

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SUPRESSÃO VEGETAL NO MUNICÍPIO DE XINGUARA-PARÁ

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF SUPPRESSION IN VEGETABLE Xinguara-PARA CITY

Antônio Pereira Júnior

Biólogo, Universidade do Estado do Pará. (antonio.junior@uepa.br)

Alberto Marinho dos Santos

Engenheiro Ambiental, Universidade do Estado do Pará. (alberto.marinho07@gmail.com)

Resumo

A Amazônia Legal Brasileira é considerada a região mais rica em biodiversidade do mundo, todavia, é impactada de maneira negativa pelo desflorestamento em massa, realizado de maneira indiscriminada e ilegal. Com isso, esse fenômeno deve ser monitorado, a fim de serem tomadas as providências cabíveis com vistas a combatê-lo. Dessa feita, o objetivo deste estudo é analisar, em escala multitemporal, as alterações na biomassa vegetal do município de Xinguara (PA), a partir do confronto de dois tipos de dados: aqueles obtidos pela quantificação do desflorestamento com uso do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, para os períodos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010; e aqueles levantados a partir de revisão de literatura sobre a dinâmica do desflorestamento na Amazônia brasileira. A metodologia concernente à quantificação do desflorestamento foi feita a partir do processamento digital de imagens, que se subdividiu em etapas distintas, a saber: composição colorida; georreferenciamento, classificação supervisionada de imagens, conversão de *pixels*, e cálculo das áreas desflorestadas feito por meio da calculadora geométrica do *software Esri ArcGis 10.1*. Os resultados mostraram que, entre 1985 e 2005, o desflorestamento em Xinguara cresceu de forma linear, sendo que, em 1985, a área desflorestada correspondia a 28,81% do território municipal e, em 2005, a 77,64%. De 2005 a 2010 houve redução para 64,21% do território municipal. Concluiu-se que as bases para os índices de desflorestamento alcançados no município foram reflexo dos momentos econômicos ocorridos no Brasil, da inaplicabilidade da legislação ambiental brasileira, bem como das atividades que baseiam a economia Xinguarense: extração de madeira, agricultura e, principalmente, pecuária bovina.

Palavras-chave: pecuária, classificação supervisionada, desflorestamento.

Abstract

The Brazilian Amazon they considered the richest region in biodiversity in the world, however, it is impacted negatively by deforestation in mass and carried out indiscriminate and illegal way. Thus, and this phenomenon should be monitored in order to be taken the appropriate measures in order to combat it. This time, the aim of this study is to analyze in multi-temporal scale, changes in plant biomass Xinguara municipality from the confrontation of two types of data. Those obtained by quantification of deforestation with the use of digital processing of remote sensing images to the periods 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 and 2010; and those gathered from literature review on the dynamics of deforestation in the Brazilian Amazon. The methodology concerning quantification of deforestation was made from the digital image processing, which was divided into distinct stages, namely: Colorful composition; georeferencing supervised classification of images, pixel conversion and calculation of deforested areas was done through software Geometric calculator Esri ArcGis 10.1. The results showed that between the years 1985-2005 deforestation in Xinguara grew linearly, where in 1985 the deforested area corresponded to 28.81% of the municipal territory, and in 2005 accounted for 77.64%. Since 2005-2010, there was return on deforestation, where it accounted for 64.21% of the municipal territory. It concluded that the basis for the rates of

deforestation achieved in the municipality were reflection of crossed economic times in Brazil, the inapplicability of the Brazilian environmental legislation, as well as activities, which base Xinguarenses economy: logging, agriculture and especially livestock bovine.

Key words: Livestock, Supervised classification, Deforestation.

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal Brasileira é um dos mais importantes ecossistemas do planeta e, infelizmente, sinônimo de preocupação mundial por conta da exploração descontrolada de seus recursos, principalmente a derrubada da floresta. Somente no ano de 2004, foram desmatados 27.772 Km² de floresta na região, segundo dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia – PRODES (INPE, 2015).

Essa problemática na Amazônia tem suas raízes na própria ocupação do país, entretanto, o crescimento e a intensificação dessa região se deram através de políticas públicas federais, no início da década de 1970, implantadas pelo governo militar, as quais tinham como lema “Integrar para não Entregar”, o que remetia a ação do governo de integrar a Amazônia ao restante do país, principalmente através de incentivos fiscais para uso das terras Nortistas; todavia, após esses incentivos, os índices de desflorestamento na Amazônia legal subiram drasticamente (SOARES FILHO *et al.*, 2008).

Os atores e as forças que conduziram, e ainda conduzem, a essa ação variam de acordo com a região, assim como ao longo do tempo. No estado do Pará, os principais responsáveis pelo desflorestamento se dividem em três: extração de madeira, pecuária e agricultura, sendo os dois primeiros mais incisivos (FEARNSIDE, 2005).

Essa é a realidade do município de Xinguara, localizado no Sudeste do Pará, que é conhecido como “A capital do boi gordo do sudeste Paraense”. O mesmo teve sua fundação a partir da construção da rodovia PA-279, ainda na década de 1970, como parte do Plano de Integração Nacional. Em 1982, ocorreu a emancipação político-administrativa do município, e

rapidamente consolidou sua economia a partir do movimento migratório ocorrido para a região sudeste do Pará, bem como o crescimento da pecuária bovina (PARÁ, 2014).

Em função disso, é nítido que Xinguara tornou-se um local de perda da biomassa vegetal intensa, tanto que se enquadrou no arco do desmatamento, um perímetro que abrange desde a região Centro-Oeste até a região Norte, onde o desflorestamento ocorre de maneira intensa e, na maioria das vezes, ilegal (SILVA; DINIZ; FERREIRA, 2013).

Dessa maneira, monitorar esse fenômeno a fim de combatê-lo não é uma tarefa simples, pelo fato de que as áreas desflorestadas são gigantescas. Nesse contexto, o sensoriamento remoto apresenta-se como a ferramenta mais eficaz para realizar tal tarefa, isso porque o mesmo nada mais é do que a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos, sem que haja contato direto entre eles, isto é, contato físico (JENSEN, 2009).

Com isso, é possível quantificar o desflorestamento em Xinguara, tanto no tempo presente, quanto no pretérito, de maneira segura e eficiente, permitindo que os resultados sejam utilizados para os mais diversos fins. Assim, o presente trabalho torna-se relevante, pois busca quantificar o desflorestamento ocorrido no município de Xinguara entre 1985 e 2010, em intervalos de cinco anos.

2 OBJETIVO

Analisar, em escala multitemporal, a supressão vegetal no município de Xinguara, Pará, referente aos períodos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010, por meio da correlação de dados sobre essa dinâmica e quantificação do desflorestamento, em Km².

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Desflorestamento e ocupação da Amazônia brasileira

A Amazônia brasileira compreende uma área na qual predomina a floresta tropical amazônica, que engloba os Estados brasileiros do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, norte do Mato Grosso e o oeste do Maranhão. Essa região corresponde a 60% do território brasileiro, e o equivalente à aproximadamente 6.811.900 Km². Nela se encontra o maior manancial de água doce do mundo, a Bacia Amazônica e ainda a Bacia Tocantins-Araguaia, somando em toda a região 1/5 das reservas mundiais de água doce. Aliado a isso, existe uma alta oferta de madeira, pelo fato de toda região ser coberta pela rica floresta tropical amazônica; além da grande diversidade de animais, muitos deles só encontrados nessa região (FERREIRA *et al.*, 2005).

Diante disso, a Amazônia brasileira é alvo constante de ações antrópicas que visam retirar tais recursos, a fim de serem utilizados em atividades industriais ou aquelas que utilizam a terra, como agricultura e pecuária. Contudo, essa extração ocorre, na maioria das vezes, de forma desordenada e ilegal, o que provoca sérios prejuízos, como extinção de espécies animais e vegetais, diminuição de oferta de água, dentre outros (SOARES FILHO *et al.*, 2005).

