



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG  
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA

TESE DE DOUTORADO

WANJA JANAYNA DE MIRANDA LAMEIRA

**ANÁLISE E MODELAGEM DO DENDEZEIRO (*Elaeis guineenses* Jacq.) NO  
NORDESTE DO PARÁ E IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DE  
TERRITÓRIOS SUSTENTÁVEIS**

Belém  
2016

WANJA JANAYNA DE MIRANDA LAMEIRA

**ANÁLISE E MODELAGEM DO DENDEZEIRO (*Elaeis guineenses* Jacq.) NO  
NORDESTE DO PARÁ E IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DE  
TERRITÓRIOS SUSTENTÁVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), para a obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Ecossistemas amazônicos e dinâmicas socioambientais.

Orientadora: Dra. Ima Célia Guimarães Vieira  
Coorientador: Dr. Peter Mann de Toledo

Belém-Pará  
2016

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Sistema de Biblioteca da UFPA

---

Lameira, Wanja Janayna de Miranda, 1978-  
Análise e modelagem do dendezeiro (elaeis guineenses  
Jacq.) no nordeste do Pará e implicações para o  
planejamento de territórios sustentáveis / Wanja Janayna  
de Miranda Lameira. - 2016.

Orientadora: Ima Célia Guimarães Vieira;  
Coorientador: Peter Mann de Toledo.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do  
Pará, Instituto de Geociências, Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém,  
2016.

1. Dendê – Cultivo – Amazônia. 2.  
Sustentabilidade – Amazônia. 3. Engenharia  
Geotécnica – Amazônia. I. Título.

CDD 22. ed. 633.851109811

---

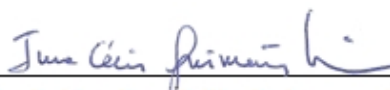
WANJA JANAYNA DE MIRANDA LAMEIRA

**ANÁLISE E MODELAGEM DO DENDEZEIRO (*Elaeis guineenses* Jacq.) NO NORDESTE DO PARÁ E IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DE TERRITÓRIOS SUSTENTÁVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), para a obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 29/01/2016.

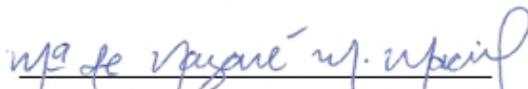
**Banca Examinadora:**



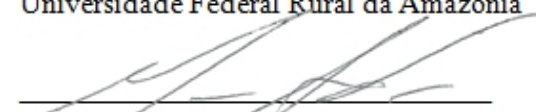
Prof<sup>a</sup>. Dra. Ima Célia Guimarães Vieira (Orientadora)  
Doutora em Ecologia  
Museu Paraense Emílio Goeldi



Prof. Dr. Marcello Martinelli  
Doutor em Geografia e Livre-docente em Cartografia Temática  
Universidade de São Paulo



Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria de Nazaré Martins Maciel  
Doutora em Engenharia Florestal  
Universidade Federal Rural da Amazônia



Prof. Dr. Marcos Adami  
Doutor em Sensoriamento Remoto  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

... O intelectual é sempre capaz de ser surpreendente, de dizer e fazer o que dele não se espera no momento “x”, de mudar de opinião, de vencer as inércias ou as pressões e de exprimir-se na única língua própria de um intelectual, que é a língua da verdade.

... O intelectual é o homem que tem o gosto ao risco, sem o qual não há descoberta. O intelectual é aquele que se dispõe a se indispor com os que o ouvem para trazer a verdade em que acredita naquele momento, que tem a coragem de ir descobrindo que essa verdade não é mais voltar atrás, isto é, dar um passo à frente trazendo a nova verdade.

Milton Santos, 2011b

À minha querida e amada avó, Maria Francisca Lameira,  
*In memoriam!*

A Eduardo Anselmo,  
Nossas histórias... o som, o riso, a parceria nesta caminhada!

## AGRADECIMENTOS

À Dra. Ima Vieira, orientadora e amiga, que, desde o PIBIC (1998), muito me ensina! Conhecimentos preciosos de como caminhar pela ciência e trabalhar com comprometimento e dedicação em prol da região amazônica. Ao Dr. Peter Mann de Toledo pelas conversas esclarecedoras que me fazem perguntar se “a sustentabilidade é o *Lost Horizon* das sociedades contemporâneas?”

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado de 2012 a 2015. Ao projeto INCT Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (processo CNPq n. 574008/2008-0) o apoio na realização dos trabalhos de campo, treinamentos e cursos de capacitação para a realização da tese.

Ao Dr. Marcello Martinelli (Universidade de São Paulo - USP), à Dra. Cristina Rodriguez (Universidade de São Paulo - USP) e à Dra. Idemê Gomes Amaral (Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG) pelas cartas de recomendação.

Aos docentes do PPGCA, Dr. Mário Jardim e à Dra. Lourdes Ruivo; ao Dr. Everaldo Souza, Dr. Gilberto Rocha, Dra. Regina Oliveira, Dra. Nazaré Maciel, Dr. Marcos Adami, Dra. Aline Meiguins e ao Dr. Edson Rocha, pelas contribuições sugeridas à tese. Às secretárias Gladys, Luciana e Elisane, pelas orientações burocráticas, e aos amigos de curso Arlete, Dennis, Helena, Eliane, Priscila e Paulo.

Ao “GT Indicadores/MPEG”. Andreza Cardoso, Francinelli Vale, Marly Mattos; Amanda Ferreira, Veríssimo César, Fabiana Pereira, Patrick Quintela, Madson Freitas, Martinho Machaieie.

Ao Museu Emílio Goeldi, em especial à querida amiga Dra. Arlete Silva de Almeida e ao Me. Jorge Gavina pelo suporte computacional e conversas esclarecedoras para o desenvolvimento da tese. Às secretárias Joseane Barbosa, Regina Noronha e Monique Bonifácio. Aos motoristas Sr. Marinho e o Sr. Nonato. Ao saudoso grupo de trabalho: Danusa, Márcia, João Junior, Andreia, Karen, Leila, Ulisses, Fabrícia e Leonam.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, em especial à Dra. Ana Paula Aguiar, Eloi Dalla-Nora, Talita Assis e Diego pelos ensinamentos e apoio para desenvolver o modelo de mudança de uso da terra. Às queridas amigas Graziela Rodrigues, Iane Brito e Fernanda Arguello.

Às secretarias municipais de Tomé-Açu, Mocajuba, Tailândia, Acará, Igarapé-Açu e a todas as demais pessoas que contribuíram nas expedições de campo.

Ao amigo e “pai-torto”, Prof. Claudionor Wanzeller pela revisão dos manuscritos da tese. À Alice Lameira Wanzeller (mãe em tempo integral), à Vânia, Jeferson e Sarah (irmã e sobrinhos), à Raimunda Costa Ataíde (mãe de coração), o apoio incondicional.

Aos queridos amigos Ricardo do Valle, Arnaldo Rodrigues, Evandro, Junior, o incentivo e a confiança.

E a todos demais colegas de trabalho, amigos e familiares que participaram de alguma forma para a elaboração desta tese... **OBRIGADA!**



## RESUMO

A política nacional dos biocombustíveis se propõe a mitigar os processos de mudanças climáticas mediante a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, usufruir do mercado de Carbono, reduzir o desmatamento e promover a inclusão social, principalmente na área rural. Na Amazônia esta mobilização é pela palma de óleo (dendezeiro) por apresentar as melhores condições edafoclimáticas para esta cultura e dispor de uma grande quantidade de áreas consideradas “degradadas”, prioritárias para a implantação desta atividade. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar as condições de desenvolvimento do polo do dendezeiro no Pará, mediante o uso de indicadores de sustentabilidade, o apoio do Geoprocessamento e a formulação de modelos de mudanças de uso da terra, com vistas a auxiliar no planejamento de territórios sustentáveis. Trata-se de uma pesquisa interdisciplinar que utilizou metodologias complementares para abordar as dimensões ambientais e sociais da sustentabilidade do território. Os resultados mostram que: (i) há diferenças nos índices de desenvolvimento nos municípios de Acará, Cametá, Concórdia do Pará, Igarapé-Açu, Moju, Tailândia e Tomé-Açu, no polo do dendê do Estado do Pará, os quais, sem possuir dinamismo suficiente, permanecem na condição de cidades locais; (ii) houve, de 2008 a 2013, um aumento de aproximadamente 82% (de 80.272 ha para 146.611 ha) das áreas de dendezeiros, sendo a localização preferencial destes monocultivos às imediações da região metropolitana de Belém e nos municípios de Moju, Tailândia, Acará e Tomé-Açu; (iii) os trinta e sete municípios do polo do dendê apresentam condições de desenvolvimento entre o regular e o estágio crítico e que, nesta etapa do programa do biodiesel, mais de 60% das empresas ligadas a dendeicultura foram implantadas em áreas com boas condições socioeconômicas, parecendo uma contradição já que uma das metas do programa é reduzir as desigualdades no meio rural (capitalizar a agricultura familiar); (iv) haverá um aumento de cerca de 2.110 km<sup>2</sup> de dendezeiros em 2025, não chegando a preocupar posto que não representa 5% do polo do dendê, mas a questão a ser levantada é onde ocorrerão as mudanças e em que condições. Esse conjunto de resultados é útil para o planejamento territorial a partir de um amplo debate sobre o desenvolvimento sustentável em todos os aspectos (social, econômico e ambiental). Territórios Sustentáveis para a dendeicultura pressupõem um conjunto de ações gerenciadas de forma integrada, capazes de favorecer a expansão de tais cultivos na região, sem comprometer a conservação da biodiversidade, os processos ecológicos e a melhoria nas

condições socioeconômicas. Para que a expansão da palma de óleo seja conduzida para um cenário de sustentabilidade, deve ser criado um ambiente institucional favorável à melhor governança, possibilitando identificar as fragilidades e potencialidades de cada região como estratégia para solucionar os descompassos do desenvolvimento existentes no polo do dendê. Pelo observado até o momento, parece que ainda é necessário percorrer um longo caminho para que a expansão sustentável do dendezeiro ocorra no Estado do Pará.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Dendeicultura. Geotecnologia. Modelagem. Amazônia.

## ABSTRACT

The national policy of biofuels to propose mitigate climate change by reducing CO<sub>2</sub> emissions, make use of the carbon market, reduce deforestation and promote social inclusion, especially in rural areas. In Amazon area this mobilization for palm oil (dendezeiro) is justified by presenting the best soil and climate conditions for this crop and have a huge amount of areas considered "degraded" which are priority for expansion of this crop. The objective of this study was to analyze the conditions of development of the palm oil area ("polo do dendezeiro") in Pará state, through the use of sustainability indicators, the support of GIS tools and the formulation of models of land use change, in order to assist in planning sustainable territories. It is an interdisciplinary research that used complementary methodologies to address the environmental and social dimensions of sustainability of the territory. The results show that: (i) there are differences in levels of development of the municipalities of Acará, Cametá, Concórdia do Pará, Igarapé-Açu, Moju Tailândia and Tomé-Açu in the "polo do dendê". Those municipalities without having sufficient conditions to promote their development, still remain as local and isolated towns; (ii) there was, from 2008 to 2013, an increase of approximately 80,272 ha to 146,611 ha (respectively) in the areas of oil palm, being the preferred location of these monocultures to the metropolitan area of Belém and in Moju Tailândia, Acará and Tomé –Açu municipalities; (iii) the most of thirty-seven municipalities in the "polo do dendê" have development conditions between regular and critical levels that are related to low economic diversification and social and environmental grievances accumulated with the development proposals that disregarded the particular region; (iv) there will be an increase of about 2.110km<sup>2</sup> oil palm in 2025 if it continues this trend of expansion, not getting worried since it does not represent 5% polo palm oil, but the question to be raised is where occur the changes and under what conditions. This results is useful for territorial planning from a broad debate on sustainable development in all aspects (social, economic and environmental). Territories for palm oil involves a set of actions managed in an integrated approach, able to promote the development of such crop in the region, without compromising conservation of biodiversity efforts, maintaining the ecological processes and improving the socioeconomic conditions. It seems that it is still necessary to go a long way for the sustainable expansion of oil palm occurs in the state of Pará.

Keywords: Amazon. Sustainability. Palm Oil. GIS. Modeling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 Limite territorial do polo do dendê, Pará .....	21
Figura 1.2 Estrutura geral da tese .....	28
Figura 2.1 Linha do tempo das políticas voltadas para a bioenergia na Amazônia.	33
Figura 2.2 Área com dendezeiro em Tomé-Açu, Pará (1990 – 2013) .....	34
Figura 2.3 Linha do tempo da instalação das empresas de dendezeiro no Pará .....	35
Figura 2.4 Área de estudo em relação ao Polo do Dendê, Estado do Pará .....	38
Quadro 2.1 Dimensão social: Temas, indicadores, fontes e parâmetros para a construção da escala de desempenho do BS para o Polo do Dendê, no Pará .....	39
Quadro 2.2 Dimensão ambiental: Temas, indicadores, fontes e parâmetros para a construção da escala de desempenho do BS para o Polo do Dendê, no Pará .....	41
Figura 2.5 Ajuste da EL (municipal) para a EB do indicador crescimento populacional do município de Acará, Estado do Pará .....	42
Figura 2.6 Radar da dimensão social para os municípios do Polo do Dendê, no Pará .....	43
Figura 2.7 Radar da dimensão ambiental para os municípios do Polo do Dendê, no Pará .....	44
Figura 2.8 Índices de sustentabilidade dos seis municípios do Polo do Dendê, no Pará.....	45
Figura 3.1 Localização da área de estudo no nordeste do estado do Pará .....	49
Figura 3.2 Plantios de dendezeiros em 2008, Estado do Pará .....	53
Figura 3.3 Plantios de dendezeiros em 2013, Estado do Pará .....	54
Figura 3.4 Plantios de dendezeiros em 2008 e 2013, Estado do Pará .....	55
Figura 4.1 Área de estudo: polo de produção de palma de óleo, Pará .....	61
Figura 4.2 Etapas da pesquisa .....	62
Quadro 4.1 Relação dos indicadores sociais e ambientais .....	66
Figura 4.3 Graus de desempenho para quatro indicadores sociais no polo do dendê, Pará .....	68

Figura 4.4 Graus de desempenho para quatro indicadores ambientais no polo do dendê, Pará .....	69
Figura 4.5 Representação espacial dos índices de desenvolvimento do polo do dendê, Pará - 2016 .....	70
Figura 4.6 Análise dos setores censitários por município em relação aos índices de desempenho de sustentabilidade no polo do dendê, Pará .....	71
Figura 4.7 Graus de desempenho em relação aos plantios de dendezeiros - 2016 ..	72
Figura 5.1 Principais tipos de modelos .....	77
Figura 5.2 Polo do Dendê, Estado do Pará .....	81
Figura 5.3 Etapas da construção dos modelos de simulação na área de estudo .....	82
Figura 5.4 Ilustração simplificada do método multiresolução .....	89
Figura 5.5 Comparação entre os dados reais e a saída do modelo .....	91
Figura 5.6 Resultado de validação do modelo (13/03/2016) .....	92
Figura 5.7 Cenário futuro de expansão da dendeicultura no Pará em 2025 .....	93
Figura 6.1 Fatores determinantes e atores sociais da dendeicultura no Pará .....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Matriz de erro da classificação supervisionada de 2013 .....	52
Tabela 5.1 Reclassificação do TerraClass (2012) adotada neste trabalho .....	83
Tabela 5.2 Premissas do modelo exploratório da expansão da dendeicultura no Pará .....	84
Tabela 5.3 Áreas disponíveis no Estado do Pará por tipo de manejo .....	85
Tabela 5.4 Variáveis independentes utilizadas no banco de dados .....	87
Tabela 5.5 Parâmetros de alocação do modelo (2008 a 2013) .....	90
Tabela 5.6 Parâmetros de alocação do cenário (2014 a 2025) .....	93

## SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	17
1.1 Introdução geral .....	17
1.2 Referencial teórico metodológico .....	20
1.3 O problema da pesquisa .....	26
1.4 Objetivos .....	27
1.5 Estrutura da tese .....	27
<b>2 PANORAMA DA SUSTENTABILIDADE NA FRONTEIRA AGRÍCOLA DE BIOENERGIA NA AMAZÔNIA .....</b>	<b>30</b>
RESUMO .....	30
ABSTRACT .....	30
2.1 INTRODUÇÃO .....	31
2.2 POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS PARA A DENDEICULTURA DE ENERGIA NA AMAZÔNIA .....	32
2.3 OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E A REGIÃO AMAZÔNICA .....	35
2.4 METODOLOGIA .....	37
2.4.1 Área de estudo .....	37
2.4.2 Aplicação do Barômetro da Sustentabilidade .....	39
2.4.3 Escalas de desempenho .....	41
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
2.5.1 Panorâmica social .....	42
2.5.2 Panorâmica ambiental .....	43
2.5.3 Barômetro da sustentabilidade dos sete municípios .....	45
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
<b>3 EXPANSÃO DA DENDEICULTURA NO NORDESTE PARAENSE .....</b>	<b>47</b>
RESUMO .....	47
ABSTRACT .....	47
3.1 INTRODUÇÃO .....	48
3.2 METODOLOGIA .....	48
3.2.1 Área de estudo .....	48

3.2.2 Criação do banco de dados .....	50
3.2.3 Mapeamento das áreas com plantio de palma de óleo .....	50
3.2.4 Expedição de campo .....	51
3.2.5 Análise espacial .....	51
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
3.3.1 Acurácia dos dados .....	51
3.3.2 Expansão dos plantios de palma de óleo de 2008 a 2013 .....	52
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
<b>4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO DE TERRITÓRIOS SUSTENTÁVEIS .....</b>	<b>57</b>
RESUMO .....	57
ABSTRACT .....	57
4.1 INTRODUÇÃO .....	58
4.2 O TERRITÓRIO COMO DIMENSÃO DA SUSTENTABILIDADE .....	59
4.2.1 Territórios Sustentáveis (TS) .....	60
4.3 METODOLOGIA .....	60
4.3.1 Área de estudo .....	60
4.3.2 Procedimentos metodológicos .....	62
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
4.4.1 Desempenho dos indicadores sociais e ambientais .....	68
4.4.2 Análise espacial dos graus de desenvolvimento no polo do dendê, Pará .....	69
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
<b>5 CENÁRIO SUSTENTÁVEL SIMPLIFICADO DE EXPANSÃO DA DENDEICULTURA NO PARÁ: Fatores determinantes e atores sociais .....</b>	<b>74</b>
RESUMO .....	74
ABSTRACT .....	74
5.1 INTRODUÇÃO .....	75
5.2 OS MODELOS DE MUDANÇAS DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA ..	77
5.2.1 A plataforma LuccME .....	79
5.3 METODOLOGIA .....	80
5.3.1 Área de estudo .....	80



5.3.2 Procedimentos metodológicos .....	82
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	90
5.4.1 Análise estatística .....	90
5.4.2 Modelo de expansão da dendeicultura de 2008 a 2013 .....	90
5.4.3 Cenário futuro de expansão dos dendezeiros em 2025 .....	92
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	94
<b>6 CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>101</b>

# 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

## 1.1 Introdução geral

A região amazônica é considerada um cinturão de máxima diversidade biológica do planeta por sua grande área de cobertura vegetal, pela ordem de grandeza de sua principal rede hidrográfica e pelas sutis variações de seus ecossistemas (AB`SABER, 2003).

O processo de ocupação dessa região nos últimos quarenta anos, em geral, é resultado das ações do estado e da iniciativa privada (KOHLHEPP, 2002). As ações estatais podem ser percebidas com a criação de infraestrutura para integrá-la às demais regiões do país, dando suporte à criação dos projetos de assentamentos (colonização rural), bem como na redução de impostos para corporações, atraindo o setor privado. As ações da iniciativa privada estão ligadas aos fortes incentivos fiscais e à diminuição de taxas tributárias, tornando-se mais atrativa para o grande capital investir, principalmente na criação de gado e na indústria mineralógica.

Esse processo de ocupação foi implementado em bases predatórias, fazendo com que as políticas públicas não conseguissem alavancar significativamente no desenvolvimento sustentável. Trata-se de um modelo de desenvolvimento exógeno, que trouxe profundas alterações nas condições de vida da população e no meio ambiente (BECKER, 2010). Isso significa que, para analisar as propostas de desenvolvimento da Amazônia, é importante considerar as relações de poder do Espaço expressas nas políticas públicas criadas para a região.

As políticas públicas são pactos territoriais criados por decisões políticas que orientam ações no espaço. Santos (2008) distingue dois tipos de pactos territoriais: o funcional e o estrutural. Pactos funcionais são criados para atender apenas a uma parcela da população e a interesses localizados, não abrangendo o âmago das relações sociais fundamentais, ou seja, contemplam apenas um aspecto da realidade. Os pactos estruturais, por sua vez, são um conjunto de propostas visando ao uso racional do território e abrangendo diferentes aspectos da realidade (totalidade).

Os pactos territoriais implantados até o momento na Amazônia, em geral, são funcionais. Acredita-se que, recentemente, está em curso na região um pacto territorial estrutural, com a política nacional dos biocombustíveis, configurando-se como uma estratégia governamental para enfrentar a crise energética mundial e atender aos acordos

internacionais assumidos junto ao Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas (INC/FCCC) na década de 1990, que mais tarde culminou na criação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC) (ANDRADE; COSTA, 2008).

Essa política prevê a utilização de produtos agrícolas, tais como o etanol (sul e sudeste), o óleo de soja (centro-oeste e sul), o óleo de algodão (Nordeste) e o dendzeiro (Amazônia, em especial o Estado do Pará) como bases para a consolidação da matriz energética nacional.

A mobilização pelo dendzeiro para o biodiesel na Amazônia teve início com a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) no final de 2004 e do Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma (PPSOP) em 2010. O principal objetivo do programa de palma de óleo na Amazônia é reduzir o desmatamento e promover a inclusão social, principalmente no campo (BRASIL, 2010).

Dos estados da Amazônia, o Pará, o Amapá e o Amazonas são os que possuem as melhores condições edafoclimáticas (biofísicas) para o dendzeiro. Destes, o Pará é o maior produtor de palma de óleo do Brasil (ALVES, et al., 2014), sendo que a maior parte desta produção é direcionada para as indústrias alimentícias e de cosméticos (DURÃES, 2011). Isto significa que a cadeia do biodiesel ainda não está totalmente implantada no Estado do Pará, mas há a perspectiva de que a dendzeicultura avance na região nos próximos anos (LAMEIRA et al., 2015a).

Historicamente, o segmento agroindustrial da dendzeicultura no Pará teve início com o “Projeto Dendê” em 1969, em Santa Bárbara, na rodovia PA-391. Em 1974, este projeto saiu do controle da SUDAM e passou a constituir o consórcio HVA International (Holanda), *Cotia Trading* e a Dendê do Pará Ltda. (DENPAL), transformando-se mais tarde em Dendê do Pará S.A. - DENPASA (HOMMA et al., 2000).

Nas décadas de 1980 e 1990, esse segmento econômico se consolida nos municípios de Santa Bárbara e Moju, no Pará, sendo considerado prioritário para o desenvolvimento econômico regional (HOMMA; VIEIRA, 2012). Com o crescimento do mercado de alimentos e o lançamento dos programas brasileiros de Agroenergia e Biodiesel em 2004 e 2010, instala-se um novo ciclo econômico no setor agrícola do Pará denominado de “fronteira agrícola da bioenergia” (NAHUM; SANTOS, 2014).

Outras ações também foram instituídas para apoiar o programa do biodiesel na Amazônia, como o Zoneamento Agroecológico da cultura da palma de óleo pelo Decreto nº 7.172/2010 (BRASIL, 2010), a abertura de linhas de crédito (Pronaf Eco-Dendê), a regularização fundiária (Programa Terra Legal), a integração da agricultura familiar e a participação de grandes empresas de produção de biodiesel (MDA, 2011).

Decorridos cerca de dez anos desde a criação dessa política na região, estudos têm evidenciado alguns riscos da expansão desses cultivos, tais como o uso de remanescentes florestais (LEES et al., 2015), a contaminação dos rios e do solo por agrotóxicos (BRANDÃO; SCHONEVELF, 2015), a desapropriação das populações tradicionais (NANHUM; SANTOS 2015), a legitimação do uso da terra pelo setor agroindustrial do óleo de palma (*green grabbing*) (BACKHOUSE, 2013), a insegurança alimentar e o empobrecimento da biodiversidade (ALMEIDA, 2015).

Quando se consideram as três dimensões do desenvolvimento (econômica, social e ambiental), observa-se que há interesses conflitantes na expansão da dendeicultura na região, permitindo afirmar que tal política seja na verdade um pacto territorial funcional, isto é, um novo processo de expropriação de terras para o capital, já que toda a extensão de terra considerada “degradada” é apresentada como disponível, desconsiderando as territorialidades das comunidades e dos povos tradicionais (ALMEIDA 2010, p. 136).

Refletir as territorialidades dos diferentes atores sociais que interagem no território do dendê (NAHUM; SANTOS, 2015a) à luz da ciência e divulgá-las para que sejam contempladas nas políticas públicas é basilar para o desenvolvimento sustentável no Pará. Assim, o objetivo geral deste estudo foi avaliar, por meio de indicadores de desenvolvimento, de técnicas de geoprocessamento e de modelagem do uso da terra, as implicações da dendeicultura no território paraense. Trata-se de uma pesquisa interdisciplinar que traz como inovação a abordagem de “territórios sustentáveis” (método organizacional capaz de sistematizar um conjunto de informações em diferentes níveis espaciais de análise). Acredita-se que identificar as diferenças intramunicipais no polo do dendê, Pará, pode contribuir na superação dos gargalos do desenvolvimento territorial, culminando em ações prioritárias de gestão e tomadas de decisão mais apropriadas para cada território; criando, assim, os chamados “Territórios sustentáveis”.

Estudos interdisciplinares pressupõem a interrelação entre duas ou mais áreas da ciência para melhorar o conhecimento de um determinado problema, mediante a

reflexão, postura e objetividade científica, a fim de cobrir todos os pontos a serem abordados durante o processo de investigação (ALVES, 2014; VIEIRA, 2014; TOLEDO, 2014; KLEIN, 2005).

Neste contexto, aborda questões referentes à sustentabilidade, ao território, ao uso de indicadores de desenvolvimento, ao geoprocessamento e à modelagem da mudança de uso da terra, para avaliar as implicações do planejamento de “territórios sustentáveis” da dendeicultura na Amazônia.

## 1.2 Referencial teórico metodológico

Os principais procedimentos metodológicos adotados foram: a revisão bibliográfica; a criação de banco de dados para espacializar a dendeicultura na área de estudo; o tratamento estatístico para atribuir os índices de desenvolvimento; a modelagem da mudança e uso da terra para avaliar a expansão da dendeicultura nos próximos anos.

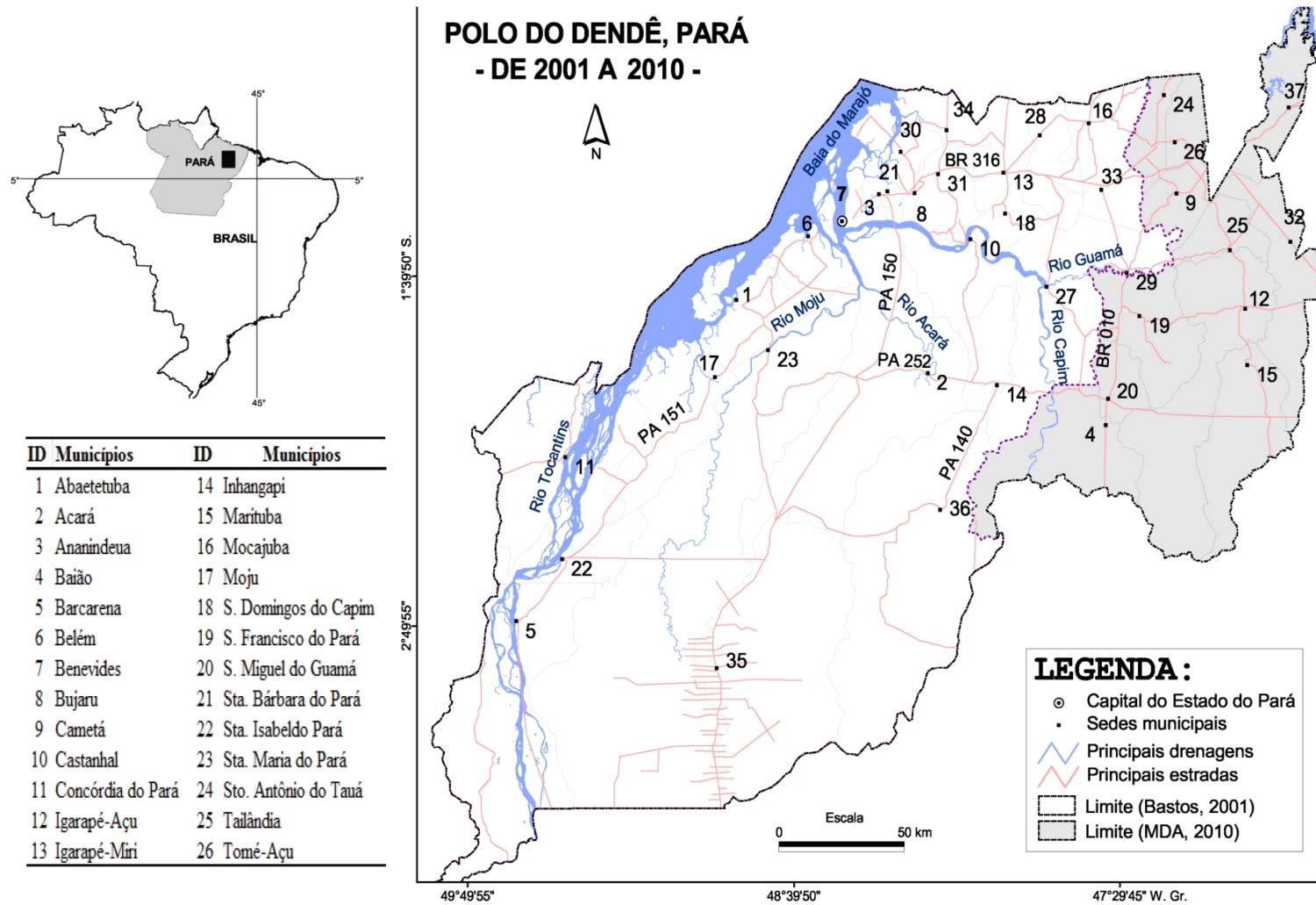
### *O polo do dendê, Pará*

Há duas delimitações do polo do dendê no Estado do Pará: uma de Bastos (2001) com aproximadamente 46.900 km<sup>2</sup>; e a outra do Zoneamento Agroecológico do Dendê para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal (ZAE – Dendê de 2010) com 59.600 km<sup>2</sup>.

A primeira foi definida com base no potencial climático para os dendezeiros; enquanto a segunda, além dessas condições biofísicas, considera também a disponibilidade de áreas já alteradas (degradadas), que podem ser reocupadas por dendezeiros e, portanto, capazes de sequestrar carbono (BRASIL, 2010).

Ambos os recortes foram empregados neste estudo para visualizar a expansão do território do dendê no âmbito da política do biodiesel no Estado do Pará. Possui uma extensão de aproximadamente 60.000 km<sup>2</sup> na região norte do Brasil (Figura 1.1). Está localizada entre os paralelos 0° 72' 20'' e 03° 19' 09'' Sul e os meridianos 47° 15' 00'' e 50° 03' 07'' a Oeste de Greenwich (IBGE, 2015a).

Figura 1.1. Limite territorial do polo do dendê, Pará.



As características ambientais são definidas pelo padrão climático, que está fortemente associado à atuação da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, às linhas de instabilidades provocadas pelas brisas marítimas e fluviais (De SOUZA; ROCHA, 2014). As temperaturas são elevadas, acima de 26,0°C, a precipitação média de 1983 a 2010 esteve em torno de 2.522,6 milímetros (MONTEIRO et al., 2009).

Os principais tributários que drenam a área de estudo são os rios Tocantins, Guamá, Moju, Capim e Acará. O relevo é regular, caracterizado pela presença de baixos platôs aplainados, terraços e várzeas com amplitude altimétrica que variam de 14 a 96 metros. A cobertura vegetal é formada pela floresta densa dos baixos platôs, a densa de platôs bastante alterada, favorecendo o surgimento das florestas secundárias ou capoeiras (IBGE, 2012), enquanto os solos dessa região são predominantemente formados por Latossolos Amarelo distrófico (LAd) de baixa fertilidade (EMBRAPA, 2009).

É considerada a região mais antiga de colonização dirigida no Estado do Pará, onde grande parte da cobertura vegetal primária já foi convertida em vegetação secundária, formando um mosaico de diferentes tipos de uso da terra (INPE, 2014), principalmente às margens das estradas BR 316 e BR 010; além das estradas estaduais PA 140, PA 150, PA 151 e PA 252 (IBGE, 2015a).

A população é formada principalmente por agricultores familiares, trabalhadores rurais e quilombolas, que usam a terra como núcleo estruturante das comunidades (NAHUM; MALCHER, 2012). Tal característica faz com que haja a predominância de duas trajetórias tecnológicas camponesas, conhecidas como T2 e T4 (COSTA, 2012). A primeira reúne um conjunto de segmentos camponeses que tendem a convergir para os sistemas agroflorestais com forte presença de extração de produtos não madeireiros; enquanto a segunda reúne um conjunto de segmentos de produção agrícola, em operação com estabelecimentos patronais, que convergem para a pecuária de corte, portanto marcada pelo uso extensivo do solo que tende a homogeneizar a paisagem com pastagens.

Nos últimos dez anos, a região tem vivenciado uma dinâmica sócio-espacial marcada pela expansão da dendeicultura apoiada em um conjunto de ações políticas estatais e empresariais que permitiram a formação do território da palma (NAHUM; SANTOS, 2015a). Em termos de sustentabilidade, o polo do dendê apresenta índice de desenvolvimento entre o intermediário e o potencialmente insustentável, devido às

precárias condições de infraestrutura, saúde, água potável, moradia e segurança pública (LAMEIRA et al., 2015a)

### *A sustentabilidade e os indicadores de desenvolvimento*

Becker (2010) define sustentabilidade como a sinergia entre o uso adequado do território, o equilíbrio ambiental, a eficácia econômica, além do uso de informações e tecnologia para evitar o desperdício e valorizar a diversidade cultural. Nas tentativas de mensuração da sustentabilidade na Amazônia, têm sido empregados os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - IDS (LAMEIRA et al., 2015a; CARDOSO et al., 2014).

