

Emiliana Barros Cerqueira

Graduada em Ciências Econômicas. Mestre e doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente.
Ex-bolsista da CAPES
emilianacerq@gmail.com

Jaíra Maria Alcobaça Gomes

Doutora em Economia Aplicada pela ESALQ/USP. Professora do Departamento de Ciências Econômicas e dos PPG's em Políticas Públicas e em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPI
jaira@ufpi.edu.br

Desmatamento da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore) em Campo Maior-PI

Resumo

Esse estudo busca analisar as áreas de carnaubais que foram suprimidas no município de Campo Maior, verificando a evolução e a mudança na cobertura vegetal, os índices pluviométricos, a composição do PIB nos setores da economia (primário, secundário e terciário), a densidade demográfica e a taxa de urbanização. Para tanto, utilizou-se as imagens disponíveis no *site* da Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA) (MODIS/NDVI) referentes ao período de 2002 a 2016. Os dados demográficos e econômicos foram obtidos no *site* do IBGE, e as informações sobre precipitação, no *site* do INPE Além disso, realizou-se pesquisas *in loco* em áreas de carnaubais e conversas informais com representantes do poder público local. Concluiu-se que houve supressão de carnaúbas para a implantação de empreendimentos imobiliários na área urbana, em consonância com o crescimento econômico e demográfico do município. As imagens do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de 2005 e 2016 refletiram essas modificações.

Palavras-chave: MODIS/NDVI, Urbanização, Carnaúba.

Abstract

DEFORESTATION OF CARNAUBA (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore) IN CAMPO MAIOR - PI

This study investigates the areas of carnauba palm forest that were removed in the municipality of Campo Maior, checking the progress and change in vegetation coverage, rainfall rates, the composition of GDP in the sectors of the economy (primary, secondary and tertiary), population density and the rate of urbanization. To this end, there were used images available in the Embrapa site (MODIS / NDVI) from the period of 2002 to 2016. Data on GDP, population density and urbanization rate were obtained from the IBGE site. In addition, there were conducted surveys on-site in areas of carnauba palm forest and informal talks with representatives of local government. It was concluded that there was suppression of carnaubas to implementation of real estate projects in the urban area, consistent with the economic and demographic growth of the municipality. The images of NDVI of 2005 and 2016 reflected this modifications.

Key-words: MODIS/NDVI, Urbanization, Carnauba.

1. Introdução

A eliminação de vegetação nativa, decorrente do crescimento econômico e populacional, é um problema que tem causado preocupação a todos, já que compromete a qualidade de vida, provoca mudanças climáticas e reduz os benefícios obtidos por meio desses recursos naturais.

Segundo Mueller (2004), os impactos sobre o meio ambiente acentuaram-se com o aumento da escala da economia, que possui dois componentes principais, o tamanho da população humana e o nível de renda *per capita*. O crescimento da escala implica em maior produção de alimentos e outros bens e serviços, ampliando o uso de recursos naturais; na expansão na emissão de resíduos, gerando poluição; e no requerimento de espaços para abrigar uma quantidade maior de pessoas, o que promove a destruição das florestas e dos solos associados à ocupação de terras.

O estado de conservação ambiental de um determinado local pode ser medido pela existência, pela densidade e pela distribuição de vegetação nativa. A carnaúba é uma espécie nativa de reconhecida importância no Nordeste brasileiro, pelos aspectos econômico, social, cultural e ambiental, sobretudo no Piauí, Ceará, Maranhão e Rio Grande do Norte, com ênfase

ao primeiro, que, em 2015, respondeu por mais da metade da quantidade de pó extraído.

O município de Campo Maior-PI é o maior produtor de pó de carnaúba, segundo dados da Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2015. Além disso, esse município possui um ambiente propício à carnaubeira, por possuir áreas alagadiças e temperaturas elevadas; constituiu-se no principal polo industrial beneficiador de cera de carnaúba. A indústria Brasil Ceras, líder na produção e na exportação da cera de carnaúba do Nordeste está localizada neste município e apresentou, de acordo com a Secretária de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), o segundo maior valor da pauta de exportações do Piauí, em 2016.

Devido à importância dos carnaubais para Campo Maior, buscou-se sistematizar os estudos relativos à espécie que tiveram como área de investigação o referido município, sendo encontrados poucos trabalhos, a exemplo do de Sousa et al. (2007) que, embora não retrate exclusivamente a carnaúba, evidencia que os estudos elaborados para essa espécie não são apenas econômicos, sociais e ambientais, mas também químicos.

Sousa et al. (2007) estudaram cinco plantas medicinais (carnaúba - raiz, amêndoa-brava, capitão, caneleiro e pau-terra-da-folha-grande) para determinar os fenóis totais e analisar quantitativa e qualitativamente a atividade antioxidante. As coletas do material vegetal foram feitas, respectivamente, em Campo Maior, Nazaré do Piauí, Demerval Lobão e na sede do Sindicato dos Trabalhadores da Universidade Federal do Piauí (SINTUFPI). Como resultados, encontraram que o menor teor de compostos fenólicos estava presente nas raízes da carnaúba, embora todas as espécies analisadas tenham apresentado atividade antioxidante, sendo a da carnaubeira a menos ativa.

Outro estudo, o de Martins (2014), fornece contribuições ao conhecimento da carnaúba em Campo Maior, que têm cunho antropológico e sociocultural. A supracitada autora estudou as novas orientações do território e da formação sociocultural dos palheiros nessa localidade, abordando a territorialidade em um sentido que ultrapassa o físico-geográfico e chega ao simbólico, onde se constroem e mantêm os saberes recebidos

e repassados por uma tradição familiar, que vem sendo alterada, especialmente pelas políticas de transferência de renda do governo, as quais estimulam a frequência dos jovens na escola e, desse modo, os afastam dos carnaubais.

