 2010).

Posteriormente ao treinamento é preciso fazer a validação da classificação. Para isto novamente é importante obter informações de campo. Com o confronto entre a classe predita pelo classificador e as informações reais de campo é possível obter a exatidão da classificação que é expressa através dos índices de exatidão global e índice Kappa, além de das discordâncias quantitativa e de alocação (PONTIUS JR e MILLONES, 2011).

Desta forma, um classificador estatístico muito usual consiste no algoritmo de máxima verossimilhança (HAYKIN, 2001). O Maxver é uma técnica de classificação, que consiste na análise da distancia entre médias dos níveis digitais das classes, usando métodos estatísticos (FRANÇA, 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Reserva Extrativista (RESEX) do Extremo Norte localizada na Região do Bico do Papagaio no Estado do Tocantins, Latitude 05° 20' 54'' S e Longitude 48° 00' 27'' W, possui uma área de 9.070,48 hectares distribuída em três municípios sendo eles Sampaio do Tocantins, Buriti do Tocantins e Carrasco Bonito do Tocantins (Figura 1). O Bioma característico da região é o Cerrado com algumas faixas da Floresta Amazônica distribuída ao longo da RESEX e a presença constante de palmeiras dentre elas o babaçu, (*Attalea speciosa*) (LORENZI et., 1996).

O clima é tropical, quente, variando em transição de úmido a subúmido seco de Oeste para o Leste, com estação chuvosa entre os meses de outubro a abril e estação seca nos meses de maio a setembro, com temperaturas que variam de 25 a 27 ° C e precipitação média anual entre 1.300 e 1.500 mm. A convecção da região é um importante mecanismo de aquecimento da atmosfera tropical e suas variações, possui importantes áreas de recarga de aquíferos (SEAGRO 2007).

O relevo é predominantemente formado por planícies em altitudes que não ultrapassam 500 metros, com planaltos, patamares e depressões com pouca variação de altitude em relação ao nível do mar. A diversidade de solos, que influi na aptidão para o uso das terras, apresentam como classes mais representativas os Plintossolos, Neossolos, Latossolos, Argissolos, Gleissolos, Cambissolos, Nitossolos, Luvisolos, Planossolos, afloramentos de rochas, Chernossolos e dunas. Os Plintossolos cobrem praticamente 35% do Estado, representando mais da metade (55%) da Bacia do rio Araguaia e quase um quarto (cerca de 20%) da Bacia do rio Tocantins (MATTEO, 2016).

Neste estudo buscou-se avaliar o uso e ocupação do Solo na Reserva Extrativista do Extremo Norte, no Estado Tocantins, e seu entorno com um *buffer* de 3 km com o intuito de avaliar as mudanças dentro da UC e seu entorno próximo, tendo em vista que a mesma não possui Zona de Amortecimento e Plano de Manejo.

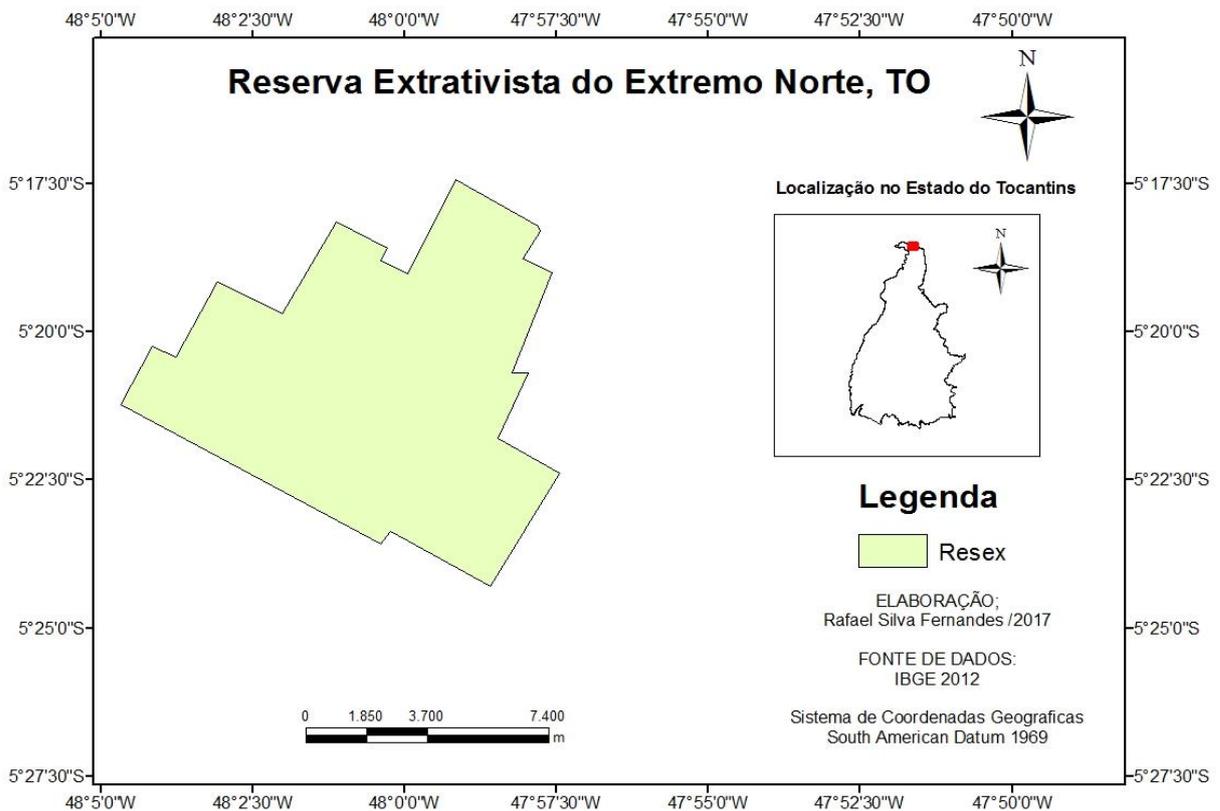


Figura 1. Localização da Reserva Extrativista do Extremo Norte, no Estado do Tocantins.