O emprego dos IDS foram propostos na Rio-92 (Agenda 21) para avaliar e direcionar o desenvolvimento nos países, considerando as questões econômicas, ambientais e sociais em conjunto (MARCHAND; Le TOURNEAU, 2014). Ainda segundo esses autores, os sistemas mais conhecidos são: o Índice de Sustentabilidade Econômica e Bem-estar (*Index of Sustainable Economic Welfare- ISEW*), o Índice de Progresso Genuíno (*Genuine Progress Index - GPI*), o Índice de Sustentabilidade Ambiental (*Environmental Sustainability Index - ESI*), o Índice de Performance Ambiental (*Environmental Performance Index - EPI*), a Pegada Ecológica (*Ecological Footprint - EF*), o Índice de Felicidade do Planeta (*Happy Planet Index - HPI*), o Painel da Sustentabilidade (*Dashboard of Sustainability – DS*) e o Barômetro da Sustentabilidade (*Sustainability Barometer – SB*).

Estudos em escala regional foram propostos para avaliar o desenvolvimento da região amazônica (MARCHAND; Le TOURNEAU, 2014), como o Índice Agregado de Sustentabilidade da Amazônia - IASAM (RIBEIRO, 2002); o Sistema de Indicadores Socioambientais para Unidades de Conservação – SISUC (MARINELLI, 2011); o Programa Determinante do Desenvolvimento Sustentável na Amazônia Brasileira – DURAMAZ (DROULERS et al., 2011); e o Índice de Progresso Social da Amazônia (SANTOS et al., 2014).

Na escala local, no Estado do Pará, podem ser destacados os estudos de Lameira et al. (2015a) e de Cardoso et al. (2014). O primeiro faz um panorama da sustentabilidade no polo do dendê e o segundo avalia a estrutura institucional no município de Moju e os desafios à gestão ambiental. Ambos os estudos utilizaram o Barômetro da Sustentabilidade para discutir a dendeicultura no Estado do Pará.



O uso de um sistema de indicadores requer uma estruturação na coleta, processamento, análise de dados e utilização dos resultados. Medir o desempenho de desenvolvimento por indicadores de sustentabilidade é fundamental para apoiar o planejamento e permitir o diagnóstico da situação atual, pois representa um processo de acompanhamento de atividades, ações e tomada de decisões.

Essa condição de apoio a tomadas de decisões é construída com base no fornecimento de informações (ou métricas) dos indicadores, proporcionando evidências aos gestores. Como ainda não há uma metodologia padronizada capaz de medir a sustentabilidade, existe uma multiplicidade de sistemas de indicadores, elaborados tanto na escala global, quanto na regional e local.

Na avaliação da sustentabilidade na área de estudo, utilizou-se o Barômetro da Sustentabilidade (BS) proposto pelo *International Union for Conservation of Nature – IUCN* em 1993. Tal ferramenta resolve o problema da utilização de dados em diferentes formatos e escalas, permite a utilização de medidas mais apropriadas para cada um dos indicadores utilizados, cria nexos entre as escalas locais e globais e dá ao usuário a liberdade de escolher seu próprio sistema de indicadores (KRONEMBERGER et al., 2008).

Para uma boa avaliação da sustentabilidade com o BS, recomenda-se que, no mínimo, sejam trabalhadas de três a cinco variáveis para cada sistema (sociedade e natureza), que os dados sejam padronizados para a escala de desempenho do BS e que a definição do considerado sustentável seja amplamente discutida com a participação de diferentes áreas do conhecimento (MARCHAND; Le TOURNEAU, 2014).

#### *Modelagem da mudança do uso da terra*

Entende-se por Geoprocessamento a área do conhecimento que utiliza operações matemáticas e suporte computacional para tratar a informação geográfica (CÂMARA; MEDEIROS, 1999). Estes instrumentais são conhecidos também como Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e possibilitam o tratamento de dados geográficos e o armazenamento de geometrias e atributos desses dados, localizando-os na superfície terrestre (CÂMARA et al., 2005).

A arquitetura dos SIGs é projetada para integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes do meio biofísico, dados censitários, imagens de satélite, pontos registrados no *Global Positioning System* (GPS) (CÂMARA;

QUEIROZ, 1998), além de consultar, recuperar e visualizar as informações trabalhadas em um banco de dados geográficos (ELMASRI; NAVATHE, 2004).

A simplificação do real para um ambiente computacional, denominado de “modelagem de dados geográficos”, é uma atividade complexa, pois envolve a discretização do espaço por representações simplificadas da realidade (CARNEIRO, 2006). Essas representações são construídas por formulações matemáticas e estatísticas dos fenômenos socioambientais, permitindo o tratamento analítico de fenômenos que evoluem no tempo e no espaço (BRIASSOULIS, 2000).

Na Amazônia, os estudos de modelagem têm sido utilizados para avaliar as mudanças de uso da terra (BRONDIZIO, 2014), a urbanização (ZHANG; SETO, 2011); a ocorrência de queimadas (ZARIN, et al., 2005), os arranjos institucionais de áreas indígenas e de conservação (ROCHA, 2014) e as mudanças climáticas (De SOUZA; ROCHA, 2014). Em geral, os modelos ou cenários contam uma história que pode acontecer (AGUIAR et al., 2015). Não são previsões, mas uma tendência com recomendações, no caso de uma realidade construída por números se confirme (RASKIN, 2005). Nesta tese, para avaliar a expansão da dendeicultura no polo de produção do óleo de palma, foi utilizada a modelagem do uso da terra na plataforma LuccME (INPE, 2016b).

### *Territórios sustentáveis na Amazônia*

Territórios Sustentáveis (TS) são “um mosaico de usos da terra complementares gerenciados de forma integrada, que permitem conservar a biodiversidade e manter tanto a dinâmica dos processos ecológicos como a dinâmica socioeconômica de um determinado território” (VIEIRA et al. 2005, p. 160). Esta é a primeira tentativa de definição do termo. Outras experiências foram descritas por Gagnon (2012), que registrou diferentes propostas de “Futuros Territórios Sustentáveis”. Trata-se de uma série de experiências observadas em diferentes escalas de análise (zonas fronteiriças, áreas metropolitanas, bairros, entre outros). A principal mensagem desta obra já está no título: é um projeto para o futuro. Sendo assim, TS é uma concepção política, pois utiliza o recorte territorial para orientar o planejamento e a gestão, principalmente das ações públicas que têm a meta de auxiliar na tomada de decisão.

Na região amazônica, ações estratégicas têm sido elaboradas para melhorar a gestão territorial e evitar a perda da biodiversidade, como a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL, 2000) e a deliberação de estudos de Zoneamento Econômico e Ecológico - ZEE, como principal ferramenta de orientação das ações do Estado (BRASIL, 1981), entre outras.

Atitudes semelhantes podem ser observadas no âmbito do Estado do Pará, como o Programa Municípios Verdes (BRASIL, 2011), que tem conseguido melhorar o combate ao desmatamento em escala local, fortalecendo a produção rural e o ordenamento ambiental e fundiário; e a Instrução Normativa (IN) nº 8, de 28 de outubro de 2015, que passa a regular a supressão de áreas de florestas secundárias.

A dendeicultura no Estado do Pará reforça, no momento atual, essa busca de propostas de reorganização territorial sustentável, contudo pouco se tem discutido sobre os efeitos dessa política na vida dos principais grupos sociais (territorialidades) que coexistem no espaço.

Acredita-se que identificar as relações de poder, como os grupos sociais estão organizados e dão significado ao “lugar” direciona, mais eficazmente, as propostas de desenvolvimento (HAESBAERT, 2009; SACK, 1986). Isto requer uma abordagem interdisciplinar, pois tais estudos têm como meta a solução de problemas a partir da relação sociedade e natureza (TOLEDO, 2014).

### **1.3 O problema da pesquisa**

A discussão de Territórios Sustentáveis na Amazônia representa uma inovação metodológica que busca identificar no espaço as diferentes territorialidades para auxiliar na elaboração de políticas públicas a partir da ótica interdisciplinar. Trata-se de um método de análise a partir da relação sociedade e natureza, no qual, nesta pesquisa, recorreu-se ao uso de IDS, Geoprocessamento e modelagem da dinâmica do uso da terra. As questões abordadas são:

- Há diferenças nos índices de desenvolvimento dos municípios do polo de produção de óleo de palma?
- Há mudanças no padrão espacial dos cultivos de dendezeiros após a criação da política do biodiesel na área de estudo? Isto aproxima a região da sustentabilidade ou não?

- Quais os principais gargalos do desenvolvimento no polo do dendê? A identificação das diferenças intramunicipais pode auxiliar na tomada de decisão?
- Quais os principais fatores determinantes e os atores sociais que influenciam na expansão da dendeicultura no Pará?

#### 1.4 Objetivos

O objetivo geral desta tese é analisar a política do biodiesel no polo do dendê, Estado do Pará, com o uso de indicadores de desenvolvimento, o geoprocessamento e a simulação de cenário futuro de mudança de uso da terra, para avaliar as implicações de criação de territórios sustentáveis na Amazônia.

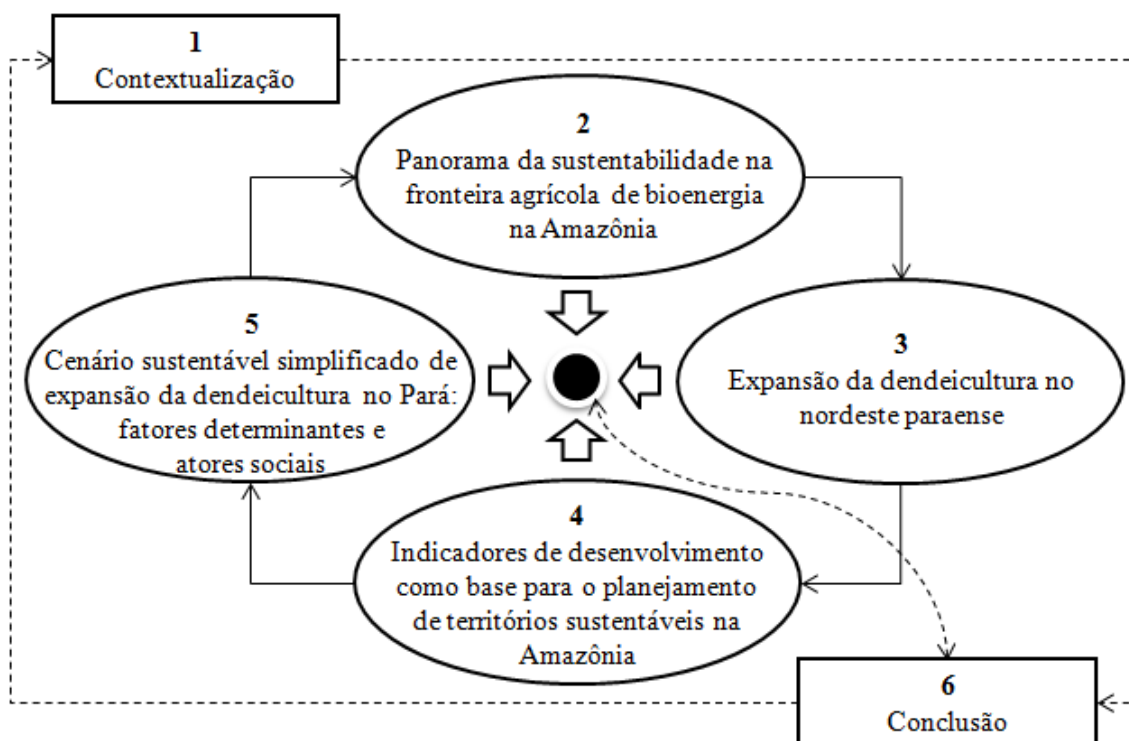
Os objetivos específicos são:

1. Fazer uma avaliação *ex ante* do nível de desenvolvimento em sete municípios no “polo do dendê”, Estado do Pará;
2. Avaliar a expansão da dendeicultura de 2008 a 2013 no nordeste paraense;
3. Identificar as desigualdades intramunicipais do “polo do dendê”: bases para o planejamento de territórios sustentáveis na Amazônia;
4. Simular um cenário futuro de expansão dos dendezeiros até 2025.

#### 1.5 Estrutura da tese

A tese está dividida em seis capítulos. O capítulo primeiro inicia com a contextualização da área de estudo, a seguir apresenta o referencial teórico-metodológico; aborda os problemas da pesquisa e a descrição dos objetivos. A figura 1.2 ilustra de forma simplificada como os capítulos estão relacionados com a meta ressaltar o caráter interdisciplinar da pesquisa.

**Figura 1.2.** Estrutura geral da tese.



Fonte: Organização do autor (2016).

O segundo capítulo apresenta um panorama dos índices de desenvolvimento em sete municípios paraenses do “polo do dendê”, utilizando como metodologia de análise o Barômetro da Sustentabilidade (BS). Tal capítulo refere-se ao artigo: “Panorama da Sustentabilidade na Fronteira Agrícola de Bioenergia na Amazônia”, publicado em junho de 2015 pela Revista Sustentabilidade em Debate – SED.

O terceiro capítulo apresenta uma análise temporal da expansão da palma de óleo no período de 2008 a 2013, utilizando técnicas de Geoprocessamento. Esta análise foi realizada no artigo “Análise da expansão do cultivo da palma de óleo no nordeste do Estado do Pará (2008 a 2013)”, publicado pela Revista Novos Cadernos do NAEA(Núcleo de Altos Estudos Amazônicos) 18, nº 2 de 2015.

O quarto capítulo traz a espacialização das diferenças intramunicipais em nível de setores censitários do 'pólo do dendê' no Pará, para avaliar os índices de desenvolvimento local. Neste estudo, alia-se o uso de indicadores de desenvolvimento ao barômetro da sustentabilidade para espacializar esses índices de desenvolvimento.

O quinto capítulo apresenta um cenário sustentável simplificado de expansão da dendeicultura no nordeste paraense até 2025 para discutir algumas implicações desta política na vida dos principais grupos sociais (territorialidades) que convivem neste mesmo espaço.

O sexto e último capítulo apresenta as conclusões, considerando as perguntas que a tese se propôs a responder. Esta integração dos capítulos reforça a reflexão sobre a importância dos atores sociais e suas dinâmicas na criação de “Territórios Sustentáveis” na Amazônia.

## 2 PANORAMA DA SUSTENTABILIDADE NA FRONTEIRA AGRÍCOLA DE BIOENERGIA NA AMAZÔNIA<sup>1</sup>.

### RESUMO

Esta pesquisa apresenta um panorama da sustentabilidade em sete municípios paraenses, que fazem parte do polo de produção do dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) na Amazônia oriental. Trata-se de uma área com aproximadamente 46.000 km<sup>2</sup> e diferentes padrões de usos da terra, considerada prioritária para a implantação da política nacional dos biocombustíveis por apresentar grandes extensões de terras em condições edafoclimáticas favoráveis. A pesquisa, utilizando o Barômetro da Sustentabilidade – BS faz uma avaliação *ex ante* do nível de desenvolvimento dos municípios, analisando dados quantitativos e qualitativos de diferentes fontes a partir de 2010. Foram empregados dezesseis indicadores para o bem-estar humano (social) e nove para o bem-estar ecológico (ambiental), ajustados à escala do Barômetro. Os resultados do BS mostraram que os municípios ocupam posições intermediárias e potencialmente insustentáveis, o que reflete a fragilidade socioeconômica e ambiental da região estudada.

**Palavras-chave:** Indicadores de Sustentabilidade. Palma de Óleo. Barômetro da Sustentabilidade. Amazônia.

### ABSTRACT

This study presents an overview of the sustainability levels in seven municipalities in the Brazilian state of Pará, that are included in the oil palm production zone (*Elaeis guineensis* Jacq.), in Eastern Amazon. The area, of approximately 46,000 km<sup>2</sup>, presents different patterns of land use, and is currently considered as a priority for the implementation of the Brazilian national policy of biofuels due to its favorable edafoclimatic conditions. The study is an *ex ante* evaluation of the sustainability levels of the municipalities in Pará using a Sustainability Barometer - SB. The authors used quantitative data from secondary sources dated from 2010 on, all adjusted to the conceptual framework of the SB. Sixteen indicators were used to measure human well-being (social indicators) and nine indicators for the ecological well-being (environmental indicators). Results showed that all the analysed municipalities occupy intermediate and potentially unsustainable positions in the SB scale, which reflects the socioeconomic and environmental fragility of the studied area.

**Keywords:** Sustainability Indicators. Oil Palm. Sustainability Barometer. Amazon.

---

<sup>1</sup>Artigo publicado na **Revista Sustentabilidade em Debate** - Brasília, v. 6, n. 2, p. 193-210, mai/ago 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/12696>.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A ocupação da Amazônia foi motivada por estratégias que podem ser percebidas no território no que se refere ao padrão econômico, às políticas públicas e à configuração espacial. O padrão econômico está relacionado, principalmente, com o incentivo às exportações. As políticas públicas, em geral, referem-se à ocupação territorial por projetos de colonização para garantir o controle do território e a configuração espacial reflete o uso do território com a criação de redes e conexões que assegurem o escoamento da produção (BECKER, 2013).

Essa organização territorial do espaço amazônico pode ser observada, por exemplo, com a criação do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB) em 2004 e do Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma (PPSOP) em 2010, que têm como meta mais ampla se adequar à crise energética e ambiental mundial, desencadeada pela limitação dos combustíveis fósseis (BERMANN, 2008).

A mobilização pelos dendezeiros na região tem promovido uma rápida expansão desses cultivos no Estado do Pará que, em 2013, possuía cerca de 54.475 ha ocupados por dendezeiros dos quais cerca de 95% estavam concentrados no denominado “polo do dendê” (LAMEIRA et al., 2015a). O termo “polo do dendê” foi definido por Bastos (2001) para se referir às áreas com grande potencial de produção, levando em consideração os riscos climáticos a essa cultura.

Uma forma de acompanhar tais mudanças é a partir do uso de indicadores de desenvolvimento, que têm o objetivo de mensurar, analisar, avaliar as transformações ocorridas no espaço, além de nortear as políticas públicas em bases mais sustentáveis (MARCHAND; LE TORNEAU, 2015). Esses instrumentais conseguem sintetizar os dados por tratamento matemático, associando-os a um índice de sustentabilidade (KRONENBERG et al., 2008).

A limitação desses sistemas de indicadores está geralmente relacionada à ausência de dados atualizados e disponíveis e à definição dos parâmetros e metas consideradas sustentáveis ou não (MALHEIROS et al., 2008). Por isto, recomenda-se que, nessa etapa da pesquisa, haja um amplo debate com pesquisadores de diferentes campos científicos e um forte amparo em referências bibliográficas atualizadas sobre o tema avaliado.

No presente trabalho, foi utilizada a estrutura do Barômetro da Sustentabilidade (BS) para traçar um panorama do desenvolvimento em sete municípios



paraenses do “polo do dendê”, Pará. Optou-se pelo Barômetro da Sustentabilidade, por ter esse instrumento de avaliação um ambiente operacional flexível e de fácil compreensão para os tomadores de decisão, bem como por sua capacidade de combinar um grande número de variáveis em duas dimensões: o Bem-Estar Ecológico (ambiental) e o Bem-Estar Humano (social), que podem ser representadas graficamente, facilitando a interpretação (MARCHAND; LE TORNEAU, 2014).

Convém esclarecer que, nesta etapa da dendeicultura, não foi possível captar os efeitos diretos da dendeicultura no desenvolvimento da região, devido à ausência de dados estatísticos mais utilizados. Em todo caso, diante dos dados levantados, é possível fazer um panorama *ex ante* do desenvolvimento em sete municípios do polo do dendê, Pará.

## **2.2 POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS PARA A DENDEICULTURA DE ENERGIA NA AMAZÔNIA**

A palma de óleo teve sua introdução no Brasil ainda no século XVI, na Bahia, trazida da África pelos escravos, sendo conhecida nacionalmente como dendê. Em 1947, a palma africana foi introduzida na região Amazônica, no Estado do Pará, e passou a ser cultivada nos moldes de uma agricultura tecnificada (HOMMA et al., 2014).

O marco institucional de implantação da dendeicultura na Amazônia foi o Decreto-lei nº 756 de 1969 e o Decreto-lei nº 1.376 de 1974, cujos objetivos eram, respectivamente, impulsionar o desenvolvimento econômico na região e criar um fundo de investimento (BRASIL, 1969). Tais leis favoreceram, entre outras coisas, empreendimentos econômicos implantados nos Estados da Amazônia Legal e financiados pelo Fundo de Investimento da Amazônia – FINAM, o qual era administrado pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM e pelo Banco da Amazônia – BASA (RABELO, COSTA 2012; CRUZ, ROCHA 2007).

A exigência prévia era que tais empreendimentos apresentassem uma documentação específica como projetos técnicos, econômicos e financeiros. Cumprida tal exigência, ficava assegurada a concessão de benefícios isençiais de imposto de renda, como incentivo à produção (BRASIL, 1974).

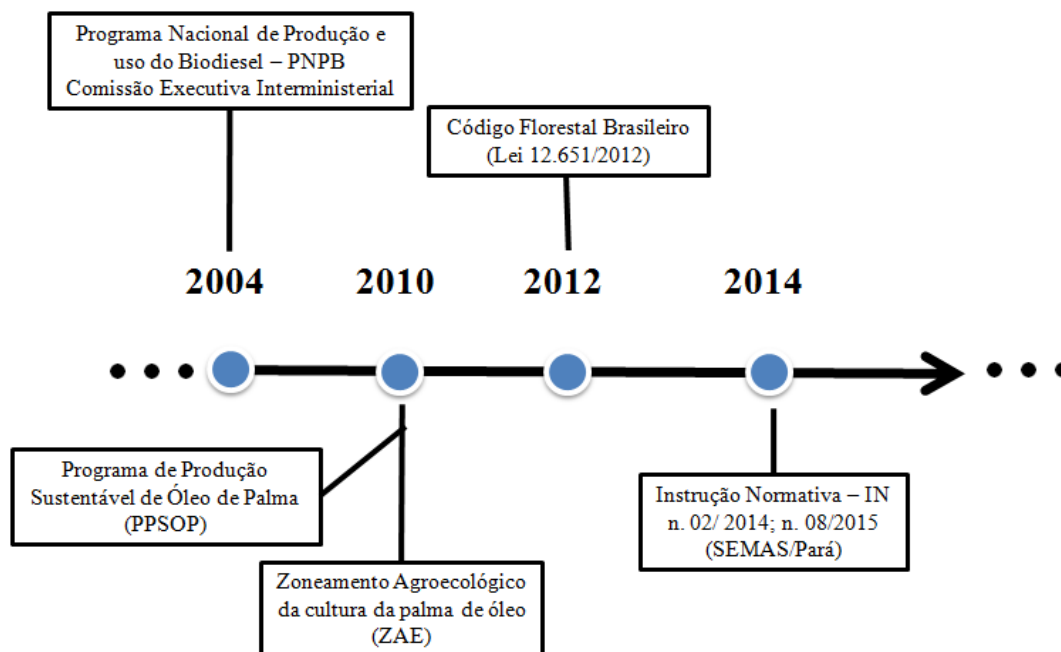
Esse arranjo político-institucional favoreceu o surgimento da primeira plantação comercial de dendezeiro no Estado do Pará, conhecida como “Projeto

Dendê”, instalado em 1969, nas imediações do município de Santa Bárbara, na rodovia PA-391 (HOMMA et al., 2000). Em 1974, esse projeto saiu do controle da Sudam e passou a constituir o consórcio HVA *International* (Holanda), Cotia *Trading* e a Dendê do Pará Ltda. (DENPAL), transformando-se mais tarde em Dendê do Pará S.A. – Denpasa (MÜLLER et al., 2006).

Da década de 1980 à de 1990, esse segmento agroindustrial se consolidou na região, passando a ser considerado um projeto prioritário para o desenvolvimento do Estado do Pará (HOMMA, 2010).

Com o crescimento dos mercados de alimentos e o lançamento dos programas brasileiros de Agroenergia e Biodiesel em 2004 e 2010 (Plano Nacional de Produção e uso do Biodiesel e o Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma, respectivamente) (Figura 2.1), instala-se mais um ciclo econômico no setor agrícola da Amazônia, denominado “fronteira agrícola da bioenergia” (NAHUM e SANTOS, 2014), o que vem transformando a região nordeste paraense (LAMEIRA et al., 2015a).

**Figura 2.1.** Linha do tempo das políticas voltadas para a bioenergia na Amazônia.



Fonte: Adaptado de Lameira et al., (2015a).

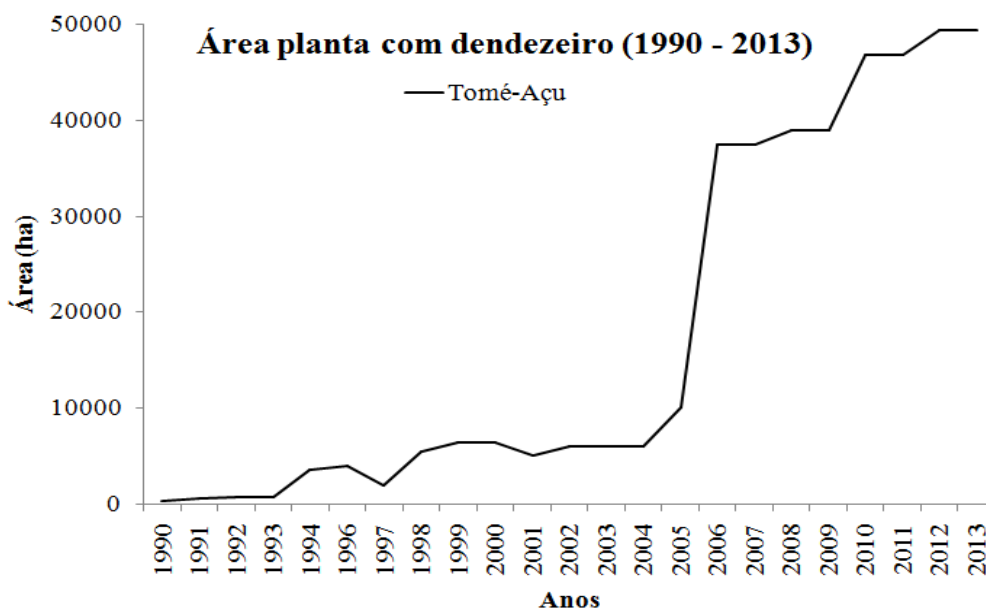
Outras ações também foram instituídas para apoiar o programa do biodiesel na Amazônia, como o Zoneamento Agroecológico da cultura da palma de óleo pelo Decreto nº 7.172/2010, a abertura de linhas de crédito (Pronaf Eco-Dendê), a

regularização fundiária (Programa Terra Legal), a integração da agricultura familiar e a participação de grandes empresas de biodiesel (MDA, 2011).

Destacam-se também, de forma indireta, o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que regulariza o uso das áreas florestadas e agrícolas entre outras medidas, e a IN nº 02/ 2014 (substituída pela IN nº 08/2015) pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará, que orienta a manutenção das florestas secundárias avançadas e a supressão das capoeiras em estágios iniciais de sucessão.

A crescente demanda da produção de dendzeiros tem contribuído na estruturação da matriz de bioenergia no Pará. Isto pode ser observado, por exemplo, no município de Tomé-Açu, Pará, onde a expansão desses cultivos ocorrem principalmente, a partir de 2004 e, mais fortemente, a partir de 2010 (Figura 2.2). Este município possui também o maior número (166) de agricultores familiares que foram contemplados com financiamento do Pronaf Eco Dendê, entre 2009 e 2012 (RABELO e COSTA, 2012).

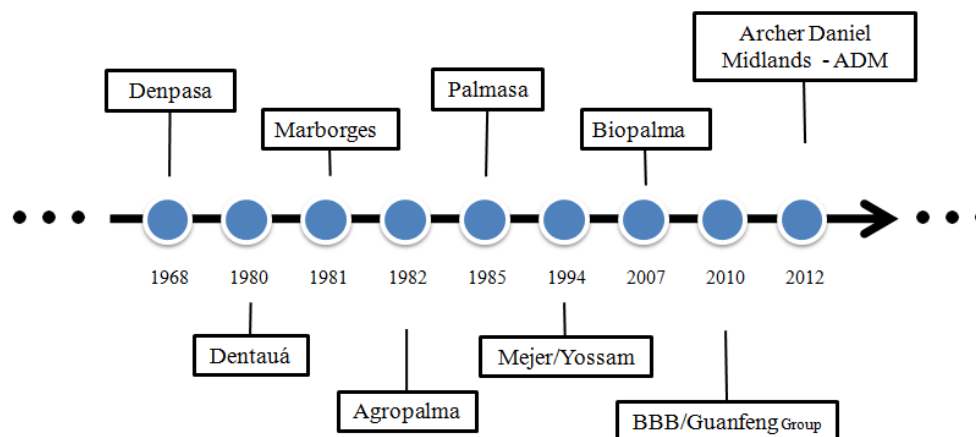
**Figura 2.2.** Área com dendzeiro em Tomé-Açu, Pará (1990 - 2013).



Fonte: Produção Agrícola Municipal – PAM (IBGE, 2015b).

Associado a esse processo, observa-se também o aumento do número de empresas de grande porte que se instalaram na região (Figura 2.3). Como a Belém Bioenergia Brasil S/A – BBB (parceria entre a Petrobrás e a Portuguesa Galp) e a Biopalma da Amazônia S/A (associação entre a Vale e o Grupo MSP, antiga Denpasa); ambas criadas em 2007.

**Figura 2.3.** Linha do tempo da instalação das empresas de dendezeiro no Pará.



Fonte: Adaptado de Brandão e Schoneveld, (2015).

A implementação dessa política na região promoveu um aquecimento no mercado de terras nos municípios do polo do dendê, principalmente na microrregião de Tomé-Açu, definido por Nahum e Malcher (2012) como a monopolização do território. Contudo, a cadeia do óleo de palma para o biodiesel no Estado do Pará ainda, não está consolidada, haja vista que aproximadamente 90% da produção dos dendezeiros são direcionados para as indústrias de alimentos e cosméticos (DURÃES, 2011). A perspectiva é que a dendeicultura se expanda ainda mais na região nos próximos anos, o que torna interessante acompanhar o avanço dessa atividade no Pará.

## 2.3 OS INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO E A REGIÃO AMAZÔNICA

O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido como uma relação de equilíbrio entre as dimensões ambientais, econômicas e sociais, com vistas a garantir a sobrevivência das futuras gerações (VEIGA, 2010). Hoje, outros aspectos foram adicionados a essa abordagem como o espaço, o território, a cultura e a política, também considerados importantes na busca da sustentabilidade (SACHS, 2008). Tal conceito veio acompanhado da necessidade de mensurá-lo a fim de avaliar o progresso no desenvolvimento da sociedade humana (MARCHAND; Le TORNEAU, 2014).

Um dos caminhos adotados nessa direção é o uso de indicadores de desenvolvimento, propostos na ocasião da Rio-92, na Agenda 21, como ferramentas adequadas para apontar, descobrir ou avaliar determinado contexto (OCDE, 1993). Suas principais características são a mensurabilidade, a representatividade, a confiabilidade e a viabilidade (VEIGA, 2010).

Após 2005, surgiram algumas tentativas de construção de um sistema de indicadores de sustentabilidade, sendo as mais conhecidas *Index of Sustainable Economic Welfare*, *Genuine Progress Index*, *Environmental Sustainability Index*, *Environmental Performance Index*, *Ecological Footprint*, *Happy Planet Index*, *Sustainability Dashboard* e o *Sustainability Barometer* (Van BELLEN, 2006).

Do conjunto de sistemas de indicadores existentes, o Barômetro da Sustentabilidade aparece com forte potencial de uso por apresentar uma metodologia interdisciplinar e flexível, que avalia, estruturalmente, os dados organizados em uma matriz bidimensional com dois eixos principais: o Bem-Estar Humano – BEH e o Bem-Estar Ecológico – BEE (Van BELLEN, 2006). O BEH é considerado sustentável quando todos os membros da sociedade estão aptos a satisfazer suas necessidades. Já o BEE é sustentável quando o ambiente mantém a capacidade e a qualidade necessárias para suportar as pessoas e as outras formas de vida (KRONEMBERG et al., 2008).

Na Amazônia Legal, observam-se algumas tentativas de criação de um sistema de indicadores para avaliar o desenvolvimento regional, entre as quais aparecem o Índice de Sustentabilidade para a Amazônia – ISA (MARTINS, 2014), o programa Determinantes do Desenvolvimento Sustentável na Amazônia Brasileira – Duramaz (DROULERS et al., 2011) e o Índice de Progresso Social na Amazônia Brasileira – IPSA (SANTOS et al., 2014). Como exemplo do uso de indicadores para avaliar a dendeicultura no âmbito do biodiesel no Estado do Pará, destacam-se os estudos de Cardoso et al. (2014) e Alves et al. (2013).

Cardoso et al. (2014), fez uma análise da estrutura institucional no município de Moju, com o uso do Barômetro da Sustentabilidade, o qual mostrou que o município está habilitado para exercer a gestão ambiental plena, embora sua estrutura operacional ainda seja ineficiente, o que dificulta o monitoramento da política de apoio aos biocombustíveis.

Alves et al. (2013) utiliza os critérios da agência certificadora *Routtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) para diagnosticar a agroindústria de óleo de palma nas maiores empresas produtoras desse óleo, localizadas em três municípios do Estado do Pará (Moju, Tailândia e Bonito). Os resultados indicam que o maior problema a ser resolvido é o uso da água, pois os demais critérios (cerca de 60% ou 70%) foram atendidos em 2010, condição exigida para a certificação da RSPO (2013), isso porque tais empresas aumentam suas chances de comercializar sua produção no mercado internacional.

Esses estudos podem ser considerados pioneiros na região porque avaliam o contexto da dendeicultura, discutindo a questão da gestão ambiental associada à política pública. Contribuem, também, para a divulgação e emprego de indicadores de sustentabilidade, evidenciando a possibilidade de adaptar tal metodologia de trabalho a diferentes recortes espaciais e aspectos de desenvolvimento.

O crescente uso do BS como instrumental de análise do desenvolvimento se deve à tendência de diagnosticar, comparar e antecipar situações futuras para auxiliar na tomada de decisão que viabilize o uso sustentável do espaço; e também ao fato de permitir a adaptação dessa metodologia de trabalho a diferentes recortes espaciais.

O principal fator limitante dessa metodologia é a calibração das escalas de sustentabilidade que foram ajustadas para os padrões internacionais, o que difere muito da realidade amazônica (MARCHAND; Le TORNEAU, 2014). Estes autores acrescentam ainda que seja evitado o localismo ao atribuir os graus de desempenho, de maneira que seja possível comparar com outras escalas nacionais e mundiais, ainda que o espaço geográfico, econômico seja diferente.