Nos âmbitos econômico e ambiental, encontrou-se o estudo de Carvalho e Gomes (2008), que analisaram a ecoeficiência (eficiência econômica aliada a baixo impacto ambiental) na cadeia produtiva da cera de carnaúba, para o que fizeram pesquisas de campo, visitando indústrias beneficiadoras em Campo Maior (PI). Os autores constataram que, embora haja consumo intenso de água, utilização de produtos químicos, uso da lenha e do diesel para obtenção de energia e emissão de poluente, foi possível identificar indicadores de ecoeficiência na cadeia, como o reuso de materiais e o consumo de produtos renováveis.

Outra produção científica de caráter econômico foi a de Araújo (2008), na qual o autor empreendeu uma análise financeira das indústrias de carnaúba, calculou sua liquidez e lucratividade e estimou sua produtividade, entre 2003 e 2006, por meio de um modelo econométrico, com dados em painel, tendo como variáveis a produtividade (quantidade de cera em toneladas/número de trabalhadores) e o consumo de lenha, a par de outras variantes, como quantidade de mão de obra, cotação do dólar e consumo de energia elétrica. Araújo concluiu que a lucratividade dessas indústrias é pequena e sua produtividade está diretamente relacionada aos gastos com lenha e, inversamente, com energia elétrica. Foram estatisticamente insignificantes as variáveis número de trabalhadores e taxa de câmbio.

Por fim, mas não menos importante, cita-se a contribuição de Reis Filho (2004), que realizou um mapeamento/zonamento da carnaúba no Piauí para demonstrar a localização e a distribuição dos carnaubais no estado, usando como ferramentas imagens de satélite e GPS. Como resultados, o autor produziu um mapa com a distribuição espacial da carnaúba que, inclusive, serviu como base para o estudo aqui desenvolvido.

Não foi identificado nenhum estudo sobre a retirada de carnaúbas no município, por isto a importância desta pesquisa, de verificar como se deu a dinâmica do desmatamento, e mais especificamente a supressão de carnaubeiras, no município de Campo Maior, no Piauí, durante o período compreendido entre 2002 e 2016.

A hipótese é a de que houve supressão de carnaubais em Campo Maior, entre 2002 e 2016, porque o município passou por um processo de crescimento econômico e urbanização que implicou no desaparecimento de áreas vegetadas. Para testá-la foram utilizadas imagens do satélite Terra, sensor MODIS, que fornecem o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), além de se recorrer a dados do IBGE, às pesquisas *in loco* em carnaubais, conversas informais com representantes do poder público local e consultas à legislação de proteção ao meio ambiente.

O objetivo do artigo é o de analisar as áreas de carnaubais que foram suprimidas no município de Campo Maior, verificando a composição do PIB nos setores da economia, a densidade demográfica e a taxa de urbanização, a evolução e a mudança na cobertura vegetal e os índices pluviométricos, entre 2002 e 2016.

2. Metodologia

Esta seção trata da delimitação da área estudada, das fontes de informações e dos procedimentos analíticos utilizados.

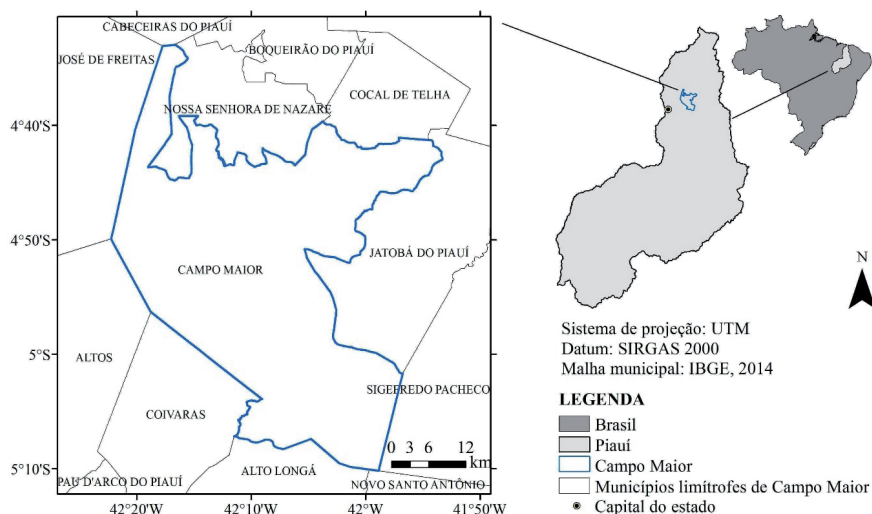
2.1 Delimitação da área de estudo

A área de estudo compreende o município de Campo Maior, que é, desde 2002, conforme a Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura do IBGE (2015), o responsável pela maior quantidade de extração de pó cerífero no Piauí.

Além disso, conforme Carvalho e Gomes (2008), Campo Maior dispõe de condições naturais favoráveis ao desenvolvimento de carnaubais, a exemplo das condições de solo e relevo; por deter uma tradição de exploração econômica da carnaúba que cria oportunidades de renda e trabalho; por possuir indústria de cera moderna, que gera parcela significativa do volume exportado pelo estado; e por ser o extrativismo da carnaúba uma atividade estimulada e apoiada pelo Poder Executivo municipal, conforme consta em seu plano diretor. Além disso, conforme Reis Filho (2004), 19,81% da área total do município corresponde a carnaubais.

Estes motivos citados mostram que o uso econômico da carnaúba é importante para o município, levando à necessidade de se verificar se as áreas de carnaubais estão sendo conservadas, bem como os fatores demográficos e naturais que interferem na vegetação da cidade.

Mapa 1
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Elaboração: Emília Barros Cerqueira.