4.1. Processamento de dados

Para a análise multitemporal do uso e cobertura do solo foram utilizadas duas cenas de satélites Landsat 5 e 8 para cada ano (1990 e 2016) provenientes dos sensores TM (06/06/1990 a 06/10/1990,) e OLS/TIRS (06/06/2016 a 06/10/2016). As imagens foram fornecidas pela *United States Geological Survey* – USGS, através do site www.earthexplorer.usgs.gov com a resolução espacial de 30 metros e correções atmosféricas (USGS, 2017). As imagens foram selecionadas a partir das cenas disponíveis com menos de 10 % de cobertura de nuvens.

Todo o processamento dos dados foi realizado no *software* ArcGIS for Desktop 10.1. O primeiro processamento das imagens consistiu na composição de bandas existente para cada satélite (Landsat 5 e 8). Em seguida, ajustou-se o sistema de projeção UTM – Universal Transversa de Mercator, fuso 23 Sul com Datum SIRGAS 2000, foi processado o mosaico das duas cenas e recortou-se a área de estudo para o limite da Reserva Extrativista e seu entorno (Figura 2).

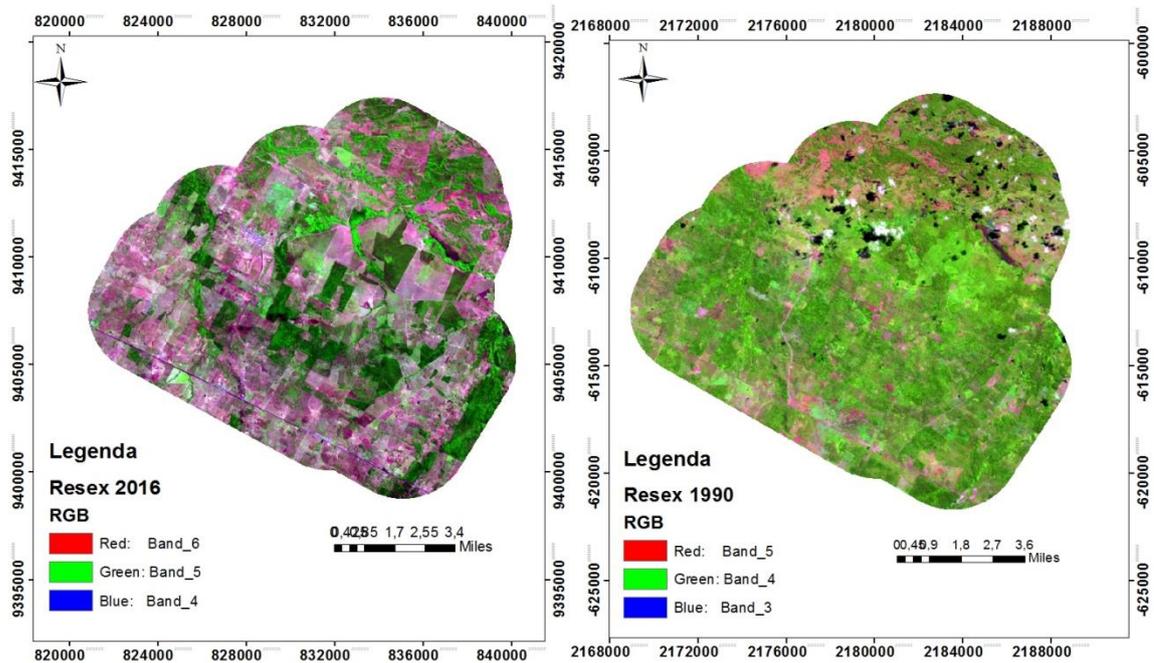


Figura 2. Mosaicos das imagens Landsat 5 TM (direita) e Landsat 8 OLS/TIRS (esquerda) utilizados para os anos de 1990 e 2016.

4.2. Classificação Supervisionada

Foram previamente separadas nas seguintes classes de uso e cobertura do solo: Pasto com Babaçu, Capoeira com Babaçu, Mata Ciliar, Pastagem, Pastagem Queimada, Nuvem e Sombra de Nuvem, tendo como referência a classificação de Da Silva (2000) que analisou classes como pastagem e vegetação secundária em que se encontra o Babaçu e os efeitos ocorridos nessas áreas.

Para cada classe foram coletadas amostras de treinamento e validação (Tabela 1) em formato de polígonos sobre as respectivas imagens Landsat (1990 e 2016) conforme padrão espectral apresentado na Figura 3. A coleta dos polígonos foi realizada através da ferramenta *Classification Image*, do *software* ArcGIS Desktop V.10.1 e foram identificados principalmente com base na interpretação de imagens do Google Earth.