Nesse contexto, pode-se afirmar que o desflorestamento ou o desmatamento compreende em um processo de retirada/derrubada de florestas de maneira indiscriminada, para aproveitamento da madeira nas atividades pertinentes ou para o uso da terra. Dessa forma, trata-se de um fenômeno extremamente nocivo ao meio ambiente e que deve ser monitorado e controlado (RODRIGUES, 2004).

3.2 Causas do desflorestamento no Pará

O processo de desflorestamento no estado do Pará acompanhou o movimento de integração nacional. Com isso, as

atividades responsáveis pela derrubada da floresta em larga escala foram as mais variadas, tendo como principais representantes: pecuária, agricultura, mineração, extração de madeira, construção de hidrelétricas, dentre outras (VALERIANO *et al.*, 2012).

Nesse contexto, na década de 1970, o governo militar empenhou-se em realizar obras de engenharia para ligar as principais cidades da Amazônia ao restante do país. O maior exemplo é a Rodovia Transamazônica, que liga o nordeste ao norte, taxada na época como uma obra “faraônica” devido à complexidade e à proporção de sua execução. Desta feita, a construção de rodovias na região norte deu origem a povoados que, décadas adiante, se tornaram municípios. Isso fez com que a década de 1970 ficasse conhecida como “a década da devastação”, atingindo níveis anuais de desmatamento de 21.130 Km² (CABRAL; GOMES, 2013).

Em função disso, houve o surgimento de vilas e povoados, que mais tarde receberam suas emancipações político-administrativas, o que provocou o desflorestamento para uso da terra, bem como a criação de gado e de monoculturas, como mandioca, arroz, feijão, milho, dentre outras. Já na década de 1980, ocorreu grande movimento migratório por conta do garimpo de ouro de Serra Pelada, que não só gerou crescimento na própria serra, mas em toda região sudeste do Pará. Ainda nesse período, houve o início do Projeto Grande Carajás (PGC), voltado à extração em larga escala de minério de ferro na serra dos Carajás, município de Parauapebas. Esse processo de mineração veio acompanhado da derrubada de grandes áreas verdes para lavra do minério de interesse (DUARTE; OLIVEIRA; RICCI, 2009; MONTEIRO, 2006).

Contudo, o início da década de 1990 foi marcado pelo retrocesso no desflorestamento, por conta do momento econômico vivido na gestão de Fernando Collor de Mello; entretanto, a partir de 1995, os efeitos do “Plano Real”¹ mudaram

¹ Pacote de medidas econômicas com o intuito de controlar a inflação e estabilizar a economia.

essa situação. Tal plano foi uma medida tomada pelo governo do então presidente Itamar Franco, por meio de seu então ministro da Fazenda, Fernando Henrique Cardoso, que instituiu regras de conversão e uso de valores monetários, iniciou a desindexação da economia e determinou o lançamento de uma nova moeda, o real, o que permitiu uma forte recuperação econômica, a partir da redução da inflação. No Pará, isso fez com que o poder de compra, até mesmo de pequenos produtores, aumentasse, dando-lhes maiores condições para investir em atividades como pecuária, agricultura, piscicultura, desflorestando grandes áreas para expansão de seus negócios (IANONI, 2009; FEARNside, 2005).

Desde a implantação do “Plano Real” até o início dos anos 2000, um dos grandes impulsores do desflorestamento no Pará foram os Projetos de Assentamentos (PA’s) criados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Esses PA’s consistiam na divisão de terras improdutivas para produção agrícola de caráter familiar por parte dos assentados. Todavia, o que houve foi a derrubada de grandes áreas de vegetação para criação de gado leiteiro, com finalidade de abastecer o comércio de revenda de leite, bem como de produção de queijo nas imediações próximas aos PA’s. Nesse cenário, após o início dos anos 2000, a extração ilegal de madeira se tornou o grande agente causador do desflorestamento no Pará. A mesma ocorria em todo o estado, com vistas ao abastecimento de serrarias, enquanto na região sudeste do Pará a finalidade era abastecer os fornos das guseiras do Distrito Industrial de Marabá (HOMMA *et al.*, 2005; 2006).

3.3 Sensoriamento remoto

Entrou em vigor em 1994, a partir da publicação de Medida Provisória, que garantia o aparato legal ao Plano. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/ECONOMIA/470831-20-ANOS-DO-REAL-PLANO-CONTROLOU-INFLACAO,-MAS-FALTA-CRESCIMENTO.html>>

O termo Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como um processo de se obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. Nesse contexto, em uma definição mais abrangente, afirma-se que o sensoriamento remoto compreende o processo de captação de informações dos fenômenos e feições terrestres, por meio de sensores, sem contato direto com os mesmos, associado a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e análise destas informações (BLASCHKE; KUX, 2007; LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2008).

3.3.1 Processo de aquisição, conversão e transmissão de dados

O processo de aquisição de dados pelo sensoriamento remoto compreende os seguintes procedimentos: aquisição e conversão de dados; e transmissão de dados para Terra. Esses dois procedimentos são os responsáveis por captar os dados contidos na radiação eletromagnética e transmiti-los até os locais em que serão tratados e analisados. Quanto à aquisição de dados, esta é definida como a etapa de aquisição de dados a partir de sensores, que são equipamentos eletrônicos responsáveis por captar a radiação eletromagnética proveniente da superfície terrestre e transformar a energia conduzida pela onda em um pulso eletrônico ou um valor digital, que seja proporcional à intensidade dessa energia, e enviar os dados para uma estação de recepção na Terra (FIGUEIREDO, 2005; ROSA, 2009).

Assim, o produto final do sensor é denominado imagem digital. A mesma é definida como um conjunto de pontos (*pixels*), em que cada ponto corresponde a uma unidade de informação do alvo em estudo. Essa imagem é formada a partir de uma função bidimensional $f(x,y)$; sendo que x e y representam as coordenadas espaciais, e o valor de f no ponto x,y compreende o nível de brilho da área correspondente ao *pixel* no alvo (MENESES; ALMEIDA, 2012).

3.3.2 Processamento digital de imagem

As imagens enviadas pelos sensores até a estação de recepção apresentam uma série de distorções, que comprometerão o produto final almejado por aquele que as adquire. Para isso, essas imagens devem passar por um tratamento para que os erros presentes sejam extintos ou minimizados, e os atributos (dados) de interesse sejam extraídos com êxito. A esse tratamento dá-se o nome de Processamento Digital de Imagens (PDI), que pode ser dividido em: pré-processamento, realce, recorte e classificação. (JENSEN, 2009; LIU, 2008; LEITE, 2010)

O pré-processamento tem por finalidade extinguir ou minimizar os erros agregados (ex.: as imagens brutas - imagens enviadas diretamente pelo sensor). Esses erros são provocados por desajustes na calibração dos detectores, erros esporádicos na transmissão dos dados, influências atmosféricas e distorções geométricas. Com isso, o pré-processamento pode ser dividido em: correção atmosférica e geométrica (BLASCHKE; KUX, 2007).

A primeira é executada com o desígnio de minimizar os efeitos atmosféricos na radiância de uma cena, já que a atmosfera, por causa dos fenômenos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, disfarça a radiância refletida pela superfície que é captada através do sensor. Já a segunda, também conhecida como georreferenciamento ou registro de imagens, estabelece uma relação geométrica entre os *pixels* da imagem e as coordenadas cartográficas da área correspondente, por meio de um sistema de referência. Através do georreferenciamento, a imagem adquire a propriedade de um mapa, com todos os *pixels* referenciados a um sistema de projeção cartográfica (NOVO, 2008).