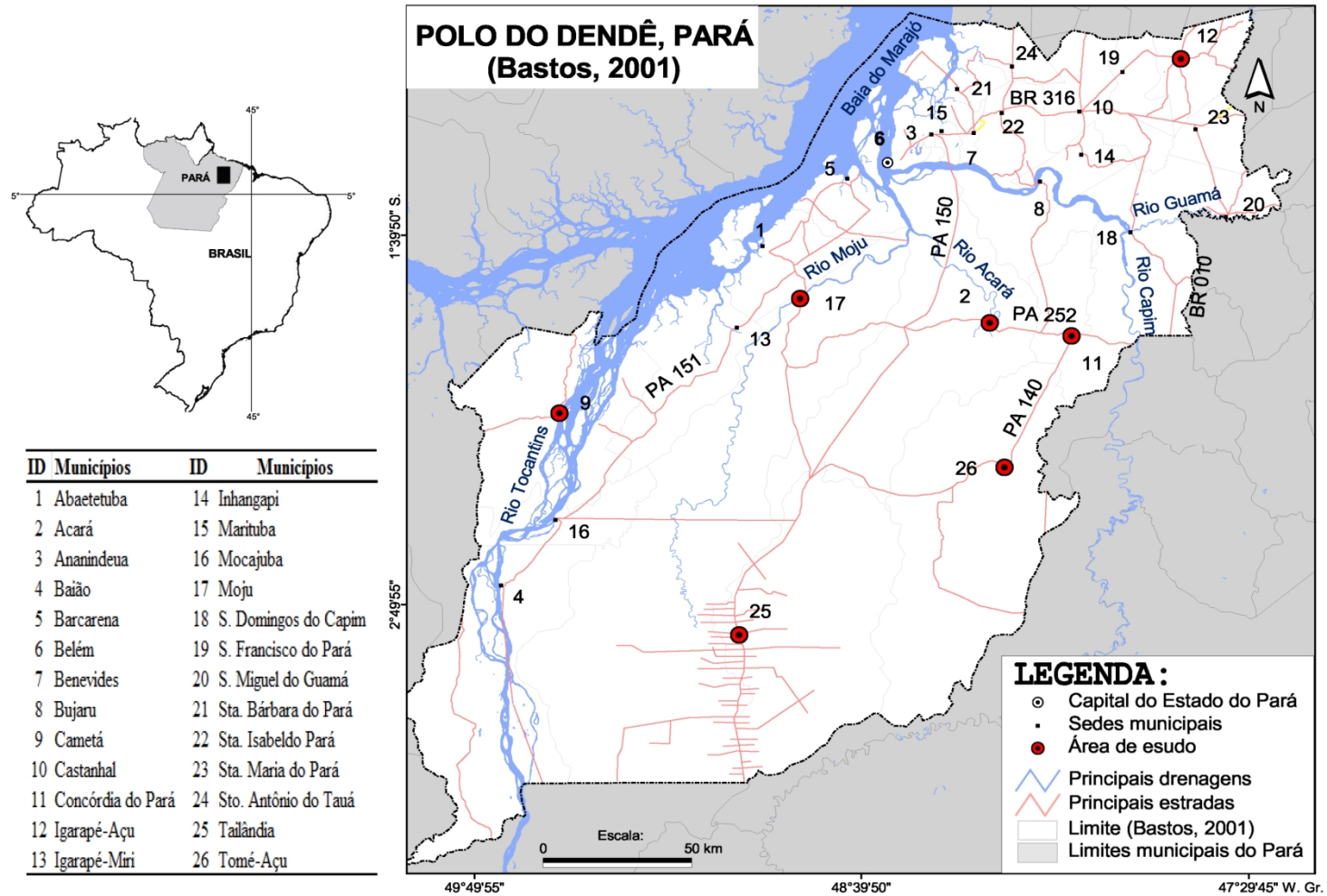
Neste estudo, adotou-se a metodologia do BS ajustado à escala local. A definição da escala de desenvolvimento foi fundamentada na revisão bibliográfica exploratória, na utilização de dados sócio-ambientais de instituições oficiais nas escalas federal, estadual e municipal e, também, no trabalho de campo.

## **2.4 METODOLOGIA**

### **2.4.1 Área de estudo**

A área de estudo está localizada na microrregião de Tomé-Açu, Estado do Pará (IBGE, 2015a). Trata-se de uma área com aproximadamente 46,000 km<sup>2</sup>, que corresponde a 26 municípios, mas nesta análise foram avaliados apenas sete (Acará, Cametá, Concórdia do Pará, Igarapé-Açu, Moju, Tailândia e Tomé-Açu), que representa cerca de 36% do Polo do Dendê, Pará (Figura 2.4).

Figura 2.4. Área de estudo em relação ao Polo do Dendê, Estado do Pará.



Fonte: Adaptado de Bastos (2001, p. 568).

## 2.4.2 Aplicação do Barômetro da Sustentabilidade

Na seleção dos indicadores das dimensões BEH e BEE no BS, recorreu-se à revisão bibliográfica exploratória e aos bancos de dados institucionais oficiais nas escalas federal, estadual e municipal e, complementarmente, realizou-se trabalho de campo. No total foram selecionados dezesseis indicadores sociais e nove indicadores ambientais, tendo o cuidado para não incluir aqueles que duplicassem a informação analisada.

Na avaliação do BEH, utilizaram-se, principalmente, as orientações dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) por serem compromissos assumidos pelo Brasil, como país-membro que tenta ajustar suas políticas públicas para solucionar os principais problemas socioeconômicos. Portanto, a maioria dos projetos de desenvolvimento do governo brasileiro deve seguir essa diretiva para atingir as metas de sustentabilidade até 2015.

Os temas avaliados foram População, Economia, Equidade, Educação, Saúde e Segurança), com os respectivos indicadores de desenvolvimento (Crescimento populacional, PIB *per capita*, Renda *per capita*, Índice de Gini, Gestão Fiscal, Bolsa Família, Trabalho Infantil - 10 e 15 anos, Acesso à energia elétrica, IDEB – anos iniciais, IDEB – anos finais, Analfabetismo, Unidade Básica de Saúde, Mortalidade infantil, Ocorrência de Malária, Homicídios e Acidentes de Trânsito.

Essas informações foram organizadas em uma planilha com a descrição dos dados retirados das estatísticas oficiais (fontes) e com os parâmetros considerados sustentáveis ou não para os municípios de Acará, Cametá, Concórdia do Pará, Igarapé-Açu, Moju, Tailândia e Tomé-Açu (Quadro 2.1).

**Quadro 2.1.** Dimensão social: Temas, indicadores, fontes e parâmetros para a construção da escala de desempenho do BS -Polo do Dendê, Pará.

SOCIAL	TEMAS	INDICADORES SOCIAIS	FONTE	ACARÁ	CAMETÁ	CONCÓRDIA	IGARAPÉ-ACU	MOJU	TAILÂNDIA	TOMÉ-ACU	PARÂMETROS
	População	Crescimento populacional (1980 a 2010) %	IBGE (2010)	0,27	2,17	2,95	1,04	2,83	7,58	1,78	Valores de 0 a 1,5% (baixo); 1,5% a 3% (médio); > 3% (alto), IBGE, (2010).
Economia	PIB <i>per capita</i> 2002-2010 (R\$)	IDESP (2013)	4.634,00	3.364,00	4.259,00	5.089,00	4.279,00	5.167,00	5.454,00	Considerou-se o maior e o menor valor do PIB <i>per capita</i> dos Estados brasileiros. Valores $\geq$ 5.000, considerou-se sustentável.	



	Renda <i>per capita</i> (RS)	IBGE (2010)	199,34	226,99	260,68	293,71	291,67	262,00	330,00	Considerou-se o salário mínimo nacional em reais (R\$ 724,00) como referência.
	Índice de Gini	PNUD (2013)	0,53	0,58	0,50	0,56	0,63	0,52	0,54	O valor 0 significam que não há desigualdade, o valor igual a 1 significa desigualdade máxima.
	Gestão Fiscal (IFGF)	FIRJAN (2012)	0,19	0,50	0,32	0,43	0,37	0,33	0,48	O valor 0 significa uma má gestão, o valor igual a 1 significa uma boa gestão.
Equidade	Bolsa Família (%)	SISVAN (2014)	64,90	59,98	54,91	46,34	51,69	39,27	52,65	O sustentável é reduzir o número de famílias em situação de pobreza (≤ R\$ 140,00/mês) ou em extrema pobreza (≤ R\$ 70,00/m (ODM, 2013).
	Trabalho infantil - 10 e 15 anos (%)	IBGE (2010)	26,11	15,14	13,05	13,20	18,93	13,40	12,10	O sustentável é erradicar o trabalho infantil (ODM, 2013).
	Acesso à energia elétrica (%)		73,66	85,35	91,68	94,98	84,32	97,87	88,16	O sustentável é 100% de acesso à energia elétrica (ODM, 2013).
Educação	IDEB – anos iniciais	INEP (2013)	3,50	3,70	3,10	3,20	3,50	4,00	4,00	A meta estadual é 3,8 (anos iniciais) e 3,5 (anos finais) (IDEB, 2013).
	IDEB – anos finais		3,90	3,30	3,30	3,00	3,50	3,40	3,70	
	Analfabetismo (pessoas ≥ 18 anos)	IBGE (2010)	20,62	9,37	12,06	13,01	18,93	13,70	15,81	O sustentável é erradicar o analfabetismo (ODM, 2013).
Saúde	Unidades Básicas de Saúde (10.000 hab.)	DATASUS (2014)	8,00	14,00	0,00	13,00	12,00	5,00	6,00	A pontuação de 0 a 2,2 (insustentável) e maior que 10,2 (sustentável) (OMS).
	Mortalidade infantil por 1000 nascidos vivos (%)		25,60	26,20	28,60	28,30	25,60	22,30	19,00	O sustentável é reduzir para 17,9 (óbitos/1000 nascimentos), até 2015 como desejável (ODM, 2013).
	Ocorrência de malária 2013		9,00	289,10	8,30	0,00	886,50	36,30	0,00	O sustentável é erradicar a malária (ODM, 2013).
Segurança	Homicídios 2009 - 2013 (100.000 hab.)	IBGE (2010)	15,20	10,49	28,62	11,11	28,25	87,31	47,11	Considerou-se o maior e o menor valor do Estado do Pará. Valores elevados indicam ausência ou má gestão das políticas públicas (insustentável).
	Acidente de trânsito 2010 (média mensal)	DETRAN (2010)	3,83	4,92	3,03	4,75	7,58	10,75	3,08	

Fonte: Lameira et. al., (2015a).

O mesmo foi aplicado na dimensão do Bem-Estar Ecológico. Os documentos que deram suporte para definir os graus de sustentabilidade foram as orientações do Código Florestal (BRASIL, 2012a); do Cadastro Ambiental Rural – CAR (BRASIL, 2012b); do Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Leste e Calha Norte; do Programa Municípios Verdes – PMV (IDESP, 2013) e do Prodes (INPE, 2014).

O quadro 2.2, apresenta os temas avaliados do BEE (Água, Terra, Serviços Ambientais, Ar e PMV), com os respectivos indicadores de desenvolvimento (Acesso à água potável, Esgoto adequado – área urbana, Desmatamento, Floresta degradada, Coleta de lixo sólido, CAR, Áreas protegidas, Focos de calor, Pacto contra o desmatamento).

**Quadro 2.2.** Dimensão ambiental: Temas, indicadores, fontes e parâmetros para a construção da escala de desempenho do BS para o Polo do Dendê, no Pará.

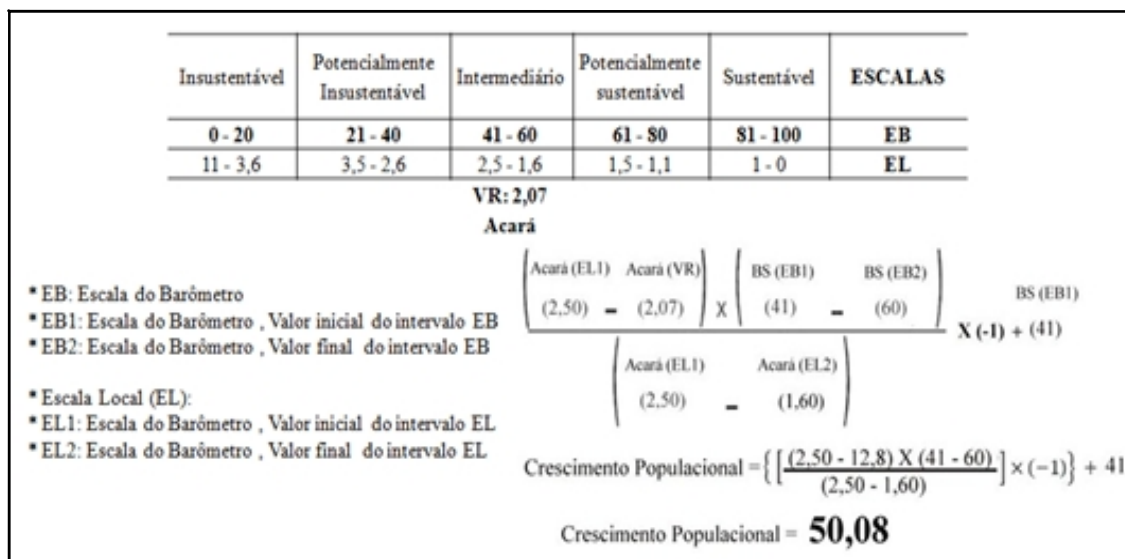
TEMAS	INDICADORES AMBIENTAIS	FONTE	ACARÁ	CAMETÁ	CONCÓRDIA	IGARAPÉ-AÇU	MOJU	TAILÂNDIA	TOMÉ-AÇU	PARÂMETROS
Água	Acesso à água potável - área urbana (%)	IBGE (2010)	54,00	90,10	6,40	75,80	37,60	31,20	84,60	O sustentável é uma cobertura de 100% de acesso a água potável (ODM, 2013)
	Esgoto adequado (rede geral ou fossa séptica) - área urbana (%)		6,80	21,90	6,80	2,20	12,10	5,30	4,20	
Terra	Desmatamento - 2013 (%)	INPE (2014)	18,50	49,30	5,00	5,20	28,80	20,00	17,10	Parâmetros: considerou-se o limite de 50% como sustentável (Código Florestal Brasileiro de 2012).
	Floresta Degradada (%)	INPE (2010)	74,50	100,00	85,40	99,80	62,10	73,80	54,90	Parâmetros: como a região possui < 40% de áreas de floresta nativa, considerou-se o percentual de 10% como insustentável.
	Coleta de lixo (%) - Pop. urbana	IBGE (2010)	78,50	88,70	83,50	90,80	89,40	95,80	94,40	Parâmetros: considerou-se uma cobertura de 100%
Biodiversidade	Áreas Protegidas (%)	MMA (2012)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80	0,00	1,40	Parâmetros: considerou-se que uma área com $\geq 30\%$ é sustentável e $\leq 10\%$ representa uma perda significativa da biodiversidade (Kronenberg, 2008).
Ar	Focos de calor (2013 a 2014)	INPE (2014)	23,50	28,30	66,90	85,80	19,20	44,10	44,10	Parâmetros: considerou-se os maiores e menores valores do Estado do Pará. Até 10 focos por 1.000 km <sup>2</sup> foi considerado sustentável.
Programa Municípios Verdes (PMV)	Cadastro Ambiental Rural (CAR) (%)	SEMAS (2014)	51,30	3,50	47,70	39,10	62,50	83,00	62,00	Parâmetros: é um instrumento de regularização ambiental das propriedades rurais. Considerou-se como sustentável o município com $\geq 80\%$ de seu território cadastrado nesse sistema (MMA 2012).
	Pacto contra o desmatamento		0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,00	Parâmetros: a pontuação varia de 0 (não) a 1 (sim).

Fonte: Lameira et. al., (2015a).

### 2.4.3 Escalas de desempenho

A escala de desempenho é o mecanismo que converte os valores reais (VR) retirados das estatísticas oficiais para cada município (Escala Local – EL) em uma unidade comum (Escala do Barômetro – EB), mediante o uso de método estatístico de interpolação linear simples. A descrição detalhada da metodologia pode ser observada em Kronemberger et al., (2008). A figura 3 exemplifica como foi estabelecida a parametrização entre o VR e a EB para o indicador Crescimento Populacional do município de Acará. (Figura 2.5).

**Figura 2.5.** Ajuste da EL (municipal) para a EB do indicador Crescimento Populacional do município de Acará, Estado do Pará.



Fonte: Adaptado de Kronemberger et al. (2008).

No exemplo apresentado, a escala de desempenho do indicador Crescimento Populacional está localizada entre o intervalo de 41 - 60, que corresponde ao desempenho intermediário (50,08) na EB. Essa operação estatística foi realizada para cada um dos indicadores selecionados.

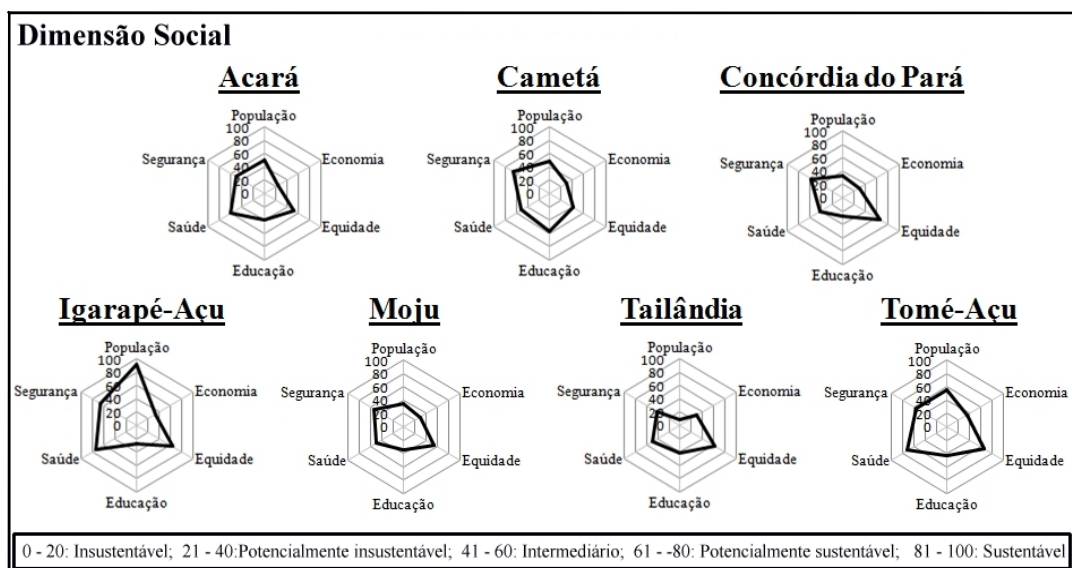
## 2.5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados desta análise representam uma avaliação *ex antes*, isto é, uma fase antes da consolidação da política do biodiesel no Estado do Pará -- oficialmente implantada em 2010, com o Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma -- possibilitando a oportunidade de constatar, a longo prazo, se a região caminhou para a sustentabilidade ou não.

### 2.5.1 Panorâmica social

A figura 2.6 representa o resultado da interpolação entre os valores retirados das estatísticas oficiais para cada município, em relação à escala do BS, referentes aos dezesseis indicadores sociais, sintetizados em seis temas (População, Economia, Equidade, Educação, Saúde e Segurança).

**Figura 2.6.** Radar da dimensão social para sete municípios do Polo do Dendê, Pará.



Fonte: Lameira et al. (2015a).

A partir da interpolação dos valores reais encontrados para cada município, em relação à escala do Barômetro da Sustentabilidade, o tema “população” ficou com quatro tipologias de desempenho: insustentável (Tailândia); potencialmente insustentável (Concórdia do Pará e Moju); intermediário (Acará; Cametá e Tomé-Açu) e sustentável (Igarapé-Açu). Na economia, os temas apresentaram padrões similares nos sete municípios potencialmente insustentáveis. Dentre esse cenário crítico, a melhor situação é de Tomé-Açu e a pior é de Acará.

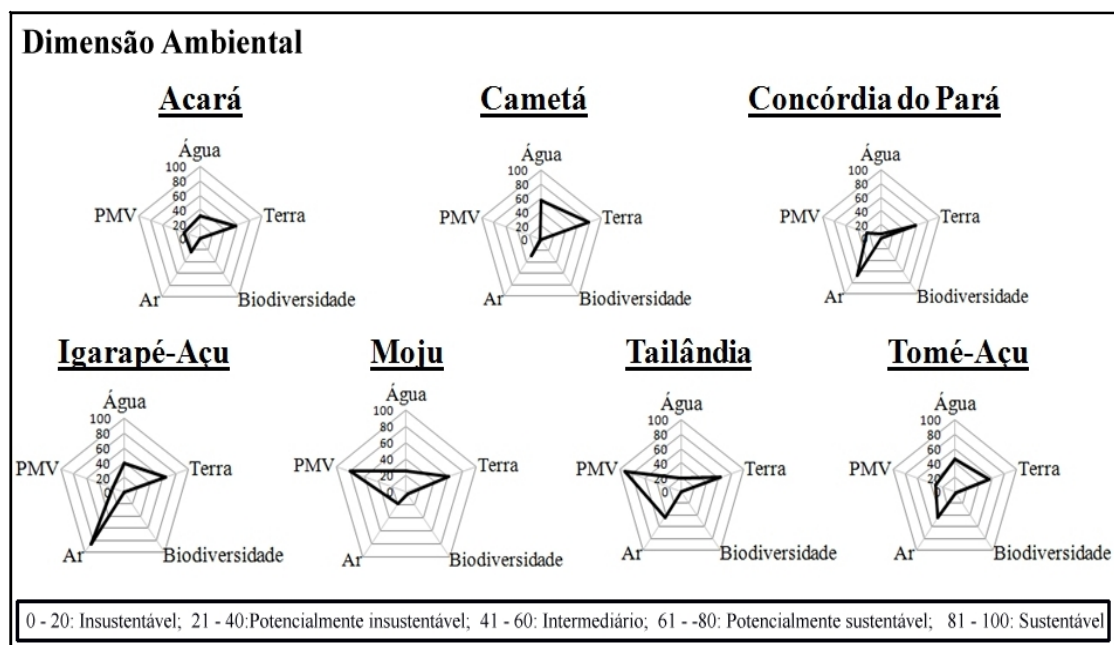
Os temas “equidade”, “saúde” e “segurança” apresentaram os melhores desempenhos, ficando entre os níveis intermediário e potencialmente sustentável. A Educação é potencialmente insustentável para a maioria dos municípios, com exceção de Cametá e Tomé-Açu, que possuem desempenho intermediário.

Considerando a média de todos os temas sociais, observa-se que estes possuem desempenho intermediário (47), com exceção de Tailândia (38) que apresenta desempenho ligeiramente inferior. Os piores resultados foram obtidos na economia (30) e na educação (39), enquanto que os melhores foram em “equidade”, “saúde” e “segurança”.

### 2.5.2 Panorâmica ambiental

A Figura 2.7 apresenta o resultado da avaliação dos dezesseis indicadores ambientais, sintetizados em cinco temas (Água, Terra, Biodiversidade, Ar e PMV).

**Figura 2.7.** Radar da dimensão ambiental para sete municípios do Polo do Dendê, Pará.



**Fonte:** Lameira et al. (2015a).

O panorama ambiental é crítico para quase todos os temas mensurados pelos indicadores. O tema “Água” possui três padrões de desenvolvimento: (i) insustentável: Concórdia do Pará e Tailândia; (ii) potencialmente insustentável: Igarapé-Açu, Acará e Moju; e (iii) intermediário: Cametá e Tomé-Açu. O tema “Terra” apresentou os melhores resultados e encontra-se em nível potencialmente sustentável, com exceção de Concórdia do Pará e Acará que possuem desempenho intermediário. Em contrapartida, o indicador biodiversidade foi o que apresentou os piores resultados para todos os municípios, o de insustentável.

O tema “Ar” possui diferentes padrões de desenvolvimento: insustentável (Moju) e potencialmente insustentável (Acará e Cametá); intermediário (Tailândia e Tomé-Açu); potencialmente sustentável (Concórdia do Pará) e sustentável (Igarapé-Açu). Enquanto que o tema PMV apresentou possui desempenho entre os níveis insustentável (Igarapé-Açu e Cametá) e potencialmente insustentável (Tomé-Açu; Acará; Concórdia do Pará), com exceção de Tailândia e Moju que possuem níveis sustentáveis.

Considerando a média de todos os temas ambientais, observa-se que o desempenho é potencialmente insustentável em quase todos os sete municípios, com exceção de Tailândia (43) e Igarapé-Açu (41) que possuem situação intermediária. No primeiro caso, tais resultados estão relacionados com o fato de o município ter aderido

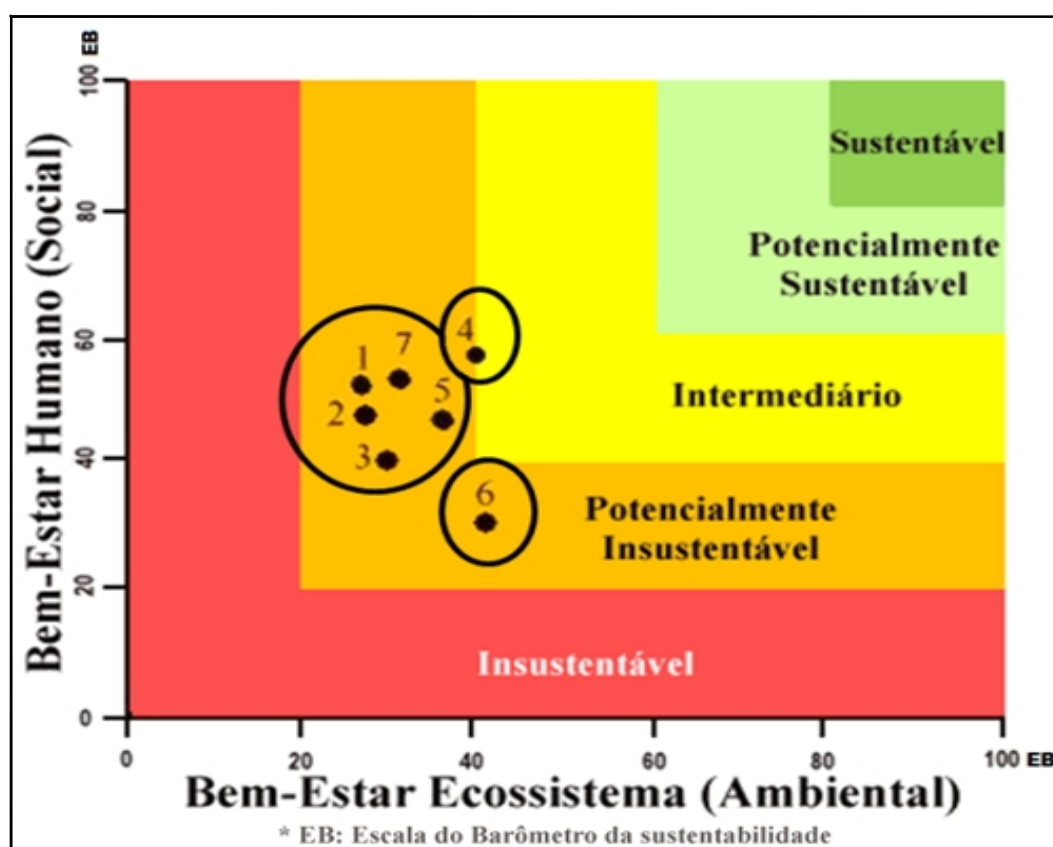
ao PMV e possuir mais de 80% de CAR, enquanto que o segundo é devido ao baixo índice de focos de calor.

Quando analisados em conjunto os eixos social e ambiental, o índice de sustentabilidade, na maioria dos municípios avaliados, está na condição intermediária. Dentre eles, Igarapé-Açu e Tomé-Açu apresentam condições um pouco melhores. Isso pode estar relacionado com o fato de tais municípios utilizarem técnicas de cultivos agroflorestais e possuírem maior diversidade econômica (fruticultura e a pimenta-do-reino), portanto padrões de ocupação diferenciados dos demais.

### 2.5.3 Barômetro da sustentabilidade dos sete municípios

A figura 2.8 mostra que há três grupos de municípios com diferentes graus de sustentabilidade.

**Figura 2.8.** Índices de sustentabilidade de seis municípios do Polo do Dendê, Pará.



Fonte: Lameira et al. (2015a).

O primeiro é formado por Igarapé-Açu que ocupa uma posição isolada, por apresentar as melhores condições em termos de desempenho socioambiental. O segundo

é composto por cinco municípios (Acará, Cametá, Concórdia do Pará, Moju e Tomé-Açu) com padrões similares de desenvolvimento, sendo que os piores desempenhos são na dimensão ambiental e o caso mais crítico é de Concórdia do Pará. O terceiro se refere à Tailândia que possui bom desempenho ambiental, mas em termos sociais está abaixo dos outros municípios.

Outros estudos que também utilizaram a metodologia do Barômetro para avaliar o grau de sustentabilidade na região amazônica, tais como Cardoso et al., (2014); Santos et al., (2014), também apontam esta região ocupa a posição entre intermediária e potencialmente insustentáveis, o que evidencia que a desigualdade intrarregional é provocada por uma situação socioeconômica e de uso da terra complexa e que há necessidade de enfoques diferenciados dos municípios em questão quando se tratar de políticas públicas.

Nos sete municípios avaliados, há preponderância de problemas ambientais e uma acentuada linha da pobreza, limitações de infraestrutura, concentração da renda e altos níveis de desemprego; existindo, portanto, especificidades que precisam ser analisadas detalhadamente.

## **2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os sete municípios avaliados no “Polo do Dendê”, Pará têm baixa diversificação econômica e problemas ambientais acentuados, causando uma diversidade de arranjos territoriais e diferentes padrões de desenvolvimento. Estas características permitem afirmar que a área de estudo não é homogênea e, dependendo de como essa política for conduzida, pode agravar o desmatamento, favorecer a perda da biodiversidade e excluir a participação de grupos sociais nesta proposta de desenvolvimento sustentável. Isto é uma contradição já que a perspectiva do programa federal da dendeicultura no Pará é promover o desenvolvimento regional sem comprometer o funcionamento do ecossistema amazônico, a recuperação de áreas já desflorestadas e a inclusão social no campo. Para que tais metas sejam alcançadas, recomenda-se que sejam criados mecanismos de proteção ambiental, estratégias que favoreçam o diálogo entre os diferentes atores sociais e um ambiente institucional favorável à melhor governança; possibilitando, assim, o planejamento de territórios sustentáveis na Amazônia.

### 3 EXPANSÃO DA DENDEICULTURA NO NORDESTE PARAENSE<sup>2</sup>

#### RESUMO

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) ganhou maior visibilidade e incentivos na região nordeste da Amazônia nos últimos dez anos devido a implementação de um conjunto de ações políticas, permitindo a formação do território da palma. O objetivo deste trabalho é analisar a expansão dessa cultura no período 2008 a 2013, na região conhecida como polo do dendê no Pará, utilizando Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica. O polo do dendê abrange cerca de 60.000 km<sup>2</sup> e 37 municípios. Os resultados mostram a existência de dois padrões espaciais bem distintos: (i) áreas de cultivo de palma de óleo com mais de 10 anos de produção e presença de menor número de empresas; (ii) áreas recentes com palma de óleo, presença de maior número de empresas. O contexto em que se expande a produção da palma no Pará é de alta vulnerabilidade ambiental e socioeconômica, exigindo que esta política pública na região seja vista com cautela.

**Palavras-chave:** Dendeicultura. Geotecnologias. Sustentabilidade.

#### ABSTRACT

The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantation has gained special attention and political incentives in the northeast region of the Amazon in the past decade through a set of concerted governmental actions that have resulted in the formation of an extensive palm oil territories. The objective of this study is to analyze the expansion of this crop in the period between 2008 and 2013, in the region known as 'Polo do Dendê' in Pará state, using remote sensing and Geographic Information System techniques. This region is located in northeastern of Para state and covers about 60,000 square kilometers and encompass 37 municipalities. The results show the existence of two distinct spatial patterns: (i) oil palm cultivated areas with more than 10 years of production and presence of a handful of oil extraction companies, and; (ii) recent areas with oil palm expansion, with the presence of a higher number of companies and better infrastructure conditions. The context in which expands the palm oil production in Pará is associated to a socioeconomic vulnerability and challenges the sustainable production of this crop in the state.

**Keywords:** Palm oil. Geotechnologies. Sustainability.

---

<sup>2</sup>Artigo publicado na revista **Novos Cadernos NAEA** – Belém, Pará, v. 18, n. 02, p. 193-210, nov/dez 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/1017/1757>.



### 3.1 INTRODUÇÃO

A região amazônica ganha protagonismo no cenário internacional por sua grande extensão de áreas com floresta tropical e alta diversidade biológica e sócio-cultural. Em contrapartida, também vivencia a expansão das áreas urbanas e a intensificação das atividades agropecuárias, principalmente, a partir da década de 1970, com a implantação de projetos governamentais de desenvolvimento e de disputas territoriais, introduzindo novas relações sociais, econômicas, políticas, além de inúmeros problemas ambientais (BECKER, 2010).

Nos últimos dez anos, a palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) ganhou maior visibilidade no cenário internacional com o aumento de demanda mundial pelo óleo. Esse quadro favoreceu a criação da política nacional dos biocombustíveis na Amazônia que se apresenta como uma estratégia “verde”, “sustentável” ou “ecológica”, para legitimar a expansão de tais cultivos na região (BACKHOUSE, 2013).

Essa política prevê a redução do desmatamento e a inclusão social, principalmente no campo (BRASIL, 2010). Segundo Nahum e Malcher (2012), ao reestruturar as práticas da agricultura familiar e alterar as dinâmicas de uso da terra, pode intensificar os conflitos territoriais no campo.