Campo Maior é uma unidade territorial com 1.675,713 km² (IBGE, 2010). Como se vê no mapa 1, o município limita-se ao norte com Cocal de Telha, Nossa Senhora de Nazaré e Cabeceiras do Piauí; a oeste, com José de Freitas, Altos e Coivaras; ao sul, com Alto Longá, Coivaras e Santo Antônio; e a leste, com Sigefredo Pacheco, Jatobá do Piauí e Cocal de Telha.

Possui temperaturas entre 28 e 35° C, e clima quente tropical, com precipitação média anual de 1.305 mm. Sua geomorfologia tem superfície achatada, que forma lagoas temporárias nas áreas deprimidas; superfície de chapadas baixas, que apresentam relevo plano e algumas partes levemente onduladas, com altitudes entre 150 e 300 metros; superfícies onduladas, que exibem encostas e alongamentos residuais de chapadas, encostas proeminentes de vales e desníveis, com altitude de 150 a 1.500 metros; e superfícies tabulares, que se representam pelas chapadas altas de relevo plano, com altitudes entre 400 e 500 metros. Os solos predominantes são

os Plintossolos Argilúvicos Distróficos, Planossolos Háplicos Distróficos, Neossolos Litólicos Distróficos e Agrissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (IBGE, 1977; JACOMINE et al., 1986; DGC, 2017).

No município, há uma transição entre biomas que dão regularidade a sua flora, tanto que pesquisas nessa área identificaram as características da vegetação e a denominaram como Complexo de Campo Maior, que é, segundo Farias et al. (2008), formado por arbustos, subarbustos, árvores, ervas e cipós, havendo 184 espécies, 143 gêneros e 56 famílias (*Fabaceae*, *Caesalpinaceae* e *Bignoniaceae* são as principais).

2.2 Fonte de informações, procedimentos e análises

Para analisar o Produto Interno Bruto (PIB), delimitou-se o período compreendido entre 2002 e 2014, dada a disponibilidade de dados, e usou-se o valor adicionado por setor produtivo obtido no *site* do IBGE a preços correntes, os quais foram deflacionados pelo deflator implícito, variação anual, elaborado pelo IBGE, Sistema de Contas Nacionais Referência 2010, tendo como ano-base 2002 e adotando-se o sistema de taxas acumuladas.

Interpretou-se essa variável ao longo do tempo, relativamente à mesma variante em nível nacional, regional e estadual, enquanto os dados referentes à densidade demográfica e à taxa de urbanização foram obtidos, também, no IBGE/Censo Demográfico, para os anos de 2000 e 2010.

Visando a identificar as áreas de carnaubais suprimidas, realizou-se pesquisas *in loco*, nos dias 3 (nos locais Lagoa do Araim, Flores e Santa Rita) e 27 (Fripisa, Fazenda Monte Sinai e Califórnia) de maio, 3 de julho (Condomínio Jardim dos Pássaros e Parque de Vaquejada Nina Viana) e 1º de setembro (Matadouro, Monumento Batalha do Jenipapo, Porção e Assentamento Boa Vista) de 2014.

A escolha das áreas para as pesquisas fundamentou-se nas denúncias de desmatamento ou pedidos de licenciamento ambiental para a retirada de carnaúbas, que foram listados na Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMMARH) de Campo Maior, tendo-se como suporte, também, o mapeamento realizado por Reis Filho (2004) das carnaubeiras do Piauí.

Os locais pesquisados foram fotografados, marcados em GPS e transferidos para o ArcGIS 10.1, para confecção de sua representação cartográfica, delimitando-se as áreas urbana e rural, segundo o Decreto nº 17, de 2012, que define o perímetro urbano de Campo Maior.

Para avaliar a evolução e a mudança na cobertura vegetal do município de Campo Maior, durante o período entre 2002 e 2016, fez-se uso das imagens do satélite Terra, sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), produto MOD13Q1 NDVI, disponíveis no site da Embrapa Informática Agropecuária, Laboratório de Geotecnologias. As imagens estão disponibilizadas desde fevereiro de 2000, com resolução temporal de 16 dias, e espacial de 250 m.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido amplamente usado em monitoramento de queimadas, desmatamentos e modificações da cobertura vegetal (SHIMABUKURO; NOVO; PONZONI, 1998), de sorte que a elaboração de mapas de NDVI mostra o nível de cobertura vegetal de determinado local, em uma data específica.

O NDVI varia de -1 a 1, sendo que valores negativos correspondem a nuvens ou água e os mais próximos de 1 indicam como mais densa a vegetação, assim, adotou-se a classificação vegetal, conforme o intervalo de variação do índice mostrado no quadro 1.

Quadro 1
VEGETAÇÃO PREDOMINANTE, SEGUNDO O INTERVALO DE VARIAÇÃO DO NDVI

Tipo de vegetação predominante	Vegetação densa	Vegetação semidensa	Vegetação rala	Solo exposto	Nuvens, chuva
Intervalo de variação do NDVI	> 0,75	> 0,50 e ≤ 0,75	> 0,25 e ≤ 0,50	> 0 e ≤ 0,25	≤ 0

Fonte: Elaboração própria. Dados básicos MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011.

Ao se comparar essas imagens em datas diferentes, é possível avaliar as transformações ocorridas na cobertura, no uso e na ocupação do território (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011). O NDVI serve, também, para fazer comparações entre distintas regiões.

Devido à influência de variáveis climáticas sobre o NDVI e considerando que elas se apresentam de modo sazonal, faz-se importante comparar as modificações de um ano para outro em uma mesma data de análise (BENEDETTI et al., 2011; BRAGA; BRITO; SANSIGOLO, 2001). Logo, selecionou-se, para cada ano, uma imagem correspondente à data de 9 de setembro; em seguida, elas foram cortadas, no software ArcGIS 10.1, conforme delimitação do município, fazendo-se sua representação cartográfica para compará-las e examinar as modificações ocorridas ao longo do tempo.