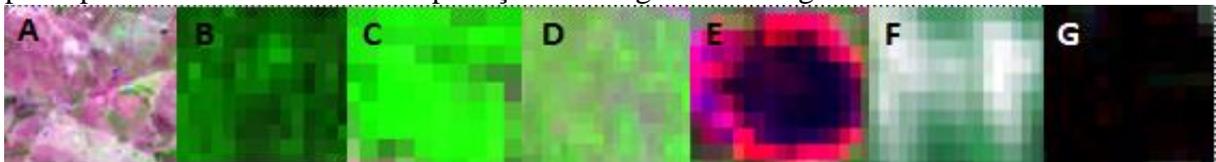


Figura 3. Exemplos do padrão espectral proveniente da assinatura pertinente a cada classe de uso do solo.

- A) pasto com babaçu; B) capoeira com babaçu; C) mata ciliar; D) pastagem; E) pastagem queimada; F) nuvem; G) sombra de nuvem.

Tabela 1. Número de amostras de treinamento e validação para as classes mapeadas, coletadas para os anos, em polígonos amostrados em quantidade de pixels

Classes	Amostra de Treinamento		Amostra de Validação	
	1990	2016	1990	2016
	Pixels	Pixels	Pixels	Pixels
Pasto com Babaçu	565	1223	414	230
Capoeira com Babaçu	655	988	478	287
Mata Ciliar	221	164	254	156
Pastagem	257	352	267	457
Pastagem Queimada	84	179	56	177
Nuvem	207	0	83	0
Sombra de Nuvem	257	0	237	0
TOTAL	1778	2906	1469	1307

O algoritmo utilizado para a classificação supervisionada foi a Máxima verossimilhança (Maxver) processado no *software* ArcGIS Desktop V.10.1. Foram utilizadas todas as bandas de cada satélite, as amostras de treinamento, como dados de entrada para a classificação automática. Para validação dos dados foi calculado o índice Kappa (1) (CONGALTON & GREEN, 1999) utilizando as amostras de validação e calculado segundo a fórmula:

$$Kappa = \frac{N \sum x_{ii} - \sum(x_{i+}x_{+i})}{N^2 - \sum(x_{i+}x_{+i})} \quad (1)$$

Em que N é o total de observações, x_{ii} são as células diagonais, x_{i+} são os somatórios das colunas e x_{+i} são os somatórios das linhas.

Os valores de Kappa obtidos foram classificados conforme proposto por Landis e Kock (1977) apresentados na Tabela 2. Além disso, foi avaliada a exatidão do mapeamento através da discordância de alocação e de quantidade, recomendada por Pontius Jr & Millones (2011).

Tabela 2. Qualidade do Índice Kappa

Coeficiente Kappa	Interpretação
< 0,00	Péssima
0,01 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

4.3. Análises das Matrizes de Confusão

As matrizes de confusão apresentadas neste trabalho são constituídas da contraposição entre as amostras de validação coletadas e as imagens classificadas para Pasto com Babaçu, Capoeira com Babaçu, Mata Ciliar, Pastagem, Pastagem Queimada.

As linhas de cada matriz correspondem aos pixels das amostras de validação coletadas; as colunas, os pixels alocados pelo classificador. As células correspondentes à diagonal principal da matriz de confusão correspondem ao número de pixels que foram classificados corretamente para cada classe definida, ou seja, o número de pixels que coincidiram entre as amostras de validação e a imagem de referência (imagem classificada). Em contrapartida, os pixels classificados fora dessa diagonal correspondem aos erros de classificação.

Os elementos dentro de uma mesma linha, fora da diagonal principal, são provenientes das amostras de validação e foram alocados inadequadamente ao gerar o mapa classificado; sendo assim considerados erros de omissão. Por outro lado, os que pertencem a uma mesma coluna, fora da diagonal principal, representam os elementos que deveriam pertencer à determinada classe representada, mas não foram classificados corretamente; são os chamados erros de comissão.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

As matrizes de confusão (Tabela 3 e 4) permitem a análise individual de cada classe. Utilizando o Índice Kappa de forma individual para cada classe foi possível observar que os valores foram bons para algumas classes, como no ano de 1990 para Mata Ciliar (MC) que obteve Índice Kappa de 0,48. Este fato se deve às dificuldades no mapeamento devido a grande densidade de Babaçu próximo à Mata Ciliar, acarretando em erros no momento da separação das classes. Através do gráfico de porcentual de domínio (Figura 4) foi possível identificar com maior clareza o erro de omissão em relação às outras classes. O erro de omissão está relacionado à dificuldade de diferenciação entre as classes Capoeira com Babaçu e as demais, por possuírem grande similaridade espectral em função da cobertura florestada, como por exemplo, na classe Mata Ciliar.

Tabela 3. Matriz de confusão referente o ano de 1990, em número de pixels, para a classificação original.