Nesse contexto, tem-se o recorte de imagens, que nada mais é do que delimitar um determinado atributo dentro de um espaço de interesse. Recortar uma imagem de satélite dentro do território de um

município, por exemplo, compreende utilizar a imagem apenas dentro da extensão territorial desse município. Por conseguinte, tem-se a classificação de imagens digitais que consiste em associar seus *pixels* a um conjunto finito de classes individuais, que representam os objetos do mundo real, com base nos seus valores digitais; isto é, cada *pixel* da imagem passa a se enquadrar em uma classe que representa algum alvo do mundo real, de acordo com uma propriedade usada como critério de classificação (FIGUEIREDO, 2005; GONÇALVES *et al.*, 2007).

3.3.2.1 Validação da classificação digital de imagens

Seja de forma supervisionada ou não, a confiabilidade dessas duas operações depende de algum índice estatístico, que aponte a exatidão ou acurácia dessa classificação. É importante frisar que a acurácia citada anteriormente não se confunde com a precisão, haja vista que a primeira consiste em um conceito estatístico, que expressa estados de semelhança ou probabilidade que um grupo particular de medidas tem com a realidade; já a segunda expressa índices relativos à quantidade de *pixels* que foi classificada dentro da quantidade de *pixels* passíveis de classificação (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Nessa perspectiva, as técnicas que determinam a acurácia da classificação de imagens digitais têm como base a chamada matriz de erros ou de confusão, que nada mais é do que uma matriz quadrada de números definidos em linhas e colunas que expressam o número de unidades da amostra (*pixels*, grupos de *pixels* ou polígonos) atribuído a uma categoria particular relativo à categoria atual. A matriz constitui-se de uma maneira eficaz de representar a acurácia de um conjunto de dados simulados ou estimados em relação a um conjunto de dados de referência, proporcionando um índice global de acerto, acurácia ou exatidão global (Equação 1). A exatidão global é dada em porcentagem. Desta feita, quanto maior a quantidade de *pixels* classificados,

maior a exatidão da classificação realizada (GAO, 2009).

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

EG = Exatidão Global

A = Total de *pixels* classificados corretamente

n = Total de *pixels* classificados

Contudo, apenas o cálculo do índice global ainda não é o suficiente, sendo pertinente a adoção de um índice que considere a matriz por completo, ou seja, utilize todos os elementos da matriz, e não somente a diagonal principal da mesma. Neste caso, o procedimento mais adotado na medição da exatidão das classificações por meio de matrizes de erro é o índice Kappa (Equação 2). No que concerne aos resultados, o índice Kappa é medido na variação entre 0 (Péssima classificação) e 1 (Excelente classificação), onde: 0 – 0,2 = ruim; 0,2 – 0,4 = razoável; 0,4 – 0,6 = boa; 0,6 – 0,8 = muito boa; e 0,8 – 1,0 = excelente (CONGALTON; GREEN, 2009).

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

K = Coeficiente Kappa de concordância

N = Número de observações (pontos amostrais)

r = Número de linhas da matriz de erro

x_{ii} = Observações na linha i e coluna i

x_{i+} = Total marginal da linha i

x_{+i} = Total marginal da coluna i

3.4 ÁREA DE ESTUDO

Com uma área total de 3779 Km², o município de Xinguara pertence à mesorregião Sudeste Paraense e à microrregião Redenção. Sua sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 07° 06' 18" e 49° 56' 12" W Gr. Xinguara é limitado por

Canaã dos Carajás, Curionópolis, Piçarra, Rio Maria, Água Azul do Norte, Sapucaia (Figura 01) (PARÁ, 2014).

No que se refere ao clima de Xinguara, o mesmo insere-se na categoria de equatorial superúmido, tipo Am, da classificação de Köppen, no limite de transição para o Aw. Possui temperatura média anual de 26,35 °C, apresentando a média máxima em torno de 32,01°C e mínima de 22,71°C. A umidade relativa é elevada, apresentando oscilações entre a estação mais chuvosa e a mais seca, que vai de 90% a 52%, sendo a média real de 78%. O período chuvoso ocorre, notadamente, de novembro a maio, e o mais seco, de junho a outubro, estando o índice pluviométrico anual em torno de 2.000 mm (BRASIL, 2006).

A vegetação do município é representada pela Floresta Equatorial Latifoliada, apresentando os subtipos: Floresta Submontanha, em relevo aplainado e Floresta Mista (Cocal), recobrando a maior parte do município. Nas porções mais elevadas, há ocorrência de Cerrado. Grandes clareiras na floresta foram abertas para a implantação de pastagens artificiais destinadas ao forrageamento animal, em projetos agropecuários. Em muitos casos, o abandono dos tratos cultivados tem suscitando o rebrotamento da Floresta Secundária (IBGE, 2008).

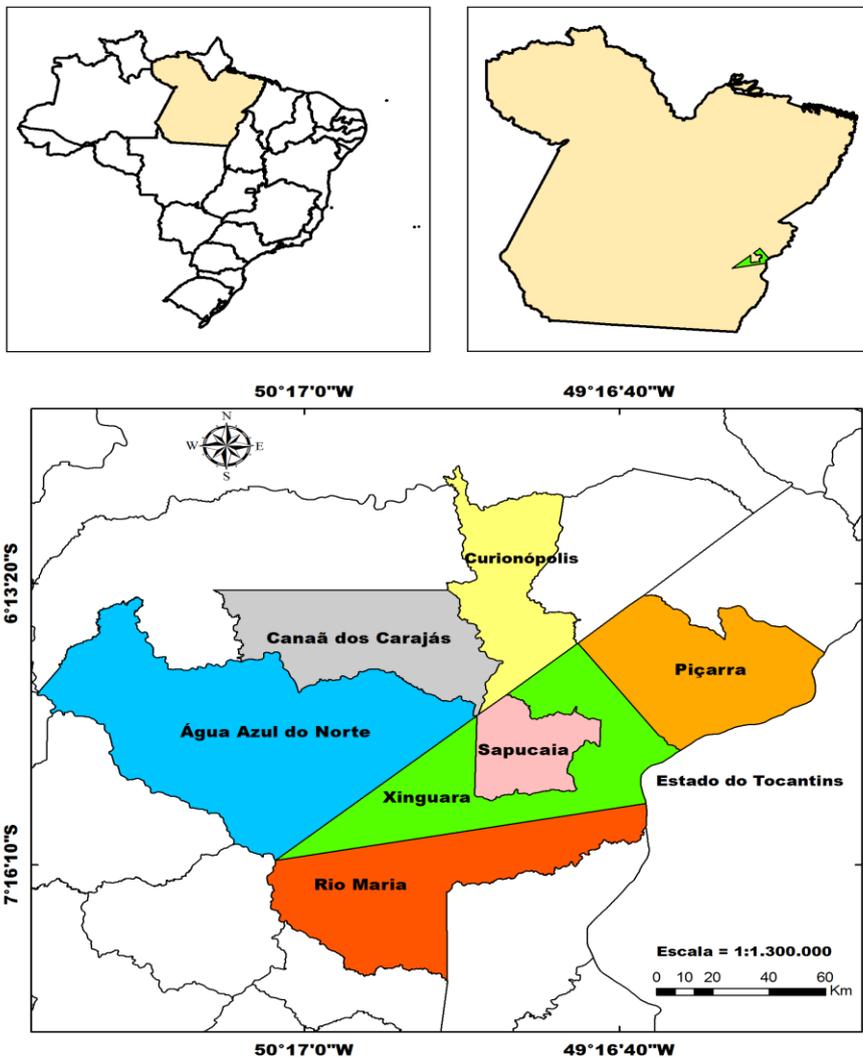
A geologia da área é representada por rochas do Pré-Cambriano Inferior a Médio, do Complexo Xingu (granitos, migmatitos, gnaisses, xistos etc.); Pré-Cambriano Médio a Superior do Grupo Tocantins, dominante em extensão no Município, constituído por filitos, cloritaxistos, metagrauvacas etc., estando ainda presentes algumas manchas de sedimentos quaternários, nas áreas aluvionais do rio Araguaia, principalmente (PARÁ, 2014).