Existe um segmento da literatura sobre o NDVI que o relaciona a variáveis climáticas, nomeadamente precipitação e temperatura, a exemplo de Li; Wang; Wang (2011), Duan et al. (2011), Benedetti et al. (2011) e Braga; Brito; Sansigolo (2001). Dessa forma, para verificar a ocorrência de modificações na cobertura vegetal do município, comparou-se a quantidade e a distribuição de chuvas ao longo do período analisado, utilizando-se os dados sobre precipitação acumulada anual e mensal do sítio do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

3. Dinâmica do desmatamento em Campo Maior de 2002 a 2016

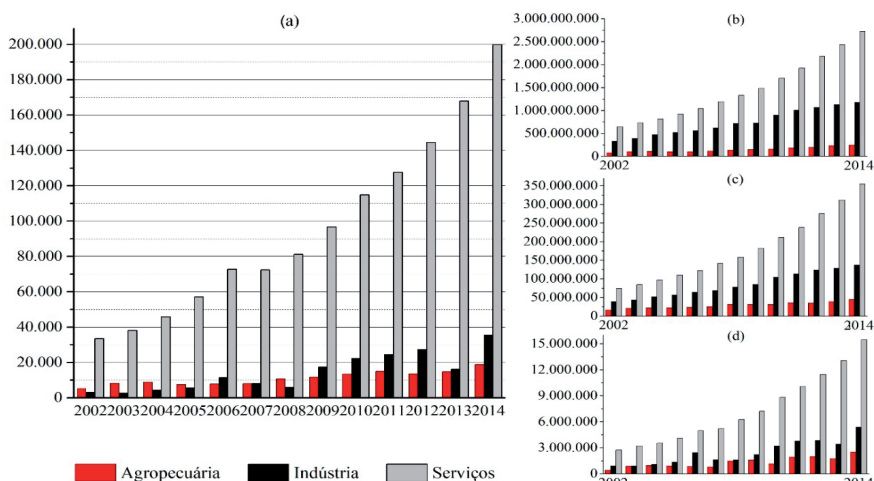
Inicialmente, fez-se uma caracterização socioeconômica e demográfica de Campo Maior, uma vez que essas características influenciam o processo de degradação ambiental. Assim, analisou-se os indicadores: densidade demográfica, taxa de urbanização e Produto Interno Bruto (PIB). A escolha dessas variáveis se deve ao fato da renda, assim como o número de habitantes e sua concentração nas cidades interferirem diretamente na qualidade do meio ambiente.

Quanto às variáveis densidade demográfica e taxa de urbanização, Campo Maior apresentou os seguintes valores, segundo o IBGE (2000; 2010): em 2000, o total de habitantes era de 43.126, e a densidade demográfica, de 25,74 hab./km², com 74,03% deles residindo em área urbana; em 2010, a população total era de 45.177, com 74,20% na zona urbana, e densidade demográfica de 26,96 hab./km².

O número de habitantes aumentou 5% entre 2000 e 2010. Portanto, acrescentou, dentro de um mesmo espaço territorial e com uma quantidade limitada de recursos, 2.051 pessoas que consomem e produzem lixo e tendem a se concentrar cada vez mais nos centros urbanos, ocupando lugares ambientalmente incorretos, seja desmatando vegetação nativa ou ocupando lugares suscetíveis à ocorrência de desastres ambientais atraídos por preços mais baratos. Quanto ao PIB, analisou-se os valores por setores da economia, de acordo com o valor adicionado, como se vê no gráfico 1.

Gráfico 1

VALOR ADICIONADO REAL, EM MIL REAIS, DOS SETORES PRIMÁRIO, SECUNDÁRIO E TERCIÁRIO EM ESCALA MUNICIPAL (A), NACIONAL (B), REGIONAL (C) E ESTADUAL (D), DE 2002 A 2014



Fonte: Elaboração própria. Dados básicos IBGE.

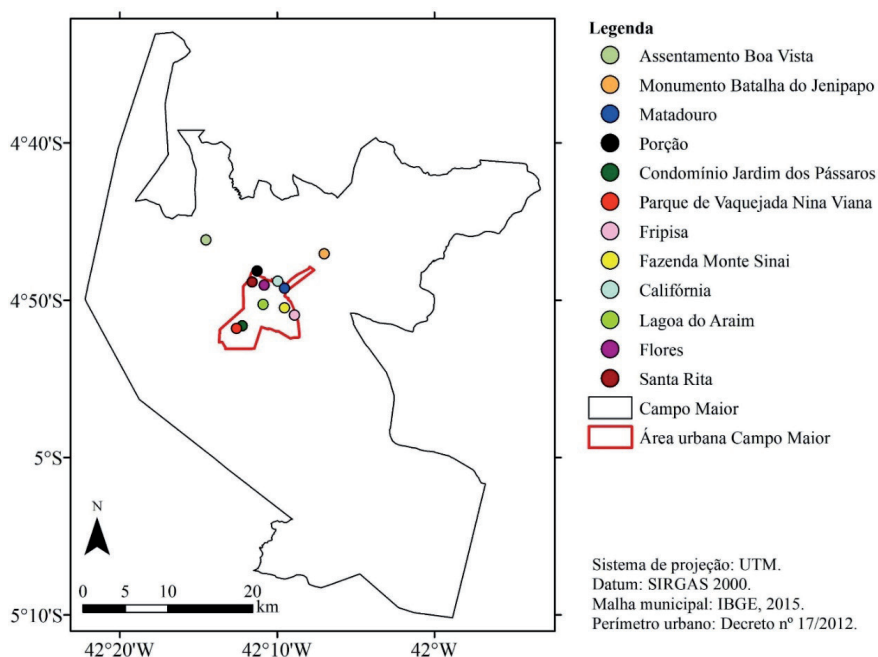
A composição do PIB de Campo Maior, até 2005, foi diferente da do Brasil, do Nordeste e do Piauí: o montante gerado pelo setor agropecuário era superior ao industrial, situação não observada nas outras escalas. E o terciário ou de serviços respondia pela maior parte do valor em todos os níveis analisados, apresentando comportamento ascendente em todo o período.