Classes	PB	CB	MC	PA	PQ	NU	SN	Kappa
PB	371	15	27	0	0	5	0	08567071
CB	5	362	108	0	0	0	0	0,6595504
MC	21	58	148	8	15	3	20	0,4846316
PA	27	6	20	210	7	2	0	0,738881
PQ	1	0	2	1	52	0	0	0,9247688
NV	0	0	0	0	0	77	0	1,0000000
SN	0	4	6	0	0	0	221	1,0000000
Total	425	445	311	219	74	87	241	0,80413

PB – Pasto com Babaçu; CB – Capoeira com Babaçu; MC – Mata Ciliar; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada. ** Kappa Global

Tabela 4. Matriz de confusão referente o ano de 2016, em número de pixels, para a classificação original

Classes	PB	CB	MC	PA	PQ	Kappa
PB	213	41	42	99	117	0,2897958
CB	0	197	0	0	0	1,0000000
MC	0	30	99	0	2	0,7230645
PA	4	0	0	325	13	0,9236566
PQ	0	0	3	2	34	0,8516223
Total	217	268	144	458	166	0,71089

PB – Pasto com Babaçu; CB – Capoeira com Babaçu; MC – Mata Ciliar; PA – Pastagem; PQ – Pastagem Queimada. ** Kappa Global.

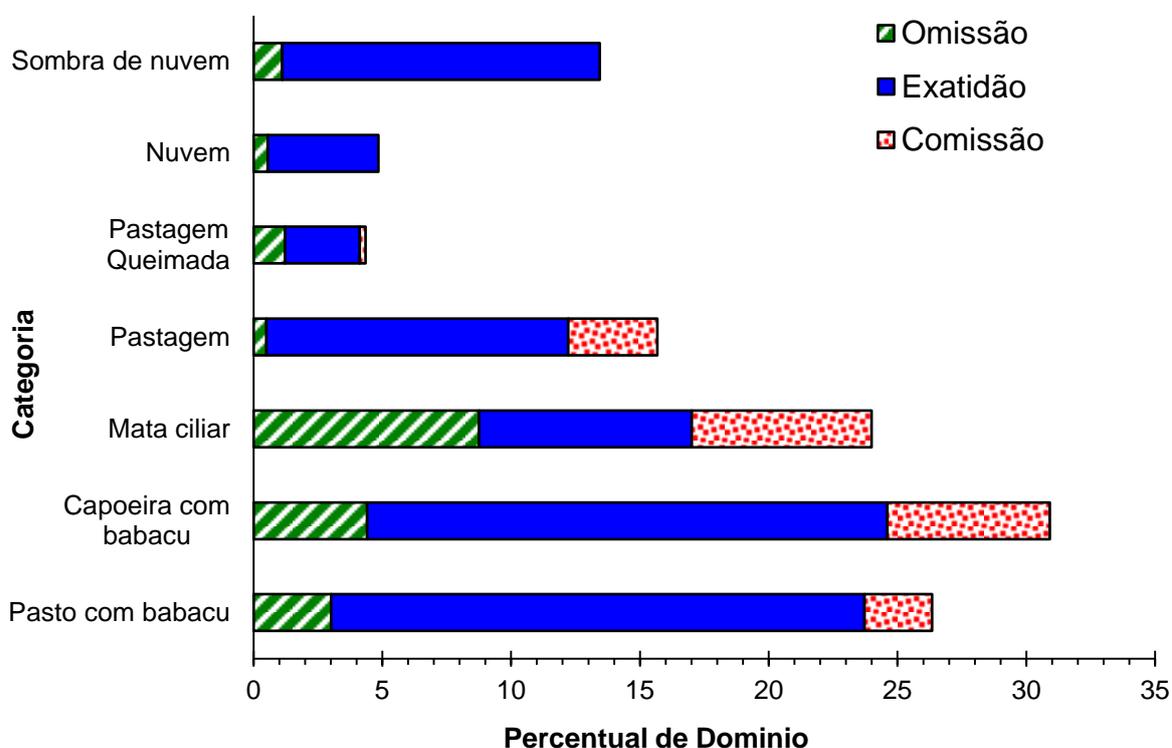


Figura 4. Matriz de Pontius pra testar a acurácia do erro de classificação do ano de 1990.

Segundo o Thales (1999) as áreas dominadas por Babaçu (*Attalea speciosa*) em imagens de Landsat TM caracterizam-se como manchas escuras (sombreadas), que podem contribuir para aumentar a confusão entre as classes.

Thales (1999) afirma ainda que essa propriedade é resultante da arquitetura e morfologia do dossel do babaçu caracterizada por uma orientação vertical dos folíolos, em um agrupamento de folhas em um mesmo plano. Quando essa arquitetura foliar se sobressai ao dossel florestal, é formado um anteparo, fazendo com que a radiação incidente seja refletida especularmente. Outros autores, como Espirito Santo e Shimabukuro (2005) também apontam

que áreas de floresta dominadas por Babaçu apresentam um aspecto escuro em imagens de satélite.

Para o ano de 2016 o Índice Kappa foi de 0,29 para Pasto com Babaçu (PB), com um erro de comissão muito grande (Figura 5), podendo ser justificado também pela alta similaridade espectral devido à presença marcante do Babaçu por toda área da Reserva, pela fitofisionomia diversificada que apresenta o Bioma Cerrado e pela influência do fogo nesta paisagem, principalmente quando analisados em épocas de seca, como no presente trabalho. Houve grande dificuldade de diferenciação entre as classes Pastagem, Pastagem queimada e Pasto com Babaçu (Tabela 4).

Um trabalho realizado no estado do Tocantins por Barros et. al (2007) mostrou que a subutilização da terra trouxe como consequência o aumento da similaridade entre as classes de vegetação, entre elas a Pastagem, que em épocas secas apresenta cor amarelada variando até o verde. Tal processo tem ocasionado dificuldade na discriminação dessas classes, justificando assim, o erro considerável de omissão que houve em Pastagem (PA), apresentado na Figura 5.