Quanto ao relevo, este apresenta superfícies pediplanadas em rochas pré-cambrianas, recobertas por depósitos superficiais, áreas dissecadas em colinas e ravinas, que constituem a maior porção da área, algumas cristas e eventuais serras. Trata-se de um relevo relativamente

elevado em relação ao Estado e à região, inserindo-se na unidade morfoestrutural

que corresponde à Depressão Periférica do Sul do Pará (IBGE, 2014).

Figura 01: Mapa de localização do município de Xinguara-Pará



Fonte: Autores, 2015.

Na hidrografia do Município, destaca-se o rio Araguaia, a leste e limite com o Estado do Tocantins, além de receber vários rios, córregos, ribeirões e grotas, destacando-se alguns, como o ribeirão Água Fria, com os seus afluentes, os córregos Gordinho, Sapucaia e Jatobá. No sentido centro-norte, os rios vertem para o Tocantins, destacando-se o rio Vermelho, em seu alto curso. Como a maioria dos municípios da microrregião Redenção, o uso e ocupação do solo em Xinguara ocorrem a partir da implantação da pecuária de animais de grande porte,

aliada ao extrativismo vegetal em área florestal, o que proporciona ao município uma tendência ao desflorestamento (IBGE, 2011; PARÁ, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os materiais utilizados no presente estudo foram os seguintes: Imagens geradas pelo sensor *Thematic Mapper*, acoplado ao satélite Landsat-5, órbita/ponto 223/65 e 224/65, referentes aos períodos

de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010, adquiridas de maneira gratuita no *site* do *United States Geological Survey* (USGS); e *Softwares: Esri ArcGis 10.1* (ESRI, 2012) e *Exelivis Envi 5.0* (EXELISVIS, 2012).

4.2 Métodos

4.2.1 Quantificação do desflorestamento

4.2.2.1 Composição colorida

A primeira etapa consistiu na composição colorida das imagens, por meio do *Software Envi 5.0* (EXELISVIS, 2012). O método utilizado foi o *Red-Green-Blue* (RGB). No presente trabalho, as bandas espectrais utilizadas foram as de número 5, 4 e 3, que correspondem às bandas do infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho.

4.2.2.2 Georreferenciamento

Por conseguinte, foi feito o georreferenciamento ou registro das imagens, que se deu com base nas imagens *Landsat Geocover*. Com uso do *Software Envi 5.0* (EXELISVIS, 2012), foram coletados 10 pontos de controle em cada imagem, cujo sistema de projeção cartográfica utilizado foi o *Universal Transversa de Mercator* (UTM), fuso 22S, *Datum* WGS-84.

4.2.2.3 Correção atmosférica

Ainda por meio do *Software Envi 5.0* (EXELISVIS, 2012), realizou-se a correção atmosférica das imagens, a partir do método *Dark Object Substraction* (DOS). Logo em seguida, com uso do *Software Esri ArcGis 10.1* (ESRI, 2012), realizou-se o mosaico das imagens, bem como o seu recorte dentro dos limites geográficos do município de Xinguara-Pará.

4.2.2.4 Classificação supervisionada

Com uso do *Software Esri ArcGis 10.1* (ESRI, 2012), foram efetuadas: (1) a classificação supervisionada, complementada pelo uso do método da

máxima verossimilhança (MaxVer) que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos *pixels* das classes, utilizando parâmetros estatísticos; e (2) a precisão dessa classificação com vistas à validação dos dados obtidos por meio da matriz de confusão, calculando-se o índice Kappa e a exatidão global.

4.2.2.5 Conversão de *pixels* e confronto de dados

De posse das imagens classificadas, os *pixels* já segregados em suas devidas classes (alvos) foram convertidos para o formato de polígonos visando o cálculo de suas áreas. Esse cálculo se deu a partir da calculadora geométrica do *Software Esri ArcGis 10.1* (ESRI, 2012), que calculou a área de todos os polígonos gerados na imagem e, em seguida, fez a soma da área total de cada alvo de estudo. Por fim, os valores do desflorestamento dentro dos períodos citados foram confrontados com os dados pretéritos, levantados na etapa de revisão de literatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Quanto à classificação supervisionada de imagens

Os resultados mostraram que as acurácias globais em todos os anos de estudo foram superiores a 95%. Além disso, os índices Kappa foram superiores a 0,9, com exceção do ano de 2000, que apresentou um índice de 0,893 (Tabela 01).

Quanto à acurácia global, percebeu-se que os resultados foram extremamente satisfatórios. Estudo efetuado por Gao (2009) concluiu que quanto maior a acurácia global, maior a quantidade de *pixels* classificados corretamente. Associa-se a isso o índice Kappa, pois pesquisa realizada por Congalton e Green (2009) mostrou que os valores desse índice, os quais variam de 0,8 a 1, correspondem a uma classificação de nível excelente. Assim, os resultados obtidos no presente estudo quanto ao índice Kappa foram classificados como excelente para a

classificação supervisionada em todos os períodos.

5.2 Quanto ao desflorestamento

Os resultados obtidos mostraram o total de áreas desflorestadas para os períodos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010 e serão analisados separadamente,

de acordo com os períodos de estudo (Tabela 02).

5.2.1 Análise para 1985

Os resultados revelaram que no ano de 1985 a área desflorestada no município de Xinguara foi de 1.088,59 Km², o que correspondeu a 28,81% da área total do município (Figura 02).

Tabela 01: Validação dos dados da classificação supervisionada

Ano	Acurácia Global (%)	Índice Kappa (Adimensional)
1985	99,552	0,982
1990	99,480	0,970
1995	97,758	0,948
2000	95,390	0,893
2005	96,367	0,925
2010	97,578	0,936

Fonte: Autores, 2015.

Tabela 02: Quantificação do desflorestamento em Xinguara-Pará em relação ao tempo

Ano	Desflorestamento (km ²)	Varição entre os anos(km ²)	Varição em relação à área do município (%)
1985	1.088,59	-	28,81
1990	1.654,69	566,10	43,79
1995	2.228,31	573,62	58,96
2000	2.525,66	297,35	66,83
2005	2.934,25	408,58	77,64
2010	2.426,80	-507,44	64,21

Fonte: Autores, 2015.

Verificou-se que o desflorestamento ocorreu principalmente na região sudoeste do município, onde se localiza a sede do mesmo. Além disso, a retirada da vegetação também acompanhou os trechos das rodovias que atravessam Xinguara, a exemplo da BR-155, que adentra o município a partir de seu ponto mais setentrional, passa pela sede e continua em direção ao sul do Pará. Outra rodovia, a PA-279 também cria um “corredor” do desmatamento, pelo fato de ter origem na sede de Xinguara e continuar em direção ao município de São Félix do Xingu. Esses fatos corroboram com os argumentos de Cabral e Gomes (2013), de que a construção de rodovias deu origem a muitos povoados que, posteriormente, se tornaram município.