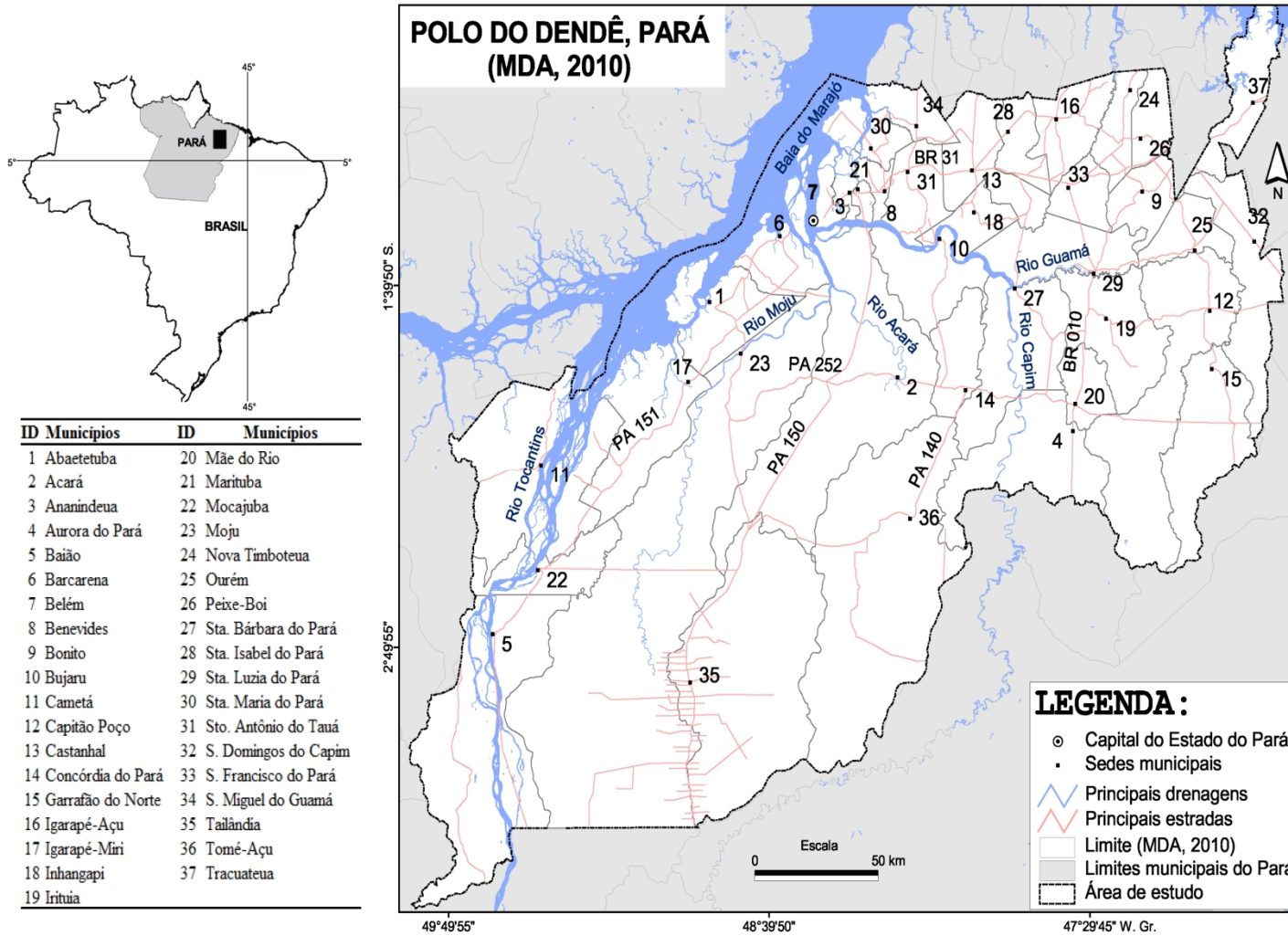
Neste trabalho, analisa-se a expansão da palma de óleo no nordeste do Estado do Pará (polo do dendê), no período de 2008 a 2013, com o intuito de contribuir para o entendimento das mudanças de usos da terra e das recentes transformações que ocorrem no território paraense.

### 3.2 METODOLOGIA

#### 3.2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada na região nordeste paraense. Ocupa cerca de 60.000 km<sup>2</sup> de extensão e abrange 37 municípios (IBGE, 2015a), apontados como prioritários para investimentos da dendeicultura no Estado (MDA, 2011).

Figura 3.1. Localização da área de estudo no nordeste do estado do Pará.



### 3.2.2 Criação do banco de dados

O mapeamento das áreas com palma de óleo foi desenvolvido nas plataformas do TerraView 4.2.2 e QGis 2.14.1 para a elaboração do banco de dados, análise e consultas espaciais; e no ENVI 5.0 para o tratamento e análise das imagens de satélite.

Foram adicionados ao banco de dados as informações da área ocupada com palma de óleos em 2008 (ALMEIDA et al., 2014); as bases cartográficas de estradas, sedes municipais e os limites municipais (IBGE, 2015a); as imagens de satélite landsat 8, sensor OLI (USGS, 2013); e os pontos de GPS obtidos na expedição de campo em 2013. O sistema de projeção adotado foi o latlong, *Datum* WGS 84.

### 3. 2. 3 Mapeamento das áreas com plantio de palma de óleo

Neste trabalho, as áreas plantadas com palma de óleo tiveram duas fontes de dados: (i) o banco de dados do Centro de Endemismo Belém (ALMEIDA et al.; 2014), para o ano de 2008 e (ii) a classificação de imagens orbitais do sensor 8/OLI (Oitava geração do Landsat com resolução espacial de 30 m.

Para a classificação das imagens, utilizaram-se as órbitas/ponto 223/061, 223/062, 224/061, 224/062 e 224/063, obtidas entre os meses de julho e agosto de 2013 e aplicou-se o realce pelo método de aumento linear, procedimento que ajusta as barras dos níveis de cinza igualmente distribuídos pelo histograma, ampliando o contraste na cena para melhorar a interpretação visual (GOEL, 1988).

Com o auxílio do banco de dados do Centro de Endemismo Belém, foi processada a classificação supervisionada na composição colorida 4 (B), 5 (G) e 6 (R). O algoritmo adotado foi o algoritmo de vizinhança próxima (*Maximum Likelihood*), que considera a ponderação das distâncias das médias e utiliza parâmetros estatísticos para escolher a classe de um pixel (MYUNG, 2003).

Para a validação dos resultados da classificação de 2013, foram utilizados a Matriz de Erro e o índice *Kappa* (HUDSON; RAMM, 1987). Ambos os métodos têm sido utilizados para avaliar a exatidão do processo de classificação automatizada das imagens de satélite (CAMPBELL, 1987).

Sabe-se que os erros estão presentes no processo de classificação automatizada decorrentes das interações complexas entre as estruturas da paisagem, o algoritmo utilizado e a resolução do sensor, entre outros. Contudo, a forma padronizada de

reportar os erros em locais específicos é mediante o uso da Matriz de erro ou Matriz de confusão, que identifica não somente a Exatidão Global, mas também os erros de inclusão e omissão para cada uma das classes temáticas trabalhadas (CONGALTON, 1991). Já o índice de *Kappa* é uma medida empregada para avaliar a exatidão de todos os elementos da matriz de erro, ou seja, analisa em conjunto todos os elementos da matriz, ao invés de apenas os valores que estão situados na diagonal da mesma, o que ocorre quando se calcula a exatidão global (ROSENFELD; FITZPATRICK-LINS, 1986).

#### 3.2.4 Expedições de campo

O reconhecimento da área de estudo e a validação da classificação supervisionada de 2013 foram realizados, respectivamente, em duas viagens de campo, uma em setembro de 2011 e outra em novembro de 2013. Para a validação das áreas com palma de óleo, foram checados em campo 468 pontos (selecionados aleatoriamente para a área de estudo). Os municípios visitados foram Mocajuba, Cametá, Abaetetuba, Santa Bárbara do Pará, Santo Antônio do Tauá, Igarapé-Açu, Bonito, São Miguel do Guamá, São Domingos do Capim, Bujaru, Concórdia do Pará, Tomé-Açu, Tailândia, Moju e Acará.

#### 3.2.5 Análise espacial

A análise espacial em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) está fortemente relacionada com os modelos de representação de dados geográficos (QUEIROZ FILHO; MARTINELLI, 2007), sendo que a forma mais importante de análise de dados proporcionada pelo modelo de campo é a álgebra de mapas ou modelagem cartográfica (TOMLIN, 1991). Assim, neste estudo, a análise espacial da palma de óleo em 2008 e 2013 foi realizada utilizando-se a álgebra de mapas e o tratamento estatístico dos dados.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Acurácia dos dados

A Tabela 1 apresenta a matriz de erro, na qual se observa a análise de 468 pontos obtidos na expedição de campo de 2013.

Tabela 3.1. Matriz de erro da classificação supervisionada de 2013.

Classificação supervisionada	Expedição de campo (novembro 2013)				
	Palma de óleo	Outros	Total	Erro de Inclusão (%)	Acurácia (%)
1. Palma de óleo	323	9	332	2,71	97,29
2. Outros	11	125	136	8,09	91,91
Total de pixels de campo	334	134	468	-	Exatidão Global 94,60
Erro de Omissão (%)	3,29	6,72	-	-	

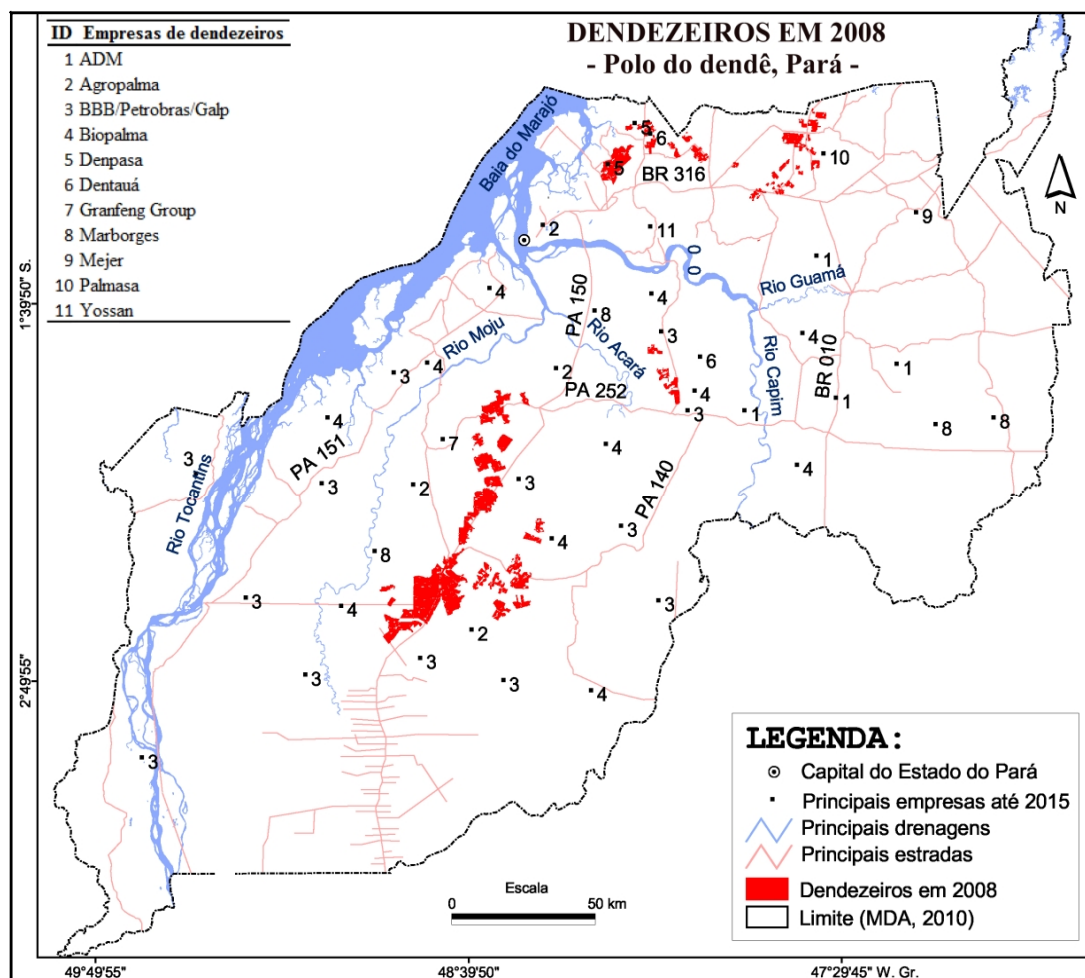
Fonte: Lameira et al. (2015b)

Do total de pontos avaliados, 448 foram classificados corretamente. Os erros de inclusão e omissão foram maiores na classe “outros” (8,09% e 6,72%, respectivamente). A acurácia de 97,29% das áreas de palma de óleo se deve, principalmente, à utilização da forma geométrica e da textura na identificação dessas áreas (principalmente as grandes áreas). Contudo, nas regiões com pequenos plantios (como os encontrados nos municípios de Mocajuba, Cametá e Abaetetuba), a identificação foi baixa, devido à semelhança do comportamento espectral da palma de óleo, por exemplo, com a vegetação secundária. A Exatidão Global das áreas de palma de óleos em 2013 foi de 94,60% e o Índice Kappa foi de 0,89. Baseados em Hudson e Ramm (1987), valores acima de 80% obtidos em uma classificação de imagem de satélite podem ser considerados excelentes.

### 3.3.2 Expansão dos plantios de palma de óleo de 2008 a 2013

Em 2008, os cultivos de palma de óleo ocupavam uma área de aproximadamente 80.272 hectares, o que representa 1,35% da área de estudo. Neste ano, é possível visualizar dois padrões espaciais de distribuição de dendezeiros (Figura 3.2). O primeiro está localizado na porção centro-oeste da área de estudo, às proximidades dos municípios de Acará, Moju e Tailândia, onde estão localizadas as maiores áreas com estes cultivos. Nesse período, as principais empresas atuantes eram: Agropalma, Biopalma e BBB/Petrobras/Galp, que possuem propriedades próprias e em parceria com agricultores camponeses da região (Trabalho de campo, 2013).

**Figura 3.2.** Plantios de dendezeiros em 2008, Estado do Pará.

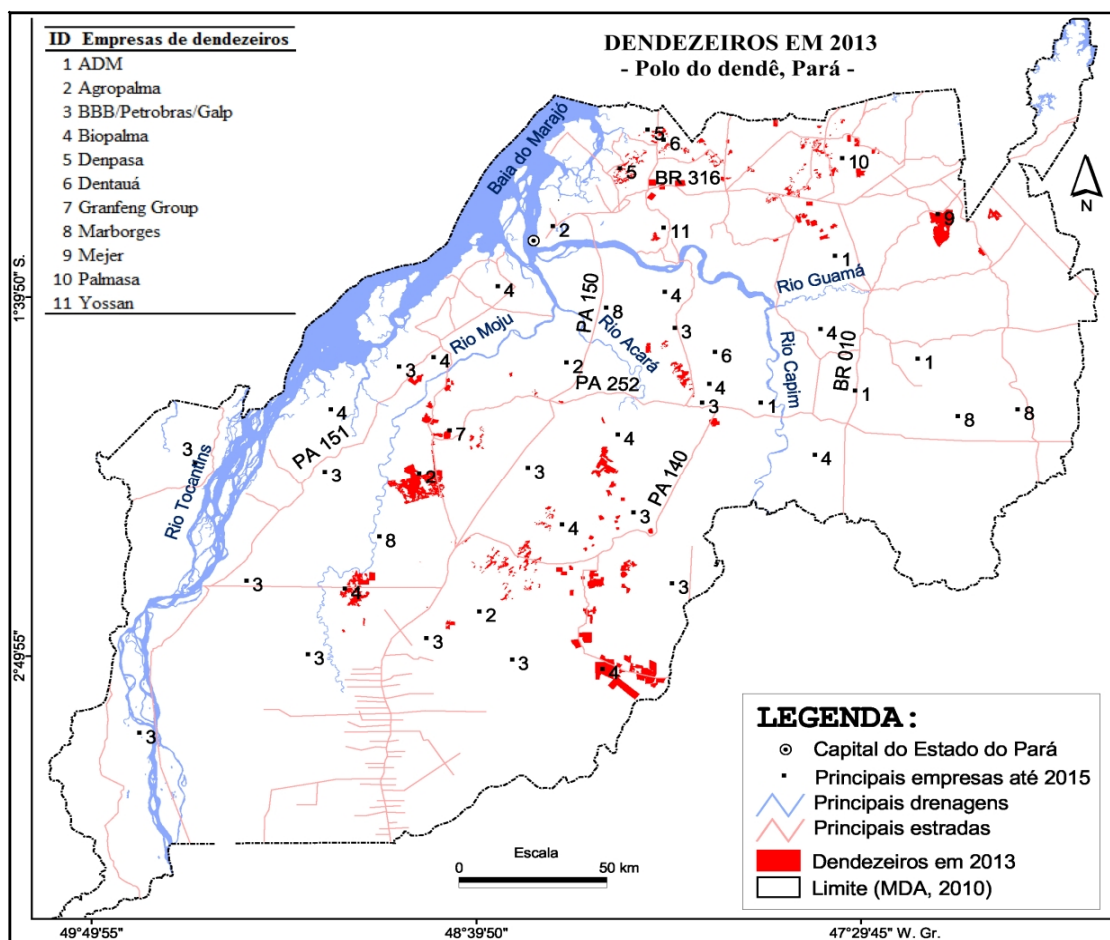


Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2014).

Em 2013, os cultivos de dendezeiros tiveram um aumento de aproximadamente 82% (de 80.272 ha para 146.611 ha). A localização preferencial dos monocultivos continua sendo às imediações dos municípios de Moju, Tailândia, Acará e Tomé-Açu, mas em outras áreas, como São Domingos do Capim, Bujaru, Concórdia do Pará, Igarapé-Açu e Bonito, que antes dessa política eram quase inexpressivos, em 2013 a palma passa a ocupar um maior espaço.

Acredita-se que a preferência por essas áreas está relacionada principalmente com a implantação de uma ampla rede hidroviária (Figura 3.3), tal como a hidrovía do Capim, a duplicação, pavimentação e/ou restauração de estradas federais (BR 316 e a BR 010), estaduais (PA 124; PA 140; PA 252; PA 253 e a PA 256), e a conclusão do sistema de transporte integrado do Pará - Alça Viária que permitem maior fluidez e o escoamento da produção de óleo de palma, se comparado com as demais regiões do Estado (CRUZ; ROCHA, 2007).

**Figura 3.3.** Plantios de dendezeiros em 2013, Pará.



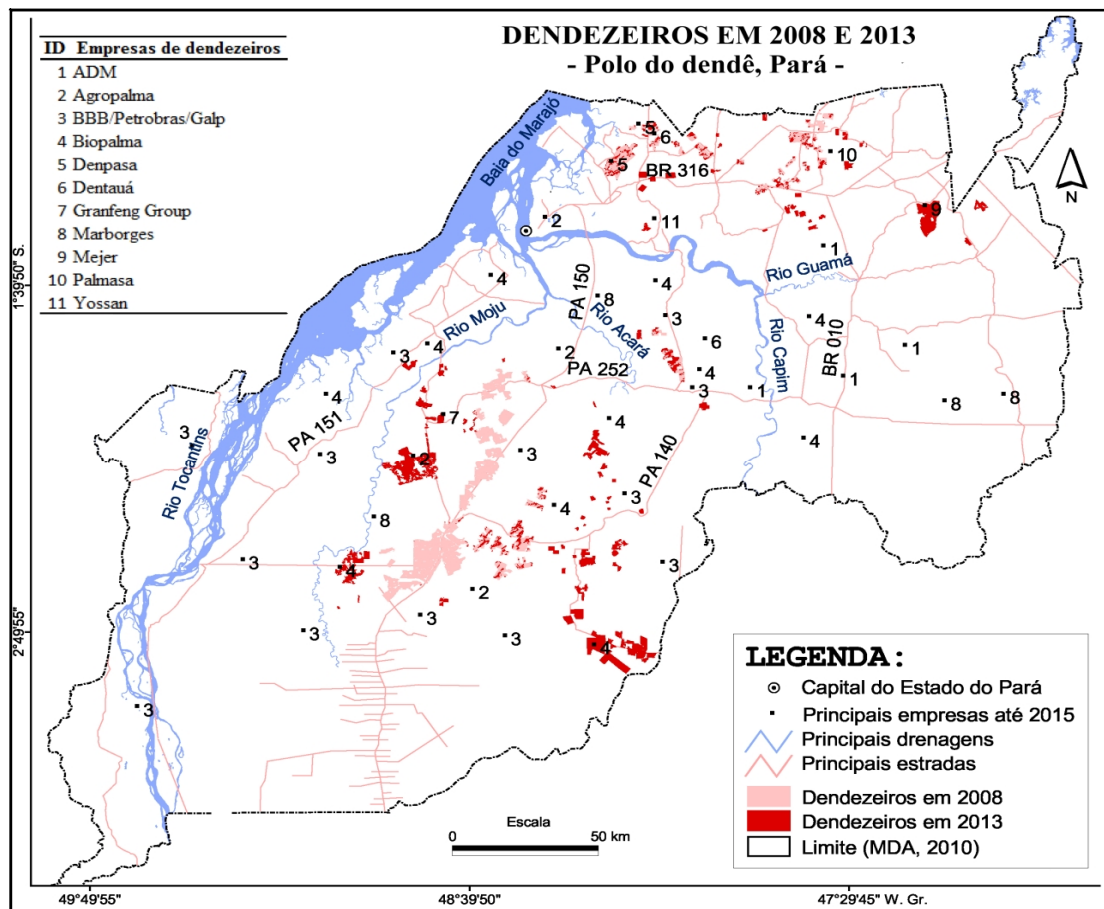
Fonte: Lameira et al., (2015b).

Oficialmente, tal expansão está sendo feita, em grande parte, em áreas já desmatadas e degradadas. Porém, como o programa brasileiro não especifica os níveis de degradação da terra nem a definição de degradação, ou mesmo um mapeamento dessas áreas, as capoeiras avançadas com alto valor de conservação para a biodiversidade também estão sendo usadas para a expansão da cultura (ALMEIDA, A. comunicação pessoal).

Em resumo, as principais mudanças estão relacionadas com o aumento das áreas com dendezeiros e na espacialidade das empresas ligadas a este setor (Figura 3.4), que buscam entre outras coisas a disponibilidade de terras, boas condições de infraestrutura para o escoamento da produção e mão-de-obra. Essa nova lógica da dendeicultura na região reafirma a posição de destaque do nordeste paraense na política do biodiesel na Amazônia. Isto tende a se consolidar com o Programa “Pará 2030” que considera a expansão dos dendezeiros como um projeto prioritário para alcançar o

desenvolvimento econômico regional. Contudo, a principal preocupação ainda é que a palma de óleo não amplie o processo de desmatamento.

**Figura 3.4.** Plantios de dendzeiros em 2008 e 2013, Estado do Pará.



Fonte: Lameira et al. (2015b).

### 3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento das áreas com palma de 2008 a 2013, no polo do dendê do Pará, está fortemente ligado à política do governo federal (Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel - PNB em 2004; o Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma – PPSOP em 2010), para a criação da matriz energética dos biocombustíveis. Esta ação do Estado em parceria com as empresas tem intensificado a verticalização da cadeia dendecola e promovido uma mudança do padrão de uso da terra na região, tornando-a mais dinâmica e conectada com o mercado do óleo de palma. Acompanhar as mudanças no território do dendê no Pará não é tarefa fácil, dada à complexidade social e de produção associada a uma dinâmica global.



A identificação e seleção de indicadores de sustentabilidade poderão contribuir para uma avaliação dos impactos socioambientais da expansão da palma, em diferentes cenários de governança. Em maio de 2010, o governo do Pará e as empresas produtoras de dendê assinaram um Protocolo Socioambiental para a Produção de Óleo de Palma, com o objetivo de pactuar o compromisso de ambos com os princípios e critérios de sustentabilidade econômica e socioambiental da expansão da cadeia de produção da palma no Estado. No entanto, uma análise inicial feita por Monteiro (2013) mostrou que diferentes sistemas produtivos com palma implantados no Pará, não têm observado as políticas públicas e as exigências do cadastramento ambiental da propriedade rural e o cumprimento do licenciamento da atividade rural, que devem garantir a recuperação das Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal, e promover a formação de corredores ecológicos, protegendo áreas de relevante interesse para a conservação. Em 2014, houve repactuação de ações conjuntas entre o poder público e o setor privado em um Protocolo de Intenções Socioambientais da Palma de óleo, muito mais amplo e frágil que o anterior.

Outro aspecto a considerar na expansão da palma é o cenário de sustentabilidade dos municípios do polo do dendê, pois não há nada que limite a expansão do dendê em municípios cujas cadeias produtivas alimentares estejam consolidadas. O ideal seria que esses municípios limitassem o plantio do dendê em 10% da área agrícola, como ocorre em municípios goianos onde a cana-de-açúcar se expande. Em geral, os municípios do polo possuem padrões de desenvolvimento diferenciados, vulnerabilidade socioeconômica e problemas socioambientais acentuados (LAMEIRA et al., 2015a), além de fraca capacidade operacional da gestão ambiental (CARDOSO et al., 2014), que desafiam a expansão sustentável da palma de óleo.

## 4 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO DE TERRITÓRIOS SUSTENTÁVEIS NA AMAZÔNIA

### RESUMO

Está em curso na Amazônia a expansão da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) apoiada nas premissas da sustentabilidade desde o final de 2004 e, mais fortemente, a partir de 2010 para criar a matriz de bioenergia na região. Este estudo aplicou técnicas de geoprocessamento para avaliar o desempenho das condições ambientais e socioeconômicas do polo do dendê no Pará em nível de setor censitário, para avançar nas discussões de territórios sustentáveis. Os resultados mostram que, nesta etapa do programa do Biodiesel, mais de 50% da área de estudo apresentam condições de desenvolvimento entre o regular (0) e o crítico (-1). Quando estes resultados são comparados com as áreas de dendezeiros até 2013, observa-se que mais de 62% das empresas estão instaladas em áreas com bons desempenhos de desenvolvimento (1) e 16% em áreas com desempenho regular. O esperado era que as empresas se instalassem nas áreas críticas, uma vez que uma das metas do programa é reduzir as desigualdades no campo (capitalizar a agricultura familiar). Conhecer o padrão de distribuição das áreas de dendezeiros de acordo com os diferentes graus de desenvolvimento na área de estudo pode contribuir na identificação dos gargalos do desenvolvimento territorial, culminando em ações prioritárias de gestão e tomadas de decisão mais apropriadas para a Amazônia.

**Palavras-chave:** Territórios Sustentáveis. Palma de óleo. Amazônia.

### ABSTRACT

The expansion of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in the Amazon region is based on the assumptions of sustainability since the end of 2004 and more strongly from 2009 to consolidate a bioenergy matrix in the region. This study applied GIS techniques to evaluate the performance of the environmental and socio-economic conditions of palm oil area in the Pará state, considering the level of information of census tract (setor censitário IBGE) to support the discussions about planning of sustainable territories in the region. The results show that the Biodiesel program presents contradictions, demonstrating that at this stage of the program economic progress is not keeping social development, since more than 50% of the study area present development conditions between regular (0) and the critical stages (-1). When these results performances are related to the installation of oil palm plantations by 2013, it was observed that more than 62% of the companies are located in areas with good performances (1) and 29% in areas with regular performance. We expected that the companies install the plantations in critical areas, since one of the goals of the biodiesel the program is to reduce inequalities in the rural areas. It is believed that knowing the areas that are characterized as more or less critical in environmental and socioeconomic conditions may contribute to the identification of the territorial development bottlenecks, culminating in priority management actions and most appropriate decisions for Amazon.

**Keywords:** Sustainable Territories. Oil Palm. Amazon.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é uma relação de equilíbrio entre as dimensões ambientais, econômicas e sociais, com vistas a garantir a sobrevivência das futuras gerações (VEIGA, 2010). A compreensão deste conceito aparece como fundamental para enfrentar a chamada “crise ambiental” (FIGUEIREDO, 2015).

Ao refletir a história do processo de ocupação do território amazônico, torna-se claro tais concepções, posto que nessa região os seus recursos naturais geralmente são utilizados de forma intensiva, uma vez que o modelo de desenvolvimento adotado geralmente é exógeno, sem conhecer as especificidades locais, trazendo profundas alterações nas condições de vida da população e no meio ambiente (BECKER, 2010). Isto pode ser percebido com a expansão do desmatamento, o processo de urbanização e o adensamento das estradas, gerando um grande arco de desmatamento que se estende do nordeste do Pará até o leste do estado do Acre (ALVES et al. 2009).

Segundo estimativas do Prodes 2015, dos 5.831 km<sup>2</sup> do desmatamento da Amazônia Legal, cerca de 32% estão localizados no Estado do Pará (INPE, 2016a). Segundo a última publicação dos dados do TerraClass de 2012, mais de 60% das áreas alteradas no Estado do Pará são ocupadas por atividade agropecuária; 24,81% são de vegetação secundária e 8,43% são mosaicos de ocupações (INPE, 2012). Para minimizar os efeitos dessa intensificação dos processos antrópicos sobre o ambiente amazônico, torna-se imperativo uma reflexão interdisciplinar e integrada como estratégia para encontrar novas formas de gestão e governança (BECKER, 2010).

Essa é a base para a discussão da sustentabilidade, um conceito amplo no qual, até o momento, a forma tradicional de medi-lo e avaliá-lo é por meio de Indicadores de Desenvolvimento da Sustentabilidade (IDS). Os IDS são mensurados e avaliados por métodos estatísticos e matemáticos, que evidenciam características, padrões de desenvolvimento, de acordo com o objetivo do estudo aplicado (VEIGA, 2010). Se o “onde” é importante na avaliação do desenvolvimento, então os IDS podem também ser alocados em uma base territorial, por terem uma localização geográfica, tornando-os um instrumental basilar para a gestão.

A forma mais adequada para espacializar esses dados é a partir do uso de técnicas de Geoprocessamento ou Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Trata-se de um conjunto de dispositivos computacionais construídos por formulações matemáticas e estatísticas para o tratamento analítico de fenômenos geográficos que

evoluem no tempo e no espaço (BRIASSOULIS, 2000). Permitem integrar, consultar, recuperar e visualizar os dados espaciais provenientes de diferentes fontes e formatos. Este processo de simplificação do real para um ambiente computacional é denominado de “modelagem de dados geográficos” (AGUIAR et al., 2014; CARNEIRO, 2006).

Este estudo aplicou técnicas de Geoprocessamento na análise de indicadores socioeconômicos e ambientais para avaliar as diferenças intramunicipais em nível de desenvolvimento na produção de palma de óleo no Estado do Pará, como base paradiscutir as implicações no planejamento de territórios sustentáveis da dendeicultura na Amazônia. Acredita-se que conhecer as áreas caracterizadas como mais ou menos sustentáveis pode contribuir na identificação dos gargalos de desenvolvimento regional. Tal mapeamento pode direcionar políticas públicas e a tomada de decisão para minimizar as desigualdades espaciais no território.

## **4.2 O TERRITÓRIO COMO DIMENSÃO DA SUSTENTABILIDADE**

O território não é um espaço concreto em si, mas um espaço físico apropriado por um grupo social, portanto é sinônimo de espaço humano e habitado, isto é, apropriado por um grupo social que, a partir da interação entre o sistema de objeto e o sistema de ações, auxilia na compreensão dos processos de transformação da natureza pela sociedade (SANTOS, 2011a; SILVEIRA, 1997).

Os sistemas de objetos referem-se às relações sociais, ao desenvolvimento das técnicas que condicionam a forma como se dão as ações; enquanto o sistema de ações auxilia na compreensão dos processos de transformação da natureza pela sociedade ao longo do tempo (a causação original) e no presente (funcionamento e atual significado na criação de objetos novos ou na realização de objetos preexistentes). Ambos atuam na configuração da base territorial (SANTOS, 2008; 2006).

A identidade sócio-cultural se manifesta a partir do valor simbólico e subjetivo do espaço, isto é, o território como produto de uma apropriação feita pelo imaginário e/ou identidade social. A criação de normas jurídico-política e econômica ocorre, principalmente, com o controle e ação do Estado. Esta flexibilização do conceito de território mostra o quanto essa discussão é polissêmica, passível a múltiplas interpretações e significados (HAESBAERT, 2004). Contudo, sempre diz respeito às relações de poder entre os homens e entre estes e seu espaço (ROCHA 2014, p. 463), ou seja, o “território usado” que inclui todos os atores e não apenas o Estado.

Esses sistemas de objetos e ações podem ser captadas, por exemplo, pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Neste ambiente computacional assume a denominação de modelagem conceitual orientada-a-objetos, que estabelece uma correspondência entre o mundo real e sua representação computacional (CÂMARA; MEDEIROS, 1999). Têm ampla empregabilidade nas ações de planejamento, ordenação e monitoramento do espaço. Identificar, medir, avaliar e monitorar as características socioeconômicas e ambientais do espaço são fundamentais para a gestão territorial e a tomada de decisão (PEREIRA et al. 2009). Neste trabalho, nos propomos avaliar o índice de desenvolvimento no polo do dendê a partir da espacialização de indicadores de desenvolvimento. A perspectiva é utilizar esses dados em estudos de cenários futuros.

#### 4.2.1 Territórios Sustentáveis (TS)

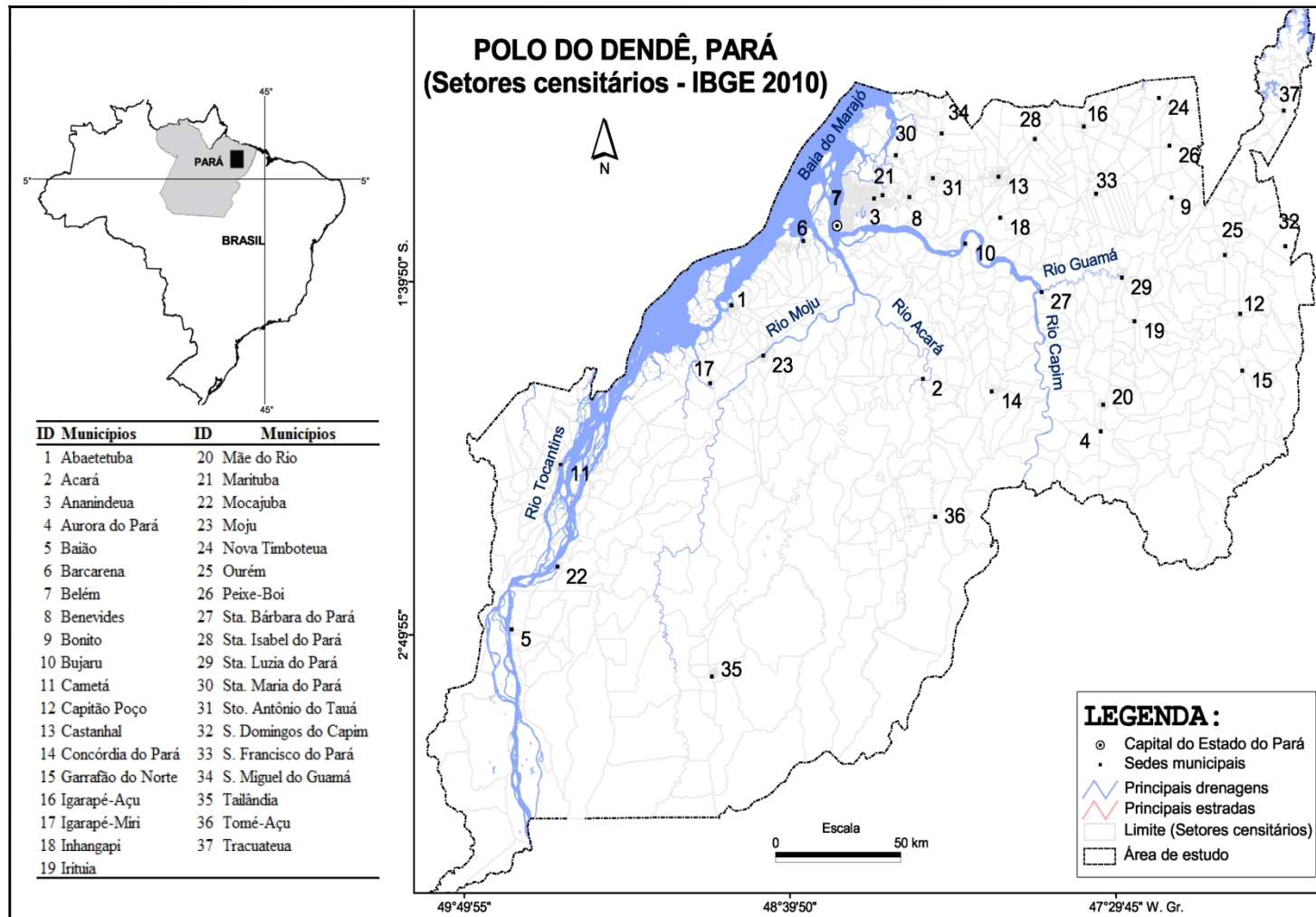
Na Amazônia, ações estratégicas têm sido elaboradas para melhorar a gestão territorial e evitar a perda da biodiversidade, tal como a proposta de Territórios Sustentáveis, “mosaicos de usos da terra complementares gerenciados de forma integrada, que permitam conservar a biodiversidade e manter tanto a dinâmica dos processos ecológicos como a dinâmica socioeconômica de um determinado território” (VIEIRA et al. 2005, p. 160). Isto significa que no momento atual, há uma incessante busca de propostas de reorganização territorial por diferentes segmentos da sociedade (governo, setor privado, organizações civis e academia), aliada às premissas da sustentabilidade. Isto requer uma abordagem interdisciplinar e o apoio de metodologias técnico-científicas capazes de dar suporte às novas políticas públicas para a Amazônia; criando, assim, condições a um desenvolvimento sustentável (VIEIRA et al., 2005).