No município, a exploração econômica dos carnaubais acrescenta valor tanto ao setor primário (extração do pó cerífero de carnaúba), quanto ao secundário (beneficiamento da cera de carnaúba), sendo este o principal responsável pelo valor adicionado pela indústria, na localidade, com

poucos impactos ao meio ambiente. Assim, faz-se importante conhecer as áreas de carnaubais suprimidas, tendo em vista sua importância econômica e ambiental.

A escolha dos locais pesquisados *in loco* baseou-se em conversas informais com os funcionários da Secretaria de Meio Ambiente municipal. O fiscal ambiental relatou denúncias de remoções de carnaúbas e solicitações de licenciamento para retiradas de carnaúbas em alguns locais, marcados no mapa 2.

Mapa 2
LOCAIS PESQUISADOS *IN LOCO*



Elaboração: Emília Barros Cerqueira.

De acordo com o mapeamento realizado por Reis Filho (2004), as áreas pesquisadas, em Campo Maior, coincidem com aquelas apontadas pelo autor como sendo de carnaubais.

As pesquisas *in loco* mostraram supressão de carnaúbas para dar lugar a empreendimentos imobiliários, que foram construídos visando ao

atendimento da demanda por moradia, resultante do processo de urbanização do município.

A SEMMARH, além de direcionar as pesquisas, disponibilizou para consulta os Planos de Controle Ambiental de dois loteamentos urbanos de Campo Maior, um deles localizado no bairro Santa Rita, na PI 114, com área total de 151,582 km² (loteamento Boa Nova), e o outro, no Fripisa, com 179,463 km² (loteamento Residencial Jenipapo), ambos concedidos em 2014. Registre-se que, para que seja realizada a remoção de carnaúbas no município, faz-se imprescindível uma licença ambiental da Prefeitura Municipal, como explicitado no art. 11 da Lei Estadual nº 1304, de 28 de setembro de 1931.

Afora o fato de que a compensação ambiental tem de ser efetivada, conforme consta no art. 33, § 4, da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, a reposição florestal precisa ser realizada no mesmo estado em que a matéria-prima foi usada, devendo ser plantada uma espécie preferencialmente nativa. Em algumas áreas, houve desmatamento, como detalha a figura 1, que exibe fotos dos locais.

A foto A da figura 1 foi capturada em uma área reservada para loteamento, com licenciamento aprovado em 22 de agosto de 2014, porém, até a ida ao local, não se identificou retiradas de carnaúba; já a foto B representa uma área rural, onde se verificou apenas o corte de palhas para fins econômicos, como a obtenção do pó cerífero e trabalhos artesanais; nas fotos C (Califórnia) e D (Flores), áreas de carnaubais foram suprimidas para a construção de estradas e casas, sendo comum encontrar resíduos sólidos nas áreas visitadas, como se vê nas fotos E e G; F, que registram corte de palhas e remoção de uma carnaubeira.

Segundo o fiscal de meio ambiente da SEMMARH municipal, os locais ilustrados nas fotografias G (Lagoa do Araim) e H (Santa Rita) eram áreas com carnaúbas, que foram removidas para fins de loteamento, constatando-se nas pesquisas *in loco* que a vegetação nativa foi eliminada devido ao processo de urbanização, para posterior implantação de empreendimentos imobiliários.

Figura 1

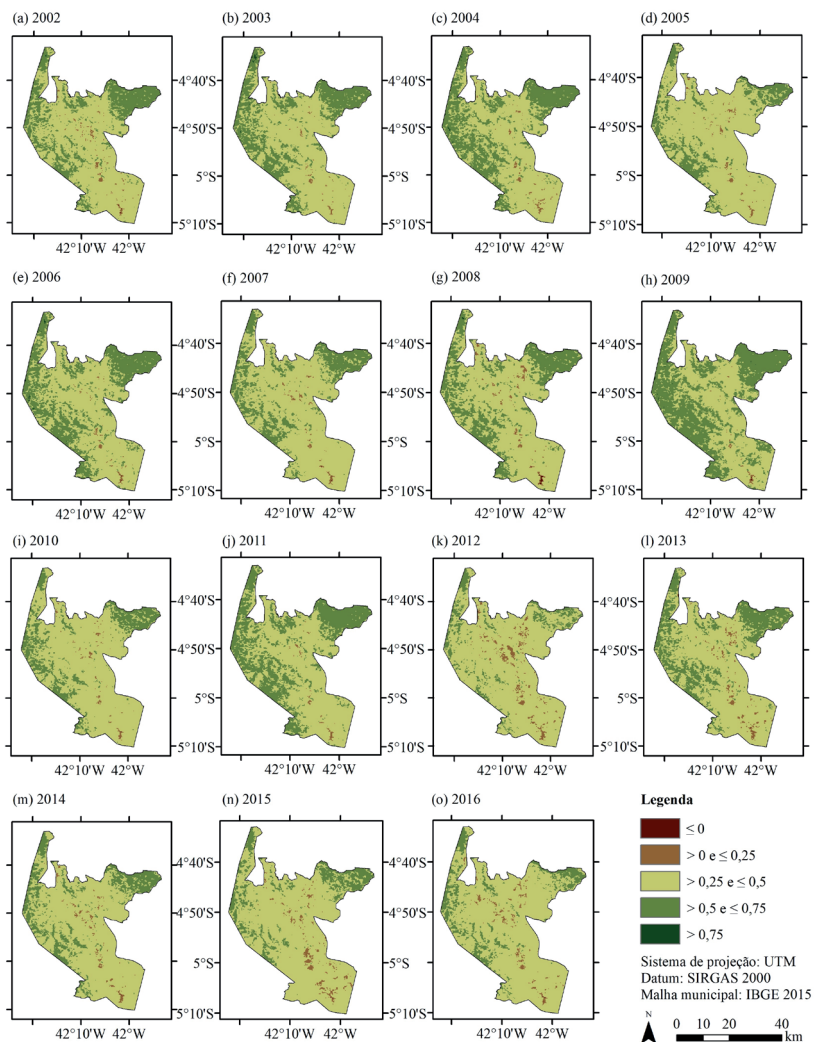
FOTOS DE ÁREAS DE CARNAUBAIS EM CAMPO MAIOR (PI). A - FRIPISA. B - ASSENTAMENTO BOA VISTA. C - CALIFÓRNIA. D - FLORES. E - MATADOURO. F - FAZENDA MONTE SINAI G - LAGOA DO ARAIM. E – PI 114 (SANTA RITA)