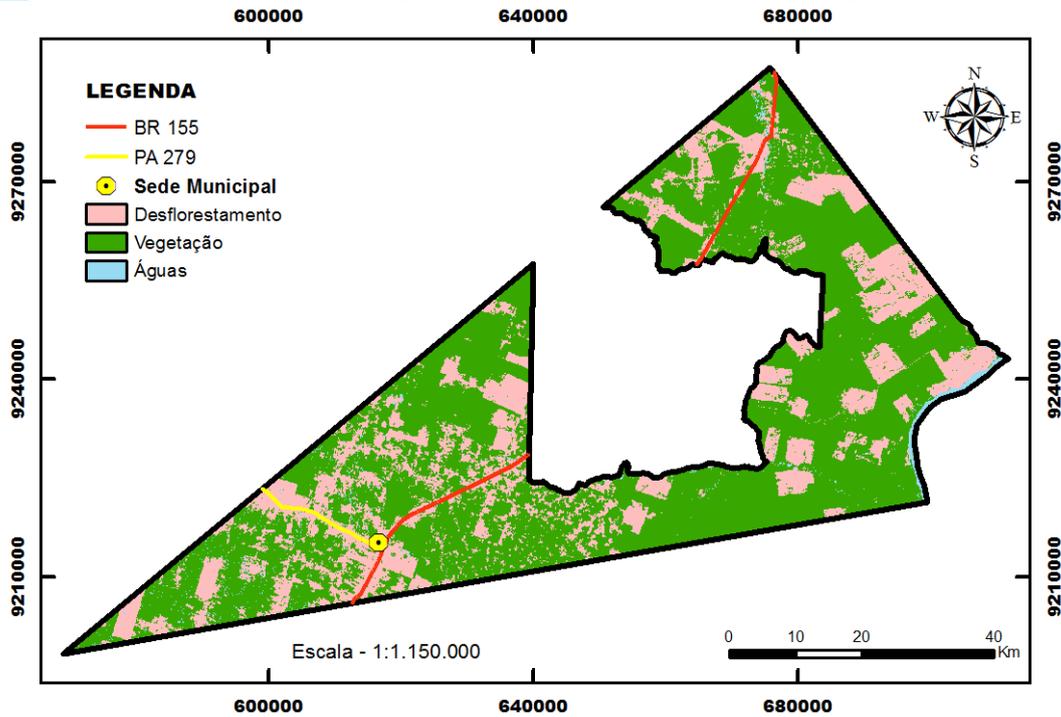
Ainda com base na caracterização cartográfica, percebeu-se que houve uma leve concentração do desflorestamento em torno da zona urbana. Esse fenômeno, provavelmente, se deu em virtude do período de 1985 distar apenas três anos da emancipação político-administrativa de Xinguara, ocorrida em 1982. O estudo de Duarte, Oliveira e Ricci (2009) concluiu que muitos vilarejos surgiram em torno da zona urbana dos municípios recém-emancipados, em um processo de consolidação da economia e movimento migratório, acompanhando o trecho das rodovias recém-construídas. Essa afirmativa justifica o ocorrido em Xinguara nos três anos após a emancipação.

5.2.2 Análise para 1990

Os cálculos mostraram que no ano de 1990 o desflorestamento em Xinguara totalizou uma área de 1.654,69 Km², o que

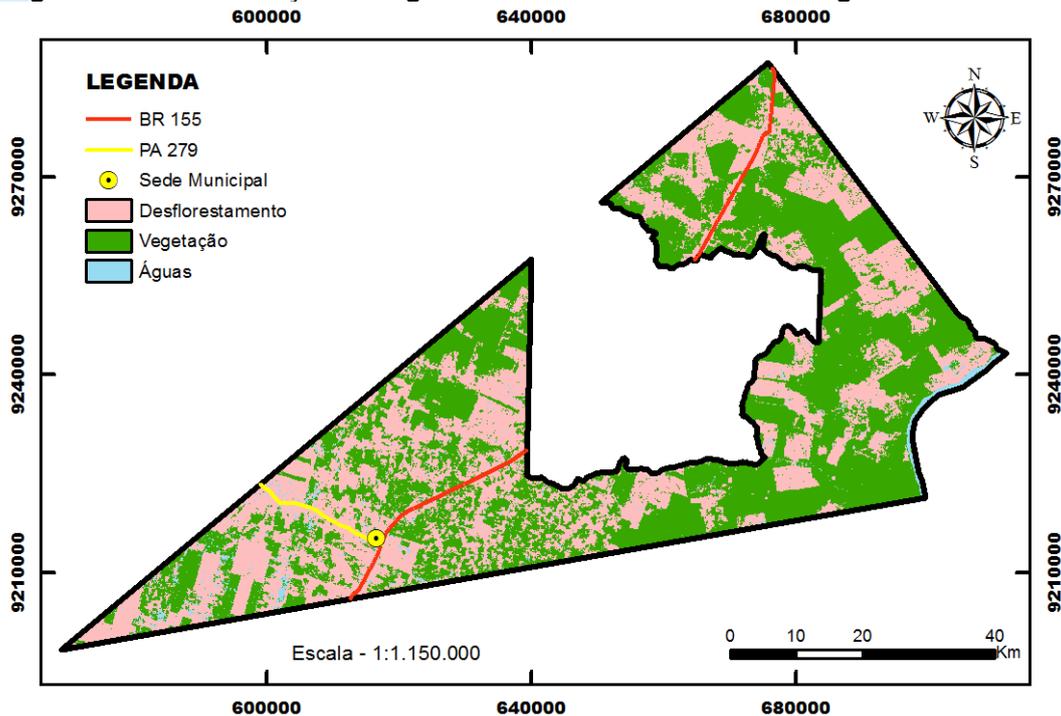
compreende a 43,79% do território Xinguarense. Em comparação com o período de 1985, notou-se que houve um acréscimo de 566,10 Km² (Figura 03).

Figura 02: Caracterização cartográfica de área desflorestada – Xinguara-Pará – 1985



Fonte: Autores, 2015.

Figura 03: Caracterização cartográfica do desflorestamento – Xinguara-Pará – 1990



Fonte: Autores, 2015.

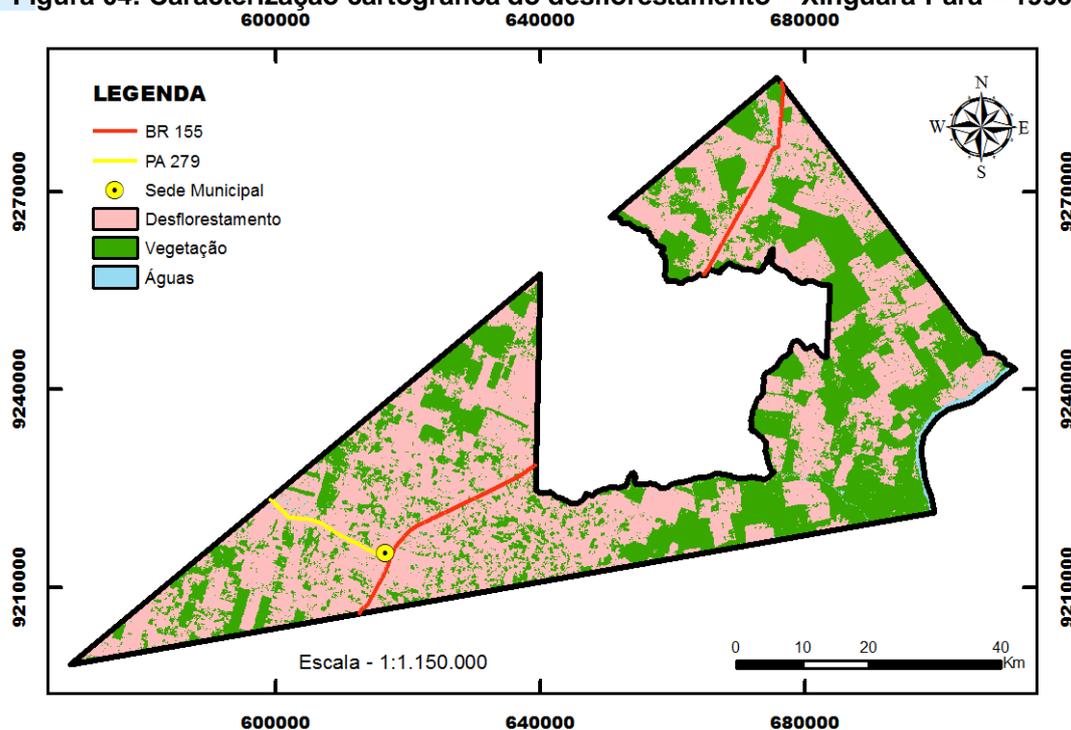
Percebeu-se que o desflorestamento se concentrou em torno da sede municipal de Xinguara, porém, de maneira fragmentada. Também houve um acréscimo de áreas desflorestadas na região leste, que compreendia a zona rural do município, mas algumas regiões permaneceram intactas, como na extremidade sudeste. Esses resultados justificam-se pelo processo de consolidação da economia Xinguarenses naquele período, pois, de acordo com IBGE (2014), menos de 10 anos após sua emancipação político-administrativa, foram instaladas indústrias e pequenos centros agropecuários no município. Todavia, pesquisa realizada por Fearnside (2005), concluiu que houve redução no