### 4.3 METODOLOGIA

#### 4.3.1 Área de estudo

A área de estudo possui uma extensão de aproximadamente 59.600 km<sup>2</sup>, formada por trinta e sete (37) municípios autônomos, subdivididos em 3.639 setores censitários localizados no Estado do Pará (IBGE, 2010) (Figura 4.1).

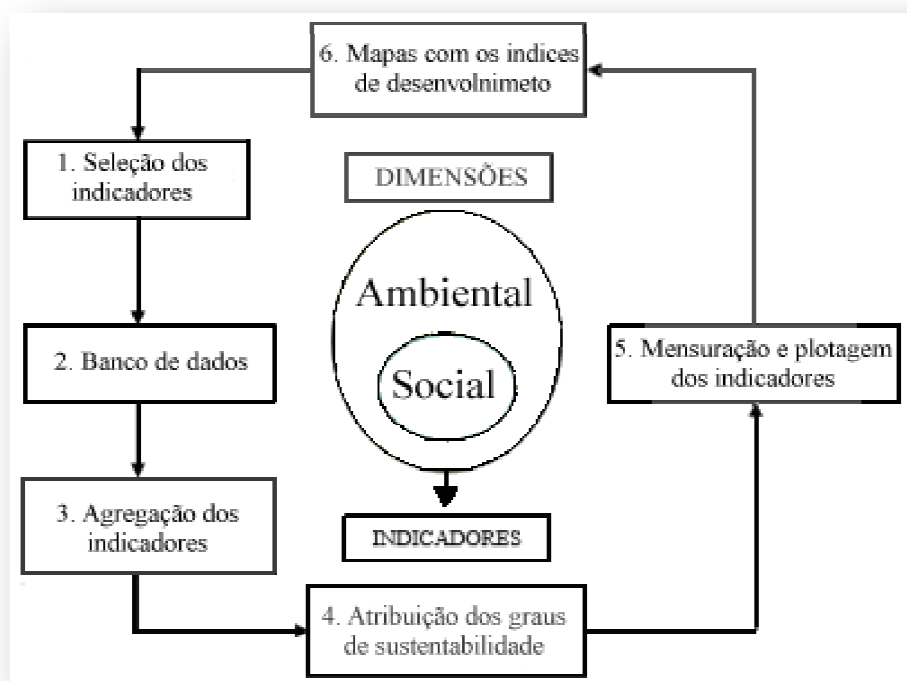
**Figura 4.1.** Área de estudo: polo de produção de palma de óleo, Pará.



### 4.3.2 Procedimentos metodológicos

A espacialização dos índices de sustentabilidade seguiu a metodologia de Guerreiro (2004) por ser adequada para análises intramunicipais ao utilizar os setores censitários como unidade territorial de análises. Os passos da pesquisa é representada na figura 4.2.

**Figura 4.2.** Etapas da pesquisa.



Fonte: Adaptado de IUCN (1999).

#### *Seleção dos indicadores*

Para definir os indicadores que foram utilizados nesta análise foi necessária, inicialmente, a identificação dos principais grupos sociais e seus respectivos interesses e conflitos:

a) Estado (Governo):

Estão inclusas nesta classe as instituições e a infraestrutura nas escalas federal, estadual e municipal. O interesse é consolidar a implantação da dendeicultura na Amazônia, por meio das seguintes ações: (i) atração de investidores (empresas ligadas à bioenergia) com a distribuição de incentivos fiscais e infraestrutura para a implantação dessas empresas; (ii) estudos de levantamento sócio-econômico e ambiental (ZAE dendê), com o fim de indicar as áreas potenciais para o cultivo e onde estão distribuídas; (iii) disponibilidade de linhas de crédito (Eco-dendê; Pronaf eco), para incentivar a adesão da agricultura familiar; (iv) a

regularização das terras na Amazônia, forte e bem articulada. Conflitos são gerados pela baixa capacidade de fiscalização do uso da terra;

b) Empresas ligadas à dendeicultura:

Estão inclusas nesta categoria não só as empresas ligadas à cadeia de bioenergia, mas também as empresas alimentícias. Sendo o principal interesse desse grupo o ganho econômico, procuram, então, os melhores preços de terras e o menor custo com encargos trabalhistas. A situação conflitante surge das dificuldades em obedecer à legislação ambiental, em bancar os custos de implantação de projetos incluindo a agricultura familiar e na contratação de um grande número de mão-de-obra.

c) Agricultura familiar

Esta classe é formada por famílias camponesas organizadas em Assentamentos rurais ou não. Há uma forte adesão da agricultura familiar ao plantio de dendezeiros em suas áreas e bons resultados têm sido observados no município de Moju. Contudo, essa parceria (agricultura de contrato) com as empresas deixa o pequeno agricultor imobilizado com a produção exclusiva do dendê por aproximadamente 25 anos o que pode colocar em risco a segurança alimentar, pois desvaloriza as atividades tradicionais de subsistência, condição que pode favorecer à especulação de terras.

d) Áreas de usos especiais

Estão incluídas nesta classe as Terras Indígenas (TI) e as Áreas de Quilombos. Grupos sociais coexistem nessas áreas, mas não há qualquer indicação de como serão resguardadas suas terras, nem os impactos em seus modos de vida tradicional. Há, sem dúvida, o risco de empobrecimento e marginalização dessas comunidades. Segundo Almeida (2012), cerca de 90% dessas terras não estão regularizadas, portanto tornam-se passíveis de processo de conversão de usos, o que intensifica o processo de expropriação pelo Estado e pela atividade privada.

e) Sociedade

Estão inclusos nesta classe a sociedade organizada e os grupos científicos da região que têm refletido sobre o tema, apontando as falhas do programa do biodiesel. Não se trata de ser contra o programa, mas a oportunidade de debater os aspectos da implantação da dendeicultura na Amazônia, os quais precisam ser refletidos e ajustados à meta previamente estabelecida: o desenvolvimento sustentável na região.

A representação espacial desses diferentes atores sociais e respectivos conflitos utilizou oito indicadores divididos em duas dimensões: a Ambiental (aspectos biofísicos) e a Social (aspectos socioeconômicos), tendo-se o cuidado para não incluir aqueles que duplicassem a informação analisada. Van Bellen (2006), considera esse número de indicadores apropriado, já que foram avaliados 37 municípios que, em conjunto, possuem 3.639 setores censitários; adicionalmente, considerou-se também a relevância que cada indicador desempenha na compreensão da dinâmica regional, na



política do biodiesel, na disponibilidade da informação e na capacidade de espacialização em nível de setor censitário.

#### *Banco de dados*

O banco de dados foi criado no *software* TerraView 4.2.2 (INPE, 2015a) para representá-los graficamente em forma de mapas, utilizando-se o *Quantum Gis* 2.14.1 (QGIS,2015).

Dos indicadores ambientais, utilizaram-se os dados de desflorestamento, já que a área de estudo está no “Arco do desmatamento”, cujo processo de ocupação é consolidado e a cobertura vegetal é altamente fragmentada (DOMINGUES; BERMANN, 2012); o Cadastro Ambiental Rural – CAR (SEMAS, 2015), além das áreas de uso especial (Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Áreas de Quilombos) (MMA, 2012); e o lixo jogado nos rios (IBGE, 2010).

Dos indicadores sociais, utilizaram-se a “linha da pobreza”, por fazer parteda política pública nacional para reduzir as desigualdades sociais no Brasil (IPEA, 2013); do IBGE (2010), considerou-se onúmero de domicílios sem energia elétrica e banheiro sanitário - para avaliar as condições de infraestrutura e qualidade de vida, o nível de escolaridade e o número de responsáveis analfabetos (IBGE, 2010).

Além das informações ambientais e socioeconômicas, foram adicionadas ao banco de dados a malha digital dos setores censitários, o limite político-administrativo, as principais drenagens e estradas, as sedes municipais obtidas do IBGE (2010); as áreas de dendezeiros (LAMEIRA et al., 2015b) e a localização das empresas de dendezeiros (LAMEIRA et al. 2015 a, b; NAHUM, SANTOS 2015b).

#### *Agregação dos indicadores*

Os atributos das variáveis que formam os indicadores ambientais e sociais foram agregados à malha digital dos 3.639 setores censitários, no programa TerraView 4.2.0. Para isto foi necessário fazer uma edição de tabelas a partir do uso dos atributos (junção e relação entre tabelas - *join*). A condição necessária é que estas tabelas possuam pelo menos um campo comum (ID) com valores idênticos para associar às informações aos polígonos dos setores censitários.

Entende-se por setor censitário a menor unidade territorial de coleta das operações censitárias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tal

recorte espacial é considerado operacional porque possui limites físicos identificados em áreas contínuas, que obedecem à divisão político-administrativa territorial do Brasil; permitindo, assim, a autonomia das júdises municipais na tomada de decisões ligadas à gestão, planejamento e controle no polo do dendê.

Essa etapa correspondeu à avaliação individual de cada indicador por setor censitário, mediante a adaptação da metodologia do Barômetro da Sustentabilidade - BS (LAMEIRA et al., 2015a) para valorar os desempenhos de sustentabilidade.

#### *Atribuição dos graus de desempenho*

A definição das escalas de desempenho dos indicadores ambientais foi definida com base no Código florestal (BRASIL, 2012), no Cadastro Ambiental Rural – CAR (SEMAS, 2015), nas áreas de floresta desmatadas (INPE, 2014), nas áreas de uso especial (inclusas nesta classe as Unidades de Conservação – UC; Terras Indígenas – TI e as áreas de quilombo) (MMA, 2012) e no lixo jogado em rio, (IBGE, 2010). Os indicadores sociais tiveram como orientação os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), por serem compromissos assumidos internacionalmente pelo Brasil para reduzir as desigualdades sociais e erradicar a pobreza extrema no território nacional até 2015.

Optou-se pelo BS para valorar a sustentabilidade por ser uma ferramenta flexível e de fácil compreensão para os tomadores de decisão, bem como por sua capacidade de combinar um grande número de variáveis em duas dimensões: o Bem-Estar Ecológico (ambiental) e o Bem-Estar Humano (social), que podem ser representadas graficamente, facilitando a interpretação (MARCHAND; Le TORNEAU, 2014).

Neste estudo, diferentemente do BS que possui cinco escalas de desempenho (KRONENBERG et al., 2008), foram adotados apenas três graus de desempenho: o insustentável (-1); o intermediário (0); e o sustentável (1). A atribuição desses desempenhos foram definidas com base nos valores reais encontrados para o Estado do Pará, as regras estabelecidas em lei e a discussão em grupo (Grupo de trabalho de indicadores – GT indicadores, do INCT Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi).

Assim, o valor (-1) é o nível mais crítico, representando um baixo desempenho (insustentável); o (0) indica um valor regular (intermediário), próximo à média do valor

de referência (Estado do Pará); e (1) representa o melhor desempenho (sustentável), superior à média do Estado (Quadro 4.1).

**Quadro 4.1.** Relação dos indicadores sociais e ambientais.

Indicadores		Fontes	Valor de referência Pará (Média)	Parâmetros	Índices de desempenho
Social	Linha da pobreza (%)	IBGE 2010	38,67%	Considerou-se como sustentável a erradicação da pobreza (ODM, 2013).	(-1): > 20,00% (0): 10,01 - 20,00% (1): 0,0 - 10,00%
	Domicílios sem energia elétrica (%)		20,97%	Considerou-se sustentável uma cobertura de 100% a esses serviços (ODM, 2013).	(-1): > 30,00% (0): 10,01 - 30,00% (1): 0,00 - 10,00%
	Domicílios sem banheiros (%)		21,8%		(-1): > 20,00% (0): 10,01 - 20,00% (1): 0,0 - 10,00%
	Nº de responsáveis analfabetos (%)		11,7%	Considerou-se como sustentável a erradicação do analfabetismo (ODM, 2013).	
Ambiental	Desmatamento total até 2014 (Área - %)	INPE 2016a	37,65%	Considerou-se o Código Florestal (Lei 12.651/2012).	(-1): > 50,00% (0): 20,01 - 50,00% (1): 0,00 - 20,00%
	Cadastro Ambiental Rural – CAR (área - %)	SEMAS 2015	50%	Considerou-se como sustentável o setor censitário com > 80% de CAR definitivo (MMA 2012).	(1): > 80,00% (0): 50,01 - 80,00% (-1): 0,00 - 50,00%
	Áreas especiais (Área - %)	MMA 2012	68,53%	Considerou-se que as áreas com > 50% é sustentável e < 20% uma perda significativa da biodiversidade, portanto insustentável..	(-1): < 20% (0): 20,00 - 70,00% (1): > 70%
	Lixo jogado em rios (nº domicílios - %)	IBGE 2010	21,8%	Considerou-se como sustentável os domicílios com 100% de coleta de lixo.	(-1): > 25% (0): 10,01 - 25,00% (1): 0,0 - 10,00%

Fonte: Organização do autor, (2016).

Convém esclarecer que ainda não é possível avaliar o impacto da dendecultura no padrão de desenvolvimento do polo do dendê, pois seria necessário ter a disponibilidade de uma série histórica de dados de aproximadamente dez (10) anos. Sendo assim, esta é uma avaliação *ex antes* dos índices de desenvolvimento ligado à dendecultura

#### *Espacialização dos indicadores*

Na agregação espacial dos dados, foi atribuído um número identificador (ID) a cada um dos setores censitários. A seguir, os dados (setores censitários e indicadores) foram convertidos para *Grid* (grade regular), sendo possível a agregação espacial por álgebra de mapas (operações realizadas célula a célula), comparando e integrando as informações de diferentes fontes e formatos.

Grid é uma representação geométrica de uma grade regular que proporciona uma cobertura homogênea do terreno. Trata-se de um modelo matricial (ou raster) do terreno em forma de uma matriz  $M(i, j)$ , composta por  $i$  colunas e  $j$  linhas, que definem a célula (grade regular). As células constituem uma partição da área de estudo e a cada uma delas é associado o valor de um atributo.

Após alguns testes, optou-se pela resolução de 30x30m de tamanho das células, pois a menor dentre os setores censitários é de 1,02 km<sup>2</sup>. A seguir, foi utilizado o operador *Field Calculator* na operação da soma, para agregar os indicadores ambientais e os sociais. Esse procedimento foi realizado no ArcGis 10.1.

#### *Os mapas com os índices de desempenho*

A representação gráfica em forma de mapa é sempre uma nova demanda a ser resolvida e deve responder a algumas questões básicas como: O quê? Quando? Como ocorre determinado fenômeno geográfico (MARTINELLI, 2010). Para entender os índices de sustentabilidade e a sua relação com as áreas com plantios de dendezeiros, foram elaborados dois conjuntos de mapas: os analíticos e os de síntese. Trata-se de um método eficaz para expressar a seletividade, a distinção, o agrupamento dos indicadores, bem como as unidades espaciais dos índices de Sustentabilidade formando grupos de ocorrências semelhantes.

As informações descritas em nível analítico foram representadas em um mapa para cada um dos indicadores (ambientais e sociais), somando um total de oito mapas com o objetivo de transmitir uma visualização condizente com as características, formas e manifestação dos indicadores na área de estudo.

Os mapas de síntese são elaborados a partir da fusão dos seus elementos constitutivos (mapas analíticos) em “tipos” por superposição das informações, criando agrupamentos ou unidades espaciais da área de estudo (MARTINELLI 2010, p. 90).

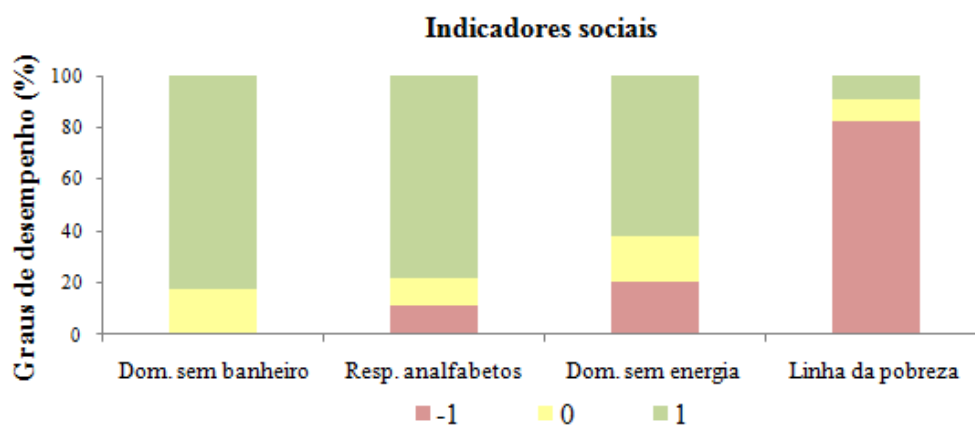
Neste estudo, foram elaborados dois mapas de síntese: o primeiro com a representação dos indicadores ambientais e socioeconômicos e o segundo com a integração dos índices de sustentabilidade em relação à localização das áreas com cultivos de dendezeiros e respectivas empresas atuantes. Ambos, necessários para alcançar o raciocínio de síntese neste estudo.

#### **4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### 4.4.1 Desempenho dos indicadores sociais e ambientais

Na dimensão social, houve predomínio do desempenho sustentável (1) em aproximadamente 70% da área de estudo, com exceção do indicador “Linha da pobreza”, no qual o desempenho predominante foi o insustentável (- 1) em mais de 80% da área. Desse conjunto de indicadores, “Responsáveis Analfabetos” foi o que apresentou o melhor desempenho (Figura 4.3).

**Figura 4.3.** Graus de desempenho para quatro indicadores sociais no polo do dendê, Pará.



Fonte: Organização dos autores (2016).

O Estado do Pará possui 38,67% da população abaixo da “Linha da pobreza” (IBGE, 2010), sendo considerado um dos piores desempenhos do território brasileiro. Tal informação tem sido amplamente empregada no programa junto ao Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS). No polo do dendê, 82,74% da área de estudo está abaixo da linha da pobreza, ou seja, vive com menos de R\$ 70,00 mensais, evidenciando que a distribuição da renda na área de estudo é irregular.

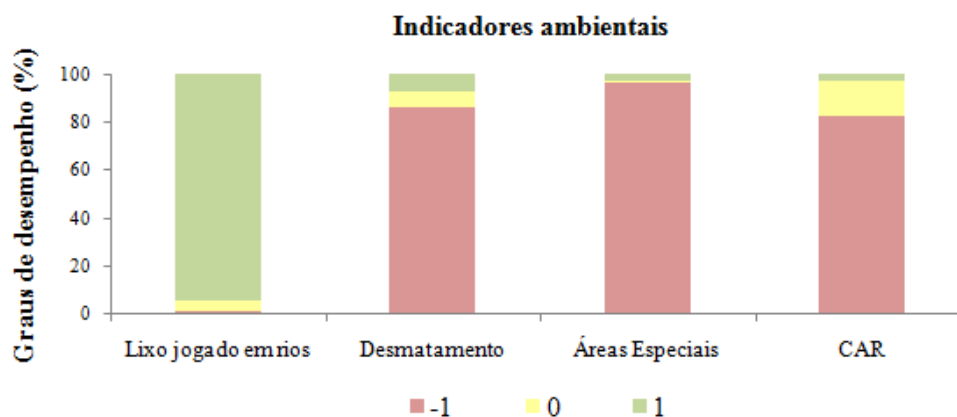
O bom desempenho do indicador “Responsáveis Analfabetos” segue o padrão dos índices de analfabetismo no Brasil, que tem diminuído gradativamente desde 2001, graças ao Plano Nacional de Educação (PNE). No polo do dendê, em cerca de 78% da área de estudo, os responsáveis são alfabetizados e, em pouco mais de 10%, são analfabetos.

As condições de infraestrutura avaliada pelos indicadores “Domicílios sem energia elétrica” e “Domicílios sem Banheiro” revelam que cerca de 99,7% da população brasileira têm iluminação elétrica e 63,5% possuem rede de esgoto e coleta de lixo apropriada (PNAD, 2015). Tais resultados diferem um pouco dos encontrados

na área de estudo, na qual existe a necessidade de ampliar-se a rede de distribuição elétrica e ainda há pessoas que vivem sem as condições mínimas de infraestrutura, como banheiro e coleta de lixo apropriada. Segundo dados do PNAD (2015), a Região Norte é a que possui as piores médias (21,2%).

Na dimensão ambiental, em ordem crescente de desenvolvimento, observa-se que, nos indicadores ambientais, há o predomínio do padrão crítico (-1) em mais de 80% dos indicadores Desmatamento, áreas especiais e CAR. A exceção foi o indicador “Domicílios que jogam lixo em rios”, que tem desempenho sustentável (1) em mais de 90% do polo do dendê. Dos quatro indicadores da dimensão ambiental, o pior desempenho foi obtido com o indicador “Áreas especiais” (Figura 4.4).

**Figura 4.4.** Graus de desempenho para quatro indicadores ambientais no polo do dendê, Pará.



Fonte: Organização do autor (2016).

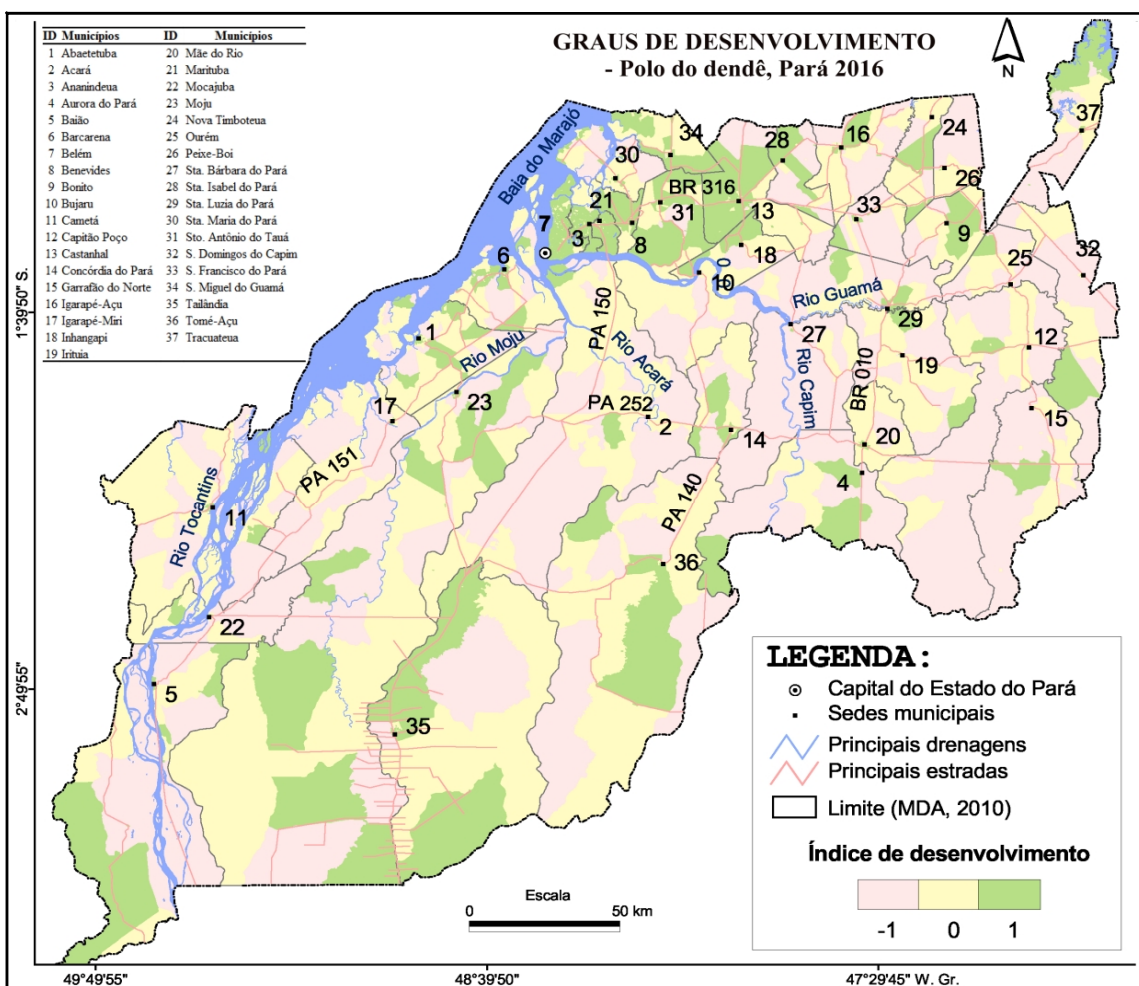
Esse resultado está relacionado com o fato de que a área em questão possui mais de 150 anos de ocupação, portanto bastante fragmentada, além de haver poucas áreas protegidas. Esse histórico de ocupação reforça a necessidade de manter as florestas secundárias avançadas em pé e incentivar o aumento das áreas com CAR, para regularizar as formas de ocupação e a recuperação das áreas de APP às margens dos rios, formando corredores ecológicos como estratégia para melhorar as condições de desenvolvimento ambiental (CARDOSO et al. 2014; ALMEIDA, VIEIRA, 2014).

Quanto ao desempenho do indicador “lixo jogado em rios”, como a maioria dos municípios são principalmente rurais, os piores desempenhos foram observados em áreas urbanas.

#### 4.4.2 Análise espacial dos graus de desenvolvimento no polo do dendê, Pará

Quando analisados em conjunto os índices de sustentabilidade dos indicadores ambientais e sociais por setores censitários (Figura 4.5), observa-se que o desempenho crítico (-1) ocorre na maior parte do polo do dendê (43,946%- 26.203 km<sup>2</sup>), estando 37,49% (22.415 km<sup>2</sup>) em nível regular (0) e apenas 18,46% (11.009 km<sup>2</sup>) em condições sustentáveis (1).

**Figura 4.5.** Representação espacial dos índices de desenvolvimento ambiental por setor censitário no polo do dendê, Pará - 2016.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

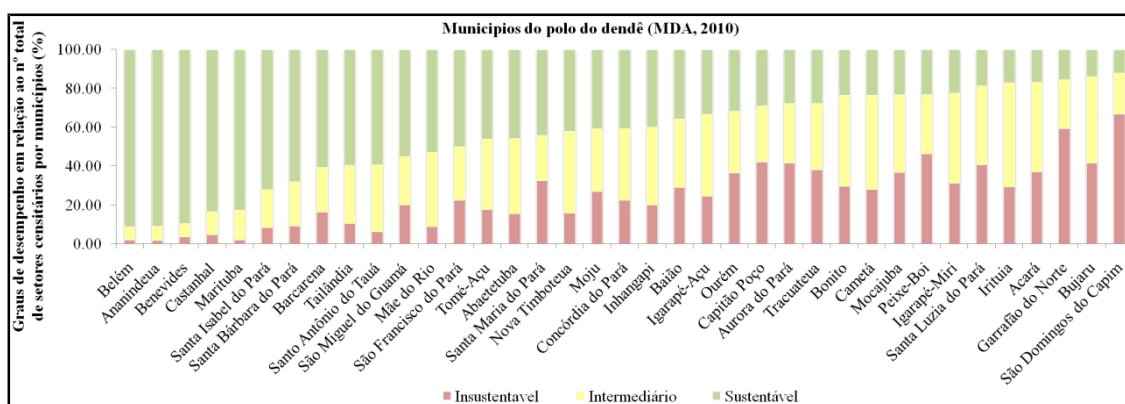
Os melhores padrões de desenvolvimento, com mais de 80% dos setores censitários em condições “sustentáveis” (1) em relação à média do Estado, foram observados em cinco municípios: Belém (1207 setores: 91,2%), Ananindeua (445 setores: 90,8%), Benevides (51 setores: 89,5%), Castanhal (161 setores: 84,4%) e Marituba, (91 setores: 82,7%). Destacam-se também os municípios de Santa Isabel (44

setores: 72,1 %), Santa Bárbara do Pará (15 setores: 68,2 %), e Barcarena (63 setores: 60,6 %), com aproximadamente 60% a 70% dos setores em condições sustentáveis.

De acordo com o IPEA (2013), a maioria desses municípios com bom desempenho formam a Área Metropolitana de Belém (AMB), o que demonstra um certo favorecimento das áreas mais urbanizadas, posto que dispõem de um maior número de equipamentos urbanos e condições de infraestrutura, se comparadas com as áreas rurais com expressiva dificuldade de acesso a esses serviços e menor oportunidades de trabalho.

Em geral, todos os municípios do “Polo do Dendê” possuem setores censitários em condições críticas, sendo que os piores casos foram observados nos municípios de São Domingos do Capim (22 setores: 66,7%) e Garrafão do Norte (19 setores: 59,4%). Nos demais municípios, os padrões crítico e intermediário aparecem quase na mesma proporção (Figura 4.6).

**Figura 4.6.** Análise dos setores censitários por município em relação aos índices de desempenho de sustentabilidade no polo do dendê, Pará



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2016).

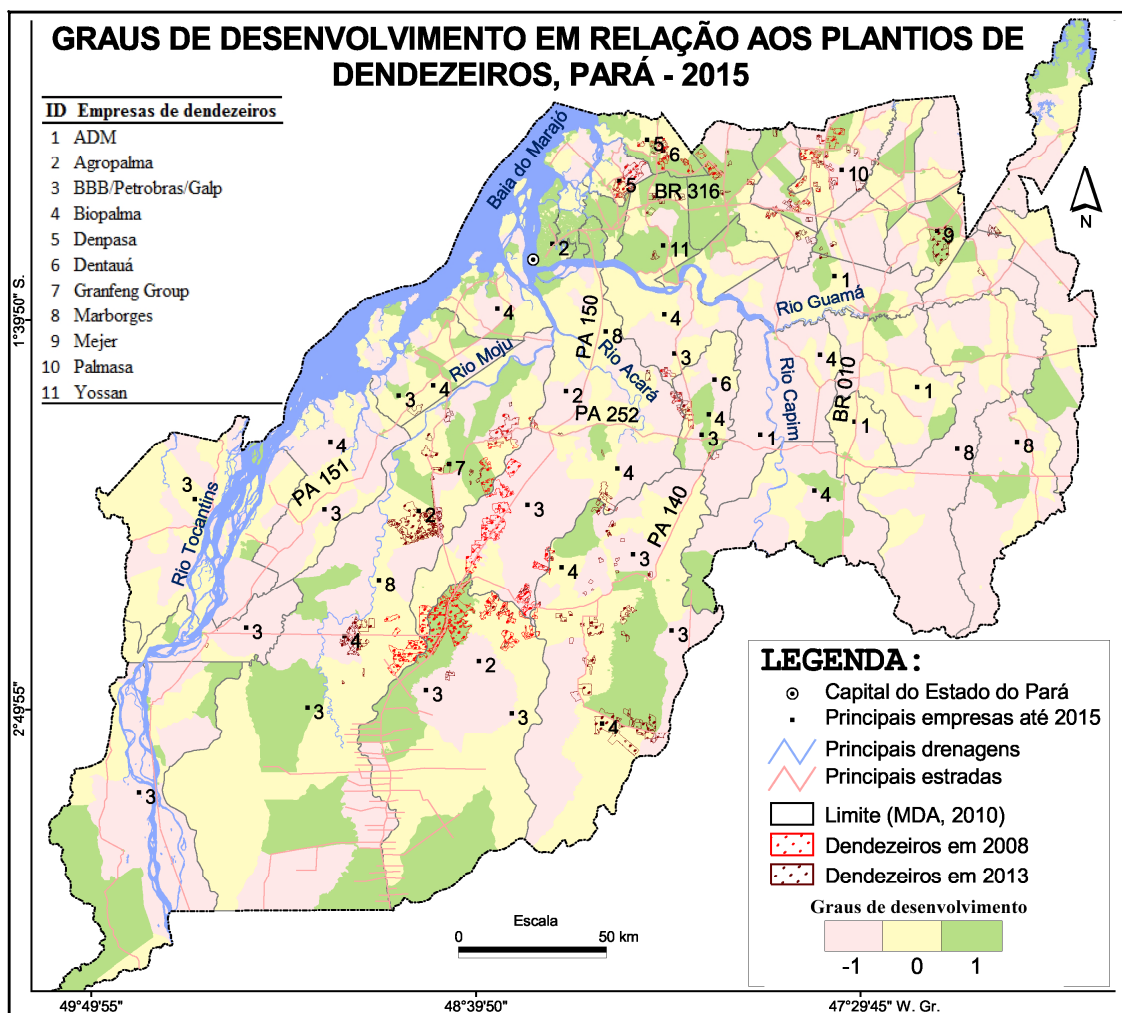
Os índices de desempenho do polo do dendê, quando comparados com as áreas recentes de plantios de dendezeiros até 2013 (LAMEIRA et al., 2015b), mostram que os cultivos estão implantados, principalmente, nos setores censitários com padrão de desenvolvimento intermediário (44,47%), ou seja, que possuem padrão de desenvolvimento similar à média estadual, seguidos dos setores censitários com padrões críticos (28,51%) e dos com bom desempenho (27,02%).