Fonte (autoria das fotos): Emiliana Barros Cerqueira.

Já a dinâmica do desmatamento em Campo Maior, foi analisada pela composição das bandas do infravermelho próximo e visível do satélite Terra, sensor MODIS, referentes ao NDVI do município, no período entre 2002 e 2016, como aparece no mapa 3, lembrando que quanto mais o índice aproximar-se de 1 melhor será a cobertura da vegetação de uma dada área.

Mapa 3
DINÂMICA DO NDVI DE CAMPO MAIOR NOS ANOS DE 2002 A 2016



Elaboração: Emíliana Barros Cerqueira.

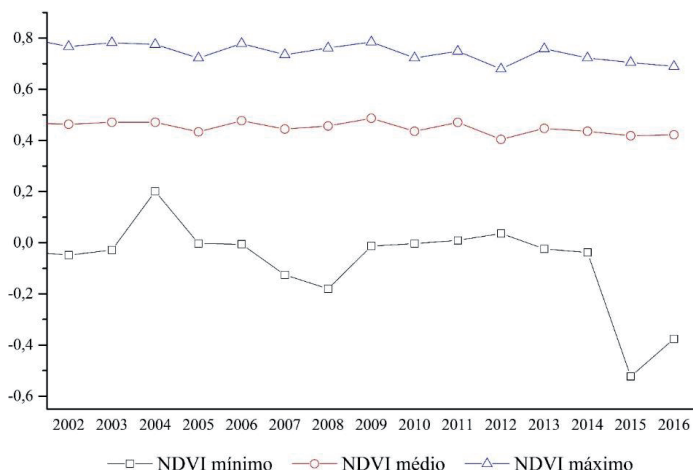
No mapa 3, constata-se que, em Campo Maior, o valor predominante do NDVI, entre 2002 e 2016, foi o equivalente ao intervalo de 0,25 e 0,50 (vegetação rala). Os anos que registraram os piores valores para o índice de vegetação foram os de 2012, 2015 e 2016 e os que registraram os melhores, de 2009, 2011 e 2006.

As modificações observadas no NDVI, entre 2002 e 2016, em Campo Maior, não refletem o desmatamento no município, pois, nesse período, a quantidade e a distribuição de chuvas entre os anos não são semelhantes, e o índice de vegetação é sensível à precipitação.

Alguns estudos já evidenciaram a relação do NDVI não só com as chuvas, mas com outros fatores naturais. Freire e Pacheco (2005), por exemplo, analisaram o NDVI comparando-o às médias mensais pluviométricas, já que aquele sofre interferências destas. Dentre outros, citam-se os estudos de Lopes et al. (2010), que relacionou albedo e temperatura com o NDVI; o de Aquino e Oliveira (2012), que mostrou a relação entre o índice e a precipitação; o de Li; Wang; Wang (2011) e Duan et al. (2011), que ligaram o NDVI às variáveis climáticas temperatura e precipitação; e o de Hong et al. (2010), que correlacionou o NDVI à umidade do solo. O gráfico 2 apresenta a evolução dos valores de NDVI mínimo, médio e máximo encontrados no período analisado.

Gráfico 2

NDVI MÍNIMO, MÉDIO E MÁXIMO EM CAMPO MAIOR NO PERÍODO DE 2002 A 2016



Fonte: Elaboração própria. Dados básicos Embrapa.

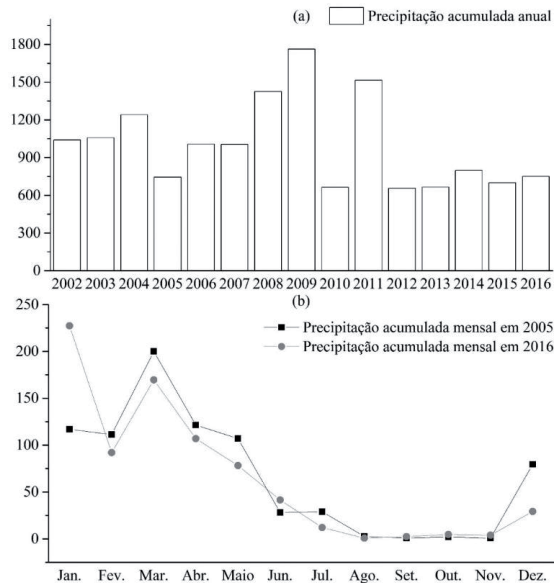
No gráfico 2 verifica-se que os índices de vegetação máximo e médio apresentam evolução similar, mas o mínimo destoa porque sua variação depende, além da condição da cobertura da vegetação, dos ruídos presentes na imagem, como a ocorrência de nuvens e chuva.