desflorestamento na Amazônia no período de 1990, o que contrapõe os resultados obtidos no presente estudo, pois nesse mesmo ano, o desflorestamento em Xinguara sofreu um acréscimo de quase 35%, o que demonstra que o município não acompanhou o cenário de retrocesso econômico do país.

5.2.3 Análise para 1995

Os resultados revelaram que, para o ano de 1995, a área desflorestada correspondeu a 2.228,31 Km², ou seja, 58,6% da área do município, o que resultou em um acréscimo de 573,62 Km² em relação ao ano de 1990 (Figura 04).

Figura 04: Caracterização cartográfica do desflorestamento – Xinguara-Pará – 1995



Fonte: Autores, 2015.

A partir da fotoanálise, percebeu-se que o desflorestamento se intensificou na região leste, principalmente na borda superior, acompanhando o trajeto da BR-155. Desta feita, o desflorestamento não ocorreu de maneira uniforme, mas em todas as direções do território municipal. Os estudos efetuados por Fearnside (2005) reforçam a justificativa de que esse

aumento significativo do desflorestamento aconteceu devido à situação econômica do Brasil, a partir da implantação do “Plano Real” que barateou o custo das terras, além de proporcionar crédito agrícola e disponibilidade de capital para investimento. Tal justificativa é fortemente pautada nos dados do censo agropecuário

de 1995 (Tabela 03), segundo apontam dados do IBGE (2006).

Os dados mostraram que Xinguara possuía o segundo maior efetivo bovino da microrregião de Redenção e permitiram apontar os efeitos nocivos da pecuária para a floresta, já que é necessário 1 ha para se criar duas cabeças de gado bovino. Com isso, por meio de uma regra de três simples, inferiu-se que somente a criação de 304.639 cabeças em Xinguara no ano

de 2005, proporcionou a derrubada de 152.319,5 ha ou 1523,195 Km² de floresta.

5.2.4 Análise para 2000

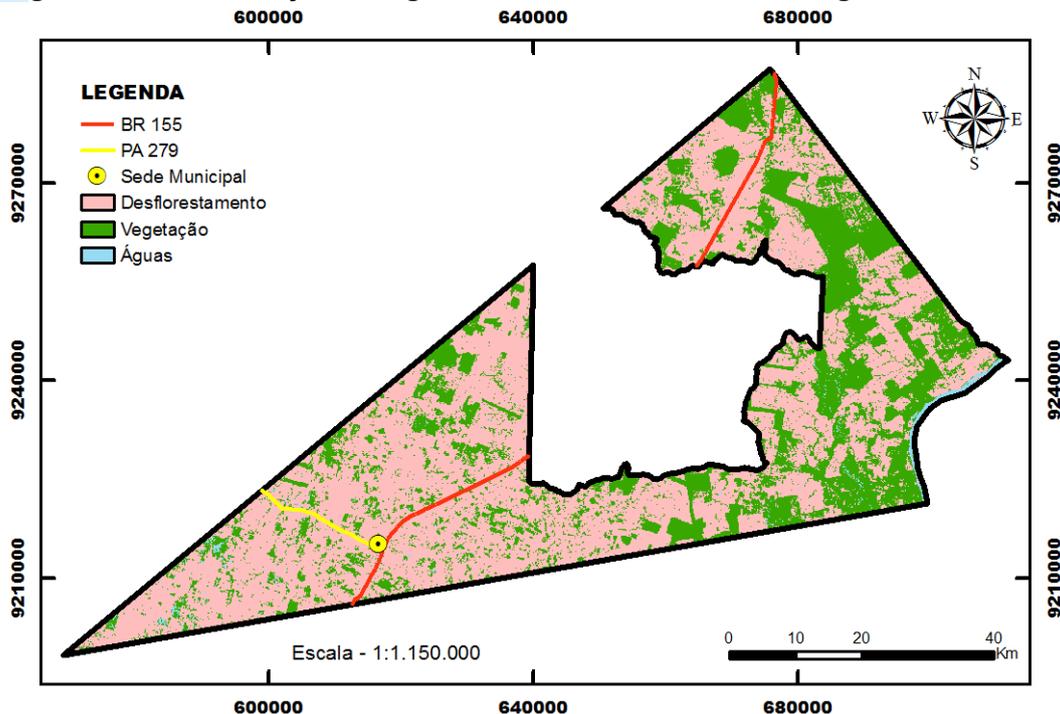
Os resultados obtidos mostraram que, no ano 2000, a área desflorestada correspondeu a 2.525,66 Km², ou seja, 66,83% da área do município, o que representou um aumento de 297,35 Km² de biomassa vegetal derrubada (Figura 05).

Tabela 03: Efetivo bovino na microrregião de Redenção-Pará – 1995

Município	Efetivo bovino em 1995 (Cabeças)
Redenção	1.145.754
Xinguara	304.639
São Geraldo do Araguaia	300.630
Rio Maria	173.493
Pau D'Arco	68.652

Fonte: Adaptada a partir do original contido em IBGE, 2006.

Figura 05: Caracterização cartográfica do desflorestamento – Xinguara-Pará – 2000



Fonte: Autores, 2015.

Observou-se que a região oeste do município de Xinguara estava quase toda desflorestada e possuía apenas alguns fragmentos de floresta localizados em pontos aleatórios do território municipal.

Somado a isso, foi nítido o avanço do desflorestamento na direção leste, que é aquela que mais se distancia da sede municipal. Isso é explicado pelo incremento do número de Projetos de Assentamentos