Outros estudos comprovam os mesmos resultados de Barros et. al (2007), como o realizado por Ribeiro e Walter (1998). Os autores também identificaram a similaridade entre as principais fitofisionomias do cerrado.

Seguindo a análise de que o erro de omissão para Pastagem (PA) e comissão para Pasto com Babaçu apresentaram valores discrepantes (Figura 5), tais erros tem procedência das similaridades espectrais que ocorrem entre as classes, o que já era de se esperar já que nas áreas de pecuária as palmeiras são cortadas deixando apenas alguns indivíduos para fazer sombra para o gado, isso pode ter ocasionado uma similaridade da resposta espectral destes alvos.

O mesmo foi comprovado na pesquisa de Silva (2008), em que a distribuição do Babaçu nas áreas antropizadas apresentou um comportamento extremamente variável. Os agricultores utilizam o fogo e ferramentas rudimentares para a derrubada e limpeza do terreno; nesse sistema o Babaçu possui grande resistência ao fogo e facilidades de regeneração, podendo ser parcialmente ou totalmente eliminado, com enormes variações espaciais, ou desenvolver ainda predomínio sobre determinadas áreas.

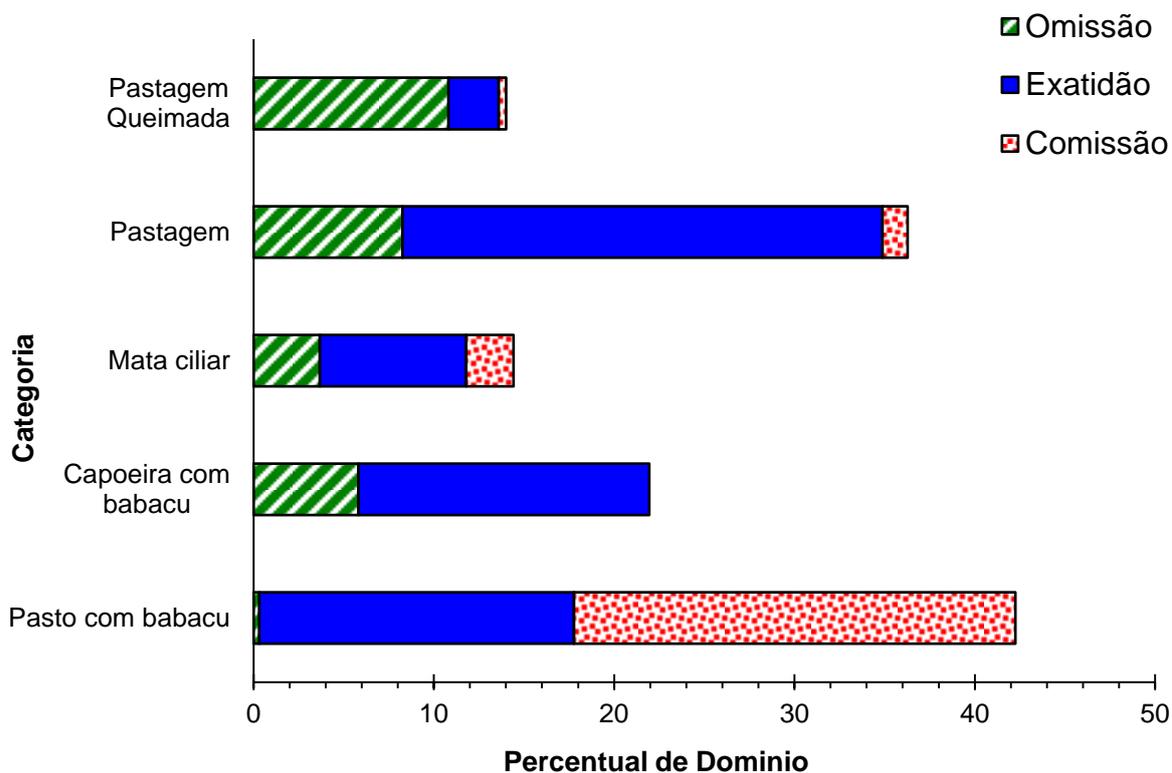


Figura 5. Matriz de Pontius pra testa acurácia do erro de classificação do ano de 2016.

Através da avaliação da Tabela 4, verificou-se que o valor de Índice kappa foi muito bom (0,71), demonstrando que a avaliação do grau de concordância entre o classificador e as imagens analisadas através do Google Earth é melhor, mesmo sendo difícil a identificação do Babaçu quando misturado com outro tipo de vegetação. É possível analisar a variação dos valores de Kappa das imagens de Landsat-5 TM e Landsat – 8 TM, contida nas Tabelas 3 e 4.

5.1. Análise Quantitativa dos Dados

Para a classe Pasto com Babaçu foi verificado que para de 2016 houve um aumento progressivo de 46,27%, em relação ao que já existia no ano de 1990, mesmo com a criação da RESEX em 1992. As Figuras 6 e 7 ilustram o quanto a RESEX foi desmatada ao longo da sua criação, esse fato pode ser explicado pelo forte aumento da população nessa região, impulsionado pela criação do Estado do Tocantins e o surgimento de várias cidades no entorno da RESEX.