Em relação à presença de empresas de dendezeiros na área de estudo, observa-se que as três companhias dendeícolas na região (Agropalma - 2, BBB/Petrobras/Galp -



3 e a Biopalma – 4) possuem plantios localizados, principalmente, nos setores censitários com desempenho crítico, enquanto a Granfeng group, Yossam e Mejer preferem áreas com alto desempenho (1), (Figura 4.7).

**Figura 4.7.** Graus de desempenho em relação aos plantios de dendzeiros – 2016.



Fonte: Organização do autor (2016).

Embora todo o “polo do dendê”, no Pará seja considerado uma área que apresente as melhores condições edafoclimáticas para o cultivo da palma de óleo, a distribuição desses cultivos não é regular. Em geral estão concentrados às imediações da PA 150, onde a expansão da dendecultura tem padrão intensificado. Outro local preferencial é às imediações da região metropolitana de Belém, indicando a tendência de uma expansão moderada. Na região do Baixo Tocantins (Mocajuba, Cameté e Igarapé-Mirim e Baião) e em parte da região sudeste do polo do dendê (Capitão Poço, Irituia e Mãe do Rio), a expansão é quase inexistente.

Em uma rápida avaliação temporal dos cultivos de dendzeiros em relação às principais empresas instaladas na região (LAMEIRA et al., 2015b), observa-se que os plantios antigos (até 2008) foram realizados, principalmente, em áreas com ocupação consolidada, às proximidades da capital do Estado, portanto com boas condições de desempenho, se comparadas com as dos demais áreas dos municípios, enquanto os novos cultivos (até 2013) foram implantados em áreas com diferentes padrões de sustentabilidade.

Essa distribuição dos plantios de dendzeiros em relação aos índices de desenvolvimento do polo do dendê revelam que as grandes empresas preferem instalar-se em locais em que, possivelmente, o valor da terra é menor. O investimento na aquisição de uma grande quantidade de áreas ocorre a preços baixos e há melhores condições para a criação da infraestrutura necessária à preparação da terra destinada aos plantios e à escoação da produção, tal como é observado em Tomé-Açu e no Acará. As empresas de menor porte preferem áreas mais consolidadas com boas condições de infraestrutura, pois terão que fazer menos investimentos para tratar a terra, conseguir mão-de-obra e escoar a produção.

#### **4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O pacto territorial da dendecultura (política nacional dos biocombustíveis) no Estado do Pará é resultado, principalmente, das ações conjuntas entre o Estado e a iniciativa privada. O Estado com a disponibilização de créditos para o pequeno produtor e para as empresas, além da concessão de incentivos fiscais e redução das taxas tributárias, a serem empregadas como capital de investimento. As empresas com a criação de frentes de trabalho e geração de capital, ao comercializarem a produção. Ambas as ações ainda não conseguiram consolidar a matriz do biodiesel na região, uma vez que a maior parte da produção segue para o setor de alimentos. Quanto às famílias camponesas com tradição em pequenos cultivos agroflorestais, os representantes indígenas e os quilombolas têm participado secundariamente desse debate.

Essas diferentes territorialidades permitem afirmar que a dendecultura no Pará é um pacto funcional, pois, até o momento, não contempla igualmente todos os atores sociais existentes. Conhecer as áreas críticas e as demandas prioritárias em termos de preservação ambiental e de condições de infraestrutura é o desejável, para ajustar os descompassos da expansão dos dendzeiros no Estado.

## 5 CENÁRIO SUSTENTÁVEL SIMPLIFICADO DE EXPANSÃO DA DENDEICULTURA NO PARÁ: Fatores determinantes e atores sociais

### RESUMO

Este trabalho descreve os resultados da aplicação do arcabouço ferramental do LuccME para avaliar a expansão da dendeicultura no Estado do Pará até 2025. Trata-se de um modelo exploratório simplificado construído a partir de quatro premissas consideradas “sustentáveis” para discutir as implicações da política do biodiesel na vida dos diferentes grupos sociais que coexistem no área de estudo. Foram utilizadas variáveis independentes (ambientais e sociais) e dependentes (cobertura e uso da terra). Os fatores determinantes da expansão da dendeicultura foram identificados por análise estatística (regressão linear simples). A validação do modelo empregou o método multiresolução. O resultado mostrou que na janela 1 x 1 *pixel* o percentual de acerto foi de 0.76% e, na janela 10 x 10 *pixels*, este valor foi de 0.90%, ambos considerados satisfatórios. O cenário de expansão da dendeicultura 2025 indica que haverá cerca de 2.110 km<sup>2</sup>, um aumento de aproximadamente 244%.

**Palavras-chave:** Amazônia. Dendeicultura. Modelagem. Mudança de uso da terra.

### ABSTRACT

This work describes the results of the LuccME framework which predicts the expansion of oil palm in Pará state up to 2025. It is an exploratory model, (i.e. a simulation exercise) to analyze the implications of public policies in the oil palm growing regions of Pará state (Amazonian Brazil). The methodology was developed on the platform LuccME - an extension of TerraMe employed in land cover and land use change models. A spatial database was developed (with cells of 1 x 1 km) and sixteen independent variables (environmental and social), were used to model the dependent variables of land use and land cover (forest, secondary vegetation, agriculture, palm oil and other). Our models of oil palm expansion in Pará exhibited 0.76% accuracy in a 1 x 1 pixel window, increasing to 0.90% in a 10 x 10 pixels model, both of which are considered satisfactory. The expansion scenario for oil palm by 2025 indicates that will be about 2,110 square kilometers of new oil palm plantations, an increase of approximately 244%.

**Palavras-chave:** Palm culture. Modeling. Land use change. Amazon.

## 5.1 INTRODUÇÃO

O período de 1965 a 1985 representou, para a Amazônia, a criação efetiva da malha programada (BECKER, 1999), ou seja, a implantação de uma rede de integração espacial onde foram criados os eixos viários, os subsídios ao fluxo de capital, a indução dos fluxos migratórios para o povoamento e formação de um mercado de mão-de-obra local, as linhas de crédito e a superposição de territórios federais sobre os estaduais para exercer jurisdição direta na região.

Esse projeto geopolítico foi garantido com a criação de instituições administrativas que asseguraram o poder do Estado, a efetiva ocupação física da região e o controle do território, alterando significativamente o padrão e as formas de uso da terra, sobretudo ao longo das rodovias, que passaram a separar grandes extensões florestais (SOARES-FILHO et al., 2005). O esgotamento dessa política desenvolvimentista na Amazônia ocorreu na década de 1990 (BECKER, 2001).

As consequências de tal política empreendida pelo Estado podem ser percebidas com a aceleração do processo de urbanização e o adensamento das estradas em áreas de floresta, gerando o grande arco do desmatamento, uma grande faixa de degradação ambiental que se estende do nordeste do Estado do Pará ao leste do Estado do Acre (ALVES et al., 2009).

Os agravos ambientais relativos à degradação ambiental sobre a biodiversidade e outros serviços ambientais resultantes dessa política na Amazônia foram divulgados por Malhi et al., (2009); Soares-Filho et al., (2008); Nobre et al., (2007), entre outros. Isso favoreceu a pressão dos movimentos ambientalistas e a resistência dos movimentos sociais que culminaram com a criação da malha socioambiental como estratégia para solucionar a intensificação das mudanças ambientais causadas por processos antrópicos (BECKER, 2013).

Há mudanças nas metas das políticas públicas, que passam a buscar um desenvolvimento regional apoiado nas premissas da sustentabilidade. Gradativamente, a biodiversidade se torna a menina dos olhos da Ciência através da codificação da vida, abrindo novas fronteiras na Biologia, que passaram a fazer parte dos novos programas e projetos idealizados para a Amazônia (BECKER, 2013), tal como o Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras (PP-G7) em 1991, o Projeto de Grande Escala da Biosfera e Atmosfera da Amazônia (LBA) em 1998; o Programa Brasileiro de Ecologia Molecular da Biodiversidade Amazônica (PROBEM) em 2002.

Segundo Becker (2010), duas abordagens passam a ser adotadas nas estratégias de desenvolvimento regional. A primeira é uma proposta preservacionista com foco nos Biomas (Ex. Redução por Desflorestamento e Degradação – REED, em que se faz um pagamento para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>; usufruindo, assim, do mercado de Carbono). A segunda é uma proposta produtiva voltada não apenas à conservação, mas ao desenvolvimento do agronegócio no Brasil, para agregar valor à produção local de acordo com o potencial produtivo.

Tal proposta de desenvolvimento segue a orientação do Zoneamento Econômico Ecológico regional, pois considera as formas de apropriação e as características biofísicas ao definir as atividades econômicas mais apropriadas para cada região. Esta forma de organização territorial com base nos estudos de ZEE é observada com a criação do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB) em 2004 e do Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma (PPSOP) em 2010.

Tal mobilização tem promovido uma rápida expansão da dendeicultura na região, em especial no Estado do Pará, que, em 2013, possuía cerca de 54 mil hectares ocupados com dendezeiros, dos quais cerca de 95% estavam concentrados no denominado “polo do dendê”, localizado no arco do desmatamento (IBGE, 2015a).

Segundo Nahum e Santos, (2015a), a política do biodiesel, no espaço agrário da Amazônia paraense, reedita a política da década de 1970, posto que atende aos anseios do setor privado, mas a visão do pequeno produtor e das populações tradicionais de áreas de quilombos e Terras Indígenas não estão muito claras. Outros estudos também têm evidenciado alguns pontos negativos ligados à conversão de áreas de Proteção Permanente – APP e florestas nativas em dendezeiros (LEES, 2015).

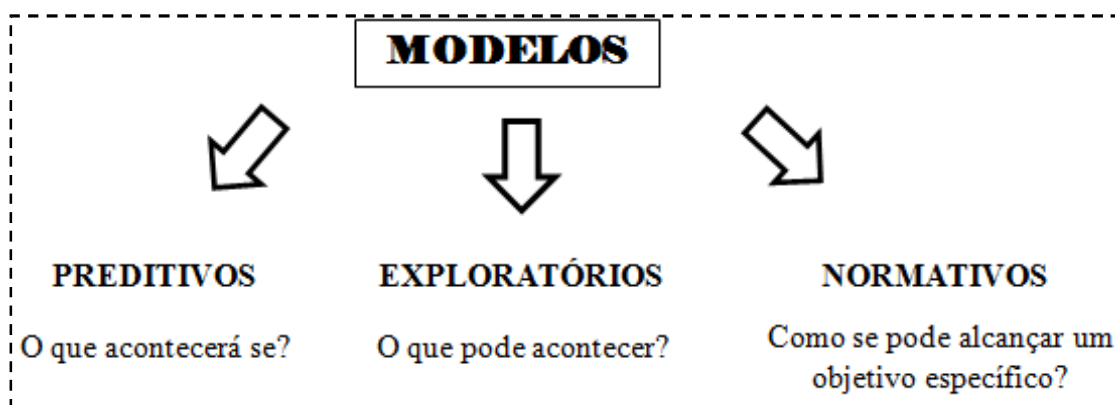
Resgatar o aprendizado das políticas públicas propostas para a Amazônia, refletindo sobre as atuais é basilar para se fazer projeções futuras. Ainda que parem dúvidas sobre as atividades prospectivas, os estudos de cenários podem indicar as possibilidades do *Devir*, em face da complexidade do crescimento econômico, das incertezas e das mudanças de paradigmas que caracterizam o século XXI.

Neste trabalho, simulamos a criação de cenário exploratório de expansão da dendeicultura no Estado do Pará até 2025. Trata-se de um modelo simplificado que ilustra de forma prática como formular uma concepção explicativa da realidade, com base em um conjunto de dados ambientais e socioeconômicos (disponíveis e considerados relevantes na compreensão da política dos biocombustíveis na Amazônia).

## 5.2 OS MODELOS DE MUDANÇAS DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA

Modelos são representações de como os processos operam para gerar padrões observáveis. As simulações decorrem de modelos que examinam mudanças ao longo do tempo sobre conjecturas específicas (PERZ et al., 2009). De maneira simplificada, pode-se dizer que a maioria dos modelos é enquadrada em três tipologias: preditivos, exploratórios e normativos Börjeson et al. (2006) (Figura 5.1).

Figura 5.1. Principais tipos de modelos



Fonte: Adaptado de Börjeson et al. (2006).

Os modelos preditivos tentam prever o que vai acontecer no futuro e estão intrinsecamente relacionados aos conceitos de probabilidade e de possibilidade, respondendo à pergunta: “O que acontecerá se as suposições prováveis ocorrerem?” (NOVAES, 1981). Os modelos exploratórios são descritivos, utilizam análise paramétrica para explorar as consequências de suposições alternativas e, em geral, respondem à pergunta: “O que pode acontecer?” (BÖRJESON et al., 2006). Os modelos normativos elencam as atividades necessárias para alcançar determinada meta em um prazo estipulado, buscando responder à questão: “Como se pode alcançar um objetivo específico?” (NOVAES, 1981).

Os modelos aplicados nos estudos de mudanças de uso e cobertura da terra (*Land Use and Cover Change – LUCC*), “modelo LUCC”, em geral, são capazes de capturar a dinâmica e os impactos gerados pelas ações humanas no sistema terrestre (TURNER; MEYER, 1994). Tais estudos buscam responder, principalmente, a duas perguntas principais: O que gera estas mudanças? Quais os impactos da mesma? Buscando este objetivo, diversos modelos baseiam-se em diferentes áreas de conhecimento, formando uma estrutura multidisciplinar, que envolve tanto as ciências naturais quanto as sociais (VERBURG et al. 2004; TURNER, ALI 1996).

Segundo Aguiar et al., (2015), existe uma ampla variedade de modelos LUCC voltados para a análise e avaliação das transformações ocorridas na superfície terrestre, tal como o desmatamento, desertificação, urbanização, intensificação da agricultura, disponibilidade de alimentos, poluição do ar e da água, degradação do solo, perda de biodiversidade.

Sendo assim, as características do problema analisado definem a categorização do modelo (TEJADA et al., 2015). Segundo Rennó e Soares (2007), as principais características consideradas são: (i) o tipo de variáveis utilizadas (aleatórias ou determinísticas); (ii) o tipo de relações entre essas variáveis (empíricos ou baseados em processos); (iii) a forma de representação dos dados (discretos ou contínuos); (iv) a existência ou não de relações espaciais (topologias concentradas ou esparsas); (v) a existência de dependência temporal (estáticos ou dinâmicos); e (vi) a dinâmica dos processos (tempo contínuo ou discreto).

Tais características apontam que os estudos de mudanças de uso e cobertura da terra são complexos, envolvendo processos em diferentes escalas e exercendo influência uns sobre os outros, o que dificulta a definição de um padrão único para representar tais mudanças (CASTELLA; VERBURG, 2007). Contudo, duas abordagens são predominantes na literatura: o *bottom-up* e o *top-down*.

A abordagem *bottom-up* representa a interação do meio biofísico com o social, no qual as mudanças são diretamente relacionadas a comportamentos de agentes sobre uma superfície, na qual estes interagem restritos às regras que regem os relacionamentos entre eles (PARKER, 2002).

A abordagem *top-down* representa a superfície terrestre a partir de uma escala pequena que aumenta gradativamente. À medida que essa escala aumenta, o espaço é decomposto em sub-regiões, cada uma com um sub-modelo de comportamento bem definido, até alcançar o tamanho mínimo em que se possam identificar componentes elementares do processo de mudança de uso e cobertura da terra representada (COUCLELIS, 1999).

Outro aspecto importante nos estudos de modelagem é a capacidade de identificar os fatores de influência (*driving forces*), questão as causas ou as consequências das mudanças ocorridas no problema avaliado. Permite entender os padrões espaciais passados para que possam ser usados nas estimativas dos padrões futuros. Na Amazônia, o uso desses instrumentais é cada vez mais crescente (AGUIAR et al., 2015)

CARVALHO et al., (2015) mostrou que o Estado do Pará possui grande potencial para a expansão da palma de óleo, graças à grande quantidade de terras “degradadas” e desmatadas disponíveis até 2007. Contudo, segundo a autora, o programa do biodiesel enfrenta dificuldades com a regularização fundiária, a precariedade das condições de infraestruturas e a ausência de criação de modelos específicos para prever a expansão destes cultivos.

Neste estudo, será desenvolvido um modelo exploratório, especialmente explícito de uso da terra (VERBURG et al., 2006). “Especialmente explícito” porque descreve e projeta a evolução dos atributos ambientais em subunidades de área com distintas localização e configuração (BRIASSOULIS, 2000; BAKER, 1989).

### 5.2.1 A plataforma LuccME

O LuccME é uma extensão desenvolvida sobre o TerraME (INPE, 2016b). A estrutura funcional dessa plataforma utiliza três componentes principais: Demanda Potencial e Alocação.

A Demanda é responsável pelo cálculo da magnitude ou quantidade de mudanças (VERBURG et al., 2006). Em geral, seu resultado é sumarizado em uma matriz de transições que expressa a taxa de conversão de cada um dos tipos de uso ou cobertura considerados no modelo.

O potencial é a propensão ou suscetibilidade de mudança de cada célula, geralmente definida por análise estatística. Tal procedimento é calculado a partir de um conjunto de variáveis que possuem algum fator explicativo sobre os locais nos quais o processo modelado pode ocorrer. Segundo Eastman et al. (2008), dois tipos de variáveis são utilizados: (a) os aspectos naturais, relacionados com a capacidade da região de suportar um tipo de uso ou cobertura específico; e (b) os aspectos socioeconômicos, que capturam os fatores que, historicamente, exercem influência sobre suas mudanças. A seguir, foi estimado as probabilidades de mudança de acordo o que foi observado. Caso os parâmetros iniciais da simulação não corresponda a realidade, estes são ajustados (calibração empírica do modelo) até obter um grau satisfatório de proximidade com a realidade.

A Alocação é um processo essencialmente de decisão (EASTMAN et al., 2003), sendo responsável pela distribuição espacial das mudanças de acordo com a disponibilidade de terra (demanda) e o potencial de conversão de uso e cobertura da



terra de cada célula. Trata-se de um processo essencialmente de decisão (EASTMAN et al., 2003).

A adoção dessa estrutura funcional (Demanda, Potencial e Alocação), apresenta uma abordagem *top-down* (AGUIAR et al., 2014), similar às plataformas CLUE (VERBURG et al., 1999), CLUE-s (VERBURG, 2002), Dinâmica (SOARES-FILHO et al., 2002), Cadeias de Markov (EASTMAN, 2003). Portanto, trata-se um ambiente de encapsulamento que pode ser acoplado em outros tipos de modelos (AGUIAR et al., 2015). Além disso, o LuccME fornece um grupo de componentes que podem ser escolhidos/alterados de acordo com as necessidades de cada aplicação.

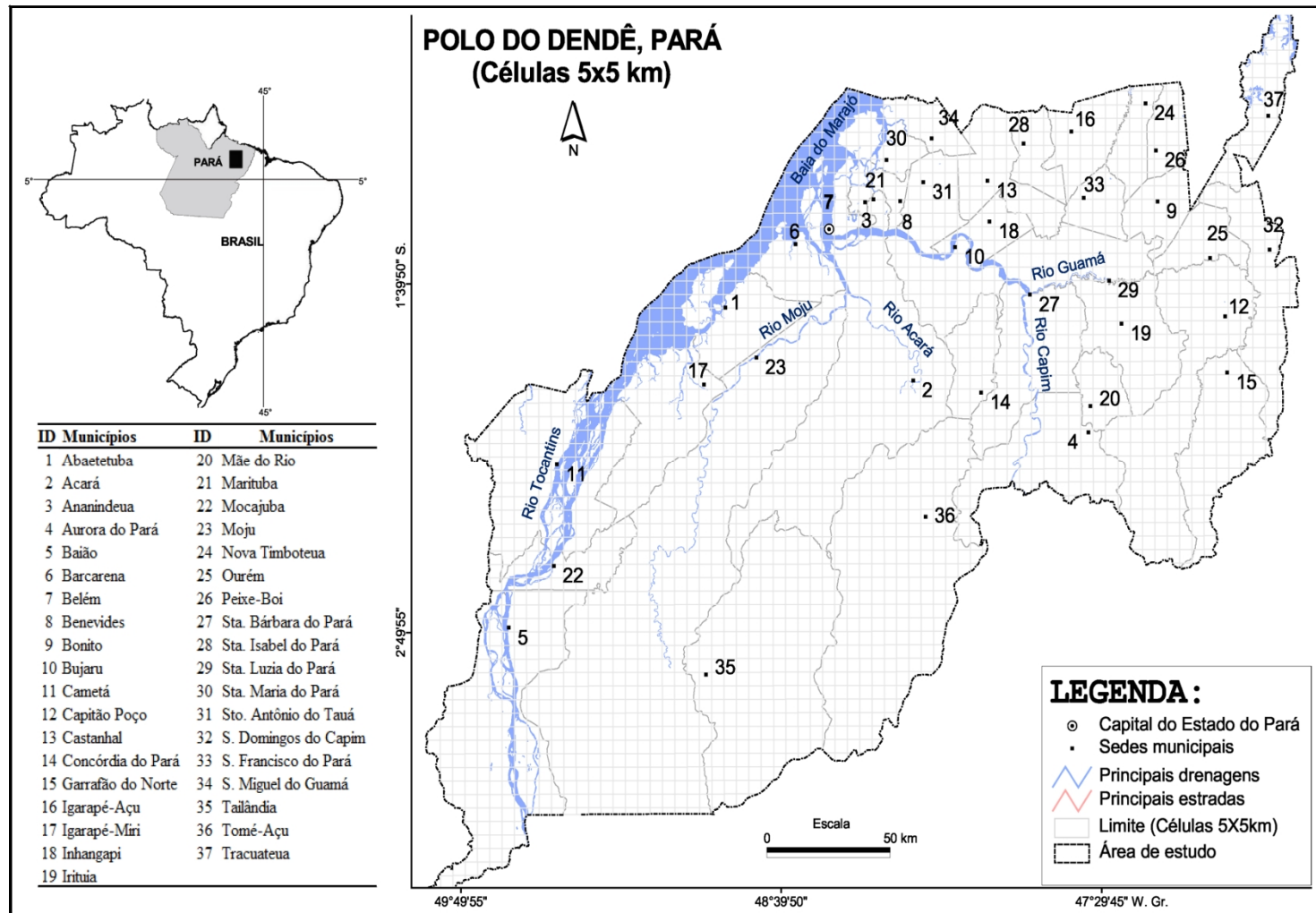
Preferem-se esses tipos de modelos por serem considerados de uma estrutura relativamente fácil de utilização, já que eles possuem elementos semelhantes nas estruturas e nas estimativas de mudanças de cobertura e uso da terra, facilitando a comparação dos erros.

## 5.3 METODOLOGIA

### 5.3.1. Área de estudo

O “Polo do Dendê” no Estado do Pará possui 59.600 km<sup>2</sup> e está localizado no nordeste do estado, abrangendo 37 municípios. Esta área de estudo foi representada por um plano contendo células regulares de 1x1 km, totalizando 60.044 células. Este plano celular, também denominado espaço celular é uma estrutura matricial generalizada em que cada célula está associada a vários tipos de atributos ou variáveis (CÂMARA, 2003), possuindo um identificador único denominado `object_id`, em que toda estrutura é armazenada em uma única tabela. A figura 5.2 apresenta uma ilustração simplificada do polo do dendê, Pará dividido em células de 5x5 km.

Figura 5.2 - Polo do Dendê, Estado do Pará.

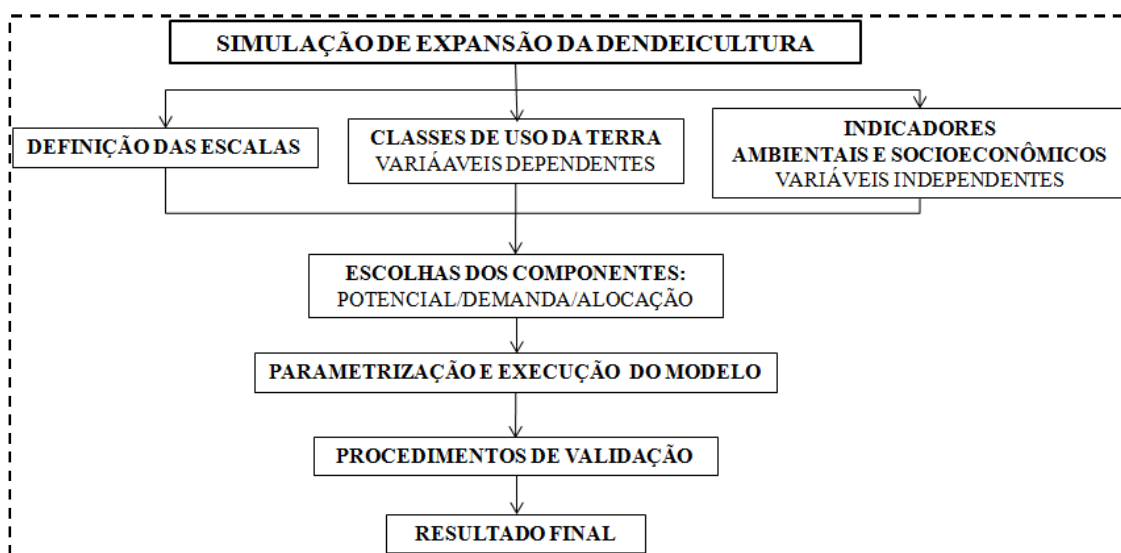


Fonte: Adaptado de Lameira et al., (2015).

### 5.3.2 Procedimentos metodológicos

Neste estudo foi elaborado um modelo espacialmente explícito da expansão da dendeicultura na plataforma LuccME, denominado “Pdendê”. Inicialmente, criou-se um banco de dados no ambiente TerraView. As informações adicionadas ao banco foram ajustadas para a projeção *Universal Transversa de Mercator* – UTM, SAD 69 fuso 22 Sul. Os procedimentos adotados estão ilustrados na figura 5.3.

**Figura 5.3.** Etapas da construção dos modelos de simulação na área de estudo.



Fonte: Organização do autor (2016).

#### *Definição das escalas*

A escala temporal é o período de simulação do modelo, neste estudo, utilizou-se os dados de 2008 e 2013 (LAMEIRA et al., 2015b). A partir de esta data foi gerado o cenário exploratório de tendência da expansão da dendeicultura até 2025.

#### *Variáveis dependentes: uso da terra*

Os mapas de uso da terra adotados no modelo foram obtidos do banco de dados do TerraClass (INPE 2012; 2008) cujas categorias estão descritas na Tabela 1. Para ajustar ao objetivo da pesquisa estas categorias foram agrupadas em apenas cinco classes temáticas, a saber: floresta primária, vegetação secundária, área degradada, agropecuária, agricultura familiar e outros (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1.** Reclassificação do TerraClass (2012) adotada neste trabalho.

CLASSES DO TERRACCLASS	CLASSES ADOTADAS NO MODELO
Floresta primária - A floresta primária corresponde às formações vegetais arbóreas originais que não sofreram interferência ou degradação por uso antrópico; em geral, caracterizam-se pelo adensamento de árvores altas, com redução da quantidade de luz que chega ao solo, o que limita o desenvolvimento das sinúsias herbácea e arbustiva (IBGE, 2012).	Floresta (flor)
Vegetação Secundária - Áreas regeneradas após a supressão total da floresta primária. Encontra-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea, ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente, com o uso de espécies nativas ou exóticas.	
Regeneração com Pasto - Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, se encontram no início do processo de regeneração da vegetação nativa, apresentando dominância de espécies arbustivas e pioneiras arbóreas. Áreas caracterizadas pela alta diversidade de espécies vegetais	Vegetação secundária(vsec)
Pasto Sujo - Áreas de pastagem em processo produtivo, com predomínio de vegetação herbácea e cobertura de espécies de gramíneas entre 50% e 80%, associadas à vegetação arbustiva esparsa, com cobertura entre 20% e 50%; é considerada pastagem degradada	
Agricultura - Áreas com predomínio de cultura anual (principalmente grãos), com alto padrão tecnológico.	
Pasto Limpo – Áreas de pastagem em processo produtivo, com predomínio de vegetação herbácea e cobertura de espécies de gramíneas entre 90% e 100%.	
Pasto com Solo Exposto - Áreas que, após o corte raso da floresta e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam uma cobertura de pelo menos 50% de solo exposto;	Agropecuária (agro)
Mosaico de Ocupações - Áreas representadas por diversas modalidades de uso da terra. Está incluída nesta classe a agricultura familiar associada aos subsistemas de pastagens para a criação tradicional de gado;	
Mineração - Áreas de extração mineral com a presença de clareiras e solos expostos, envolvendo desflorestamentos nas proximidades de águas superficiais;	
Área Urbana - Manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades; em geral, apresentam o adensamento de arruamentos, casas, prédios e outros equipamentos públicos;	
Outros - São áreas que não se enquadram nas classificações apresentadas devido a um padrão de cobertura diferenciado de todas as classes do projeto, tal como afloramentos rochosos, praias fluviais, bancos de areia entre outros;	Outros (out)
Área não-Observada - Áreas que não puderam ser interpretadas pela presença de nuvens ou sombra de nuvens no momento da obtenção das imagens de satélite, além de áreas recentemente queimadas	

**Fonte:** Adaptado do TerraClass (INPE, 2014).

A seguir as áreas com dendeiros (2008 e 2013) foram adicionados aos mapas de cobertura e uso da terra do TerraClass para os anos de 2008 e 2012 respectivamente,

para que fosse possível simular a expansão de tais cultivos nas áreas de agropecuária e vegetação secundária na área de estudo.

### *Escolha dos componentes*

#### Demanda

O componente da Demanda calcula a quantidade (magnitude) de mudança que pode ocorrer para cada transição. No LuccME, existem várias formas de calcular a demanda, seja mediante a extrapolação de tendências (considera as taxas de mudanças ocorridas no passado para calcular as mudanças que ocorrerão no futuro), seja na construção de cenários (simula diferentes realidades frente a diversas alterações).

Neste trabalho, a demanda foi calculada para o período de 2008 a 2013 (calibração/validação do modelo), considerando-se as diferenças em área (km<sup>2</sup>) de cada uma das classes de uso e cobertura da terra e redistribuída igualmente para cada ano. Para o período 2014-2025, foi considerada a área (km<sup>2</sup>) de cada uma das classes de uso e cobertura da terra a qual foi redistribuída igualmente para cada ano, levando-se em consideração quatro premissas básicas para um cenário sustentável (com governança) (Tabela 5.2).

**Tabela 5.2.** Premissas do modelo exploratório da expansão da dendeicultura no Pará.

PREMISSAS	JUSTIFICATIVAS
1. Não avança para as áreas de floresta primária;	Como as empresas são mais passíveis de serem fiscalizadas e levar multas, considerou-se que elas obedeceram ao Código Florestal.
2. Não avança em áreas especiais (Terras indígenas, áreas de quilombos);	Considerou-se que essas áreas estão legalmente protegidas e por isso não serão incluídas na expansão da dendeicultura.
3. Avança 80% em áreas com agropecuária;	Considerou-se que estas áreas são preferenciais e mais adequadas para a expansão da dendeicultura.
4. Avança 50% das áreas de vegetação secundária.	Desde 2014 no Estado do Pará há regras de supressão de vegetação secundária, com base nos diferentes estágios sucessionais (IN 2015), assim, considerou-se 50% dessas áreas (vegetação secundária nova) podem ser ocupadas por dendezeiros.

**Fonte:** Organização do autor (2015).

A seguir foram definidos os locais onde ocorrerão as mudanças com base na identificação dos fatores determinantes potenciais.

#### a) Fatores determinantes potenciais: biofísicos

As exigências biofísicas dos dendezeiros estão fortemente ligadas aos fatores climáticos (MILLER; ANDRADE 2010). O clima refere-se às variações de ocorrências

periódicas dos fenômenos atmosféricos (precipitação pluviométrica, temperatura, umidade, vento, entre outros). Embora as áreas preferenciais para a dendeicultura sejam as que possuem os maiores índices pluviométricos, coincidentemente é, nessas áreas também, que há maior ocorrência da doença do Amarelecimento Fatal (AF) do dendezeiro, considerada como um dos principais entraves para a expansão dessa cultura no Estado do Pará (BOARI, 2008). Por isso, alguns produtores optam por expandir os cultivos de dendezeiros em áreas com maior déficit hídrico (VENTURIERI, 2012).

b) Fatores determinantes potenciais: Disponibilidade de terras

Com base no cruzamento entre os dados de aptidão das terras e de aptidão climática, o Zoneamento Agroecológico do Dendezeiro para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal (ZAE Dendê) de 2010 definiu quatro classes de aptidão para a dendeicultura: preferencial, regular, marginal e inapta, sendo que, apenas nas duas primeiras categorias, é recomendado o cultivo da palma. Este zoneamento também avaliou o potencial de manejo das terras sob diferentes níveis de aplicação de tecnologia agrícola e capital, sendo apontados dois tipos. O primeiro (B) requer um médio aporte de capital e modesto uso de insumos e tecnologia (Agricultura familiar) e o segundo (C) requer um alto aporte de capital e tecnologia (grande capital), direcionando, assim, os investimentos das grandes empresas.

As áreas consideradas aptas para o cultivo da palma de óleo na região amazônica, segundo o Zoneamento Agroecológico (Preferencial e Regular), totalizam quase 30 milhões ha (296.551 km<sup>2</sup>) que equivalem a cerca de 5,87% da Amazônia Legal. O Estado do Pará, por sua vez, apresenta a maior área preferencial contígua de toda a Amazônia Legal para o manejo tipo B (nível técnico de manejo indicado para a agricultura familiar) (Tabela 5.3).

**Tabela 5.3.** Áreas disponíveis no Estado do Pará por tipo de manejo:

Classes	Manejo B		Manejo C	
	Áreas (ha)	Áreas (km <sup>2</sup> )	Áreas (ha)	Áreas (km <sup>2</sup> )
Preferencial;	2.327.674	23.277	1.666.831	16.668
Regular	10.448.374	104.484	10.608.430	106.084
Marginal	345.718	3.457	810.902	8.109
Inapta	9.926.744	99.267	9.962.347	99.623
“Excluída” ou Não Mapeada	1.017.253	10.172	1.017.253	10.173
<b>TOTAL</b>	<b>24.065.763</b>	<b>240.657</b>	<b>24.065.763</b>	<b>240.657</b>

Fonte: ZAE Dendê (2010).

c) Fatores determinantes potenciais: políticas públicas

Considerando-se o arranjo político-institucional que favorece a expansão da dendeicultura na região, tem-se como principal incentivador o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) de 2004. O programa procura viabilizar a produção e o uso do biodiesel no país com foco no fortalecimento das potencialidades regionais para a produção e, prioritariamente, promover a inclusão social da agricultura familiar (MDA, 2011). Neste sentido, destaca-se também o Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma de 2010, cujo principal objetivo é “disciplinar a expansão da produção de óleo de palma no Brasil e ofertar instrumentos para garantir uma produção em bases ambientais e sociais sustentáveis” (BRASIL, 2010).