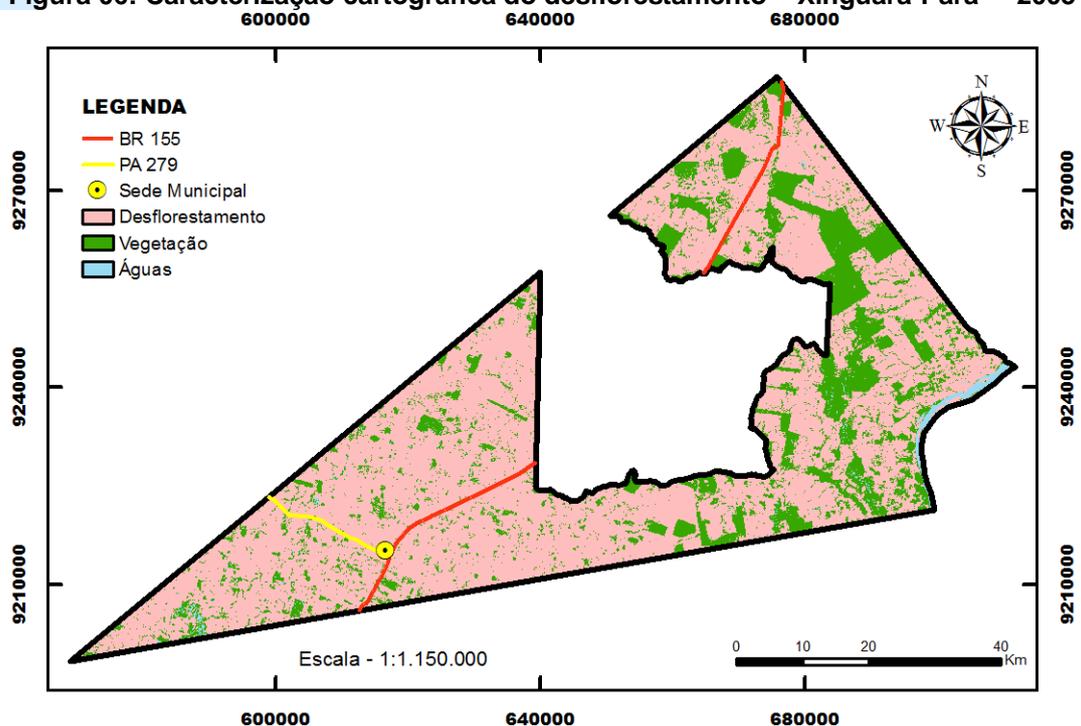
(PAs) que, até o ano 2000, totalizaram 14 no município, o que certamente atuou como um dos possíveis agentes do desflorestamento.

5.2.5 Análise para 2005

Os resultados revelaram que, para o ano de 2005, a área desflorestada total correspondeu a 2.934,25 Km², equivalente a 77,64% da área do município, o que totalizou um acréscimo de 408,58 Km² em relação ao ano de 2000 (Figura 06).

O aumento do desflorestamento apresentado pode ser justificado pelo crescimento das atividades agropecuárias e extrativistas. Nessa perspectiva, os dados de IBGE (2006) confirmam um crescimento da pecuária e da agricultura (mais especificamente da produção de arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, melancia, milho e tomate) e corroboram com a justificativa de que as mesmas são agentes do desflorestamento (Tabela 04).

Figura 06: Caracterização cartográfica do desflorestamento – Xinguara-Pará – 2005



Fonte: Autores, 2015.

Tabela 04: Culturas presentes na produção agrícola de Xinguara-Pará – 2005

Atividade	Quantidade produzida (Toneladas)	Área Plantada (Hectares)	Área colhida (Hectares)	Rendimento médio (Toneladas/Hectare)
Arroz	389	345	344	1,130
Cana-de-Açúcar	125	6	5	25
Feijão	32	66	65	0,492
Mandioca	1.500	100	100	15
Melancia	110	13	11	10
Milho	1.220	1.017	1.017	1,199
Tomate	990	22	22	45
TOTAL	4.381	1.579	1.574	99.304

Fonte: Adaptada de IBGE, 2006.

É evidente que as atividades agrícolas tiveram expressiva participação no desflorestamento em Xinguara no ano de 2005, haja vista que são atividades que demandam da derrubada da floresta para sua execução. Nesse contexto, destacam-se as produções de mandioca e milho. A primeira obteve o maior valor em relação à produção, todavia, requereu uma área de 100 ha, o que corresponde a 1Km². Já a segunda obteve 1.220 toneladas em sua produção, mas demandou 1.017 ha para plantação (10,17 Km²), o que representa valores expressivos, tendo em mente que

toda essa área foi desflorestada para implantação da cultura. Nesse contexto, somada à agricultura, a pecuária também aparece como grande responsável pelo elevado valor do desflorestamento em 2005, o que foi comprovado com o estudo efetuado por Homma *et al.* (2005), cujos resultados mostraram que, nos assentamentos existentes em Xinguara, predominava a criação de gado bovino para produção de leite como forma de mantimento às famílias assentadas (Tabela 05).

Tabela 05: Efetivo de rebanho em Xinguara-Pará – 2005

Animal	Quantidade (Cabeças)
Bovinos	490.613
Suínos	8.649
Equinos	4.819
Asininos	104
Muare	2.357
Bubalinos	857
Coelhos	338
Ovinos	1.746
Galinhas, frangas, frangos, pintos.	40.795
Codornas	191
Caprinos	241
Vacas ordenhadas	30.364
TOTAL	581.074

Fonte: Adaptada de IBGE, 2006.

Percebeu-se que a pecuária bovina teve a maior quantidade. Dessa forma, outra justificativa para o elevado valor da área desflorestada é a pecuária bovina, fornecendo carne para o mercado interno e externo. Com base nos estudos de Santos (2005), inferiu-se que a criação de 490.613 cabeças de gado bovino requereu uma área desflorestada de 2.453,06 Km², o que corresponde a 64,91% do território do município. Além disso, a criação de suínos

também merece destaque, não só pelo desflorestamento para funcionamento das atividades, por conta dos impactos ambientais provenientes dessa atividade, como devido à contaminação de lençóis freáticos pelos dejetos dos animais.

Outra atividade contribuinte do desflorestamento em Xinguara é a extração em todo o sudeste paraense, conforme apontam os dados fornecidos por IBGE (2006) (Tabela 06).

Tabela 06: Extração de madeira legal em Xinguara-Pará – 2005

Tipo de Madeira	Quantidade Produzida(m³)
Madeira - lenha	1.003
Madeira em tora	903
TOTAL	1906

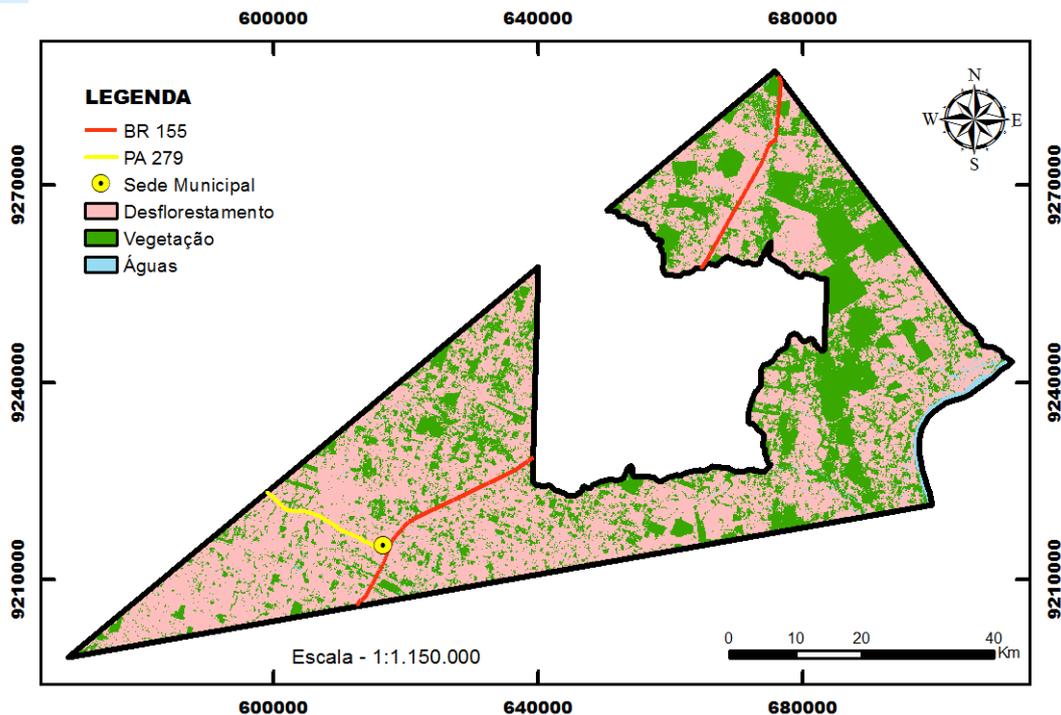
Fonte: Adaptada de IBGE, 2006.