Outro fator que pode ser levado em consideração é a utilização do fogo tradicionalmente para limpeza dos terrenos, associado aos grandes focos de incêndios que ocorrem nessa região tipicamente conhecida como Arco das Queimadas ou Arco do Desmatamento, promovendo a degradação do ambiente e facilitando o surgimento do Babaçu que se caracteriza por ser uma espécie de sucessão ecológica secundária e de fácil proliferação por ser resistente à queimadas e à escassez de água.

Para Silva, (2000) o Babaçu possui grande poder de invasão nas áreas com cobertura florestal perturbada, principalmente quando há o uso do fogo para “limpeza”, ocupando zonas de florestas e de cerrado e apresentando elevado grau de polimorfismo.

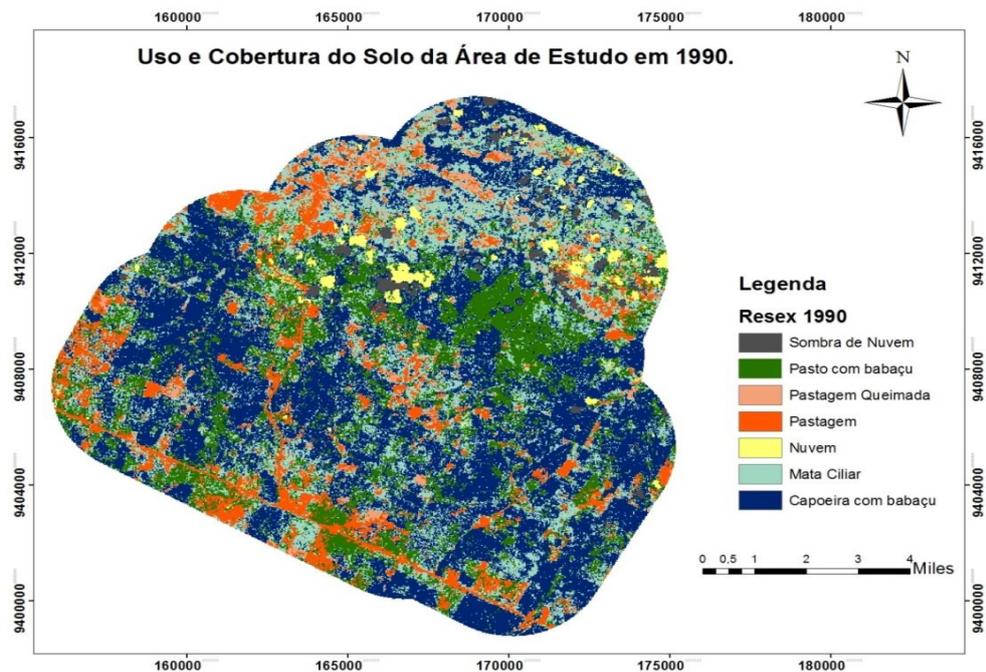


Figura 6. Mapa de uso e Cobertura do Solo da Reserva Extrativista do Extremo Norte – TO, para o ano de 1990.

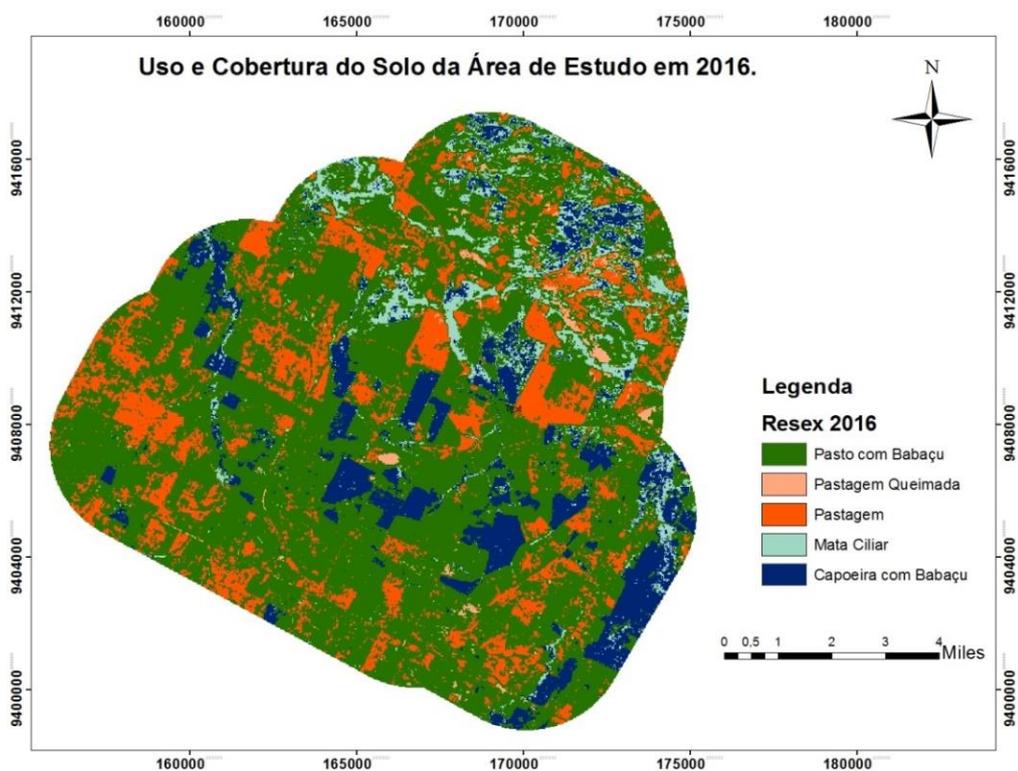


Figura 7. Mapa de uso e Cobertura do Solo da Reserva Extrativista do Extremo Norte – TO, para o ano de 2016.