Em uma comparação do valor médio do NDVI com a precipitação anual, notou-se que, quando ocorrem momentos de déficit hídrico, o NDVI diminui e vice-versa, mostrando uma relação direta entre ambos, com uma correlação significativa entre essas duas variáveis, ao nível de 1%, sendo o coeficiente de correlação de Pearson encontrado entre elas de 0,794. Isso ratifica a afirmação anterior de que as oscilações do NDVI podem ser explicadas por variações de fenômenos naturais, como o clima.

Desse modo, para comparar imagens de NDVI numa mesma data de análise, em anos diferentes, objetivando averiguar a ocorrência de alterações na cobertura vegetal, fez-se necessário checar a quantidade e a distribuição de chuvas em uma determinada região (ver gráfico 3). E apenas os anos que possuíram semelhança quanto a essas duas variáveis puderam ser confrontados.

Gráfico 3

PRECIPITAÇÃO ACUMULADA, EM MM, ANUAL (A) 2002 A 2016, E MENSAL (B) 2005 E 2016

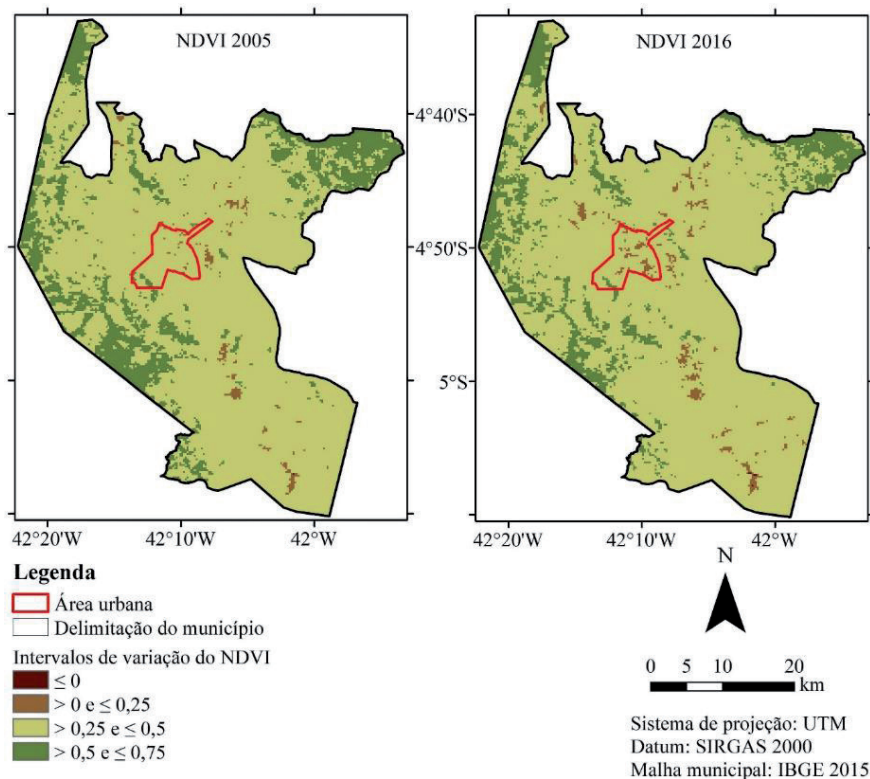


Fonte: Elaboração própria. Dados básicos INPE.

No gráfico 3 (a), referente à precipitação acumulada anual, constata-se que há maior similaridade entre 2005 e 2016 com, respectivamente, 744,3 e 750,6 mm de chuvas. Em relação à distribuição pluviométrica ao longo desses anos, gráfico 3 (b), observa-se que a semelhança ainda existe, exceto nos meses de janeiro e dezembro. O mapa 4 mostra as principais alterações ocorridas entre esses anos.

Mapa 4

MODIFICAÇÕES NA COBERTURA VEGETAL, CONFORME O NDVI, ENTRE 2005 E 2016



Elaboração: Emíliana Barros Cerqueira.

Foram verificadas, no mapa 4, alterações na cobertura e no uso do solo, indicando supressão da vegetação, nomeadamente no perímetro urbano. Esta supressão de vegetação que se torna visível na imagem de 2016 foi verificada nas pesquisas *in loco* em 2014.

Comparando-se os mapas 2 e 4 pode-se notar que as áreas pesquisadas em campo, especialmente Santa Rita, Flores, Lagoa do Araim, Matadouro e Fazenda Monte Sinai coincidem com os locais nos quais observam-se modificações no uso e na cobertura do solo, nos quais o NDVI passa do intervalo correspondente a vegetação rala para o de solo exposto.

4. Conclusão

Ao analisar a supressão da vegetação ou, especificamente, a remoção de carnaúbas em Campo Maior-PI, verificou-se, por meio de pesquisas *in loco*, que houve eliminação de carnaubais devido ao processo de expansão urbana em 2014.

O uso do NDVI, uma ferramenta muito usual para tal fim, se mostrou adequado para captar essas modificações, mas, para isso, primeiramente, optou-se por anos em que a quantidade e distribuição de chuvas fossem similares para refletir o desmatamento, devido ao fato desse índice ser sensível à precipitação e, como mostrado, o índice apresenta forte correlação com o nível pluviométrico; segundo, as datas do licenciamento para remoção de carnaúba são de 2014, período que está compreendido dentro do recorte temporal adotado, de 2005 e 2016.

Os resultados encontrados nas pesquisas de campo foram confirmados nas imagens do NDVI, que mostraram a ocorrência de desmatamento de carnaubais nos bairros Flores, Santa Rita, Lagoa do Araim, Fripisa (a Fazenda Monte Sinai localiza-se nesse bairro) e Matadouro.