Essa quantidade não foi tão expressiva no desflorestamento em comparação à pecuária e à agricultura. Todavia, segundo Homma *et al.* (2006), é importante frisar que esses valores podem ser muito maiores, por conta da extração de madeira realizada de maneira ilegal no município, principalmente para a produção de carvão visando alimentar os fornos das guseiras de Marabá que, à época, estavam no auge da produção.

5.2.6 Análise para 2010

Para o ano de 2010, a quantificação apontou que a área desflorestada em Xinguara correspondeu a 2.426,80 Km², totalizando 64,21% da área do município, o que significa uma redução na derrubada de biomassa vegetal em 507,44 Km² (Figura 07).

Figura 07: Caracterização cartográfica do desflorestamento – Xinguara-Pará – 2010



Fonte: Autores, 2015.

Percebeu-se que foi na região leste do município que mais houve redução, embora não tenha ocorrido a recuperação florestal, principalmente na região ao entorno da fronteira com o município de Sapucaia. Essa diminuição na área desflorestada pode ser justificada pelas operações do poder público contra os centros que atuavam na exploração ilegal de madeira. Tal repressão ao desmatamento por parte do Estado consistiu na chamada operação “Arco de fogo”, que uniu órgãos federais, estaduais e municipais, como Polícia Federal, IBAMA, dentre outros, para o combate ao desmatamento ilegal na floresta amazônica, mais especificamente

na região do “arco do desmatamento”, na qual Xinguara está inserida. Somado a isso, ressalta-se a criação e implantação do Plano Diretor Participativo e Sustentável de Xinguara, instituído em 10 de outubro de 2006 (Lei complementar 003/2006). Esse plano organizou de forma mais eficiente o parcelamento e uso do solo, como, por exemplo, a criação de sete microrregiões na zona rural, de forma a integrar os locais mais distantes da sede municipal. Além disso, o plano também deu atenção especial às atividades industriais e agropecuárias, as quais movimentam a economia do município.

6 CONCLUSÃO

O município de Xinguara passou por um processo de desflorestamento intenso entre os períodos de 1985 a 2005, e cresceu de forma contínua, a ponto de atingir 2.934,25 Km² de área desflorestada no município. Esses valores são frutos dos momentos de crescimento econômico do país, bem como os altos índices de extração madeireira, intensa atividade agrícola e pecuária, somados à inaplicabilidade da legislação ambiental, bem como dos incentivos fiscais concedidos pelo governo militar ainda na década de 1970.

Já para o ano de 2010, houve uma diminuição de 507,44 Km², resultado do maior rigor das leis ambientais municipais, associado às operações da União para o combate ao desflorestamento ilegal, bem como aplicação do zoneamento econômico ecológico, a partir do Plano Diretor Participativo Sustentável de Xinguara, em 2006.

De forma geral, é importante frisar a eficácia do sensoriamento na produção de informações que é de grande valia para as mais diversas aplicações que, indubitavelmente, contribuem, de maneira significativa, para a gestão ambiental em si, bem como para outras áreas correlatas.

7 REFERÊNCIAS

- BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BRASIL. **Caderno Regional da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. 2006. Ministério do Meio Ambiente. Programa de estruturação institucional para a consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos - BRA/OEA/01/002. Relatório final, Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao02032011035943.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2015.
- CABRAL, E.; GOMES, S. Gestão ambiental pública em municípios com forte correlação entre desmatamento e expansão da pecuária, da soja e da madeira. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 34, n. 1, p. 167-194, 2013.
- CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 2009.
- DUARTE J.R.S.D.; OLIVEIRA, E.A.Q.; RICCI, F. R. Caracterização e avaliação da micro região Redenção do estado do Pará. In: ENCONTRO LATINNO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2009, São Caetano do Sul. **Anais...** São Caetano do Sul: UNIVAP, 2009. p. 15-20.
- ESRI, Environmental Systems Research Institute. Inc. **ArcGIS Professional GIS for the desktop**. Versão 10.1. Software, 2012.
- EXELISVIS, Exelis Visual Information Solutions, Inc. **Envi**. Versão 5.0. Software, 2012.
- FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, Manaus, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.
- FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.
- FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Brasília (DF): Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB, 2005.
- GAO, J. **Digital analysis of remotely sensed imagery**. New York, USA: McGraw-Hill Professional Publishing, 2009. 439 p.
- GONÇALVES, R.M.; CORTES, J.B.R.; SCHMIDT, M.A.R.; SCHIMALSKI, M.B. Classificação hierárquica e *fuzzy* de imagens de alta resolução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos, SP: INPE. p. 547-554.
- HOMMA, A.K.O.; CARVALHO, R.A.; SAMPAIO, M.N.; SILVA, B.N.R.; SILVA, L. G.T.; OLIVEIRA, M.C.C. **A instabilidade dos projetos de assentamentos como indutora de desmatamentos no sudeste Paraense**. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental, 2005.
- _____; 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, p. 56-59, 2006.

IANONI, M. Políticas públicas e estado: o Plano Real. **Lua Nova**, São Paulo, n. 78, p.143-183, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de vegetação**. 2008. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/vegetacao/unidades_federacao/pa_vegetacao](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/vegetacao/unidades_federacao/pa_vegetacao)>. Acesso em: 14 ago. 2015.

_____. **MAPA de uso do solo**. 2011. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/uso_da_terra/unidades_federacao/pa_uso.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/uso_da_terra/unidades_federacao/pa_uso.pdf)>. Acesso em: 14 ago. 2015.

_____. **Histórico do Município de Xinguara-PA**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=150840>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

_____. **Censo Agropecuário**. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/agri_familiar_2006/default.shtm>. Acesso em: 15 set. 2015.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES digital**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodesdigital>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução Português. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LEITE, N.J. **Introdução ao processamento e análise de imagens**. Campinas: IC-UNICAMP, 2010. Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~afalcao/sensremoto/processamento.ppt>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W.; CHIPMAN, J.W. **Remote sensing and image interpretation**. 6 ed. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2008.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. São Paulo: UNIDERP, 2008.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento digital de imagens**. Brasília: UNB, 2012.

MONTEIRO, M.A. Em busca de carvão vegetal barato: o deslocamento de siderúrgicas para a Amazônia. **Novos Cadernos**, v. 9, n. 2, p. 55-97, 2006.

NOVO, E.M.L.M. (Ed.). **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2008.

PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipal: Xinguara, Pará**. 2014. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/pdf/estatisticaMunicipal/pdf/Xinguara.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

RODRIGUES, R.L.V. **Análise dos fatores determinantes do desflorestamento na Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2004.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

SANTOS, M.A.S. A agroindústria de carne bovina no Estado do Pará: uma análise a partir de modelos da economia industrial. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 54., 2005, Belém. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: Sober, 2005.

SILVA, H.; DINIZ, S.; FERREIRA, V. Circuitos da economia urbana e economia dos setores populares na fronteira amazônica: o cenário atual no sudeste do Pará. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Belo Horizonte, v.15, n. 2, p. 61-76, 2013.

SOARES FILHO, B.S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C.A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBRE, P.; SCHLESINGER, P.; MCGRATH, D. Cenários de desmatamento para Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.

VALERIANO, D.M.; ESCADA, M.I.S.; CÂMARA, G.; AMARAL, S.; MAURANO, L.E.; RENNÓ, C.D.; ALMEIDA, C.; MONTEIRO, A.M.V. Dimensões do desmatamento na Amazônia Brasileira. In: MARTINE, G. **População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma**

agenda brasileira. Campinas: ABEP, 2012. p.
223-238.