Ao longo dos anos o processo de degradação da UC aumentou. A redução da classe de Copeira com Babaçu foi bastante expressiva, passando de 40,31% em 1990 para 11,42 % em 2016 (Figura 8). Tal redução pode estar diretamente ligada à falta de fiscalização, à ausência de plano de manejo e às inúmeras invasões que ocorreram por parte dos fazendeiros da região e da comunidade vizinha.

A classe Pastagem obteve um acréscimo de apenas 6,68%, um valor baixo quando comparado com Pasto com Babaçu 46,27%, para a classe Mata Ciliar observou-se uma perda de 21,75% da vegetação, ocasionada pela eliminação de boa parte da vegetação ciliar para formação de pastagens visando a criação de rebanhos e facilitar o acesso direto desses animais à água.

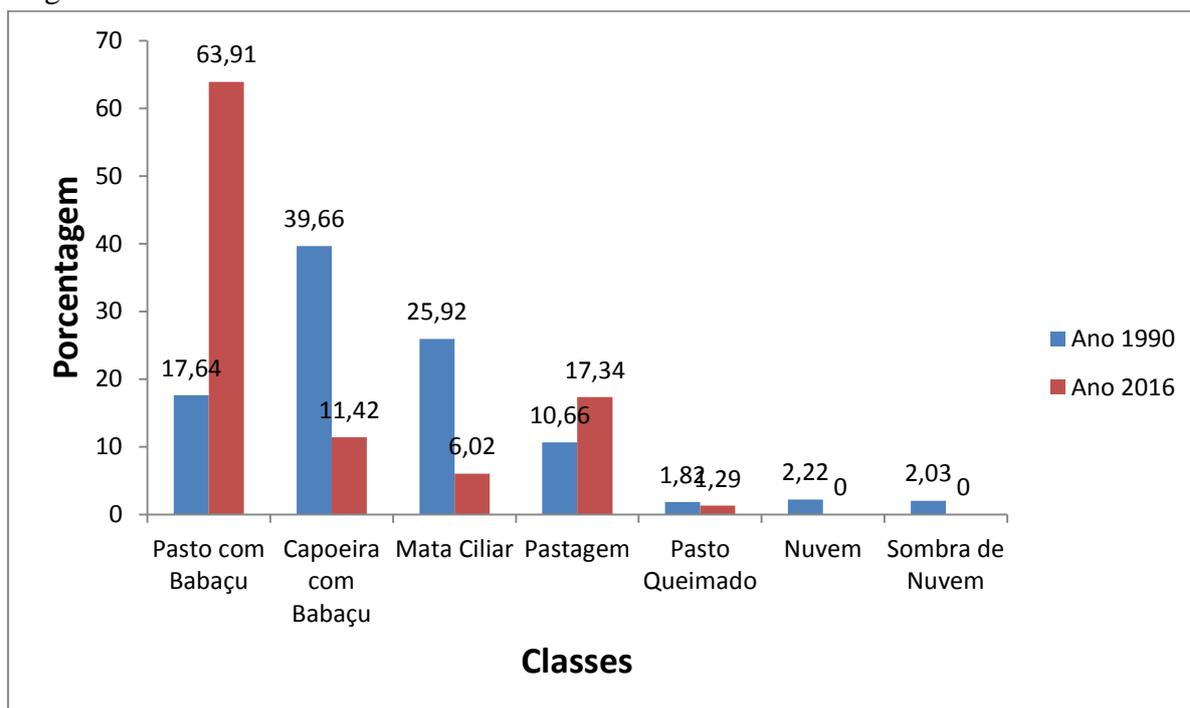


Figura 8. Exatidão de perdas da Reserva

6. CONCLUSÃO

A análise multitemporal utilizando o método de classificação supervisionada mostrou-se satisfatório na descrição da evolução do uso e cobertura da terra. A paisagem teve uma grande transformação ao longo dos anos, com um aumento de 45 % da área de Pasto com Babaçu nesses 24 anos de criação da RESEX, um valor significativo já que se trata de uma UC de Uso sustentável que visa a extração do Babaçu.

As áreas de Capoeira com Babaçu juntamente com áreas de Mata Ciliar dominavam praticamente toda a RESEX, com 65,58% do total, já no ano 2016 sofreram perdas substanciais, dando espaço a áreas de Pasto com Babaçu e Pastagens. Podendo dizer assim que a dinâmica da paisagem constitui claramente um processo de intensificação do uso do solo por toda Reserva Extrativista.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. A., et al. Mapeamento da cobertura natural e uso da terra como subsidio ao estudo da dinâmica e ocupação do Estado do Tocantins entre 1990 e 2007. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, **Anais...** Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2555-2562.

BRASIL. **Decreto no. 535**, de 20 de maio de 1992. Cria a Reserva Extrativista do Extremo Norte do Estado do Tocantins. Disponível em: (Acesso em: 01/04/2017.)

SILVA, M. R. D. **Distribuição do babaçu e sua relação com os fatores geoambientais na bacia do Rio Cocal, Estado do Tocantins.** (Dissertação de Mestrado), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília, 2008. 91f.

DAINESE, R. C. "**Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não supervisionada e análise visual.**" Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. (2001): 186-f.