Os desmatamentos nas áreas de carnaubais aconteceram em decorrência da expansão urbana, designadamente pela instalação de loteamentos imobiliários para atender ao crescimento mostrado pelos indicadores de densidade demográfica e taxa de urbanização, entre 2000 e 2010.

Dessa maneira, o acréscimo populacional gera um problema habitacional e ambiental, uma vez que a ampliação de habitantes em um dado local provoca o aumento da demanda, além de outros bens, por residências, causando uma expansão imobiliária que, em geral, dá-se às custas do desmatamento.

Na área rural pesquisada não ocorreu supressão, pois lá a cultura e os hábitos de vida em torno da carnaúba são mais intensos e expressivos. Além disso, os habitantes dessa área utilizam-na para garantir sua subsistência.

A expansão urbana não pode criar contradições com uma das principais fontes de renda de Campo Maior, a produção de cera de carnaúba e o artesanato, pois essas atividades trazem contribuições não apenas econômicas, colocando-o como um dos principais exportadores do Piauí, mas também culturais, sociais e ambientais. Diante dessa situação, faz-se importante elaborar políticas públicas ou normas mais rígidas que impeçam a derrubada de carnaubais, a exemplo da não ampliação do perímetro urbano definido em lei municipal, uma vez que essa medida cria um impedimento legal de ocupação de terras cobertas por vegetações nativas.

Referências

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Estudo da dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no núcleo de São Raimundo Nonato-PI. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 31, p. 157-168, 2012.

ARAÚJO, J. J. S. **Produtividade das indústrias de carnaúba no estado do Piauí**. 2008. 62f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

BENEDETTI, A. C. P.; PEREIRA, R. S.; ALMEIDA, C. M. de; CARDOSO, C. D. V.; HENDGES, E. R.; LIPPERT, D. B. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) do sensor Modis: aplicações para estudos de uso e cobertura da terra na metade sul do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011. **Anais...** Curitiba, INPE, 2011, p. 6144-6152.

BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B. de; SANSIGOLO, C. A. Sazonalidade do índice de vegetação sobre o nordeste brasileiro. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA, 9., 2001. **Anais...** Buenos Aires, Centro Argentino de Meteorólogos, 2001.

CAMPO MAIOR (Município). **Decreto nº 17**, de 11 de out. 2012.

CARVALHO, F. P. A. de; GOMES, J. M. A. Eco-eficiência na produção de cera de Carnaúba no município de Campo Maior, Piauí, 2004. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 421-453, abr./jun. 2008.

DGC – DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS DO IBGE. **Folha SB.23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe**. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <<http://www.visualizador.inde.gov.br>>. Acesso em: 30 out. 2017.

DUAN, H.; YAN, C.; TSUNEKAWA, A.; SONG, X.; LI, S.; XIE, J. Assessing vegetation dynamics in the Three-North Shelter Forest region of China using AVHRR NDVI data. **Environ Earth Sci.**, v. 64, p. 1011-1020, 2011.

FARIAS, R. R. S. de.; CASTRO, A. A. J. F.; SOUSA, S. R. de; ANDRADE, G. C. B. de; CASTRO, N. M. C. F. Estudo da composição florística de cinco áreas pertencentes ao Complexo de Campo Maior, Piauí, Brasil. In.: SIMPOSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPOSIO INTERNAIONAL, 2. Brasília. **Anais...** Brasília, 2008, p. 1-5.

FREIRE, N. C. F.; PACHECO, A. P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005, p. 525-532.

HONG, W. Y.; PARK, M. J.; PARK, J. Y.; PARK, G. A.; KIM, S. J. The spatial and temporal correlation analysis between MODIS NDVI and SWAT predicted soil moisture during forest NDVI increasing and decreasing periods. **Journal of Civil Engineering**, Coreia, v. 14, n. 6, p. 931-939, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil. **Região Nordeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF. IBGE, 1977.

_____. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2016>>. Acesso em: 4 out. 2017.

_____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2000/universo>>. Acesso em: 4 out. 2017.

_____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/universo-caracteristicas-da-populacao-e-dos-domicilios>>. Acesso em: 4 out. 2017.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A. C.; PESSOA, S. C. P.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R.; LOPES, O. F.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro. EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986.

LI, S.; ZHAO, Z.; WANG, Y.; WANG, Y. Identifying spatial patterns of synchronization between NDVI and climatic determinants using joint recurrence plots. **Environ Earth Sci.**, v. 64, p. 851-859, 2011.

LOPES, K. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SOBRAL, M. do C. M.; PACHECO, A. P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1210-1219, 2010.

MARTINS, T. I. Território e formação sociocultural da identidade de ser palheiro em Campo Maior-PI: novas orientações. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE ANTROPOLOGIA, 29. 2014, Natal – RN. **Anais...** Natal, 2014, p. 1-18.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8. 1993, Anaheim, California. **Anais...** Anaheim, 1993, p. 1-6.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica Riacho dos Cavalos, Crateús – CE. **Ra'e Ga - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 23, p. 520-533, 2011.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as inter-relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Editora UnB, 2004.

PIAUI (Estado). **Lei nº 1.304**, de 28 de setembro de 1931.

PROJETO RADAM... 1973 foi atualizado para 2017 e substituído por DGC...

REIS FILHO, A. A. dos (Coord.). **Projeto CARNAUPI**: mapeamento espacial e zoneamento da carnaúba no Piauí. Relatório, 2004.

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, número especial, p. 1729-1737, 1998.

SOUSA, C. M. de M.; SILVA, H. R.; VIEIRA JR., G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S. da; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. de M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

Recebido em: 04/10/2017

Aceito em: 13/11/2017