Outras ações também foram instituídas para apoiar a matriz da bioenergia como é o caso do Zoneamento Agroecológico da palma de óleo (Decreto nº 7.172/2010), da abertura de linhas de crédito (Pronaf Eco-Dendê), da regularização fundiária (Programa Terra Legal), da integração da agricultura familiar e da participação de grandes empresas de biodiesel.

A expansão da dendeicultura no Estado do Pará segue as orientações do Zoneamento Agroecológico da cultura da palma (Decreto nº 7.172/2010); do Código Florestal (Lei nº 12.651 de 2012); da regularização ambiental por meio do Cadastro Ambiental Rural - CAR (Decreto nº 7.830/2012); e das Instruções Normativas (IN) nº 02 /2014 e a de nº 08/2015 deliberadas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS/PA), que regulam a manutenção das florestas secundárias avançadas e a supressão das capoeiras em estágios iniciais de sucessão. Estão aptas para o plantio de palma de óleo na região as áreas antropizadas até 2007 (MAPA, 2010), ficando excluídas todas aquelas com restrições legais, tal como as de florestas nativas, as de vegetação secundária avançada (> que 20 anos), as áreas protegidas, as Terras Indígenas e áreas de Quilombos.

#### d) Fatores determinantes potenciais: Infraestrutura e mobilidade

A criação do programa do biodiesel na região tem produzido maior fluidez e conexões entre as cidades do polo do dendê. Para facilitar a produção e o escoamento da palma de óleo, foi implementada a hidrovía do Capim, duplicadas e pavimentadas e/ou restauradas estradas federais (BR 163), estaduais (PA 124; PA 140; PA 252; PA 253 e a PA 256) e finalizado o sistema de transporte integrado do Pará - Alça Viária (CRUZ; ROCHA, 2007).

O aumento da mobilidade tem favorecido a implantação cada vez maior de empresas ligadas à dendecultura no polo do dendê. Estas empresas se dedicam à comercialização, criação de novos plantios e implantação de indústrias de extração e beneficiamento.

Todos esses fatores determinantes, potenciais candidatos a explicarem a expansão do dendê, foram organizados na forma de Planos de Informação (PIs) e constituíram um Banco de Dados Geográficos no Sistema de Informação Geográfica (SIG) TerraView 4.2.2 (INPE, 2015a). Trata-se de um aplicativo que permite visualizar, manipular e analisar dados vetoriais e matriciais espaciais em banco de dados geográficos. Em seguida, com base nos PIs contidos no banco de dados, foi gerado o plano celular regular mencionado, preenchido através de operadores contidos na extensão do TerraView “*plugin* de células”. O preenchimento do espaço celular utilizando os operadores teve por objetivo atribuir a cada célula um conjunto de atributos, ou seja, diferentes tipos de uso e fatores potenciais determinantes, considerados variáveis independentes (Tabela 5.4).

**Tabela 5.4.** Variáveis independentes utilizadas no banco de dados.

<b>Categoria</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fonte</b>	<b>Dado de entrada</b>	<b>Operador</b>
Base	Sede municipal	IBGE (2015a)	sede	-
	Limite jurídico-administrativo		lim	-
Ambiental	Déficit Hídrico	(SILVA et al., 2014).	pccdefh	% de cada classe
	Precipitação		pccprec	
	Áreas Especiais	MMA, 2012	prae	Presença
	Cadastro Ambiental Rural	SEMAS, 2015	pcccar	% de cada classe
Socioeconômica	Infraestrutura e mobilidade (Estradas e rios)	IBGE (2015a)	dmlgestr dmlgrios	Distância mínima
	Assentamentos	INCRA (2015)	prasst	Presença

\* Sede municipal (sede); Limite jurídico-administrativo (lim); Percentual de cada classe déficit hídrico (pccdefh); Percentual de cada classe precipitação (pccprec); Presença áreas especiais (prae); Percentual de cada classe cadastro ambiental rural (pcccar); Distância mínima estradas; Distância mínima rios; Presença assentamentos (prasst).

**Fonte:** Organização do autor (2016).

Foram utilizados, basicamente, três operadores: (i) Distância mínima, que considera a menor distância dentre todas as geometrias contidas na célula em relação ao centro da célula; (ii) Porcentagem (%) de cada classe, que determina a porcentagem da área da célula coberta por cada classe do plano de informação inserido, cuja representação dos valores será registrada em uma coluna com cada uma delas; e (iii) Presença, em que, no preenchimento de células, o 1 indica presença e o 0 ausência (INPE, 2016b).



Após o preenchimento do espaço celular com os fatores potenciais determinantes, foi realizada a análise exploratória dos dados para avaliar o nível de correlação entre as mesmas e definir um subconjunto com fatores determinantes (variáveis escolhidas). O método utilizado emprega técnicas de regressão linear utilizando o *software* R-Geo (R *Development Core Team*, 2014), para escolher o conjunto de variáveis que melhor se adaptam ao modelo. O limiar de corte foi fixado em 0,5 (BONHAM-CARTER, 1994). Valores superiores a este limiar possuem pouca contribuição para explicar a transição considerada e, portanto, as variáveis correspondentes foram descartadas.

Em seguida, foi feita a correlação espacial utilizando o modelo de regressão *spatial lag* (ANSELIN, 2001) no programa GeoDa Space (GeoDa *Center for Geospatial Analysis*). O modelo *spatial lag* permite verificar a importância relativa de fatores explanatórios potenciais, pois inclui um termo de dependência espacial que incorpora a autocorrelação espacial como parte de um componente explanatório do modelo (AGUIAR et al., 2014). Os coeficientes resultantes foram inseridos no campo potencial do software LuccME.

### Alocação

O componente de Alocação parametriza a distribuição espacial das mudanças de cobertura e uso da terra, com base no potencial e na demanda de mudança de cada célula.

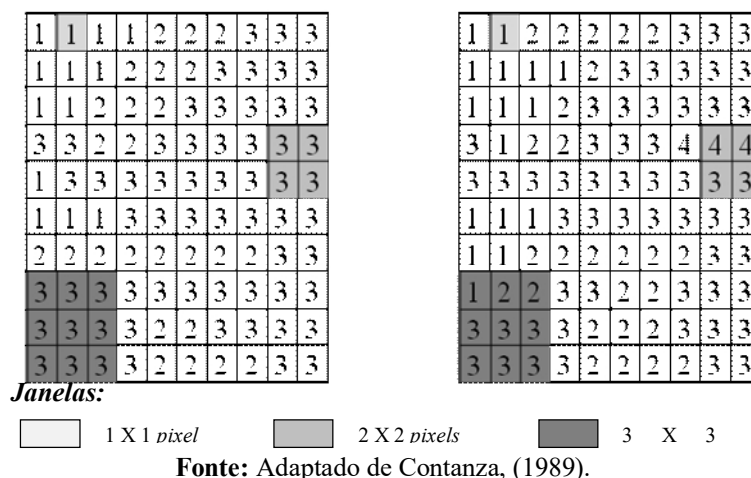
De acordo com o objetivo do estudo, a regra de alocação para modelos contínuos (quantidade e velocidade de mudança permitida em cada passo de tempo). No LuccME, utilizou-se o *AllocationClueLike* (VERBURG et al., 1999). Segundo este método, as células com o potencial de mudança positiva recebem uma porcentagem da demanda anual projetada, que é alocada para toda a área, proporcionalmente ao valor do potencial. Em geral, controla a quantidade de mudança em cada célula de acordo com o nível de saturação, além de informar a quantidade máxima de erro (percentual), resultante da diferença entre a área alocada e a demanda para determinado espaço de tempo, mediante o uso do atributo *maxdifference*.

Após a parametrização do Potencial, Demanda e Alocação, foi implementado o modelo de expansão da dendeicultura de 2008 a 2013 para posterior simulação do cenário.

*Métricas de validação do modelo exploratório de expansão da dendeicultura no Pará*

O protocolo de validação da plataforma LuccME adota o método de múltiplas resoluções, que estabelece o grau de similaridade entre o mapa simulado (dendê 2025) e o mapa real (dendê 2013), para identificar se os padrões espaciais são correspondentes. Segundo Constanza (1989), este método utiliza janelas móveis para identificar as diferenças (erros) entre o mapa real inicial e o mapa real final simulado. À medida que aumenta o número de janelas, gradualmente, aumenta também a resolução de comparação. Sendo assim, as janelas menores são indicadas para avaliar onde ocorreram os erros *pixel a pixel*, enquanto as janelas maiores são mais indicadas para avaliar o padrão espacial (Figura 5.4).

**Figura 5.4.** Ilustração simplificada do método multiresolução.



Existem atualmente dois protocolos de validação implementados no LuccME: (i): um que considera todo o espaço celular (Ext); e (ii) outro que avalia apenas áreas modificadas (Dif). Segundo o manual do usuário (INPE, 2016b), para que a plataforma consiga realizar esta rotina de validação, é necessário que os arquivos do modelo tenham sido gerados e executados.

Neste trabalho, utilizou-se o primeiro protocolo, por considerar toda a área de estudo. Utilizaram-se como atributo real inicial as áreas de dendezeiros de 2008 (u08dendde) e como atributo real final os dendezeiros de 2013 (u13dende) como a classe a ser validada. Definiu-se a tolerância de 5% de erro permitido por célula. Valores entre 0 a 5% de erro são considerados como uma célula correta (CONTANZA, 1989). Na comparação dos resultados, utilizaram-se 10 janelas.

## 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.4.1 Análise estatística

A análise exploratória dos dados foi realizada por método estatístico que auxiliou na seleção do melhor conjunto de variáveis para captar a expansão da dendeicultura no Estado do Pará. Aplicou-se a “regressão linear simples e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) na seleção das variáveis independentes. O  $R^2$ , refere-se à reta de regressão (Coeficiente de determinação) que varia entre 0 e 1; assim, quanto maior o  $R^2$ , mais explicativo será o modelo e melhor ele se ajustará às variáveis selecionadas.

Utilizaram-se as variáveis: presença de áreas especiais (Terras Indígenas, Quilombos); Presença de assentamentos rurais; Distância mínima de CAR, Déficit hídrico, Precipitação (>2.000 mm/ano); Log de sedes municipais; Log de drenagem, Log de distância das estradas e Log de distância das empresas de dendezeiros. Por se tratar de um cenário exploratório, considerou-se apenas a variável dependente “dendê”. Contudo, melhorias como a inclusão de outras variáveis dependentes de uso da terra são necessárias para tornar esses resultados mais robustos.

### 5.4.2 Modelo de expansão da dendeicultura de 2008 a 2013

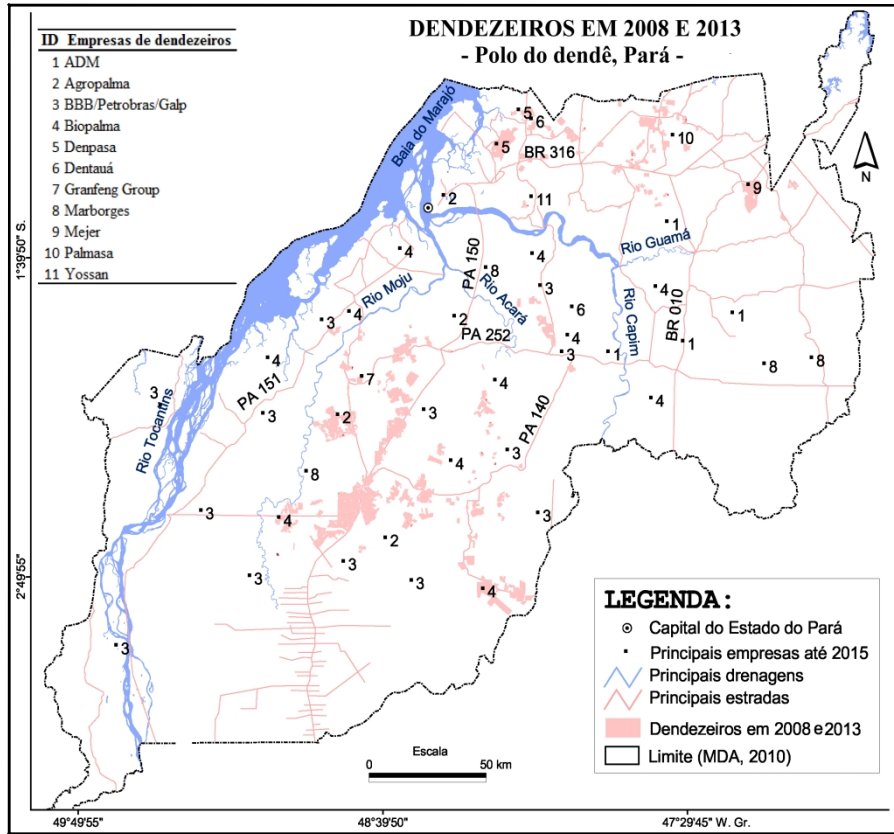
Segundo a expansão observada de 2008 a 2013 (LAMEIRA et al., 2015b) e as premissas assumidas para esta simulação, foram estimadas as médias de aumento desse cultivo de 2009 a 2012. Tal acréscimo é decorrente da diminuição das áreas de vegetação secundária e agropecuária (Tabela 5.5).

**Tabela 5.5.** Parâmetros de alocação do modelo (2008 a 2013):

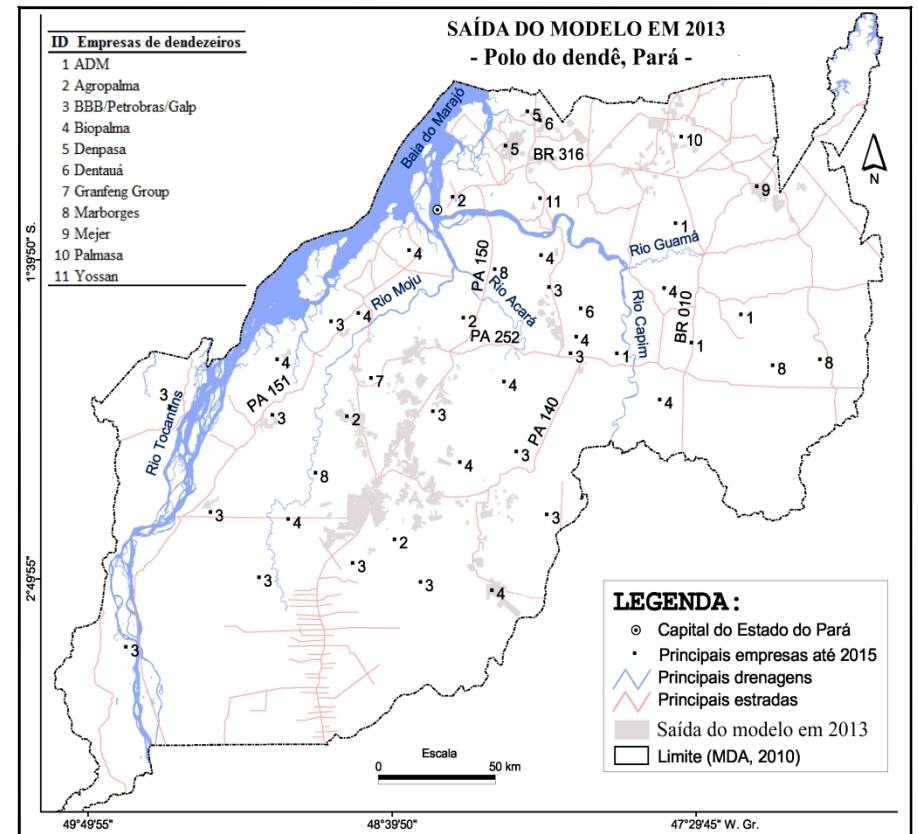
Ano	Floresta	Veg. Secundária	Dendê	Agropecuária	Outros	Área (km)
2008	15791,00	21120,00	444,00	14061,00	8558,00	59974,00
2009	15791,00	21095,50	542,00	13987,50	8558,00	59974,00
2010	15791,00	21071,00	640,00	13914,00	8558,00	59974,00
2011	15791,00	21046,50	738,00	13840,50	8558,00	59974,00
2012	15791,00	21022,00	836,00	13767,00	8558,00	59974,00
2013	15791,00	20997,50	934,00	13693,50	8558,00	59974,00

**Fonte:** Organização do autor (2016).

Figura 5.5. Comparação entre os dados reais e a saída do modelo.



i)



ii)

Fonte: i) Lameira et al., (2015 b). ii) Elaborado a partir da saída do LuccME (2016).

A análise visual do resultado do modelo mostra que a alocação das áreas de dendezeiros difere em alguns lugares como na região do baixo Tocantins; no eixo Moju, Acará e Tailândia e no município do Tomé-Açu. No primeiro caso, alocou áreas com dendezeiros, sendo que nessa região esses cultivos não foram adiante em 2013. No segundo, o modelo superestimou as áreas com o cultivo no eixo, no terceiro, houve um aumento maior em Tomé-Açu do que o simulado.

Essa seletividade das áreas para a dendeicultura, portanto depende da existência de infraestrutura (energia, fábricas de beneficiamento) e da mobilidade (estradas, portos), sendo preferidas as imediações da rodovia PA 150 por possuírem melhores condições, o que justifica a concentração das principais empresas dendeícola.

### Validação do modelo

A validação do modelo da dendeicultura no Pará de 2008 a 2013 utilizou o método multirresolução em 10 janelas. Na janela 1 x 1 *pixel*, o percentual de acerto foi de 0.76%; enquanto na janela 10 x 10 *pixels* este valor foi de 0.90%. Isto significa que o modelo conseguiu captar melhor o padrão espacial (Janela 10x 10 pixel), enquanto na avaliação *pixel a pixel* o acerto foi menor (Figura 5.6).

**Figura 6.1.** Resultado de validação do modelo (13/03/2016).

```

C:\LuccME\TerraME\bin\TerraME.exe
Qt: Untested Windows version 6.2 detected!
Using TerraLib version '4.2.0_dev' and database version '4.1.2'.
Number of read cells: 60044.
=====
Validation Metric for Continuous Data - version 1.0
input theme : result1_13032016__2012
attr REAL initial: u08dende
attr REAL final : u12dende
attr SIM final : u08dende_out
Accepted error : 5%
=====
Porcentagem de acertos CONSIDERANDO O PADRAO RESULTANTE em cada janela:
1 0.75961784232287
2 0.79987482365831
3 0.82252759436615
4 0.84754722040304
5 0.8633063851459
6 0.87546638124749
7 0.88017170866674
8 0.89740083927456
9 0.90785907724585
10 0.90528495655668
Saving cellular space 'result1_13032016__2012' into 'validation_ext_result1_13032016__2012_u08dende_out_2012' table...
Number of saved cells: 60044.
End of Validation
Press enter key to exit...

```

Fonte: Dado de saída do LuccME (2016).

### 5.4.3 Cenário futuro de expansão dos dendezeiros em 2025

Após a calibração e validação do modelo (2008 a 2013), foram estimadas novas médias da expansão da dendeicultura de 2014 a 2025 (Tabela 5.6).

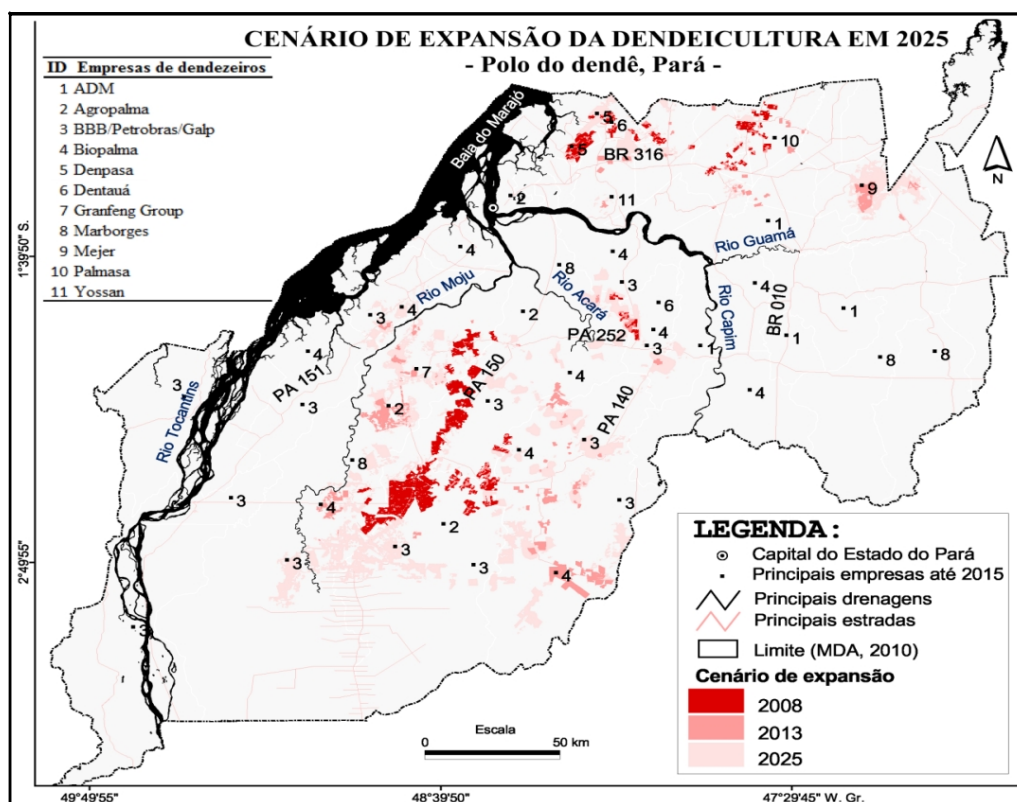
Tabela 5.6. Parâmetros de alocação do cenário (2014 a 2025):

Ano	Floresta	Veg. Secundária	Dendê	Agropecuária	Outros	Área (km)
2013	15791,00	20997,50	934,00	13693,50	8558,00	59974,00
2014	15791,00	20973,00	1032,00	13620,00	8558,00	59974,00
2015	15791,00	20948,50	1130,00	13546,50	8558,00	59974,00
2016	15791,00	20924,00	1228,00	13473,00	8558,00	59974,00
2017	15791,00	20899,50	1326,00	13399,50	8558,00	59974,00
2018	15791,00	20875,00	1424,00	13326,00	8558,00	59974,00
2019	15791,00	20850,50	1522,00	13252,50	8558,00	59974,00
2020	15791,00	20826,00	1620,00	13179,00	8558,00	59974,00
2021	15791,00	20801,50	1718,00	13105,50	8558,00	59974,00
2022	15791,00	20777,00	1816,00	13032,00	8558,00	59974,00
2023	15791,00	20752,50	1914,00	12958,50	8558,00	59974,00
2024	15791,00	20728,00	2012,00	12885,00	8558,00	59974,00
2025	15791,00	20703,50	2.110,00	12811,50	8558,00	59974,00

Fonte: Organização do autor (2016).

Na simulação de cenário (2014 a 2025), observa-se que haverá cerca de 2.110 km<sup>2</sup> de plantios de dendezeiros novos, um aumento de aproximadamente 244% em 2025 (Figura 5.7). Contudo, este aumento representa menos que 5% da área total do polo do dendê, no Estado do Pará.

Figura 5.7. Cenário futuro de expansão da dendecultura no Pará em 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A configuração espacial da dendeicultura demonstra um padrão intensificado às imediações da rodovia PA 150 (Moju, Tailândia, Acará e Tomé-Açu) e da região metropolitana de Belém que tende a ser mantido em 2025. Nas regiões como o Baixo Tocantins (Mocajuba, Cameté e Igarapé Mirim e Baião) e parte da região sudeste do polo do dendê (Capitão Poço, Irituia e Mãe do Rio), embora apresentem condições favoráveis do ponto de vista edafoclimático, a expansão é muito baixa.

Adistribuição espacial das empresas confirma esse padrão intensificado de que os plantios de dendezeiros não ocorrerão igualmente em todo o polo. Tal situação cria descompassos nessa proposta de desenvolvimento regional, posto que, até o momento, atende principalmente a lógica do capital ao priorizar algumas áreas e excluir outras.

## 5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse cenário exploratório ilustra de forma prática como formular uma concepção explicativa de expansão da dendeicultura no Estado do Pará em um futuro próximo (2025), para isto reuniu um conjunto de dados ambientais e sociais (disponíveis), considerados relevantes na compreensão da política dos biocombustíveis na Amazônia.

Da análise dos fatores potenciais de expansão da dendeicultura, tem destaque a política do governo federal (Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel - PNPB em 2004 e o Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma – PPSOP em 2010), pois há aumento considerável desses cultivos na Amazônia a partir do lançamento dessa política. Secundariamente, aponta-se às condições edafoclimáticas favoráveis e a disponibilidade de terras

Os principais atores sociais envolvidos nessa política são: (a) o Estado, articulador fundamental da expansão da dendeicultura; (b) as empresas, detentora do capital; (c) a agricultura familiar, mão de obra a ser empregada nas lavouras de dendezeiros; e (d) as populações especiais (indígenas e quilombolas) legalmente protegidas, mas que enfrentam problemas com a mercadorização de suas terras (NAHUM; MALCHER, 2012). Estas diferentes territorialidades não são discutidas na política do biodiesel na Amazônia, o que pode comprometer a criação de territórios sustentáveis da dendeicultura no Pará.

## 6 CONCLUSÃO GERAL

O Brasil tem buscado um novo modelo de desenvolvimento, contudo o passivo histórico do país reflete um legado negativo que tem dificultado o alcance do desenvolvimento ambiental e socioeconômico (IPEA, 2013). Dos municípios brasileiros, são os das regiões Norte e Nordeste que concentram os piores desempenhos em termos de Desenvolvimento Humano (IBGE, 2010). Este quadro nacional ajuda a entender os baixos índices de sustentabilidade encontrados com a aplicação da ferramenta Barômetro da Sustentabilidade, na área de estudo.

Então, é sim a resposta à primeira pergunta da tese “Há diferenças nos índices de desenvolvimento dos municípios do polo de produção de óleo de palma?”. Os municípios do polo apresentam graus diferenciados de desenvolvimento, que estão relacionados, principalmente, à baixa diversificação econômica (Lameira et al., (2015b) e aos agravos ambientais acumulados com as propostas de desenvolvimento que desconsideraram as peculiaridades regionais, pois “existe uma diversidade dentro desta unidade, começando pela diversidade ecossistêmica e passando pela diversidade cultural” (BECKER 2015, p. 433).

Desse passivo historicamente desigual do desenvolvimento na região Norte do país, como relacioná-lo com a política do biodiesel? Eis que surgem, então, mais duas perguntas à tese: Há mudanças no padrão espacial dos cultivos de dendezeiros de 2008 a 2013, no polo do dendê, Pará? Isto aproxima a região da sustentabilidade ou não? A resposta à primeira questão é sim, há mudanças no padrão espacial da dendeicultura na área de estudo. De 2008 a 2013, houve um aumento na área cultivada com dendezeiro de aproximadamente 82% (de 80.272 ha para 146.611 ha), sendo que a localização preferencial destes monocultivos continua nas imediações da região metropolitana de Belém e, muito fortemente, nos municípios de Moju, Tailândia, Acará e Tomé-Açu. Em outras áreas, como São Domingos do Capim, Bujaru, Concórdia do Pará, Igarapé-Açu e Bonito, onde o cultivo era quase inexpressivo, a palma passa a ocupar um espaço maior nessas áreas em 2013.

Das mudanças observadas no intervalo temporal de 2008 a 2013, ainda não é possível afirmar que isso tenha aproximado a região da sustentabilidade, embora seja perceptível de forma indireta como: (i) a ampliação e revitalização das principais vias (CRUZ; ROCHA 2007) na área de estudo, condição que viabilizam o transporte e o escoamento da produção de dendezeiros, haja vista após a colheita destes frutos o



processamento tem que ocorrer em até 24 horas, caso contrário há a degradação das enzimas; (ii) A abertura de crédito (Pronaf Eco-Dendê) que aumenta a circulação da renda e incentiva a participação dos pequenos agricultores, em parceria com uma grande empresa (agricultura de contrato), por outro lado, deixa o pequeno agricultor imobilizado com a produção exclusiva do dendê por aproximadamente 25 anos o que pode colocar em risco a segurança alimentar, pois desvaloriza as atividades tradicionais de subsistência, condição que pode favorecer à especulação de terras no polo do dendê (ALMEIDA, 2010).

Essas particularidades leva a um questionamento: “Qual a condição de desenvolvimento intramunicipal no polo do dendê, Pará? Onde estão os gargalos do desenvolvimento nessa região? Responder a essas questões requer uma reflexão sobre as políticas públicas, o papel dos institutos de ciência e os avanços tecnológicos vivenciados na região nos últimos anos, porque conhecer essas peculiaridades pode auxiliar na condução de uma expansão da dendeicultura por um caminho mais sustentável.

Historicamente, o período de 1965 a 1985 representou para a Amazônia a criação efetiva da malha programada (BECKER, 1999), ou seja, a implantação de uma rede de integração espacial onde foram criados os eixos viários, os subsídios ao fluxo de capital, a indução dos fluxos migratórios para o povoamento e formação de um mercado de mão-de-obra local, as linhas de crédito e a superposição de territórios federais sobre os estaduais para exercer jurisdição direta na região. Esse projeto geopolítico foi garantido com a criação de instituições administrativas que asseguraram o poder do Estado, a efetiva ocupação física da região e o controle do território, alterando significativamente o padrão e as formas de uso da terra, sobretudo ao longo das rodovias, que passaram a separar grandes extensões florestais (SOARES-FILHO et al., 2005).

Esta lógica político-institucional do final da década de 1960 orientou a criação dos primeiros plantios de dendezeiro no Estado do Pará (“Projeto Dendê”) (HOMMA et al., 2000). Da década de 1980 à de 1990, essa agroestratégia se consolida na região, passando a ser considerada prioritária para o desenvolvimento da Amazônia oriental (HOMMA, 2010). Tal projeto foi retomado em 2004 e melhor definido em 2010 (Plano Nacional de Produção e uso do Biodiesel e o Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma, respectivamente) e os dendezeiros são apontados como um projeto

fundamental para o Estado do Pará, agora sob a lógica do biodiesel seguindo os princípios da sustentabilidade (HOMMA; VIEIRA, 2012).

Em um contexto institucional, a expansão da dendeicultura no Estado do Pará segue as orientações do ZAE Dendê, do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e da regularização ambiental por meio do Cadastro Ambiental Rural - CAR (Decreto nº 7.830/2012); e a Instrução Normativa (IN nº 02/ 2014, substituída pela IN nº 08/2015) pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará, que orienta a manutenção das florestas secundárias avançadas e a supressão das capoeiras em estágios iniciais de sucessão. Oficialmente, as áreas permitidas para estas atividades são as ditas áreas degradadas (antropizadas) até 2007 (MAPA, 2010), estando excluídas todas aquelas com restrições legais, tal como as florestas nativas, a vegetação secundária avançada (> que 20 anos), as áreas protegidas, as Terras Indígenas e as áreas de Quilombos.

Em geral, a expansão da dendeicultura segue um conjunto de normas e orientações, porém até o momento não há um sistema de monitoramento dessa atividade. Está em andamento na Amazônia o PalmaClass, que tem a perspectiva de mapear e monitorar a expansão das áreas plantadas com palma de óleo nos Estados Brasileiros, observando se essa expansão está em consonância com as diretrizes do ZAE dendê de 2010. Caso este sistema de monitoramento se confirme, será possível obter informações sobre: (a) as áreas plantadas anualmente com palma de óleo; (b) a diferença nas idades dos plantios; (c) a indicação das áreas potenciais para expansão; e (d) o acesso a essas informações em um Portal WebGis. Esta possibilidade é animadora, por isto, tais dados são aguardados com ansiedade. Com isto aumenta a responsabilidade dos institutos de ciência e tecnologia, das organizações sociais, para divulgar essas informações e refletir interdisciplinarmente o desenvolvimento mais adequado para essa porção da região amazônica.

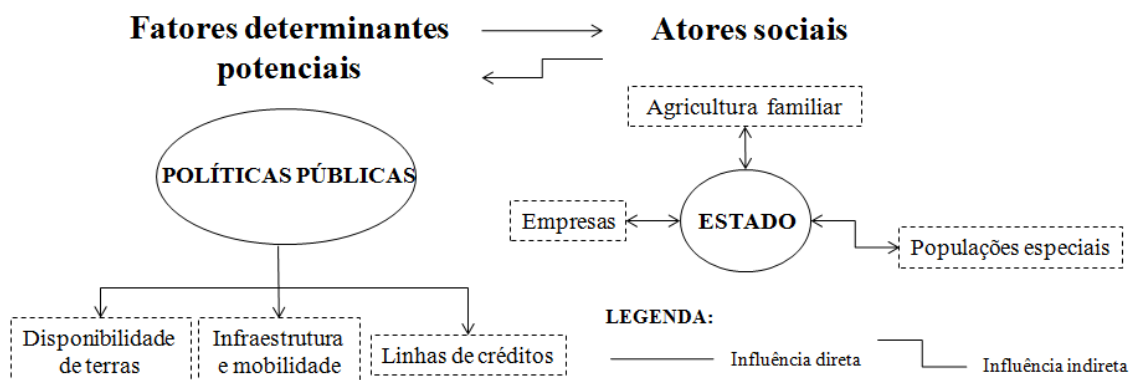
Entender esse processo de ocupação da Amazônia aguda a explicar as diferenças em termos de desenvolvimento intramunicipal no polo do dendê, Pará, conduzindo a mais uma pergunta que precisa ser respondida: “Quais os principais fatores determinantes e os atores sociais que influenciam na expansão da dendeicultura no Pará?”.

De toda a tese, talvez essa pergunta seja a mais difícil de responder, pois, dependendo das premissas assumidas de como será o futuro da dendeicultura na região, são alterados as escalas espaciais de análise e os fatores potenciais determinantes

(*driving forces*) causadores das mudanças, o que dificulta a definição de um modelo que represente adequadamente o contexto regional.

A organização e sistematização de todos esses dados para o entendimento da dendeicultura no Pará indicam que o principal fator determinante é a política pública dos biocombustíveis e o ator social é o Estado (Figura 6.1).

**Figura 6.1.** Fatores determinantes e atores sociais da dendeicultura no Pará.



Fonte: Organização do autor (2016).

Resumidamente, participam do pacto territorial da dendeicultura no Pará o Estado, as empresas, o pequeno agricultor rural (agricultura familiar) e, indiretamente, as populações especiais (indígenas e quilombolas).