D'ANTONA, A. O. Questões demográficas na definição, monitoramento e planejamento de reservas extrativistas da amazônia legal brasileira. In: XII Encontro Nacional da Abep, Caxambu, **Anais...**Brasil, 2000.

DE OLIVEIRA, L. H. D. S., et al. "ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DAS TERRAS DA REGIÃO DO BAIXO ACARAÚ-CE.":São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n.2, p.379-396, 2013.

DIEGUES, A. C. S. Populações tradicionais em unidades de conservação: o mito moderno da natureza intocada. In: Populações tradicionais em unidades de conservação: **o mito moderno da natureza intocada.** CEMAR/USP/NUPAUB, 1993. 94 p.

DLUGOSZ, F. L., et al. Uso do sensoriamento remoto e SIG para o zoneamento ecológico da reserva florestal Embrapa/Epagri em Caçador-SC. In: Embrapa Florestas-Resumo em anais de congresso (*ALICE*). In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 2., 2003, Colombo. **Anais.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 047A.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. D. A., AND OLIVEIRA, D. D. "Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil." **Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas. Brasília:** Editora Câmara (2010).

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B., AND SHIMABUKURO, Y. E. "Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso de imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo." *Revista Árvore* 29.2 (2005): 227-239.

FRANÇA, M. M. "Análise do uso da terra no município de Viçosa-MG mediado por classificações supervisionadas com redes neurais artificiais e Maxver." *Revista Brasileira de Geografia Física* 2.3 (2010): 92-109.

GALO, M. L. B. T. (2000). **Aplicação de redes neurais artificiais e sensoriamento remoto na caracterização ambiental do Parque Estadual Morro do Diabo**. São Carlos, 2000. 205p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, M. L., NETTO, M. L., ZULLO JR, J., & COSTA, J. A. F. (2008). Classificação não-supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamentos hierárquicos. **Revista Brasileira de Cartografia**, 60(1), 17-29.

LILLESAND, T.; RALPH W. K. ,AND CHIPMAN,. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, 2014.

LUCAS, R. M., et al. "Characterizing tropical secondary forests using multi-temporal Landsat sensor imagery." **International Journal of Remote Sensing** 14.16 (1993): 3061-3067.

MESQUITA, R. M. L.; ANDRADE L. A., and PEREIRA, W. E. "Banco de sementes do solo em áreas de cultivo de subsistência na floresta ombrófila aberta com babaçu (*Orbygnia phalerata* Mart.) no Maranhão." **Revista Árvore** 38.4 (2014).

MORAES, J. F. L., J. P. Carvalho, and A. CARLSTROM. "Caracterização e evolução do uso das terras na sub-bacia Tietê-Cabeceiras." **Annu. Rep. Eur. Community** 2.1 (2004): 87-97.

MUNIZ, F. H. **A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o nordeste, diversidade e estrutura**. In: MOURA, E G., (Ed.) Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual de Maranhão. São Luis: UEMA, 2004. p.53-69, 2010.

OLIVEIRA, M. R.; SOUSA, D. N., A Luta Pela regularização fundiária da reserva extrativista do extremo norte do estado do tocantins. **Acta Geográfica**, 2016, 10.23: 111-129.

PONTIUS JR, R. G.; MILLONES, M., Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. **International Journal of Remote Sensing**. 32:15, 4407-4429, 2011.

REBOUÇAS, S. P., SOUSA, L., AND PIRES, A. M. Metodologias de classificação supervisionada para análise de dados de microarrays. **Notas e Comunicações do Centro de Estatística e Aplicações da Universidade de Lisboa**, 26(9), (2011).

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.89-166.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 4. ed. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2001. 210 p.

SEPLAN – SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. 3 ed. rev. **atual**. Palmas: SEPLAN/DEZ, 2003.

SILVA, L. A. G. C., **Biomias presentes no Estado do Tocantins**. 2007. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados Centro de Documentação e Informação Coordenação de Biblioteca. Disponível em <<http://bd.camara.gov.br>>. Acesso 01/05/2017.

SOUSA, D. R. N., **Transformações na vida das populações tradicionais a partir da criação da RESEX do Extremo Norte do Estado do Tocantins**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa- MG 2015

THALES, M. C. **Imagem fração sombra na caracterização e mapeamento de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng) em áreas de floresta**. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos: INPE, 1999. P. 144.

VALLEJO, L. R., Unidades de conservação: uma discussão teórica à luz dos conceitos de território e de políticas públicas. **Geographia**, 2002, 4.8: 1-22.

BELLIA V.; DIAS R. R., Projeto de Gestão Ambiental Integrada da Região do Bico do Papagaio. **Zoneamento Ecológico-Econômico**. Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico do Norte do Estado do Tocantins. Palmas, Seplan/DZE, 2004. 202p., (Séries ZEE - TOCANTINS / Bico do Papagaio / Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico).

WAGNER, A. P. L., "**Dinâmica temporal de índices de vegetação no Pampa do Rio Grande do Sul e Uruguai e suas relações com os elementos meteorológicos regionais.**" Tese de Doutorado em Sensoriamento Remoto, Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil (160p.). Novembro, 2013.

APÊNDICE



Figura 9. Paisagem da RESEX do Extremo Norte com destaque para área de pastagens (2014)

Fonte: OLIVEIRA (2014)



Figura 10. Paisagem da RESEX do Extremo Norte com destaque para área de Palmeiras.

Fonte: OLIVEIRA (2014).