O Estado (Governo) assume o papel de principal articulador da dendeicultura na Amazônia. Para acelerar a implantação da política do biodiesel na região disponibilizou as informações contidas no estudo indicativo das áreas mais apropriadas para esta cultura (ZAE dendê); liberando verbas para a agricultura familiar (Pronaf Eco); revitalização das principais vias de circulação (VALENTE; ROCHA, 2007); além de estimular a entrada de grandes empresas nessa cadeia produtiva. A principal meta do Estado é promover o desenvolvimento regional. A limitação das ações parece ser a ausência de monitoramento da expansão da dendeicultura e a crise política e institucional vivenciada, a qual tende a reduzir os investimentos neste programa.

As empresas se posicionam como fornecedora dos recursos necessários para alterar a base produtiva e promover a modernização agroindustrial no polo do dendê. O principal interesse desse grupo social é o retorno econômico. Suas operações se concentram em áreas que possuem melhores condições de infraestrutura, o que facilita a mobilidade e a distribuição da produção. Destaca-se como principal questão

conflitante as relações trabalhistas (agricultura de contrato), que deixam o pequeno produtor submetido ao financiamento por aproximadamente 25 anos.

A agricultura familiar se configura nesta política como a mão de obra braçal (temporária ou não), menos capitalizada, que vende sua força de trabalho para a abertura de novas áreas no trato e colheita dos frutos. O principal objetivo é melhorar as condições socioeconômicas vivenciadas no meio rural. Das questões levantadas, têm destaque a baixa capacidade técnica operacional, a dependência aos financiamentos e programas sociais do Governo, o número limitado de pequenos agricultores em parceria com as empresas (sendo a Agropalma a que mais avançou nessa parceria) e a desvalorização das atividades tradicionais de subsistência, pois não há nada que limite a expansão do dendê em áreas cujas cadeias produtivas alimentares estejam consolidadas. Buscando assegurar seus direitos, os agricultores organizam-se em associações e cooperativas, visando a uma participação mais ativa na política do biodiesel.

As populações especiais (indígenas e quilombolas), embora estejam legalmente protegidas, não participam diretamente da política do biodiesel, mas sofrem pressão da dendeicultura com a mercadorização de suas terras (NAHUM; MALCHER, 2012).

Partiu-se do entendimento desses aspectos para abordar as implicações do planejamento na área de estudo. O motivo é que existem várias maneiras de abordar o conceito de territórios. Na tese, adotou-se o entendimento das interrelações entre os atores sociais e seus interesses distintos, posto que apenas os estudos indicativos de Zoneamentos Agroecológico (exemplo: ZAE Dendê) não dão conta de captar essas territorialidades (BECKER, 2015; HERSPERGER et. al., 2010).

Assim, o Estado, principal articulador desse plano de desenvolvimento regional, deve avaliar as fragilidades e potencialidades de cada município integrante do polo do dendê e criar oportunidade de diálogos entre os diferentes atores sociais para participarem mais ativamente desse processo.

Em uma perspectiva mais ampla, o cultivo da palma de óleo, que é uma espécie exótica, visa a promover impactos ambientais e econômicos positivos. Então, para assegurar que a expansão dos cultivos no Pará não amplie o processo de desmatamento, deve ocupar apenas as áreas já desmatadas ou “degradadas” até 2007. Como o programa não especifica os níveis de degradação da terra, não apresenta uma definição oficial de áreas degradadas e nem as diferencia das áreas em processo de

regeneração com alta biodiversidade, medidas devem ser tomadas para resolver tais questões (ALMEIDA, 2015).

Cabe, portanto, à sociedade organizada e aos grupos científicos da região refletirem sobre o tema, apontando melhorias no programa. Com isso, ganham destaque os institutos de ciência e tecnologia e as organizações sociais, na divulgação dessas informações, com o fim de buscar um desenvolvimento mais adequado.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003, 159p.
- AGUIAR, A. P.; VIEIRA, I. C. G.; ASSIS, T. O. DALLA-NORA, E. L. TOLEDO, P. M. de; SANTOS JR. R. A. de; BATISTELLA, M.; COELHO, A. S.; SAVAGET, E. K.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; NOBRE, C. A.; OMETTO, J. P. H. Land use change emission scenarios: anticipating a Forest transition process in the Brazilian Amazon? **Global Change Biology**, v. 22, n. 5, p.1821-1840, May 2016
- AGUIAR, A. P. D.; ASSIS, T.; FOLHES, R. T.; DALLA NORA, E; SANTOS JR., R. A. de O; ALVES, D. Cenários e modelos de desmatamento para a Amazônia. In: VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JR. R. A. O. (org.). **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014, p. 251-298.
- ALMEIDA, A. S. de. **Mudanças de usos da terra em paisagens agrícolas com palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) e implicações para a biodiversidade arbórea na Amazônia Oriental**. 2015. 116f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará; Embrapa Amazônia Oriental; Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2015.
- ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA I. C. G; ROCHA, D. di P. N. da. **Caracterização e mapeamento dos padrões de uso e cobertura da terra na área de endemismo Belém**. Museu Paraense Emílio Goeldi, 2014, 170p. (Relatório executivo).
- ALMEIDA, A. W. B. de. Territórios e territorialidades específicas na Amazônia: entre a proteção e o protecionismo. **Caderno CRH. Salvador**, v. 25 n. 64. , p. 63-71, Jan/abr. 2012.
- ALMEIDA, A. W. B. de. Agroestratégias e desterritorialização: direitos territoriais e étnicos na mira dos estrategistas dos agronegócios. In: ALMEIDA, A. W. B. de. **Capitalismo globalizado e recursos territoriais: fronteiras da acumulação no Brasil contemporâneo**. Rio de Janeiro. Ed. Lamparina, 2010. p. 101- 143.
- ALVES, D. S. Pesquisa interdisciplinar em estudos ambientais. In: VIEIRA, I. C. G. et al.(Orgs.). **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. 1 ed. Rio de Janeiro. Ed. Garamond, 2014. p. 53-77.
- ALVES, S. A. O.; AMARAL, W. A. N. do; HORBACH, M. A.; ANTIQUEIRA, L. M. O. R.; DIAS, I. F. da S. Indicadores de sustentabilidade da agroindústria do dendê no estado do Pará. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu/SP, v. 28, n. 4, p. 240-246, 2013.
- ALVES, D. S.; MORTON, D. C.; BATISTELLA, M.; ROBERTS, D. A.; SOUZA JUNIOR, C. The changing rates and patterns of deforestation and land use in Brazilian Amazonia. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (ed.). **Amazonia and global change**. Florida: AGU, 2009, p.11-24.
- ANDRADE, J. C. S.; COSTA, P. Mudança climática, protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global. **29 O&S**, v.15, n.45, p.29-45, Abr./Jun. 2008.
- ANSELIN, L. Spatial econometrics. In: BATALGI, B. (ed.). **A companion to theoretical econometrics**. Oxford: Basil Blackwell, 2001. p. 310-330.

BACKHOUSE, M. **A desapropriação sustentável da Amazônia: caso de investimentos em dendê no Pará, Fair Fuels?** Working Paper 6, Berlin.2013, 31p.

BAKER, W, L. A review of models of landscape change. **Landscape Ecology**, n. 2, v. 2,p. 111-133, 1989.

BANCO DE DADOS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE – DATASUS. **Informações de saúde, rede assistencial.** Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/siasih/siasih.php?area=11784A4B0C0D0E0F11784G4HIJd4L5M0N&VInclude=../site/texto.php>>. Acesso em: 05 nov. 2014.

BASTOS, T. X. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 564-570, 2001.

BECKER, B. K. Novas territorialidades na Amazônia: desafios às políticas públicas **Urbe Amazônida: a floresta e a cidade.** In: VIEIRA, I. C. G. (Org.). **As Amazônias de Bertha K. Becker.** Rio de Janeiro: Garamond, 2015.p. 505-514.

\_\_\_\_\_. **A Urbe Amazônida: a floresta e a cidade.** Rio de Janeiro. Ed. garamond, 1ª ed., 2013. 86p.

\_\_\_\_\_. Recuperação de áreas desflorestadas na Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (dendê)? **Revista Confins.** 2010. Disponível em <<http://confins.revues.org/6609>>. Acesso em: 13 dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários?. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 135-159, 2001.

\_\_\_\_\_. Os eixos de integração e desenvolvimento e a Amazônia. **Revista Território**, ano IV, n. 6,p. 29-42, Jan/Jun. 1999.

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. **Ciência e Cultura**, SãoPaulo,v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.

BOARI, A. de J. **Estudos realizados sobre o amarelecimento fatal do dendezeiro (Elais Guineensis Jacq).** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 66p.

BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS.** Kidlington: Elsevier Science, 1994. 398p.

BÖRJESON, L., HÖJER, M., DREBORG, K., EKVALL, T.; FINNVEDEN, G. Scenario types and techniques: towards a user's guide. **Futures**, n. 38, v.7, p. 723-739, 2006.

BRANDÃO, F.; SCHONEVELD, G. **The state of oil palm development in theBrazilian Amazon: trends, value chain dynamics, and business models.** Working Paper 198. Bogor, Indonesia: CIFOR, 2015. 41p.

BRASIL. **Instrução Normativa SEMAS Nº 8 DE 28/10/2015.** Limpeza e autorização de supressa de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração nos imóveis rurais, no âmbito do Estado do Pará. Disponível em:<<http://www.semas.pa.gov.br/2015/11/03/instrucao-normativa-no-08-de-28-de-outubro-de-2015/>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual –Instrução nº 54/2011.** Programa Municípios Verdes - PMV. Belém, Pará, 2011. Disponível em < <http://www.municipiosverdes.com.br>>. Acesso em: 21 out. 2014a.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual -Instrução nº 02/2014.** (DOE/PA nº 32594/2014), de 28/02/2014, caderno 5, p. 6-8. Disponível em: <<http://www.semas.pa.gov.br/2014/02/28/instrucao-normativa-no-08-de-28-de-fevereiro-de-2014/>>. Acesso em: 19 jun. 2014b.

\_\_\_\_\_. **Lei 12.651/2012 - Código Florestal Brasileiro.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 05 Dez. 2012a.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.830/2012 - **Sistema de cadastro ambiental rural.** Diário Oficial [da] União. 2012b.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal nº 7.172/2010 - Zoneamento agroecológico do dendê para as áreas desmatadas da Amazônia Legal (ZAE - Dendê).** Brasília, 2010. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/)>. Acesso em: 21 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal nº 7.378/2010 - Macrozoneamento ecológico-econômico da Amazônia Legal - MacroZEE da Amazônia Legal.** Decreto nº 7.378/2010. Brasília, 2000. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 07 out. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.097/2005 - Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB).** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm)>. Acesso em: 05 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9985/2000 - Sistema Nacional de Unidades de Conservação.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>. Acesso em: 07 nov. 2014.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com/lei-n-6938-de-31-de-agosto-de-1981>>. Acesso em: 27 jun. 2013.

\_\_\_\_\_. **Decreto-lei nº 1.376 de 1974 - Fundos de investimento para a Amazônia.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del1376.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del1376.htm)>. Acesso em: 05 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto-lei nº 756 de 1969 - Programa de valorização econômica da Amazônia.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0756.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0756.htm)>. Acesso em: 05 jun. 2015.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches.** 2000. 145f. Tese (Doutorado em Geografia) - University of Aegean, Lesvos, Grécia, 2000. Disponível em: <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>>. Acesso em: 08 out. 2014.

BRONDIZIO, E. S. Abordagens teóricas e metodológicas para o estudo de mudança de usos da terra. In: VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JR. R. A. O. (org.) **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar.** 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014. p. 149-191.

BRONDIZIO, E. S.; MORAN, E. F. Level-dependent deforestation trajectories in the Brazilian Amazon from 1970-2001. **Population and Environment.** Amsterdam, v. 104, p. 185-228, 2004.



CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. In: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. de (Orgs.) **Bancos de dados geográficos**. MundoGEO, Curitiba, 2005, 506 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S.; MONTEIRO, A.M.V. Fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2001.365p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1999, 221p.

CÂMARA, G; QUEIROZ, G.R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: **Introdução à ciência da geoinformação**. 1998, p. 3-12. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 13. Ago. 2011.

CAMPBELL, J.B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press, 1987. 551p.

CARDOSO, A. S.; TOLEDO, P. M. de; VIEIRA, I. C. G. Dimensão Institucional da Sustentabilidade e Gestão Ambiental no município de Moju, Pará: uma aplicação do Barômetro da Sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate** - Brasília, v. 5, n. 1, p. 117-135, Jan/Abr. 2014.

CARNEIRO, T. G. S. **Nested-CA: a foundation for multiscale modeling of land use and land change**. 2006. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2006.(INPE -5522-TDI/519).

CARVALHO, C. M. de; SILVEIRA, S.; La ROVERE, E. L.; IWAMA, A. Y. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 44, p. 867–876, Apr.2015.

CASTELLA, J.; VERBURG, P. H. Combination of process-oriented and patternoriented models of land-use change in a mountain area of vietnam. **Ecological modelling**, v. 202, p. 410 - 420, 2007.

COUCLELIS, H. Space, time, geography. In: LOGLEY, P. A.; GOODCHILD. M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D.W. **Geographical information systems: principles, techniques, management and applications**. New York. Ed. John Wiley & Sons, 1999. v. 1, p. 29-38.

CONGALTON, R. A Review of assessing the accuracy of classification remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**.USA, n. 37, p. 35-36, 1991.

COSTA, F. de S. Mercado de terras e trajetórias tecnológicas na Amazônia. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 245-273, 2012.

COSTANZA, R. Model goodness of fit: a multiple resolution procedure. **Ecological Modelling**, v. 47, p.199-215, 1989.

CRUZ, B. E. V.; ROCHA, G. M. Dendê como projeto de estado: uma alternativa econômica, social e ecológica para a Amazônia. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 11., 2007, Bogotá - Colômbia. **Geopolítica, globalización y cambio ambiental: retos en el desarrollo latino-americano**:anais.Bogotá - Colômbia: Universidad Nacional de Colômbia, 2007. v. 1, 19 p.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO – DETRAN. **Acidentes de trânsito em 2010**. Disponível em: <[http://www.servicos.detrans.pa.gov.br/anoario 2010](http://www.servicos.detrans.pa.gov.br/anoario%202010)>. Acesso em: 07 jun. 2012.

De SOUSA, E. B. M. L.; ROCHA, J. P. da. Climatologia, variabilidade e tendências do clima atual na Amazônia e em cenários futuros de mudanças climáticas. In: VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JR. R. A. O. (org.) **Ambiente e sociedade na Amazônia**: uma abordagem interdisciplinar. 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014, p. 295-312.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. 15, n. 2, p. 1 -22, Mai.-Ago. 2012.

DROULERS, M.; LE TOURNEAU, F.-M.; NASUTI, S.; KOHLER, F.; MARCHAND, G.; GREISSING, A.; LENA, F.; DUBREUIL, V. DURAMAZ, um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável na Amazônia. **Sustentabilidade em Debate** - Brasília, v. 2, n. 1, p. 165-186, Jul. 2011.

DURÃES, F. O. M. Requerimentos de PD&I na agroindústria de palma de óleo no Brasil: O papel da Embrapa. **Agroenergia em Revista**. Ed. 2, p. 8-9, Mai. 2011.

EASTMAN, J. R. **Idrisi kilimanjaro 2**: Guide to GIS and image processing. Worcester. Clark University, 2003. v.14. p. 1-22.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Brasil). Serviço de Produção de Informação. Brasília: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Brasil). Serviço de Produção de Informação, 2009, 412 p.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de banco de dados**. 4 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. **Índice de Gestão Fiscal**. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/ifgf/>>. Acesso em: 07 jun. 2012.

FIGUEIREDO, V. G. B. Cultural heritage, city, sustainability: what is the role of urban legislation in preservation and development? **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. XVII, n. 2, p. 89-110. Abr.-Jun. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n2/en\\_a07v17n2.pdf](http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n2/en_a07v17n2.pdf)>. Acesso em: 03 jul 2014.

GAGNON, C. **Futuros territórios sustentáveis**. Québec: Presses de l'Université du Québec, 2012. 255 p.

GOEL, N. S. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. **Remote Sensing**. v. 4, n. 1, p.1-212, 1988.

GUERREIRO, C. **Indicadores de desenvolvimento sustentável, aplicados em sistemas de informação geográfica (SIG), para o litoral norte da Bahia**. 2004.134 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, 2004.

HAESBAERT, R. Território e região numa “constelação” de conceitos. In: MENDONÇA, F. A.; LOWEN-SAHR, C. L.; SILVA, M. Da. (orgs.). **Espaço e tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico**. Curitiba, ADEMADAM, 2009, p. 621-634.

\_\_\_\_\_. **O mito da desterritorialização: do fim dos territórios à multiterritorialidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

HERSPERGER, A. M.; GENNAIO, M., VERBURG, P.H.; BÜRGI, M. Linking land change with driving forces and actors: four conceptual models ligando mudança terreno com forças motrizes e atores. **Ecology and Society**, n. 15, v. 4. 2010. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art1/>>. Acesso em: 13. Mar. 2016.

HOMMA, A. Agroenergia: a entrada de um novo ciclo na Amazônia? In: GOMES JÚNIOR, R. A. (Ed.). **Bases técnicas para a cultura da palma de óleo integrado na unidade produtiva da agricultura familiar**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010, p. 3-5.

HOMMA, A. K. O. ; MENEZES, A. J. E. A. de; MONTEIRO, K. F. G.; SANTOS, J. C. dos; REBELLO, F. K.; COSTA, D, H, M.; GOMES JR, R. A.; SENA, A. L. dos S.; MOTA JR, K. J. A. da. Integração grande empresa e pequenos produtores de dendezeiro: o caso da comunidade de Arauaí, município de Moju, Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 38p.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J.; CARVALHO, R. A.; FERREIRA, C. A. P. Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendezeiro na Amazônia. In: VIEGAS, I. de J. M., MÜLLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 11-30.

HOMMA, A. K. O.; VIEIRA, I. C. G. Colóquio sobre dendezeiro: prioridades de pesquisas econômicas, sociais e ambientais na Amazônia. **Ciência e Desenvolvimento**. Belém, v. 8, n. 15, p. 79-90, Jul./Dez., 2012.

HUDSON, W.D.; RAMM, C.W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**. Maryland, v.53, n.4, p.421-422, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha municipal digital**: escala 1:250.000. Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br.php>>. Acesso em: 21 jun. 2015a.

\_\_\_\_\_. **Produção agrícola municipal (PAM)** de 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: jun. 2015b.

\_\_\_\_\_. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro – RJ. 2012, 271p. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/manuais\\_tecnicos/manual\\_tecnico\\_vegetacao\\_brasileira.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf)> Acesso em: 07/dez/ 2014.

\_\_\_\_\_. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE. 1992, 92p. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 nov.2010.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DO PARÁ (IDESP). **Estatísticas municipais 2013**. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/estatisticaMunicipal.php>>. Acesso em: 29 jan. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Sistema nacional de educação: anos iniciais e finais**. Disponível em: <[http://www.inep.gov.br/download/superior/2013/Avaliacao\\_Institucional.pdf](http://www.inep.gov.br/download/superior/2013/Avaliacao_Institucional.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Banco de dados do projeto PRODES, 2015**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em: 15abr.2016a.

\_\_\_\_\_. **Trabalhando com LucME 2.1**: Guia do usuário. São José dos Campos, 2016. Disponível em: <http://lucme.ccst.inpe.br/>. Acesso em: 03 jan. 2016b.

\_\_\_\_\_. **TerraView**. São José dos Campos, 2015. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>. Acesso em: 18 Nov. 2015a.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados do projeto PRODES, 2014**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em: 19 Dez. 2015b.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados do projeto PRODES, 2013**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em: 05 nov. 2014.

\_\_\_\_\_. **TerraClass 2012**. Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia. Disponível em: <[http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2012.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012.php)> Acesso em: 19 dez. 2015.

\_\_\_\_\_. **BD Queimadas**: monitoramento dos focos de calor. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 03 set. 2014.

\_\_\_\_\_. **Mapeamento de florestas degradadas**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/degrad/dados/>>. Acesso em: 03 set. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Índice de desenvolvimento humano municipal Brasileiro**: Série atlas do desenvolvimento humano no Brasil 2013. Brasília: PNUD, IPEA, 2013. 96 p.

KLEIN, J. T. **Humanities, culture, and interdisciplinary: the changing American academy**. Albany: State University of New York Press, 2005.278p.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.16, n. 45, p. 37-61, May/Aug.2002.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CLEVELARIO JR., J.; NASCIMENTO, J. A. S. do; COLLARES, J. E. R.; SILVA, L. C. D. da. Desenvolvimento sustentável no Brasil: uma análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. Uberlândia: **Sociedade e Natureza**. v. 20, n.1, p. 25-50, Jun. 2008.

LAMEIRA, W. J.; VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M. Panorama da sustentabilidade na fronteira agrícola de bioenergia na Amazônia. **Sustentabilidade em Debate**. v. 6. p. 193-210, 2015a.

\_\_\_\_\_. Análise da expansão do cultivo da palma de óleo no Nordeste do Pará. **Novos cardernos NAEA**. Universidade Federal do Pará, v. 18, n. 2 ,p. 185-197, 2015b.

- LEES, A. C., MOURA, N.G, ALMEIDA, A. S. de. VIEIRA, I. C. G. Poor prospects for avian biodiversity in Amazonian oil palm. **PLOS ONE**, v. 10, n. 5. 2015. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article/journal.pone.0122432/>> Acesso em: 27 out. 2015.
- MALHI, Y.; SAATCHI, S.; GIRARDIN, C.; ARAGÃO, L. E. O. C. The production, storage, and flow of carbon in Amazonian forests. *Geophysical Monograph Series* 186, p.355-372, 2009.
- MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR. A.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v. 17, n. 1, p. 7-20, 2008.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Anuário estatístico da agroenergia**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Brasil, 2010.160p.
- MARCHAND, G.; Le TOURNEAU, F. M. O desafio de medir a sustentabilidade na Amazônia: os princípios indicadores mundiais e a sustentabilidade no contexto amazônico. In: VIEIRA, I. C. G. et al.(Orgs.). **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond. 2014, p. 195-220.
- MARINELLI, C. E. **De olho nas unidades de conservação**: sistema de indicadores socioambientais para unidades de conservação da Amazônia Brasileira. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011, 14p.
- MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 5. ed.São Paulo: Contexto, 2010, 144 p.
- MARTINS, M. de F. Índice de sustentabilidade para Amazônia (ISA): modelo de monitoramento da sustentabilidade a partir de indicadores e critérios de análise. In: **Ambiente e sociedade na Amazônia**. In: VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JR. R. A. O. (org.). **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. 1. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014. p. 221-250.
- MILLER, A. A.; ANDRADE, E. B. de. Aspectos gerais sobre a fenologia da cultura da palma de óleo. In: RAMALHO FILHO, A. **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 83-92.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - MDA. **Programa nacional de produção e uso de biodiesel**: inclusão social e desenvolvimento territorial. Brasília: Secretaria da Agricultura familiar. 2010, 48p. (Relatório técnico). Disponível em: <[http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user\\_arquivos\\_64/Biodiesel\\_Book\\_final\\_Low\\_Completo.pdf](http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf)>. Acesso em: 19 Jan. 2011.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Áreas protegidas**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm/>>. Acesso em: 09 out. 2012.
- MONTEIRO, K. F. G. **Análise de indicadores de sustentabilidade socioambiental em diferentes sistemas produtivos com palma de óleo no estado do Pará**. 2013. 205f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2013.
- MONTEIRO, M. de A.; COELHO, M. C.; BARBOSA, J. M (Orgs.). **Atlas socioambiental**: municípios de Tomé-Açu, Ipixuna do Pará, Paragominas e Ulianópolis. Belém: NAEA, 2009, 463 p.

- MÜLLER, A. A.; FURLAN JR. J.; ELESTINO FILHO, P. **A Embrapa Amazônia Oriental e o agronegócio do dendê no Pará**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. Documentos, 257 Embrapa Amazônia Oriental, 2006, 67 p.
- MYUNG, I. J. Tutorial on maximum likelihood estimation. **Journal of Mathematical Psychology**. n. 47, p. 90-100, 2003.
- NAHUM, J. S.; MALCHER, A. T. C. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu (PA). **Revista Confins**, v. 16, 15p. 2012.
- NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. O boom do dendê na microrregião de Tomé-Açu, na Amazônia paraense. **Revista Confins** (Paris), p. 1-14, 2015a.
- \_\_\_\_\_. Uma interpretação geográfica da dendeicultura na Amazônia paraense. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**. v.11, n. 15, p.309-331, 2015b.
- \_\_\_\_\_. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, v. 9, n. 17, p. 469-485, 2014.
- NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.59, n. 3, p. 22-27, July/Sept. 2007. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo>> Acesso em: 09 jan 2011.
- NOVAES, A. G. **Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes**. São Paulo. Ed. Edgard Blücher, 1981.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). Core set of indicators for environmental performance review. **OECD Environment Monographs**. Paris, n. 83, 60p. 1993. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Refer/gd9735.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2013.
- PARKER, D. C. **Agent-based models of land-use and land-cover change**. Irvine, California, USA: LUCR Report Series, 2002. (Report No. 6).
- PEREIRA, R. T; LORENZONI, L.L; BARROS, J. P. S.; RESENDO, L. C.; DUBKE, A. F. **Técnicas recentes para a modelagem de processos**: recomendações Gerais. ENGEPI. 2009.
- PERZ, S.; MESSINA, J. P.; REIS, E.; WALKER, R.; WALSH, S. J. Cenários futuros de paisagens Amazônicas: modelos econométricos e de simulação de dinâmica. **Amazonia and global change**. p. 83-100, 2009.(Geophysical Monograph, Series, 186).
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS (PNUD). **Objetivos de desenvolvimento do milênio**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/odm/2013>>. Acesso em: Mar. 2015.
- PROGRAMA MUNICÍPIOS VERDES (PMV). **Base de dados 2013/2014**. Disponível em: <[http://municipiosverdes.com.br/base\\_de\\_dados](http://municipiosverdes.com.br/base_de_dados)>. Acesso em: out. 2014.
- QUEIROZ FILHO, A. P. de; MARTINELLI, M. O trabalho de campo em geografia: uma abordagem teórico-metodológica. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, n. 87, p. 7-43, 2007.
- REBELLO, F. K.; COSTA, D. H. M. A experiência do Banco da Amazônia com projetos integrados de dendê familiar. **Contexto Amazônico**, v. 5, n. 22, p. 1-8, Jun. 2012.

RASKIN, P. Global Scenarios in historical perspective. In: CARPENTER, S.; PINGALI, P.; BENNETT, E.; ZUREK, M. **Ecosystems and human well-being: scenarios - Findings of the Scenarios**. Working Group Millennium Ecosystem Assessment Series. Washington, D.C.: Island Press, 2005, p. 35- 44.

R DEVELOPMENT CORE TEAM.**R: a language and environment for statistical computing** 2011.R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. **RStudio: integrated development for R** 2014. RStudio Inc., Boston, MA. Disponível em: <<http://www.RStudio.com/ide>>. Acesso em: 21 mar. 2015

RENNÓ, C. D.; SOARES, V. J. Conceitos básicos de modelagem hidrológica. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. de. (Orgs.). **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. 1. ed. Brasília,DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

RIBEIRO, A.L. Modelo de indicadores para mensuração do desenvolvimento sustentável na Amazônia. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2002.

ROCHA, G. de M. Ambientalização do território na Amazônia brasileira e a gestão ambiental. In: VIEIRA, I. C. G. et al.,(Orgs.). **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014. p. 461-487.

ROUNDTABLE ON SUSTAINABLE PALM OIL (RSPO).**Principle and criteria for the production of sustainable palm oil**.RSPO: Selangor, Malásia, 2008. 58 p. Disponível em: <<http://www.rspo.org>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

ROSENFELD, G. H.; FITZPATRICK-LINS, K.A Coefficient of agreement as measure of thematic classification accuracy.**Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.**, v. 52, p. 223-227, 1986.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 152 p.

SANTOS, D.; CELENTANO, D.; GARCIA, J.; ARANIBAR, A.; VERÍSSIMO, A. **Índice de Progresso Social na Amazônia Brasileira: IPS Amazônia 2014**. Belém: Imazon e Social Progress Imperative, 102 p.

SANTOS, M. **O espaço da cidadania e outras reflexões**. Porto Alegre: Fundação Ulysses Guimarães, 2011. 224p.

\_\_\_\_\_. Geografia e planejamento: o uso do território – geopolítica **Revista Eletrônica: tempo-técnica-território**, v.2, n. 2, p. 1-49. 2011b.

\_\_\_\_\_. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia**. 6.ed.São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 136p.

\_\_\_\_\_. **A Natureza do espaço: técnica e tempo. Razão e emoção**.4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. 384p.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE (SEMAS). **Sistema integrado de monitoramento e licenciamento ambiental, Pará**. Disponível em: <<http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/>>. Acesso em 05 de agosto de 2015.

\_\_\_\_\_. **Sistema integrado de monitoramento e licenciamento ambiental, Pará**. Disponível em: <<http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/>>. Acesso em 17 Out. 2014.

SILVA, J. C. dos; HOMMA, A, K. O.; SENA, A. L. Dos S.; GOMES JR, R.A.; MENEZES, A. J. E.; MONTEIRO, K. F. G. **Desempenho socioeconômico do sistema produtivo familiar de dendê em Moju, estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. 2014. 36 p.

SISTEMA DE VIGILÂNCIA ALIMENTAR NUTRICIONAL (SISVAN). **Bolsa família**. Disponível em: <[http://bolsafamilia.datasus.gov.br/w3c/bfa\\_acesso2010.asp?tpacao=0](http://bolsafamilia.datasus.gov.br/w3c/bfa_acesso2010.asp?tpacao=0)>. Acesso em: 02 nov. 2014.

SILVEIRA, M. L. Concretude territorial, regulação e densidade normativa. **Em revista Experimental**. São Paulo: Laboplan. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, n. 2, p. 35-45, 1997.

SOARES-FILHO, B. S.; GARCIA, R. A.; RODRIGUES, H.; MORO, S.; NEPSTAD, D. Nexos entre as dimensões socioeconômicas e o desmatamento: a caminho de um modelo integrado In: BATISTELLA, M.; ALVES, D.; MORAN, E. (Org.). **Amazônia, natureza e sociedade em transformação**. Edusp, São Paulo, 2008.v. 1, p. 304p.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; MCGRATH, D. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos avançados**, São Paulo, v.19, n.54, p.138-152, 2005.

SOARES-FILHO, B. S.; PENNACHIN, C.; CERQUEIRA, G. C. Dinâmica: a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological modelling**, n. 154, p. 217-235, 2002.

TEJADA, G.; DALLA-NORA, E.; CORDOBA, D.; LAFORTEZZA, R.; OVANDO, A.; ASSIS, T.; AGUIAR, A. P. Deforestation scenarios for the Bolivian lowlands. **Environmental Research**, v. 144, Part B, January 2016, p. 49–63. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935115301092>> Acesso em: 19 dez. 2015.

TOLEDO, P. M. de. Interdisciplinaridade: aspectos teóricos e questões práticas. In: VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JR. R. A. O. (org.). **Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar**. 1. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014.p. 25-51.

TOMLIN, C. D. Cartographic modelling. In: Maguire, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. ed. **Geographical information systems: principles and applications**. Harlow: Longman Scientific and Technical. v.1, p.361-374, 1991.

TURNER, B. L.; ALI, A. M. S. Induced intensification: Agricultural change in Bangladesh with implications for Malthus and Boserup. **Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS**, v. 93, p. 14984 – 14991, 1996.

TURNER, B. L.; MEYER, W.B. Global land-use and land-cover change: An overview. In: MEYER, W. B. ;TURNER, B. L. (Org). **Changes in land use and land cover: a global perspective**. Cambridge University Press. 1994, p. 3-10.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – IUCN. **Assessing progress toward sustainability: workshop on system assessment method**. Islamabad (Pakistan): 1999. Disponível em: <<http://iucn.org/themes/eval/workshop/isla.htm>>. Acesso em: 13 out. 2012.



USGS (GEOLOGICAL SURVEY/ SERVIÇO DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO AMERICANO). **Imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8**: data de passagem 04/08/2013 EUA. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>. Acesso em 21 ago./2014.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 256 p.

VENTURIERI, A. Zondendê x amarelecimento fatal mapeamento de áreas com potencial de expansão e de ocorrência de amarelecimento fatal em palma de óleo (dendê) na Amazônia Legal, com ênfase no estado do Pará. **Agroenergia em Revista**. (Palma para o dendê), ano 2, n. 2, mai. 2012. p. 6-7. Disponível em: <[http://issuu.com/embrapa/docs/agroenergetico\\_29/4](http://issuu.com/embrapa/docs/agroenergetico_29/4)>. Acesso em: 04 jan. 2014.

VERBURG, P.H. et. al. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUES Model. **Environmental Management**, v. 30, n. 3, p. 391 - 405. 2002.

VERBURG, P. H.; KOK, K.; PONTIUS, R. G.; VELDKAMP, A. Modeling land-use and land-cover change. In: LAMBIN, E.F.; GEIST, H.J. (eds). **Land-use and landcover change**: local processes and global impacts, Berlim: Springer, 2006, p. 117 - 131.

VERBURG, P.; KONING, G. de; KOK, K.; VELDKAMP, A.; BOUMA, J. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. **Ecological modelling**, v. 116, p. 45 - 61, 1999.

VERBURG, P. H.; SCHOT, P.; DIJST, M.; VELDKAMP, A. Land use change modelling: current practice and research priorities. **GeoJournal**, v. 61, p. 309 - 324, 2004.

VIEIRA, I. C. G. Teoria ecológica e a interdisciplinaridade em estudos ambientais. In: VIEIRA, I. C. G. et al. colocar os dois(Orgs.). **Ambiente e sociedade na Amazônia**: uma abordagem interdisciplinar. 1ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2014. p. 125-147.

VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C. da.; TOLEDO, P. M. de. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, 2005, p. 153-164.

VEIGA, J. E. da. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 39-52, 2010.

\_\_\_\_\_. Territórios para um desenvolvimento sustentável. **Ciência e Cultura**. São Paulo. v. 58, n.1, p. 20 – 24, 2006.

ZARIN, D. J.; DAVIDSON, E. A.; BRONDIZIO, E. S.; VIEIRA, I. C. G.; SÁ, T.; FELDPAUSCH, T.; SCHUUR, E. A. G.; MESQUITA, R.; MORAN, E.; DELAMONICA, P.; DUCEY, M. J.; HURTT, G. C.; SALIMON, C.; DENICH, M. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Frontiers in Ecology and Environment**, v. 3, p. 365-369, 2005.

ZHANG, Q.; SETO, K. C. Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data. **Remote Sensing of Environment**, 2011.